EFEITOS DA RADIAÇÃO GAMA NAS FASES DO CICLO EVOLUTIVO DA
Plodia interpunctella (HÜBNER, 1813) (LEPIDOPTERA - PYRALIDAE)
EM DIETA ARTIFICIAL

MARIA JULIA TAMBORLIN
Engenheiro Agrônomo

ORIENTADOR: *Prof. Dr. Valter Arthur*

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura.

P I R A C I C A B A
ESTADO DE SÃO PAULO
OUTUBRO - 1988

T155e Tamborlin, Maria Julia
Efeitos da radiação gama nas fases do ciclo
evolutivo da *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813)
(Lepidoptera - Pyralidae) em dieta artificial.
Piracicaba, 1988.

91p.

Diss. (Mestre) - ESALQ

Bibliografia

1. Cereal - Praga - Controle. 2. Radiação ga
ma em inseto. 3. Traça do cereal - Efeito da ra
diação gama. I. Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz", Piracicaba.

CDD 632.78

EFEITOS DA RADIAÇÃO GAMA NAS FASES DO CICLO EVOLUTIVO DA
Plodia interpunctella (HÜBNER, 1813) (LEPIDOPTERA - PYRALIDAE)
EM DIETA ARTIFICIAL

Maria Julia Tamborlin

APROVADA EM: 14/12/1988.

COMISSÃO JULGADORA:

- Prof. Dr. Valter Arthur - CENA-ESALQ/USP.
- Prof. Dr. Frederico Maximiliano Wiendl - CENA-ESALQ/USP.
- Prof. Dr. Carlos Roberto Souza e Silva - UFSC.

Prof. Dr. Valter Arthur
Orientador

.i.

Aos meus pais,

João e Isaura

DEDICO

Aos meus irmãos,

João José e Maria Rita

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

- Aos meus queridos pais, *João e Isaura* pelo incentivo e compreensão.
- Ao *Prof. Dr. Valter Arthur*, pela amizade, apoio, orientação e revisão.
- Ao *Prof. Dr. Frederico Maximiliano Wiendl*, pela amizade, crítica e sugestões.
- Ao *Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA)*, pelas facilidades na realização deste trabalho e os conhecimentos transmitidos através dos Professores do Curso de Pós-Graduação.
- Aos *Professores do Curso de Pós-Graduação em Entomologia - ESALQ/USP*, pelos inestimáveis ensinamentos transmitidos.
- Ao *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)* pela bolsa concedida.
- À *Regina Tereza Rosim Monteiro*, pela versão para o inglês.
- Ao *José Claret Matioli*, pela análise estatística.
- Ao *Cleusval Bissi*, pelo serviço de datilografia e ao *Benedicto Herculano Davanzo* e *Celso de Aguiar*, pelos serviços de xerox.

.iii.

- À Eliane Zaidan Silvestre e Marli de Fátima Fiore, pela confecção das Figuras e Tabelas.
- Aos amigos da Seção de Radioentomologia, como também a todos os colegas do CENA, o incentivo e amizade.
- À todos que, direta ou indiretamente, embora não citados, colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.
- À Deus, por ter-me dado forças nas horas difíceis, e ter vencido mais uma etapa em minha vida.

S U M Á R I O

	PÁGINA
LISTA DE FIGURAS.	vi
LISTA DE TABELAS	viii
RESUMO.	xii
SUMMARY	xiv
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.	6
2.1. Aspectos gerais e biológicos da <i>Plodia interpunctella</i>	6
2.1.1. Aspectos gerais.	6
2.1.2. Aspectos biológicos.	7
2.2. Controle e efeitos das radiações.	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.	23
3.1. Determinação da dose letal para ovos	24
3.2. Determinação da dose esterilizante e letal para lagartas.	25
3.3. Determinação da dose esterilizante e letal para crisálidas.	26
3.4. Determinação da dose esterilizante para adultos, pelo método de perda de peso	27
3.5. Determinação da dose esterilizante para adultos e esperança de vida.	28

3.6. Determinação da dose letal imediata de radiação gama em adultos ($DL_{I\ 100}$)	29
4. RESULTADOS	31
4.1. Determinação da dose letal para ovos.	31
4.2. Determinação da dose esterilizante e letal para lagartas.	31
4.3. Determinação da dose esterilizante e letal para crisálidas.	32
4.4. Determinação da dose esterilizante para adultos, pelo método de perda de peso	33
4.5. Determinação da dose esterilizante para adultos e esperança de vida.	33
4.6. Determinação da dose letal imediata de radiação gama em adultos ($DL_{I\ 100}$)	34
5. DISCUSSÃO.	71
5.1. Determinação da dose letal para ovos.	72
5.2. Determinação da dose esterilizante e letal para lagartas.	73
5.3. Determinação da dose esterilizante e letal para crisálidas	73
5.4. Determinação da dose esterilizante para adultos, pelo método de perda de peso	74
5.5. Determinação da dose esterilizante para adultos e esperança de vida.	75
5.6. Determinação da dose letal imediata de radiação em adultos ($DL_{I\ 100}$)	76
6. CONCLUSÕES.	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

LISTA DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
1 - Médias e variações numéricas de ovos férteis e inférteis de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813), irradiados com doses crescentes de radiação gama.		61
2 - Médias e variações numéricas de adultos emergidos e não emergidos de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813), irradiados com doses crescentes de radiação gama na fase de lagarta.		62
3 - Médias de adultos de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813), provenientes de lagartas irradiadas com doses crescentes de radiação gama, geração parental (P) e sua geração filial (F_1). (Média = $\bar{m}$).		63
4 - Médias e variações numéricas de adultos emergidos e não emergidos de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813) irradiados com doses crescentes de radiação gama na fase de crisálida.		64
5 - Médias de adultos de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813), provenientes de crisálidas irradiadas com doses crescentes de radiação gama, geração parental (P) e sua geração filial (F_1). (Média = $\bar{m}$).		65

FiguraPágina

6	-	Variação porcentual da perda de peso em dieta artificial pelo ataque de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813), após 19 semanas da primeira pesagem que foi considerada 100%	66
7	-	Média de adultos da geração filial (F ₁) de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813) emergidos, quando machos e fêmeas foram irradiados e cruzados com adultos normais.	67
8	-	Mortalidade em porcentagem de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813), para população ao acaso, irradiados com doses crescentes de radiação gama	68
9	-	Mortalidade em porcentagem de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813) para fêmeas, irradiadas com doses crescentes de radiação gama	69
10	-	Mortalidade em porcentagem de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813) para machos, irradiados com doses crescentes de radiação gama.	70

LISTA DE TABELAS

<u>Tabela</u>	<u>Página</u>
1 - Produção mundial e brasileira dos principais cereais, farinhas e grãos armazenados em 1986 e porcentagens de perdas devido ao ataque de pragas (ANDEF, 1987; FAO, 1986 e PROGNÓSTICO, 1987/88) (Total = Σ , média = $\bar{m}$)	2
2 - Doses letais e esterilizantes de diversos autores para a traça <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813) (Lepidoptera - Pyralidae) . .	22
3 - Viabilidade de ovos de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813) irradiados com doses crescentes de radiação gama, criados em dieta artificial. (Média = $\bar{m}$)	36
4 - Viabilidade das lagartas de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813), irradiados com doses crescentes de radiação gama, criadas em dieta artificial. (Média = $\bar{m}$) . . .	38
5 - Número de adultos de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813), provenientes de lagartas irradiadas com doses crescentes de radiação gama, geração parental (P) e sua geração filial (F_1). (Total = Σ , média = $\bar{m}$) . .	40

TabelaPágina

6	-	Viabilidade de crisálidas de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813), irradiadas com doses crescentes de radiação gama, criadas em dieta artificial. (Média = $\bar{m}$). . . .	42
7	-	Número de adultos de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813), provenientes de crisálidas irradiadas com doses crescentes de radiação gama, geração parental (P) e sua geração filial (F). (Total = Σ , média = $\bar{m}$) . .	44
8	-	Variação de peso em porcentagem e diferença média de peso causada pelo ataque de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813) em dieta artificial, irradiada com doses crescentes de radiação gama.	46
9	-	Mortalidade de adultos de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813) irradiados e cruzados com normais, e suas respectivas esperanças de vida. (Período de contagens = 3 dias). (Total = Σ , média = $\bar{m}$). . .	48
10	-	Número de adultos da geração filial (F ₁) provenientes da geração parental de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813), irradiada e cruzada com adultos normais. (Total = Σ , média = $\bar{m}$).	50

TabelaPágina

11	- Médias das esperanças de vida (e_0^x) para adultos de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813), irradiados e cruzados conforme indicação e suas respectivas análises e diferenças estatísticas.	52
12	- Mortalidade de adultos (população ao acaso) de <i>Plodia interpunctella</i> (Hubner, 1813), irradiados com doses crescentes de radiação gama. (Total = Σ).	53
13	- Mortalidade de adultos (fêmea) de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813), irradiados com doses crescentes de radiação gama. (Total = Σ).	54
14	- Mortalidade de adultos (machos) de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813), irradiados com doses crescentes de radiação gama. (Total = Σ).	55
15	- Dados de mortalidade em porcentagem, de adultos (população ao acaso) de <i>Plodia interpunctella</i> (Hübner, 1813), irradiados com doses crescentes de radiação gama. (Média = $\bar{m}$)..	56

TabelaPágina

- 16 - Dados de mortalidade em porcentagem, de adultos (fêmea) de *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813), irradiados com doses crescentes de radiação gama. (Média = $\bar{m}$). 57
- 17 - Dados de mortalidade em porcentagem, de adultos (macho) de *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813), irradiados com doses crescentes de radiação gama. (Média = $\bar{m}$). . . . 58
- 18 - Dose letal calculada a partir das Tabelas 12, 13 e 14 para adultos de *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813), quando submetidos a doses crescentes de radiação gama e suas respectivas análises e diferenças estatísticas. 59
- 19 - Médias calculadas das combinações nas doses letais imediata de radiação gama em (Gy) para adultos de *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813), quando submetidos a doses crescentes de radiação e suas respectivas análises e diferenças estatísticas. (P.A. = população ao acaso, M = macho e F = fêmea). 60

EFEITOS DA RADIAÇÃO GAMA NAS FASES DO CICLO EVOLUTIVO DA
Plodia interpunctella (Hübner, 1813) (Lepidoptera - Pyralidae)
EM DIETA ARTIFICIAL

AUTORA: *Maria Julia Tamborlin*

ORIENTADOR: Prof. Dr. Valter Arthur

RESUMO

Os efeitos das doses crescentes de radiação gama (Cobalto-60) sobre as diferentes fases do ciclo evolutivo da *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera, Pyralidae) foram estudados em condições de laboratório, na Seção de Radioentomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Universidade de São Paulo (USP), Piracicaba, São Paulo, Brasil.

Para todos os tratamentos com radiação gama utilizou-se uma fonte de Cobalto-60 tipo Gammabeam-650, com uma atividade de aproximadamente $2,93 \times 10^{14}$ Bq (7.925 Ci), a uma taxa de dose de 2,80 kGy/hora.

A colônia inicial da *Plodia interpunctella*, foi obtida da criação em laboratório da Seção de Radioentomologia do CENA, criada em dieta artificial CENA - P.I. Após todos os ensaios, os insetos foram mantidos em câmara climatizada regulada a temperatura de $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $70 \pm 10\%$.

.xiii.

Verificou-se que a DL_{50} e DL_{100} para ovos provenientes de adultos criados em dieta artificial foram, respectivamente, as doses de 51 Gy e 125 Gy. A dose esterilizante em adultos, tratados na fase de lagartas foi de 160 Gy e os provenientes de crisálidas irradiadas foi de 250 Gy. As doses esterilizantes para a fase adulta, foram de 250 Gy e 300 Gy, respectivamente para fêmeas e machos. As DL_{100} imediata para adultos foram 4.750 Gy, 4.500 Gy e 4.750 Gy, para machos, fêmeas e população ao acaso, respectivamente, criados em dieta artificial.

EFFECTS OF GAMMA RADIATION ON PHASES OF THE EVOLUTIONAL
CYCLE OF *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera,
Pyralidae) IN ARTIFICIAL DIET

AUTHOR: Maria Julia Tamborlin
ADVISER: Prof. Dr. Valter Arthur

SUMMARY

The effects of increased gamma radiation (^{60}Co) doses on different phases of the evolutionary cycle of *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera, Pyralidae) have been studied under laboratory conditions in the Laboratory of Radioentomology of the Nuclear Energy for Agriculture Center (CENA) in Piracicaba, São Paulo State, Brazil.

For all treatments with gamma radiation a Cobalt-60 source type Gammabeam-650 has been used and the activity was of approximately 2.93×10^{14} Bq (7,925 Ci), with a dose rate of 2.80 kGy per hour.

The initial population of *Plodia interpunctella* were originated in the Laboratory of Radioentomology of CENA, by means of an artificial diet CENA - P.I. After concluding all treatments, the insects were kept in a climatic chamber with the temperature adjusted to $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ and a relative humidity of $70 \pm 10\%$.

The LD_{50} and LD_{100} of gamma radiation for eggs of in artificial diet were respectively 51 Gy and 125 Gy. The sterilizing doses in adults which were irradiated at immature phases (larvae and pupae) were 160 Gy and 250 Gy respectively. The sterilizing doses for adult females and males were respectively 250 Gy and 300 Gy. The LD_{100} for adult males was 4,750 Gy, 4,500 Gy for females and 4,750 Gy for insects at random.

1. INTRODUÇÃO

Os cereais e outros produtos armazenados (farinhas, farelos, etc.) constituem a fonte de alimentação humana, mas ocorre uma perda muito grande destes produtos em todo o mundo, ocasionando um problema econômico e em certos casos problemas sociais, pois em países subdesenvolvidos, determinados grãos são a base de proteínas da população. No mundo a média de consumo de proteína é de 68,2 g/pessoa/dia e 45,8 g desta proteína é de origem vegetal, enquanto no Brasil o consumo médio é de 60,6 g/pessoa/dia e 39,7 g desta proteína é de origem vegetal (FAO, 1986).

Através da Tabela 1 a seguir, podemos constatar a produção mundial e brasileira dos principais cereais, farinhas e grãos armazenados em 1986 e a porcentagem de perda devido ao ataque das pragas, segundo dados da ANDEF (1987), FAO (1986) e PROGNÓSTICO (1987/88).

De toda esta produção segundo PUZZI (1973) 15% é perdida devido ao ataque de pragas e de acordo com WIENDL (1975) a perda pode variar de 25 a 30%. Ainda em relação aos dados da ANDEF (1987) a média de perda mundial é de 10,5% e a brasileira de 34,44%, sendo problema desde a

Tabela 1 - Produção mundial e brasileira dos principais cereais, farinhas e grãos armazenados em 1986 e porcentagens de perdas devido ao ataque de pragas (ANDEF, 1987; FAO, 1986 e PROGNÓSTICO, 1987/88). (Total = Σ ; média = $\bar{m}$).

PRODUTOS	Produção Mundial 1.000 t métricas	% de Perda	Produção Brasileira 1.000 t métricas	% de Perda
AMENDOIM	25.512	13	216	43
ARROZ EM CASCA	475.533	28	10.399	55
AVEIA	47.769	7	121	-
CAFÉ VERDE	5.188	13	1.044	34
CENTEIO	31.791	2	4	-
CEVADA	180.441	4	180	7
FARINHAS	14.750	-	2.221	-
FELJÃO	14.752	-	2.223	33
MILHO	480.609	13	20.510	23
SOJA	95.521	5	13.335	26
SORGO	71.445	10	370	65
TRIGO	535.842	5	5.433	24
$\Sigma (\bar{m})$	1.975.153	(10,5)	56.016	(34,44)

- Não constava no trabalho consultado. (ANDEF, 1987).

colheita, armazenamento e consumo.

Segundo a FAO (1986), os países são incentivados a diminuir em 15% as perdas das safras devido às pragas, ervas daninhas e doenças, o que significa uma produção adicional de 100 milhões de toneladas de cereais por ano, ou o dobro da produção brasileira. Devemos levar ainda em consideração a explosão populacional crescendo diariamente 200.000 bocas a serem alimentadas ou dobrando a população a cada 30 anos.

A maioria das pragas que atacam grãos armazenados, farinhas e farelos são de origem tropical e sub-tro-pical, desenvolvendo-se bem em condições de temperatura e umidade relativa elevadas, fatores estes que determinam a grande atividade reprodutiva dos insetos.

Uma das principais pragas de produtos armazenados é a *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidopte-ra - Pyralidae), e segundo RICHARDS & THONSON (1932) esta praga ataca 83 espécies diferentes de produ^otos, sendo os prin-cipais: frutos secos, nozes, sementes de hortaliças, diver-sos grãos e sub-produtos, vegetais secos, espécimes de her-bário, insetos mortos, leite em pó, especiarias, cacau, chocolate, biscoitos, remédios, etc.

O controle através do método convencional

(produtos químicos) apresenta vários inconvenientes: possibilidade de causar intoxicação ao consumidor devido à presença de resíduos nos alimentos tratados; resistência do inseto ao produto e alto custo dos inseticidas. Sendo assim, podemos controlar os insetos através das radiações ionizantes.

Uma das causas que levou ao uso da radiação como meio de controle, foi o fato de que algumas pragas estavam se tornando resistentes aos inseticidas. Sendo preciso aumentar cada vez mais as doses para efetivar o seu controle, apresentando ainda a desvantagem de causar intoxicação pelos resíduos tóxicos e em certos casos, tem a grande desvantagem de possuir longos efeitos residuais. Produtos irradiados ficam isentos de resíduos de qualquer natureza, podendo ser imediatamente consumidos. Segundo HOSSAIN *et alii* (1972), a irradiação não causa problemas de resistência, nem resíduos tóxicos, resultados confirmados por ARTHUR *et alii* (1973), BROWER (1974c), WIENDL & ARTHUR (1974).

Segundo PAPADOPOULOU (1960), COGBURN *et alii* (1966), TILTON & BROWER (1973), AHMED *et alii* (1976a, 1976b), BROWER (1976a, 1976b) e LECATO (1976), a Técnica do Indivíduo Estéril (TIE)* e a desinfestação dos grãos e sub-pro

*TIE (Técnica do Indivíduo Estéril) = É o método pelo qual fêmeas e machos são esterilizados e soltos na população natural, com a finalidade de diminuir o nível populacional da praga no campo, armazém, silo ou depósito.

dutos são perfeitamente aplicáveis no combate das "traças" da família Pyralidae.

Atualmente, já é consagrada a utilização da energia nuclear na forma de irradiação para o controle de produtos armazenados. As radiações ionizantes usadas são provenientes de raios gama, raio-X, elétrons acelerados ou infravermelho. Normalmente, o grão é tratado com uma determinada dose de radiação ionizante, causando esterilidade no inseto (Técnica do Indivíduo Estéril - doses baixas), pela indução de dominantes letais (quer seja no óvulo ou nos espermatozóides, inibindo a formação do ovo ou divisões subsequentes) ou desinfestação (causando a morte do inseto - doses mais altas).

Devido a importância dessa praga para os produtos armazenados, o presente trabalho teve como objetivo determinar as doses esterilizantes e letais para as diversas fases do ciclo evolutivo da *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera - Pyralidae), visando uma forma de controle físico e não poluidor, em grãos e produtos armazenados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ASPECTOS GERAIS E BIOLÓGICOS DA *Plodia interpunctella*

2.1.1. ASPECTOS GERAIS

A traça *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera - Pyralidae), de acordo com o local ou a região recebe nomes diferentes, tais como: "Indian meal moth", "pantry moth", "peach worn", "meal-worn moth", "cloaked knothorn", "compressed vegetable moth", "Dorrobstmotte", "kupferrote dorrobstmotte" e "kupferfarbige dorrobstmotte" (TZANAKAKIS, 1959 e WILLIANS, 1964). Sendo mais conhecida por "Indian meal moth" e no Brasil o nome vulgar foi traduzido para "traça indiana da farinha" por SILVA *et alii*, 1968.

Esta traça é originária do Velho Mundo, a qual sofreu grande difusão geográfica através da comercialização de grãos, farinhas e farelos. Hoje ela é encontrada nas diversas partes das Américas (Norte, Central e Sul), Europa, África, Ásia, Austrália, Nova Zelândia e muitas ilhas (TZANAKAKIS, 1959 e WILLIANS, 1964). No Brasil ela é encontrada nos estados do Ceará, Minas Gerais, Maranhão, Mato Grosso, Paraíba, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, São Paulo e Santa Catarina (SILVA *et alii*, 1968).

A lagarta da *Plodia interpunctella* é polífaga e já foi encontrada em 83 espécies diferentes de alimentos, tais como: frutos secos, nozes, sementes de hortaliças, diversos grãos e sub-produtos, vegetais secos, espécimes de herbários, insetos mortos, leite em pó, especiarias, cacau, chocolate, biscoitos, remédios, conteúdos de ninhos de abelhas melíferas e de mamangabas (RICHARDS & THOMSON, 1932).

Segundo os autores (LIMA, 1949; METCALF & FLINT, 1951; SILVA *et alii*, 1968; REYES, 1969; GUERRA & SANTOS, 1977 e GALLO *et alii*, 1988) a *Plodia interpunctella* é encontrada principalmente em produtos armazenados como farinhas, farelos, fubás, cereais, frutos secos, sementes, chocolates, leite em pó, restos de animais, arroz, milho, trigo, feijão, sementes armazenadas de abóbora, babaçu, feijão branco, fava, gergelin, algodão (torta), batatinha (tubérculo), noqueira, pera, sorgo, "lab-lab" (*Dolichos lablab*), feijão-de-lima, "cow-pea" (*Vigna sinensis*), *Vigna sesquipedalis* e *Phaseolus calcaratus*.

2.1.1. ASPECTOS BIOLÓGICOS

O ciclo biológico desta praga sofre grande alterações devido a diversos fatores (temperatura e

(umidade), do alimento (farinhas, farelos, grãos e dietas artificiais), estação do ano e a fase em que o inseto se encontra.

No caso da *Plodia interpunctella* a amplitude do seu ciclo biológico pode variar de 28 a 300 dias dependendo das condições citadas acima (DEAN, 1913; HAMILIN *et alii*, 1931; RICHARDS & THOMSON, 1932; LIMA, 1949; HASSAN *et alii*, 1963; WILLIAMS, 1964; BOLES & MARZAKE, 1966; GENEL, 1966).

Segundo DEAN (1913) pode ocorrer de seis a sete gerações por ano da praga, e a temperatura favorável para seu desenvolvimento varia de 29,4 a 32,2°C.

O ciclo evolutivo conforme os trabalhos de LIMA (1949) é de um mês e a fêmea oviposita de 100 a 400 ovos.

A fêmea oviposita de 40 a 350 ovos, com um período de incubação de 2 dias a 2 semanas, a fase de lagarta dura de 2 dias a 2 meses e a de crisálida de 4 a 30 dias. O ciclo completo pode variar 4 a 6 semanas, ocorrendo de 4 a 6 gerações por ano (METCALF & FLINT, 1951). O ovo é branco, branco pardo ou branco amarelo, com 0,3 a 0,5 mm de comprimento. A lagarta recém-eclodida é branca, exceto a cabeça e apresenta 1 mm de comprimento e quando completamente desenvolvida é branco-amarelada, rosada ou branco-esverdeado;

o comprimento das crisálidas é variável de 6 a 11 mm. Os adultos têm de 5 a 10 mm de comprimento.

WILLIAMS (1964) demonstrou através dos seus trabalhos que o ciclo completo dessa traça é de 9 semanas sob condições de temperatura de 21 a 27°C durante o dia e 14 a 17°C durante a noite e observou também a duração média de vida a 25°C e 74% de umidade relativa em diversos alimentos:

- Trigo: 37,6 dias para o macho e 38,3 dias para fêmea;
- Passa: 38,8 dias para o macho e 38,9 dias para fêmea;
- Amêndoas: 44,0 dias para o macho e 44,4 dias para fêmea;
- Trigo amarelo: 52,8 dias para o macho e 96,7 dias pa
ra fêmea.

BOLES & MARZKE (1966) observaram que o período de ovo a adulto variou de 23 a 30 dias, com a emergência máxima ocorrida entre 23 e 27 dias a 26°C e 60% de umidade relativa em dieta artificial.

SOUZA (1976) determinou o período de ovo a adulto, em soja, de 39,57 dias quando os adultos foram alimentados e de 39,32 dias, sem alimentação. Em arroz foi de 41,14 dias para adultos alimentados e de 50,53 dias sem alimentação. A razão sexual tanto em soja quanto em arroz foi aproximadamente de 1 ♀ : 2 ♂, ocorrendo de 7 a 8 gera-

ções por ano.

MBATA & OSUJI (1983) estudaram a biologia da *Plodia interpunctella* com várias combinações de temperatura e umidade relativa, sendo que o período de ovo a adulto foi de 50,9 dias a 25°C e 60% de U.R. e de 34,6 dias a 30°C e 80% de U.R.

AMARAL FILHO *et alii* (1984) criaram *Plodia interpunctella* em dieta artificial CENA - P.I., a temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, U.R. de $70 \pm 10\%$ e determinaram que o período de incubação do ovo foi em média de 4,51 dias, com 63,20% de viabilidade. O estágio de lagarta teve uma duração média de 24,0 dias e é compreendido de 5 estádios, determinados através de medidas da cápsula cefálica.

GALLO *et alii* (1988) em seus trabalhos determinaram que a fêmea oviposita de 100 a 400 ovos isoladamente ou em grupos sobre os grãos. As lagartas são de coloração branca, apresentando tonalidade rosada em algumas partes do corpo e quando completamente desenvolvida, tecem um casulo de seda branca no interior do qual se forma a crisálida, principalmente nas fendas e frestas de paredes ou nos pontos de contato da sacaria.

2.2. CONTROLE E EFEITOS DAS RADIAÇÕES

O primeiro trabalho sobre o uso de radiação em entomologia foi o de HUNTER (1912), usando raio-X em *Sitophilus oryzae* (L.), não obtendo resultados satisfatórios, porque a sua ampola emitia radiações de pouca energia.

RUNNER (1916) verificou que adultos de *Lasioderma serricorne* (F.) quando submetidas a raio-X tornavam-se estéreis, constituindo assim no primeiro trabalho de pesquisa com radiações ionizantes em insetos, com resultados satisfatórios. Depois deste trabalho surgiram vários outros com diferentes tipos de radiações aplicados a diferentes espécies de insetos-pragas.

No Brasil, GALLO (1960) foi o primeiro a trabalhar com irradiação de insetos. Irradiou pupas de *Ceratitis capitata* (Wied.) e crisálidas de *Diatraea saccharalis* (F.), com radiação gama proveniente do Berílio e o objetivo foi obter insetos estéreis.

Vários tipos de radiações podem ser empregados no controle das pragas: radiação gama, infravermelho, elétrons acelerados, raio-X ou combinação das diferentes radiações.

Existem diversos trabalhos de pesquisa com

Plodia interpunctella e o emprego destas radiações, visando seu controle e em relação aos efeitos que a radiação causa.

PAPADOPOULOU (1960) trabalhando com a *Plodia interpunctella* concluiu que as doses de 100 a 200 krad* são suficientes para destruir os diferentes estágios do inseto, não afetando a textura e qualidades nutritivas do figo seco.

DENNIS (1961) irradiou lagartas de *Plodia interpunctella* para determinar a dose letal mínima de radiação e através do experimento constatou que a DL_{100}^{**} de 100.800 rad*** é suficiente para matar a praga após 2 meses e a DL_{100} de 151.200 rad após 6 dias.

PENDLEBURY *et alii* (1962) irradiaram crisálidas de *Plodia interpunctella* com 36.000 rad e obtiveram uma redução na emergência de adultos de 60 a 70% em relação à testemunha, sendo que não houve diferença na sensibilidade entre machos e fêmeas; mas quanto maior a dose aplicada, maior a deformação alar nos adultos emergidos.

*krad = dose absorvida de radiação. 1 krad = 10^3 rad.

** DL_{100} = dose letal de radiação que ministrada ao corpo do organismo de uma espécie, acarreta à morte de 100% dos indivíduos tratados.

***rad = (dose absorvida de radiação) = esta unidade expressa a absorção de energia em qualquer meio e não depende nem do tipo nem da energia de radiação ou material absorvedor. Por definição, 1 rad é a absorção de 100 erg de energia por grama.

Todos os estágios de metamorfose da *Plodia interpunctella* foram tratados com 0, 13,5, 17,5, 25, 45 e 100 krad. Observações semanais foram feitas para a mortalidade, habilidade, deformações e capacidade reprodutiva. Sendo que a dose de 17,5 krad é suficiente para eliminar a infestação de ovo e lagartas jovens. Houve uma diminuição na reprodução, transmitida para a geração F₁ e os machos sofreram menos danos genéticos que as fêmeas (COGBURN *et alii*, 1966).

As radiações ionizantes são capazes de causar efeitos diretos sobre a biologia e a progênie da *Plodia interpunctella*, além desses efeitos existem os indiretos como por exemplo as mutações nos insetos.

Um dos efeitos é a esterilidade parcial conforme mostram os trabalhos de ASHRAFI *et alii* (1972a e 1972b); BROWER (1975a, 1975b, 1976a e 1981); ARTHUR *et alii* (1984a e 1984c) e JOHNSON & VAIL (1987).

ASHRAFI *et alii* (1972a e 1972b) irradiaram lagartas de 5º ínstar de *Plodia interpunctella* com 3,5 krad e verificaram uma redução de 72% na geração F₁, os machos provenientes deste tratamento quando cruzados com fêmeas não irradiadas, reduziu em 89% a geração F₂; apesar disto, sua compatitividade com machos nativos só foi

reduzida quando tratados com doses superiores a 25 krad.

BROWER (1972) observou dois tipos de mutações causadas pela radiação gama em *Plodia interpunctella*: a descamação e a alteração da melanina das asas, sendo que estas alterações podem ser usadas em estudos de populações, procedência de esperma para cruzamento múltiplo, dispersão de população e marcação de insetos.

Outros efeitos podem ser causados pela radiação gama em *Plodia interpunctella*, tanto na biologia, como em suas progênies; dependendo da dose, do tempo de exposição, ocorrendo uma diminuição ou aumento na duração das fases do ciclo evolutivo, na longevidade dos adultos e fecundidade, como citam os trabalhos de: PENDLEBURY *et alii* (1962); BROWER (1973, 1974b, 1975a, 1975b, 1980 e 1981); AHMED *et alii* (1976a e 1976b); AMOAKO-ATTA & MILLIS (1977) e JOHNSON & VAIL (1987).

A metodologia de pesagens periódica do subtrato para determinação da dose esterilizante em insetos utilizando-se radiações ionizantes foi apresentada como substituta do método clássico (contagem de ovos inférteis) por WIENDL & WALDER (1973). A confirmação definitiva de tal processo foi dada por WIENDL *et alii* (1974) e posteriormente por CAVALLORO & RATTI (1976).

ASHARAFI & ROPPEL (1973) irradiaram lagartas com idade de 12 dias de *Plodia interpunctella* com ^{60}Co . Observaram que os adultos emergiram apresentando ruptura e desagregação da massa espermática. Esses adultos quando cruzados com fêmeas não tratadas, apresentam maior frequência de anormalidade no esperma em relação aos adultos normais.

A idade do ovo irradiado tem uma profunda influência na eclosão das lagartas, BROWER (1974a) irradiou ovos de *Plodia interpunctella* com idade de 1 a 72 horas e com doses de radiação gama de 0,5 a 50 krad. E através do experimento demonstrou que ovos de 18, 24 e 30 horas são igualmente sensíveis e os ovos com 24 horas foram selecionados como os mais fáceis para serem irradiados com uma baixa dose de radiação para induzir a esterilidade em adultos.

BECZNER & FARKAS (1974) irradiaram todos os estágios de *Plodia interpunctella* e determinaram que os ovos são mais radiosensíveis, sendo que a dose de 35 krad é suficiente para a desinfestação de produtos que contêm ovos e lagartas, mas para o ciclo completo a dose de 70 krad é a mais adequada.

Adultos de *Plodia interpunctella* com 24 horas de idade foram irradiados com doses de 75 a 100 krad e

não tiveram decréscimo significativo na capacidade de acasalamento. Mas quando as fêmeas foram tratadas com 20-50 krad a frequência de acasalamento aumentou. As doses requeridas para esterilização de 50% dos machos e fêmeas foram 42,5 e 27,0 krad e para 99% de esterilidade foram 67,0 e 45,0 krad, respectivamente. As mutações observadas foram iguais tanto nos machos como nas fêmeas, embora os machos pareceram ser mais radioresistentes (BROWER, 1975a).

BROWER (1975b) irradiando ovos de *Plodia interpunctella* com diferentes idades, procurou determinar a produção, danos genéticos e a possibilidade do uso de adultos da geração parental e geração filial estéreis para realizar o controle desta praga. Para ovos irradiados com a dose de 2 krad a eclosão das lagartas foi de 22,6% e os adultos provenientes destes ovos irradiados quando acasalados obtiveram uma redução de 50% na população. O estágio de ovo apresenta muitas vantagens quando irradiados, uma delas é a esterilidade em adultos para o uso da Técnica do Indivíduo Estéril (TIE).

AHMED *et alii* (1976a) irradiaram crisálidas com 7 dias de idade de *Plodia interpunctella*, com a dose de 50 krad; sendo que as fêmeas tratadas foram acasaladas com machos não tratados e 94,5% dos ovos foram inférteis, portanto a dose de 50 krad produz insetos estéreis e competitivos

sexualmente.

AHMED *et alii* (1976b) irradiaram machos de *Plodia interpunctella* de 24 horas de idade, com 25 e 35 krad e os confinaram com fêmeas não irradiadas, obtendo 19,8% e 3,5% de ovos férteis, respectivamente e no controle obtiveram 88,6% de eclosão. Aumentando a dose para 50 e 70 krad, foi induzida completa esterilidade nos machos. Machos e fêmeas ambos tratados com a dose esterilizante de 50 krad e confinadas com fêmeas e machos não tratados, causou 67,85% de infertilidade nos ovos. E através dos experimentos concluíram que tanto machos como fêmeas irradiados permitem bons resultados para um programa de controle, sendo a separação dos sexos desnecessária.

Crisálidas de *Plodia interpunctella* irradiadas com as doses de 35 e 50 krad, se mostraram promissoras para a aplicação em larga escala da Técnica do Indivíduo Estéril, pois as fêmeas adultas ficaram estéreis e a capacidade reprodutiva dos machos foi reduzida. O tratamento de crisálidas diminuiu o problema de coletas, irradiação de grande número de adultos, eliminação da necessidade de manipulação, sexo e separação de adultos e facilidade na liberação dos insetos tratados (BROWER, 1976a).

Machos de *Plodia interpunctella* com 24 horas

de idade, foram irradiados com 0, 25, 35 e 50 krad e acasalados com fêmeas virgens. Os machos subesterilizados com 50 krad recuperaram a fertilidade após 3 ou mais acasalamentos sucessivos. Os machos irradiados (25 e 35 krad) tiveram um notável aumento na fecundidade após vários acasalamentos, devido a produção de novo esperma. Esta recuperação da fertilidade poderá ter efeito na Técnica do Indivíduo Estéril, porque na atividade normal os machos, acasalam uma ou duas vezes (BROWER, 1976b).

GROSU (1976) tratou todas as fases de *Plodia interpunctella* com radiação gama, sendo que a dose de 25 krad inibiu completamente a eclosão das lagartas; 40 krad esterilizou as lagartas, e a dose para completa esterilidade para crisálidas foi de 30 e 40 krad para fêmeas e machos; enquanto a dose de 40 krad também foi esterilizante para os adultos.

BROWER (1978) irradiou adultos de *Plodia interpunctella*, machos e fêmeas com 35 krad (dose esterilizante parcial) e 50 krad (dose esterilizante) e combinou com adultos não tratados em número de 1, 5, 10, 15 e 25 machos tratados ou fêmeas com um casal não tratado. Machos e fêmeas foram muito competitivos após o tratamento com 35 krad, em relação ao de 50 krad, mas as fêmeas foram mais competitivas, baseando-se na eclosão das lagartas.

BROWER (1980) irradiou lagartas de 5º ínstar de *Plodia interpunctella* que estavam em diapausa e não diapausa com doses de 2,5 a 20 krad. Nove das lagartas que não estavam em diapausa foram mortas com 7,5 a 20 krad, mas 88% para 100% das lagartas em diapausa morreram após a empupação. Os danos somáticos foram maiores nas lagartas em diapausa e a competitividade foi menor.

Fêmeas com 1 dia de idade de *Plodia interpunctella* foram tratadas com 0, 5, 10, 15 e 20 krad de radiação gama e acasaladas com machos tratados e não tratados. A progênie foi avaliada durante 3 gerações (F₁, F₂ e F₃), sendo que todas as combinações de acasalamento por todas as doses mostraram parcial recuperação da habilidade reprodutiva na geração F₃ (BROWER, 1981).

ARTHUR *et alii* (1984a) irradiaram adultos de *Plodia interpunctella* com idade de 0 a 24 horas, utilizando doses de 0 a 1.200 Gy*, com intervalos de 100 Gy. A dose esterilizante pelo método de perda de peso em arroz integral foi de 600 Gy de radiação gama.

Lagartas de último ínstar de *Plodia interpunctella* criadas em dieta artificial CENA P.I., foram ir-

*Gy (Gray) = Dose absorvida de radiação. 1 krad = 10 Gy,
1 rad = 0,01 Gy.

radiadas com doses de 0, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 e 500 Gy. A dose letal para as lagartas foi 150 Gy e a esterilidade somente foi induzida com a dose de 50 Gy, ocorrendo na segunda geração (F_2) (ARTHUR *et alii*, 1984b).

ARTHUR *et alii* (1984c) irradiaram adultos de *Plodia interpunctella* com 0, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 e 500 Gy, criados em dieta artificial CENA P.I. Provou-se que a esterilidade somente foi induzida com as doses de 100 e 150 Gy, ocorrendo na geração F_1 e com a dose de 200 Gy houve indução de esterilidade na geração irradiada.

JOHNSON & VAIL (1987) irradiaram crisálidas de *Plodia interpunctella* criadas em noz, amendoa e uva seca. As doses utilizadas foram de 14,4 - 92,1 krad, sendo que a dose de 26,9 - 31,9 krad produziu esterilidade completa nas fêmeas e esterilidade parcial nos machos. Nas doses mais altas ocorreu deformação nas asas e inabilidade para acasalamento.

Há várias referências bibliográficas sobre doses esterilizantes e letais sobre *Plodia interpunctella*, sendo que o método de criação, alimentação, contagem e análises dos resultados, idade dos insetos irradiados, diferem de autor para autor; a fim de facilitar a compreensão destes dados, segundo os diversos autores consultados, os mes-

mos foram colocados na Tabela 2 a seguir.

Conforme foi apresentado, as radiações ionizantes constituem uma poderosa arma no controle das pragas de produtos armazenados, mas os mesmos podem ser controladas através de altas temperaturas conforme os trabalhos de LUM (1977) e ARBOGAST (1981). Outro método é através de raios infravermelhos como mostram os trabalhos de COGBURN (1967), KIRKPATRICK & TILTON (1972), KIRKPATRICK (1975) e MENTEN (1982). O uso de gases como dióxido de carbono (CO_2) e nitrogênio (N_2) podem ser usados nos armazéns para controlar a traça *Plodia interpunctella* conforme os trabalhos de PRESS & HAREIN (1966), LUM & FLAHERTY (1972) e LUM *et alii* (1973).

Tabela 2 - Doses letais e esterilizantes de diversos autores para a traça *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera, Pyralidae).

Referência	E s p é c i e	Estágio	Dose letal (Gy)	% de eclosão	Dose esterilizante (Gy)	Taxa de dose (Gy/hora)
AHMED et alii, 1976a	<i>Plodia interpunctella</i>	crisálida			500	720
AHMED et alii, 1976b	<i>Plodia interpunctella</i>	adulto ♀ adulto ♀ e ♂			500 700	630
ARTHUR et alii, 1984a	<i>Plodia interpunctella</i>	adulto			600	334
ARTHUR et alii, 1984b	<i>Plodia interpunctella</i>	lagarta	150		50 (F ₂)*	300
ARTHUR et alii, 1984c	<i>Plodia interpunctella</i>	adulto			200 (M ₁)* 100 e 150 (F ₁)***	334
BECKNER & FARKAS, 1974	<i>Plodia interpunctella</i>	ovo crisálida adulto	175		350 700	
BROWER, 1975b	<i>Plodia interpunctella</i>	adulto ♂ adulto ♀ adulto ♂ adulto ♀		50% 50% 1% 1%	270 425 450 670	720
BROWER, 1976b	<i>Plodia interpunctella</i>	crisálida ♂			500	720
BROWER, 1978	<i>Plodia interpunctella</i>	adulto			350 (parcial) 500 (total)	600
DENNIS, 1961	<i>Plodia interpunctella</i>	lagarta	DL ₁₀₀ 1030 DL ₅₀ 1521	(2 meses) (6 dias)		42 ± 10
GROSU, 1976	<i>Plodia interpunctella</i>	ovo lagarta crisálida ♀ crisálida ♂ adulto	250		400 300 400 400	
JOHNSON & VAIL, 1987	<i>Plodia interpunctella</i>	crisálida ♀ crisálida ♂			269-319 (total) 269-319 (parcial)	
PAPADOPOULOU, 1960	<i>Plodia interpunctella</i>	ovo lagarta crisálida adulto	250 500 DL ₅₀ 1000**** DL ₅₀ 2500 1000 DL ₅₀ 1000 DL ₅₀ 4500	15% 7% (4 dias) (1 dia) (4 dias) (1 dia)		300-400

*F₂ = geração filial F₂; **M = geração parental; ***F₁ = geração filial F₁;****DL₅₀ = dose letal de radiação que ministrada ao corpo todo do organismo de uma espécie, acarreta a morte de 50% dos indivíduos tratados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido nos laboratórios da Seção de Radioentomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), USP, Piracicaba - SP, com a espécie *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera - Pyralidae), em câmara climatizada com $27 \pm 2^{\circ}\text{C}$ de temperatura e $70 \pm 10\%$ de umidade relativa, conforme registros diários em termohigrógrafo.

A colônia inicial de *Plodia interpunctella*, foi obtida da criação em laboratório da Seção de Radioentomologia do CENA, criada em dieta artificial CENA-P.I. (WALDER & MENTEN, 1984), composta de: farinha de trigo, 23,08%; farinha de milho, 19,23%; germen de trigo, 3,20%; alimento para cão, 16,03%; aveia, 6,41%, glucose de milho (Karo), 32,05%.

No transcorrer do trabalho manteve-se a criação do inseto no mesmo tipo de dieta, usando-se frascos de vidro transparentes com boca de 8 cm de diâmetro e capacidade de 3.000 ml, contendo cada um 400 g de dieta CENA - P.I. e dez casais do inseto para procriação da espécie. Na tampa plástica rosqueável foi adaptada uma tela de cobre revestida com lenço de papel Yes, a fim de permitir as trocas gaso

sas, evitar a penetração de ácaros e inimigos naturais.

Como fonte de radiação gama foi utilizado um irradiador de Cobalto-60, marca Gammabeam-650, tipo IR-31, da Atomic Energy of Canada Ltd, Ottawa, Canadá, com uma atividade de aproximadamente $2,93 \times 10^{14}$ Bq* (7.925 Ci**) no início do trabalho. A taxa de dose foi de 2,80 kGy/hora*** para todos os ensaios.

Este trabalho foi dividido em vários ensaios, cada um com suas particularidades próprias e por isso separados para melhor compreensão da metodologia aplicada e resultados obtidos.

3.1. DETERMINAÇÃO DA DOSE LETAL PARA OVOS

Os ovos foram coletados dos frascos de criação da espécie, sendo que nos mesmos foram colocadas tiras de papel preto em forma de sanfona para realização da postura. Com o auxílio de um pincel, os ovos foram colocados em

*Bq (Becquerel) = Unidade que expressa a atividade de qualquer material radioativo.
 $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$.

**Ci (Curie) = Unidade que expressa a atividade de qualquer material radioativo.
 $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$.

***kGy/hora (taxa de dose) = Quantidade de radiação por um determinado espaço de tempo.

caixas plásticas (de 5 x 3 x 2 cm) com um papel preto no fundo, em número de 10 por repetição e com idade de 0 - 24 horas.

As doses de radiação gama empregadas foram: 0 (testemunha), 25, 40, 50, 60, 75, 80, 90, 100, 125, 150, 175 e 200 Gy, constando cada dose com 5 repetições, num total de 50 ovos por tratamento.

A irradiação dos ovos foi feita nas próprias caixas plásticas e em seguida foram levadas à câmara climatizada já citada anteriormente.

Para a determinação da dose letal de radiação foi feita uma contagem sob uma lupa binocular, observando-se os ovos que deram ou não eclosão de lagartas. Esta contagem foi feita 5 dias após a oviposição, quando já se podia fazer a distinção dos férteis e dos inférteis, através do número de ovos que estavam com o cório aberto, indicando a ocorrência da eclosão das lagartas.

3.2. DETERMINAÇÃO DA DOSE ESTERILIZANTE E LETAL PARA LAGARTAS

Para a realização deste ensaio, coletou-se lagartas de último ínstar e estas foram irradiadas em tubos de ensaio com tampões de algodão envolvidos em lenço de pa-

pel Yes.

As doses de radiação gama empregadas foram: 0 (testemunha), 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 225, 250 e 300 Gy. Cada dose constou de 5 repetições e o número de lagartas foi mantido fixo em 10, portanto 50 lagartas por tratamento.

Após a irradiação, as lagartas foram transferidas para vidros de 250 ml, com 50 ml de dieta CENA - P.I. e com tampas rosqueáveis contendo tela de cobre e lenço de papel Yes, e mantidas em câmara climatizada.

A determinação da dose letal foi feita pela posterior contagem dos adultos emergidos e a dose esterilizante, pelo número de adultos emergidos na geração parental e geração F_1 .

3.3. DETERMINAÇÃO DA DOSE ESTERILIZANTE E LETAL PARA CRISÁLIDAS

Para a realização deste ensaio, coletou-se crisálidas de 3 a 4 dias de idade dos vidros de criação. Em seguida, estas crisálidas foram colocadas em tubos de ensaio com tampões de algodão envolvidos em lenço de papel Yes e irradiadas com doses crescentes de radiação.

Neste ensaio, as doses de radiações gama empregadas foram: 0 (testemunha), 50, 100, 125, 175, 200, 225, 300, 350 e 400 Gy. Cada dose constou de 5 repetições e o número de crisálidas por repetição foi de 10, portanto 50 crisálidas por tratamento.

Após a irradiação, as crisálidas foram transferidas para vidros de 250 ml, com 50 ml de dieta CENA - P.I. e com tampas rosqueáveis contendo tela de cobre e lenço de papel Yes, e mantidas em câmara climatizada. A determinação da dose letal foi feita pela posterior contagem dos adultos emergidos e a dose esterilizante pelo número de adultos emergidos na geração parental e geração F_1 .

3.4. DETERMINAÇÃO DA DOSE ESTERILIZANTE PARA ADULTOS, PELO MÉTODO DE PERDA DE PESO

Este ensaio consistiu de 11 tratamentos com 5 repetições. As doses de radiação gama empregadas foram: 0 (testemunha), 50, 100, 120, 140, 160, 180, 200, 225, 250 e 300 Gy.

Em vidros de 250 ml de tampas rosqueáveis com tela de cobre e cobertas com lenço de papel Yes, foram colocadas em média 50 gramas da dieta CENA - P.I. e 10 insetos de *Plodia interpunctella*, com idade de 0 a 48 horas, pro

venientes da criação massal mantida em laboratório, portanto 50 adultos por tratamento. Em seguida estes vidros foram irradiados e levados à câmara climatizada, onde foram semanalmente pesados a fim de verificar as variações de peso em balança de precisão de 0,01 grama.

Assim, quando o inseto torna-se estéril devido à radiação gama, não há mais descendentes que se alimentam e conseqüentemente não há mais perda de peso, podendo-se determinar a dose esterilizante (WIENDL *et alii*, 1974).

Para verificar as variações de umidade da dieta, foi mantida na mesma câmara 5 vidros iguais aos do experimento e semanalmente foram pesados.

3.5. DETERMINAÇÃO DA DOSE ESTERILIZANTE PARA ADULTOS E ESPERANÇA DE VIDA

Para a determinação da dose esterilizante, foram utilizadas fêmeas irradiadas cruzadas com machos normais e vice-versa, sendo fêmeas e machos virgens com idade de 24 horas.

As doses de radiação gama empregadas foram: 0 (testemunha), 150, 200, 250, 300, 350 e 400 Gy e com 5 repetições, portanto 50 adultos por tratamento.

Os insetos foram irradiados em tubos de ensaio com tampões de algodão envolvidos em lenço de papel Yes. Em seguida os insetos foram colocados com o sexo oposto num total de cinco casais por tratamento em vidros com capacidade de 3.000 ml. Fez-se a contagem da mortalidade dos adultos, a cada três dias e contagem da emergência da geração F_1 .

3.6. DETERMINAÇÃO DA DOSE LETAL IMEDIATA DE RADIAÇÃO GAMA EM ADULTOS ($DL_{I\ 100}$)

Este ensaio foi realizado em três etapas: população ao acaso, só fêmeas e só macho. Cada etapa do ensaio constou de 6 repetições, com 10 insetos por repetição, portanto 60 insetos por tratamento. A idade dos insetos variou de 0 a 48 horas.

As doses de radiação gama empregadas variaram de 2.000 a 4.750 Gy, a uma razão constante de 250 Gy e no caso da população de fêmeas, a dose utilizada foi de 2.000 a 4.500 Gy.

Os insetos foram colocados em tubos de vidro de 2,5 cm de diâmetro por 8,5 cm de altura com tampão de algodão envolvido em lenço de papel Yes e em seguida coloca-

dos num cilindro de madeira (120 mm de diâmetro por 45 mm de altura) contendo seis orifícios que serviu de suporte e base para os tubos durante a irradiação dos insetos.

Após cada irradiação a sobrevivência foi verificada através da contagem do número de insetos mortos (imobilidade total), sendo que os mortos eram retirados e nova dose de radiação era ministrada até a eliminação total dos insetos.

4. RESULTADOS

4.1. DETERMINAÇÃO DA DOSE LETAL PARA OVOS

Na Tabela 3 constam-se os valores numéricos, porcentagem e média dos ovos férteis e inférteis irradiados com doses crescentes de radiação gama, provenientes de adultos de *Plodia interpunctella* criados em dieta artificial. E com esses dados construiu-se a Figura 1 onde observamos as médias e variações numéricas de ovos férteis e inférteis de *Plodia interpunctella* com doses crescentes de radiação gama.

4.2. DETERMINAÇÃO DAS DOSES ESTERILIZANTE E LETAL PARA LAGARTAS

Na Tabela 4 temos o número de adultos emergidos e não emergidos por repetição, média e a porcentagem das lagartas irradiadas com doses crescentes de radiação. Com os dados dessa Tabela construiu-se a Figura 2 onde constam-se as médias e variações do número de adultos emergidos e não emergidos de *Plodia interpunctella* irradiados com do-

ses crescentes de radiação gama na fase de lagarta.

E na Tabela 5 consta a média de adultos da geração parental e sua geração F_1 e com estes dados construiu-se a Figura 3, onde constam as médias de adultos de *Plodia interpunctella* provenientes de lagartas irradiadas, geração parental e sua geração F_1 .

4.3. DETERMINAÇÃO DA DOSE ESTERILIZANTE E LETAL PARA CRISÁLIDAS

O número de adultos emergidos e não emergidos por repetição, média e a porcentagem de crisálidas irradiadas com doses crescentes de radiação gama encontram-se na Tabela 6 e com estes dados construiu-se a Figura 4 aonde temos as médias e variações do número de adultos emergidos e não emergidos de *Plodia interpunctella*, irradiados com doses crescentes de radiação gama na fase de crisálida.

Na Tabela 7 encontram-se as médias de adultos de *Plodia interpunctella* (Hüb.) provenientes de crisálidas irradiadas, geração parental e sua geração F_1 e com estes dados construiu-se a Figura 6 onde consta a média de adultos de *Plodia interpunctella* provenientes de crisálidas irradiadas, geração parental e sua geração F_1 .

4.4. DETERMINAÇÃO DA DOSE ESTERILIZANTE PARA ADULTOS, PELO MÉTODO DE PERDA DE PESO

Na Tabela 8 temos a variação de peso em porcentagem causada pelo ataque de *Plodia interpunctella* em dieta artificial, com doses crescentes de radiação gama. E com estes dados construiu-se a Figura 6 onde observamos a variação da perda de peso em porcentagem, após 19 semanas da primeira pesagem, que foi considerada 100%.

4.5. DETERMINAÇÃO DA DOSE ESTERILIZANTE PARA ADULTOS E ESPERANÇA DE VIDA

Na Tabela 9 estão representados os valores numéricos da mortalidade de adultos, contados a cada três dias, quando irradiados com doses crescentes de radiação gama e cruzados com adultos normais. Também são apresentados os valores das respectivas esperanças de vida (e_0^x), somatório a cada três dias e a média de (e_0^x) para machos e fêmeas.

Enquanto na Tabela 10 constam os números de adultos emergidos na geração F_1 provenientes da geração parental criada em dieta artificial, irradiada e cruzada com a normal.

Para melhor compreensão dos resultados da Tabela 10, construiu-se a Figura 7, onde temos a média de adultos da geração F₁ emergidos, quando machos e fêmeas foram irradiados e cruzados com normais.

Na Tabela 11 temos as médias das esperanças de vida (e_0^x) para adultos irradiados e cruzados com os normais, e sua respectiva análise e diferença estatística (Teste de Tukey a 5%).

4.6. DETERMINAÇÃO DA DOSE LETAL IMEDIATA DE RADIAÇÃO GAMA EM ADULTOS (DL_I 100)

Nas Tabelas 12, 13 e 14 constam os valores de mortalidade de adultos criados em dieta artificial, obtidos em contagens durante a irradiação dos mesmos, com doses crescentes de radiação gama, assim como os respectivos somatários. Com os dados destas tabelas, elaboraram-se as Tabelas 15, 16, 17 e 18 onde constam a mortalidade em porcentagem dos adultos de *Plodia interpunctella* irradiados com doses crescentes de radiação gama, a dose letal calculada, médias calculadas, a análise de variância e a diferença estatística entre as doses letais imediata (Teste de Tukey a 5%).

Com os dados das Tabelas 15, 16 e 17 construíram-se as Figuras 8, 9 e 10 onde observa-se a mortalidad

de em porcentagem para a população ao acaso, fêmeas e machos irradiados de *Plodia interpunctella* com doses crescentes de radiação gama.

Na Tabela 19 temos as combinações das médias calculadas das doses letais imediata de radiação gama (população ao acaso, macho e fêmea) e suas respectivas análises e diferenças estatísticas (Teste de Tukey a 5%).

Tabela 3 - Viabilidade de ovos de *Plodia interpunctella* (Hüb.), irradiados com doses crescentes de radiação gama, criados em dieta artificial. (média = $\bar{m}$).

Doses (Gy)	Repetições	No. ovos irradi.	No. ovos férteis	% ovos férteis	No. ovos infért.	% ovos infért.
0	1	10	9		1	
	2	10	8		2	
	3	10	6		4	
	4	10	9		1	
	5	10	8		2	
$\bar{m}$		10	8,0	80,0	2,0	20,0
25	1	10	6		4	
	2	10	9		1	
	3	10	6		4	
	4	10	5		5	
	5	10	7		3	
$\bar{m}$		10	6,8	66,0	3,4	34,0
40	1	10	5		5	
	2	10	4		6	
	3	10	7		3	
	4	10	6		4	
	5	10	5		5	
$\bar{m}$		10	5,4	54,0	4,6	46,0
50	1	10	4		6	
	2	10	3		7	
	3	10	6		4	
	4	10	6		4	
	5	10	7		3	
$\bar{m}$		10	5,2	52,0	4,8	48,0
60	1	10	3		7	
	2	10	3		7	
	3	10	2		8	
	4	10	4		6	
	5	10	4		6	
$\bar{m}$		10	3,2	32,0	6,8	68,0
75	1	10	2		8	
	2	10	1		9	
	3	10	1		9	
	4	10	2		8	
	5	10	2		8	
$\bar{m}$		10	1,6	16,0	8,4	84,0
80	1	10	0		10	
	2	10	2		8	
	3	10	1		9	
	4	10	0		10	
	5	10	1		9	
$\bar{m}$		10	0,8	8,0	9,2	92,0

Tabela 3 - Continuação.

Doses (Gy)	Repe- tições	No. ovos irrad.	No. ovos fêrteis	% ovos fêrteis	No. ovos infêrt.	% ovos infêrt.
90	1	10	1		9	
	2	10	0		10	
	3	10	0		10	
	4	10	1		9	
	5	10	2		8	
$\bar{m}$		10	0,8	8,0	9,2	92,0
100	1	10	2		8	
	2	10	0		10	
	3	10	0		10	
	4	10	1		9	
	5	10	1		9	
$\bar{m}$		10	0,8	8,0	9,2	92,0
125	1	10	0		10	
	2	10	0		10	
	3	10	0		10	
	4	10	0		10	
	5	10	0		10	
$\bar{m}$		10	0,0	0,0	10,0	100,0
150	1	10	0		10	
	2	10	0		10	
	3	10	0		10	
	4	10	0		10	
	5	10	0		10	
$\bar{m}$		10	0,0	0,0	10,0	100,0
175	1	10	0		10	
	2	10	0		10	
	3	10	0		10	
	4	10	0		10	
	5	10	0		10	
$\bar{m}$		10	0,0	0,0	10,0	100,0
200	1	10	0		10	
	2	10	0		10	
	3	10	0		10	
	4	10	0		10	
	5	10	0		10	
$\bar{m}$		10	0,0	0,0	10,0	100,0

Tabela 4 - Viabilidade das lagartas de *Plodia interpunctella* (Hüb.) irradiadas com doses crescentes de radiação gama, criadas em dieta artificial. (média = $\bar{m}$).

Doses (Gy)	Repetições	Lagartas Irrradiadas	Adultos		Adultos	
			No.	%	No.	%
			emergidos		não emergidos	
0	1	10	6		4	
	2	10	8		2	
	3	10	7		3	
	4	10	9		1	
	5	10	8		2	
$(\bar{m})$		10	7,6	76,0	2,4	24,0
20	1	10	6		4	
	2	10	7		3	
	3	10	7		3	
	4	10	6		4	
	5	10	6		4	
$(\bar{m})$		10	6,4	64,0	3,6	36,0
40	1	10	6		4	
	2	10	7		3	
	3	10	6		4	
	4	10	7		3	
	5	10	5		5	
$(\bar{m})$		10	6,2	62,0	3,8	38,0
60	1	10	6		4	
	2	10	5		5	
	3	10	6		4	
	4	10	6		4	
	5	10	6		4	
$(\bar{m})$		10	5,8	58,0	4,2	42,0
80	1	10	5		5	
	2	10	6		4	
	3	10	5		5	
	4	10	3		7	
	5	10	5		5	
$(\bar{m})$		10	4,8	48,0	5,2	52,0
100	1	10	3		7	
	2	10	4		6	
	3	10	3		7	
	4	10	4		6	
	5	10	2		8	
$(\bar{m})$		10	3,2	32,0	6,8	68,0
120	1	10	3		7	
	2	10	2		8	
	3	10	1		9	
	4	10	0		10	
	5	10	2		8	
$(\bar{m})$		10	1,6	16,0	8,4	84,0

Tabela 4 - Continuação.

Doses (Gy)	Repetições	Lagartas Irrradiadas	Adultos		Adultos	
			No.	%	No.	%
			emergidos		não emergidos	
140	1	10	1		9	
	2	10	0		10	
	3	10	3		7	
	4	10	1		9	
	5	10	2		8	
($\bar{m}$)		10	1,4	14,0	8,6	86,0
160	1	10	4		6	
	2	10	0		10	
	3	10	1		9	
	4	10	4		6	
	5	10	0		10	
($\bar{m}$)		10	1,8	18,0	8,2	82,0
180	1	10	0		10	
	2	10	1		9	
	3	10	2		8	
	4	10	1		9	
	5	10	0		10	
($\bar{m}$)		10	0,8	8,0	9,2	92,0
200	1	10	1		9	
	2	10	1		9	
	3	10	1		9	
	4	10	0		10	
	5	10	0		10	
($\bar{m}$)		10	0,6	6,0	9,4	94,0
225	1	10	1		9	
	2	10	1		9	
	3	10	0		10	
	4	10	0		10	
	5	10	0		10	
($\bar{m}$)		10	0,4	4,0	9,6	96,0
250	1	10	0		10	
	2	10	0		10	
	3	10	0		10	
	4	10	0		10	
	5	10	0		10	
($\bar{m}$)		10	0,0	0,0	10,0	100,0
300	1	10	0		10	
	2	10	0		10	
	3	10	0		10	
	4	10	0		10	
	5	10	0		10	
($\bar{m}$)		10	0,0	0,0	10,0	100,0

Tabela 5 - Número de adultos de *Plodia interpunctella* (Hüb.), provenientes de lagartas irradiadas com doses crescentes de radiação gama, geração parental (P) e sua geração filial (F_1). (Total = Σ , média = $\bar{m}$).

Doses (Gy)	Repetições	P	F_1
0	1	6	82
	2	8	91
	3	7	73
	4	9	85
	5	8	70
$\Sigma (\bar{m})$		38 (7,6)	401 (80,2)
20	1	6	50
	2	7	63
	3	7	69
	4	6	42
	5	6	38
$\Sigma (\bar{m})$		32 (6,4)	262 (52,4)
40	1	6	38
	2	7	42
	3	6	47
	4	7	41
	5	5	28
$\Sigma (\bar{m})$		31 (6,2)	196 (39,2)
60	1	6	20
	2	5	9
	3	6	32
	4	6	28
	5	6	34
$\Sigma (\bar{m})$		29 (5,8)	123 (24,6)
80	1	5	6
	2	6	12
	3	5	4
	4	3	6
	5	5	15
$\Sigma (\bar{m})$		24 (4,8)	43 (8,6)
100	1	3	0
	2	4	2
	3	3	0
	4	4	1
	5	2	1
$\Sigma (\bar{m})$		16 (3,2)	4 (0,8)
120	1	3	2
	2	2	1
	3	1	0
	4	0	0
	5	2	0
$\Sigma (\bar{m})$		8 (1,6)	3 (0,6)

Tabela 5 - Continuação.

Doses (Gy)	Repetições	P	F 1
140	1	1	0
	2	0	0
	3	3	2
	4	1	0
	5	2	0
$\Sigma (\bar{m})$		7 (1,4)	2 (0,4)
160	1	4	0
	2	0	0
	3	1	0
	4	4	0
	5	0	0
$\Sigma (\bar{m})$		9 (1,8)	0 (0,0)
180	1	0	0
	2	1	0
	3	2	0
	4	1	0
	5	0	0
$\Sigma (\bar{m})$		4 (0,8)	0 (0,0)
200	1	1	0
	2	1	0
	3	1	0
	4	0	0
	5	0	0
$\Sigma (\bar{m})$		3 (0,6)	0 (0,0)
225	1	1	0
	2	1	0
	3	0	0
	4	0	0
	5	0	0
$\Sigma (\bar{m})$		2 (0,4)	0 (0,0)
250	1	0	0
	2	0	0
	3	0	0
	4	0	0
	5	0	0
$\Sigma (\bar{m})$		0 (0,0)	0 (0,0)
300	1	0	0
	2	0	0
	3	0	0
	4	0	0
	5	0	0
$\Sigma (\bar{m})$		0 (0,0)	0 (0,0)

Tabela 6 - Viabilidade de crisálidas de *Plodia interpunctella* (Hüb.), irradiadas com doses crescentes de radiação gama, criadas em dieta artificial. (média = $\bar{m}$).

Doses (Gy)	Repetições	Crisálidas Irradiadas	Adultos		Adultos	
			No.	%	No.	%
			emergidos		não emergidos	
0	1	10	8		2	
	2	10	8		2	
	3	10	7		3	
	4	10	5		5	
	5	10	9		1	
($\bar{m}$)		10	7,4	74,0	2,6	26,0
50	1	10	5		5	
	2	10	8		2	
	3	10	6		4	
	4	10	5		5	
	5	10	5		5	
($\bar{m}$)		10	5,8	58,0	4,2	42,0
100	1	10	6		4	
	2	10	5		5	
	3	10	7		3	
	4	10	6		4	
	5	10	5		5	
($\bar{m}$)		10	5,8	58,0	4,2	42,0
125	1	10	6		4	
	2	10	5		5	
	3	10	6		4	
	4	10	4		6	
	5	10	5		5	
($\bar{m}$)		10	5,2	52,0	4,8	48,0
150	1	10	6		4	
	2	10	4		6	
	3	10	4		6	
	4	10	4		6	
	5	10	5		5	
($\bar{m}$)		10	4,6	46,0	5,4	54,0
175	1	10	4		6	
	2	10	4		6	
	3	10	2		8	
	4	10	4		6	
	5	10	2		8	
($\bar{m}$)		10	3,2	32,0	6,8	68,0

Tabela 6 - Continuação.

Doses (Gy)	Repetições	Crisálidas Irradiadas	Adultos		Adultos	
			No.	%	No.	%
			emergidos		não emergidos	
200	1	10	2		8	
	2	10	4		6	
	3	10	3		7	
	4	10	4		6	
	5	10	3		7	
($\bar{m}$)		10	3,2	32,0	6,8	68,0
225	1	10	3		7	
	2	10	3		7	
	3	10	4		6	
	4	10	2		8	
	5	10	3		7	
($\bar{m}$)		10	3,0	30,0	7,0	70,0
250	1	10	3		7	
	2	10	3		7	
	3	10	3		7	
	4	10	2		8	
	5	10	2		8	
($\bar{m}$)		10	2,6	26,0	7,4	74,0
300	1	10	2		8	
	2	10	3		7	
	3	10	2		8	
	4	10	1		9	
	5	10	1		9	
($\bar{m}$)		10	1,8	18,0	8,2	82,0
350	1	10	0		10	
	2	10	0		10	
	3	10	1		9	
	4	10	2		8	
	5	10	1		9	
($\bar{m}$)		10	0,8	8,0	9,2	92,0
400	1	10	0		10	
	2	10	0		10	
	3	10	0		10	
	4	10	0		10	
	5	10	0		10	
($\bar{m}$)		10	0,0	0,0	10,0	100,0

Tabela 7 - Número de adultos de *Plodia interpunctella* (Hüb.) provenientes de crisálidas irradiadas com doses crescentes de radiação gama, geração parental (P) e sua geração filial (F₁). (Total = Σ , média = $\bar{m}$).

Doses (Gy)	Repetições	P	F ₁
0	1	8	40
	2	8	46
	3	7	35
	4	5	28
	5	9	61
$\Sigma (\bar{m})$		37 (7,4)	210 (42,0)
50	1	5	10
	2	8	15
	3	6	1
	4	5	14
	5	5	16
$\Sigma (\bar{m})$		29 (5,8)	56 (11,2)
100	1	6	4
	2	5	8
	3	7	3
	4	6	15
	5	5	6
$\Sigma (\bar{m})$		29 (5,8)	36 (7,2)
125	1	6	14
	2	5	9
	3	6	5
	4	4	5
	5	5	7
$\Sigma (\bar{m})$		26 (5,6)	40 (8,0)
150	1	6	10
	2	4	2
	3	4	2
	4	4	1
	5	5	0
$\Sigma (\bar{m})$		23 (4,6)	15 (3,0)
175	1	4	0
	2	4	0
	3	2	1
	4	4	1
	5	2	0
$\Sigma (\bar{m})$		16 (3,2)	2 (0,4)

Tabela 7 - Continuação.

Doses (Gy)	Repetições	P	F 1
200	1	2	1
	2	4	2
	3	3	0
	4	4	1
	5	3	0
$\Sigma (\bar{m})$		16 (3,2)	4 (0,8)
225	1	3	2
	2	3	2
	3	4	0
	4	2	0
	5	3	0
$\Sigma (\bar{m})$		15 (3,0)	4 (0,8)
250	1	3	0
	2	3	0
	3	3	0
	4	2	0
	5	2	0
$\Sigma (\bar{m})$		13 (2,6)	0 (0,0)
300	1	2	0
	2	3	0
	3	2	0
	4	1	0
	5	1	0
$\Sigma (\bar{m})$		9 (1,8)	0 (0,0)
350	1	0	0
	2	0	0
	3	1	0
	4	2	0
	5	1	0
$\Sigma (\bar{m})$		4 (0,8)	0 (0,0)
400	1	0	0
	2	0	0
	3	0	0
	4	0	0
	5	0	0
$\Sigma (\bar{m})$		0 (0,0)	0 (0,0)

Tabela 8 - Variação de peso em porcentagem e diferença média de peso causada pelo ataque de *Plodia interpunctella* (Hüb.) em dieta artificial, irradiada com doses crescentes de radiação gama.

		Semanas																			
Doses		1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	6a.	7a.	8a.	9a.	10a.	11a.	12a.	13a.	14a.	15a.	16a.	17a.	18a.	19a.	20a.
(6γ)		1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	6a.	7a.	8a.	9a.	10a.	11a.	12a.	13a.	14a.	15a.	16a.	17a.	18a.	19a.	20a.
0	Σ	100	97,61	95,40	82,93	77,86	73,76	69,78	64,27	64,03	63,06	62,28	60,41	58,90	58,31	58,34	59,53	57,81	57,33	57,02	56,34
	d.m.	0	1,30	2,50	9,27	12,02	14,25	16,95	19,40	19,53	20,06	20,48	21,50	22,32	22,64	22,62	22,52	22,91	23,17	23,34	23,49
50	Σ	100	97,51	96,41	90,47	86,23	83,73	80,60	70,65	67,74	66,13	64,33	63,07	62,57	62,03	62,38	63,01	62,03	61,50	61,17	60,82
	d.m.	0	1,13	1,63	4,32	6,25	7,38	8,80	13,22	14,63	15,36	16,18	16,75	16,97	17,09	16,93	16,77	17,22	17,46	17,60	17,77
100	Σ	100	97,58	97,24	96,08	93,66	92,28	91,79	86,82	84,44	81,85	78,61	67,61	63,69	62,27	61,16	61,22	60,27	59,75	59,41	53,99
	d.m.	0	1,14	1,30	1,85	2,99	3,63	3,86	6,21	7,33	8,55	10,07	15,25	17,10	17,77	18,29	18,26	18,71	18,96	19,11	19,31
120	Σ	100	97,67	97,58	97,22	95,29	94,47	94,23	91,79	91,07	89,24	86,30	74,92	66,02	63,55	60,74	60,02	58,90	58,42	57,99	57,55
	d.m.	0	1,17	1,21	1,39	2,36	2,77	2,89	4,12	4,48	5,39	6,07	12,58	17,04	19,28	19,69	20,05	20,61	20,85	21,07	21,29
140	Σ	100	98,65	98,59	99,02	97,35	96,89	96,82	95,09	95,59	95,45	86,67	81,46	69,22	65,88	61,92	61,04	59,88	59,28	58,97	58,53
	d.m.	0	0,65	0,68	0,47	1,27	1,49	1,53	2,36	2,12	2,19	6,41	8,91	14,80	16,40	18,30	18,73	19,29	19,57	19,72	19,93
160	Σ	100	97,62	97,80	98,21	96,45	95,88	95,83	94,25	94,74	94,46	93,33	87,30	76,30	71,80	66,03	63,26	61,64	60,95	60,56	60,07
	d.m.	0	1,08	1,09	0,89	1,76	2,04	2,07	2,85	2,61	2,75	3,30	6,30	11,75	13,98	16,81	18,21	19,01	19,36	19,55	19,79

Tabela 8 - Continuação.

		Semanas																			
Doses		1a.	2a.	3a.	4a.	5a.	6a.	7a.	8a.	9a.	10a.	11a.	12a.	13a.	14a.	15a.	16a.	17a.	18a.	19a.	20a.
180	Σ	100	97,65	97,64	98,10	96,24	95,33	95,97	94,77	95,98	96,43	96,65	96,88	96,84	96,65	97,84	98,78	97,50	95,95	94,22	88,62
	d.m.	0	1,12	1,13	0,91	1,80	2,00	1,93	2,50	1,92	1,71	1,60	1,49	1,51	1,60	1,03	0,58	1,19	1,94	2,76	5,44
200	Σ	100	97,82	97,79	98,26	96,42	96,00	96,14	94,89	96,15	96,57	96,79	97,01	96,98	96,79	97,93	98,98	97,67	96,07	94,64	92,58
	d.m.	0	0,99	1,00	0,79	1,62	1,81	1,75	2,32	1,74	1,55	1,46	1,36	1,37	1,46	0,94	0,46	1,06	1,78	2,43	3,36
225	Σ	100	97,91	97,85	98,21	96,47	96,06	96,15	94,96	96,15	96,52	96,80	97,04	97,02	96,82	97,92	99,10	97,87	96,35	94,90	92,82
	d.m.	0	1,04	1,07	0,85	1,75	1,95	1,91	2,50	1,91	1,73	1,59	1,47	1,48	1,58	1,03	0,45	1,05	1,81	3,57	3,57
250	Σ	100	98,07	98,00	98,38	96,77	96,40	96,54	95,35	96,21	96,80	97,06	97,28	97,24	97,05	98,10	99,26	98,02	96,64	95,30	93,92
	d.m.	0	1,01	1,04	0,85	1,69	1,88	1,81	2,43	1,98	1,68	1,54	1,42	1,44	1,55	1,00	0,39	1,03	1,76	2,46	3,18
300	Σ	100	98,28	98,16	98,49	97,07	96,69	96,77	95,75	96,72	97,00	97,25	97,44	97,42	97,30	98,14	99,20	98,17	96,98	95,80	94,79
	d.m.	0	1,08	1,17	0,96	1,86	2,10	2,05	2,70	2,08	1,90	1,74	1,62	1,64	1,72	1,18	0,51	1,16	1,91	2,67	3,30
Usa- dade	Σ	100	98,01	98,00	98,40	96,78	96,28	96,37	95,11	96,35	96,67	96,60	97,18	97,15	97,02	98,00	99,34	98,77	97,05	96,80	96,32
	d.m.	0	1,03	1,03	0,83	1,66	1,92	1,88	2,53	1,89	1,72	1,76	1,46	1,47	1,54	1,04	0,34	0,64	1,53	1,66	1,90

d.m. = diferença média de peso.

Tabela 9 - Mortalidade de adultos de *Plodia interpunctella* (Hüb.) irradiados e cruzados com normais, e suas respectivas esperanças de vida. (Período de contagens = 3 dias) (Total = Σ , média = $\bar{m}$).

DOSES (Gy)		Rep.	DIAS					$\bar{x}$		
E						$\bar{e}$				
	3		6	9	12	15	M	F		
(CRUZAMENTO)			M F	M F	M F	M F	M F			
0 (F x M) N N	1	0 0	0 0	0 1	1			10,5	7,5	
	2	0 0	0 0	1 0	0 1			7,5	10,5	
	3	0 0	0 0	1 0	0 1			7,5	10,5	
	4	0 0	0 0	0 0	1 1			10,5	10,5	
	5	0 0	0 1	0 0	1			10,5	4,5	
Σ			0 0	0 1	2 1	3 3		$\bar{m}$	9,3	8,7
150 (F x M) N I	1	0 0	0 0	1 0	0 1			7,5	10,5	
	2	0 0	0 0	0 0	1 1			10,5	10,5	
	3	0 0	0 0	1 0	0 1			7,5	10,5	
	4	0 0	0 0	1 1				7,5	7,5	
	5	0 0	0 0	0 1	1			10,5	7,5	
Σ			0 0	0 0	3 2	2 3		$\bar{m}$	8,7	9,3
150 (F x M) I N	1	0 0	0 0	0 0	1 0	0 1		10,5	13,5	
	2	0 0	0 0	0 0	1 1			10,5	10,5	
	3	0 0	0 0	0 0	0 1	1		13,5	10,5	
	4	0 0	0 0	0 0	1 1			10,5	10,5	
	5	0 0	0 0	0 0	1 1			10,5	10,5	
Σ			0 0	0 0	0 0	4 4	1 1	$\bar{m}$	11,1	11,1
200 (F x M) N I	1	0 0	0 0	1 0	0 1			7,5	10,5	
	2	0 0	0 0	0 1	1			10,5	7,5	
	3	0 0	0 0	1 1				7,5	7,5	
	4	0 0	0 0	0 0	1 1			10,5	10,5	
	5	0 0	0 0	0 0	1 1			10,5	10,5	
Σ			0 0	0 0	2 2	3 3		$\bar{m}$	9,3	9,3
200 (F x M) I N	1	0 0	0 0	0 0	1 1			10,5	10,5	
	2	0 0	0 0	0 0	0 0	1 1		13,5	13,5	
	3	0 0	0 0	0 0	1 0	0 1		10,5	13,5	
	4	0 0	0 0	0 0	0 0	1 1		13,5	13,5	
	5	0 0	0 0	0 0	1 0	0 1		10,5	13,5	
Σ			0 0	0 0	0 0	3 1	2 4	$\bar{m}$	11,7	12,9
250 (F x M) N I	1	0 0	0 0	0 1	1			10,5	7,5	
	2	0 0	0 0	0 1	1			10,5	7,5	
	3	0 0	0 0	1 1				7,5	7,5	
	4	0 0	0 0	0 1	1			10,5	7,5	
	5	0 0	0 0	1 0	0 1			7,5	10,5	
Σ			0 0	0 0	2 4	3 1		$\bar{m}$	9,3	8,1
250 (F x M) I N	1	0 0	0 0	0 0	1 1			10,5	10,5	
	2	0 0	0 0	0 0	0 0	1 1		13,5	13,5	
	3	0 0	0 0	0 0	0 1	1		13,5	10,5	
	4	0 0	0 0	0 0	1 1			10,5	10,5	
	5	0 0	0 0	0 0	1 0	0 1		10,5	13,5	
Σ			0 0	0 0	0 0	3 3	2 2	$\bar{m}$	11,7	11,7

Tabela 9 - Continuação.

.49.

DOSES (Gy)	Rep.	DIAS					$\bar{x}$	
		3	6	9	12	15	e_o	
		M F	M F	M F	M F	M F	M	F
(CRUZAMENTO)								
300 (F x M) N I	1	0 0	0 0	1 1			7,5	7,5
	2	0 0	0 0	1 0	0 1		7,5	10,5
	3	0 0	0 0	1 1			7,5	7,5
	4	0 0	0 0	1 1	1		10,5	7,5
	5	0 0	0 0	1 0	0 1		7,5	10,5
Σ		0 0	0 0	4 3	1 2		$\bar{m}$	8,1 8,7
300 (F x M) I N	1	0 0	0 0	0 0	1 1		10,5	10,5
	2	0 0	0 0	0 0	1 0	0 1	10,5	13,5
	3	0 0	0 0	0 0	0 1	1	13,5	10,5
	4	0 0	0 0	0 0	1 1		10,5	10,5
	5	0 0	0 0	0 0	0 1	1	13,5	10,5
Σ		0 0	0 0	0 0	3 4	2 1	$\bar{m}$	11,7 11,1
350 (F x M) N I	1	0 0	0 0	1 1			7,5	7,5
	2	0 0	0 0	0 1	1		10,5	7,5
	3	0 0	0 0	1 1			7,5	7,5
	4	0 0	0 0	1 0	0 1		7,5	10,5
	5	0 0	0 0	1 0	0 1		7,5	10,5
Σ		0 0	0 0	4 3	1 2		$\bar{m}$	8,1 8,7
350 (F x M) I N	1	0 0	0 0	0 0	0 0	1 1	13,5	13,5
	2	0 0	0 0	0 0	1 0	0 1	10,5	13,5
	3	0 0	0 0	0 0	0 0	1 1	13,5	13,5
	4	0 0	0 0	0 0	1 0	0 1	10,5	13,5
	5	0 0	0 0	0 0	0 0	1 1	13,5	13,5
Σ		0 0	0 0	0 0	2 0	3 5	$\bar{m}$	12,3 13,5
400 (F x M) N I	1	0 0	0 1	0 0	1 0		10,5	4,5
	2	0 0	0 1	0 0	1 0		10,5	4,5
	3	0 0	0 0	1 0	0 1		7,5	10,5
	4	0 0	0 0	0 0	1 1		10,5	10,5
	5	0 0	0 0	0 0	1 1		10,5	10,5
Σ		0 0	0 2	1 0	4 3		$\bar{m}$	9,9 8,1
400 (F x M) I N	1	0 0	0 0	0 1	1		10,5	7,5
	2	0 0	0 0	0 1	1		10,5	7,5
	3	0 0	0 0	0 1	1		10,5	7,5
	4	0 0	0 0	0 1	0 0	1	13,5	7,5
	5	0 0	0 0	0 1	1		10,5	7,5
Σ		0 0	0 0	0 5	4 0	1	$\bar{m}$	11,1 7,5

Tabela 10 - Número de adultos da geração filial (F_1) provenientes da geração parental de *Plodia interpunctella* (Hüb.), irradiada e cruzada com adultos normais. (Total = Σ , média = $\bar{m}$).

Doses (Gy) (Cruzamento)	Repetições	F 1
0 (F x M) N N	1	180
	2	123
	3	164
	4	120
	5	102
$\Sigma (\bar{m})$		769 (153,8)
150 (F x M) N I	1	62
	2	74
	3	65
	4	58
	5	75
$\Sigma (\bar{m})$		334 (66,8)
150 (F x M) I N	1	51
	2	56
	3	53
	4	55
	5	62
$\Sigma (\bar{m})$		277 (55,4)
200 (F x M) N I	1	35
	2	42
	3	32
	4	30
	5	68
$\Sigma (\bar{m})$		207 (41,4)
200 (F x M) I N	1	28
	2	24
	3	30
	4	36
	5	18
$\Sigma (\bar{m})$		136 (27,2)
250 (F x M) N I	1	17
	2	23
	3	18
	4	12
	5	25
$\Sigma (\bar{m})$		95 (19,0)
250 (F x M) I N	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
	5	0
$\Sigma (\bar{m})$		0 (0,0)

Tabela 10 - Continuação.

Doses (Gy) (Cruzamento)	Repetições	F 1
300 (F x M) N I	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
	5	0
$\Sigma (\bar{m})$		0 (0,0)
300 (F x M) I N	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
	5	0
$\Sigma (\bar{m})$		0 (0,0)
350 (F x M) N I	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
	5	0
$\Sigma (\bar{m})$		0 (0,0)
350 (F x M) I N	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
	5	0
$\Sigma (\bar{m})$		0 (0,0)
400 (F x M) N I	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
	5	0
$\Sigma (\bar{m})$		0 (0,0)
400 (F x M) I N	1	0
	2	0
	3	0
	4	0
	5	0
$\Sigma (\bar{m})$		0 (0,0)

M=Maschio; F=Fêmea; I=Irradiado; N= Não irradiado.

Tabela 11 - Médias das esperanças de vida ($\bar{e}_0^x$) para adultos de *Plodia interpunctella* (Hüb.), irradiados e cruzados conforme indicação e suas respectivas análises e diferenças estatísticas.

Doses (Gy) (Cruzamento)	Longevidade média x em dias (e) o		Média Geral

	M	F	
0 (F x M) N H	9,30	8,70	9,00 c d e
150 (F x M) N I	8,70	9,30	9,00 c d e
150 (F x M) I N	11,10	11,10	11,10 a b c d
200 (F x M) N I	9,30	9,30	9,30 b c d e
200 (F x M) I N	11,70	12,90	12,30 a
250 (F x M) N I	9,30	8,10	8,70 d e
250 (F x M) I N	11,70	11,70	11,70 a b
300 (F x M) N I	8,10	8,70	8,40 e
300 (F x M) I N	11,70	11,10	11,40 a b c
350 (F x M) N I	8,10	8,70	8,40 e
350 (F x M) I N	12,30	13,50	12,90 a
400 (F x M) N I	9,90	8,10	9,00 c d e
400 (F x M) I N	11,10	7,50	9,30 b c d e
Médias	10,17	9,90	

Média geral = 10,03.

Coefficiente de variação = 3,19%.

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

Tabela 12 - Mortalidade de adultos (população ao acaso) de *Plodia interpunctella* (Hub.), irradiados com doses crescentes de radiação gama. (Total = Σ).

Doses (Gy)	Repetições					
	1	2	3	4	5	6
2.000	0	0	0	0	0	0
2.250	0	1	0	0	0	0
2.500	0	0	0	0	0	0
2.750	0	1	0	0	0	0
3.000	0	0	0	0	1	0
3.250	0	0	2	0	0	0
3.500	2	1	3	3	2	1
3.750	1	2	3	2	3	4
4.000	3	3	0	1	1	0
4.250	1	1	2	2	2	1
4.500	1	1	0	0	1	2
4.750	2	0	0	2	0	2
Σ	10	10	10	10	10	10

Tabela 13 - Mortalidade de adultos (fêmea) de *Plodia interpunctella* (Hüb.), irradiados com doses crescentes de radiação gama. (Total = Σ).

Doses (Gy)	Repetições					
	1	2	3	4	5	6
2.000	0	0	0	0	0	0
2.250	0	0	0	0	0	0
2.500	0	1	0	0	0	0
2.750	0	0	0	0	0	0
3.000	0	0	0	0	0	0
3.250	1	1	2	0	2	1
3.500	0	0	0	0	0	0
3.750	2	1	0	2	1	2
4.000	2	2	3	3	2	2
4.250	2	3	3	3	2	4
4.500	3	2	2	2	3	1
Σ	10	10	10	10	10	10

Tabela 14 - Mortalidade de adultos (machos) de *Plodia interpunctella*(Hub.), irradiados com doses crescentes de radiação gama. (Total = Σ).

Doses (Gy)	Repetições					
	1	2	3	4	5	6
2.000	0	0	0	0	0	0
2.250	0	0	0	0	0	0
2.500	0	0	0	0	0	0
2.750	0	0	0	0	0	0
3.000	0	0	1	0	0	0
3.250	0	0	0	0	0	0
3.500	1	0	0	1	0	1
3.750	0	0	0	0	0	0
4.000	1	3	2	2	3	2
4.250	0	0	0	0	1	0
4.500	4	4	3	5	4	6
4.750	4	3	4	2	2	1
Σ	10	10	10	10	10	10

Tabela 15 - Dados de mortalidade em porcentagem, de adultos (população ao acaso) de *Plodia interpunctella* (Hüb.), irradiados com doses crescentes de radiação gama. (Média = $\bar{m}$).

Doses (Gy)	Repetições																		Morto
	1			2			3			4			5			6			
	%	V	M	%	V	M	%	V	M	%	V	M	%	V	M	%	V	M	
2.000	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0	0,00
2.250	100	100	0	90	100	10	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0	1,67
2.500	100	100	0	90	100	10	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0	1,67
2.750	100	100	0	80	100	20	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0	3,33
3.000	100	100	0	80	100	20	100	100	0	100	100	0	90	100	10	100	100	0	5,00
3.250	100	100	0	80	100	20	80	100	20	100	100	0	90	100	10	100	100	0	8,33
3.500	80	80	20	70	100	30	50	100	50	70	100	30	70	100	30	90	100	10	28,33
3.750	70	70	30	50	100	50	20	100	80	50	100	50	40	100	60	50	100	50	43,33
4.000	40	40	60	20	100	80	20	100	80	60	100	40	30	100	70	50	100	50	43,33
4.250	30	30	70	10	100	90	0	100	100	80	100	20	10	100	90	40	100	60	41,67
4.500	20	20	80	0	100	100	0	100	100	80	100	20	0	100	100	20	100	80	46,67
4.750	0	0	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	0	100	100	100,00

V = Vivo.

M = Morto.

Tabela 16 - Dados de mortalidade em porcentagem, de adultos (fêmea) de *Plodia interpunctella* (Hüb.), irradiados com doses crescentes de radiação gama. (Média = $\bar{m}$).

[illegible]

$V = \text{Vivo.}$

M = Morto.

Tabela 17 - Dados de mortalidade em porcentagem, de adultos (macho) de *Plodia interpunctella* (Hüb.), irradiados com doses crescentes de radiação gama. (Média = $\bar{m}$).

Doses (Gy)	Repetições											
	1		2		3		4		5		6	
	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M	V	M
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
	$\bar{m}$											
	Morto											
2.000	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0
2.250	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0
2.500	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0
2.750	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0
3.000	100	0	100	0	90	10	100	0	100	0	100	0
3.250	100	0	100	0	90	10	100	0	100	0	100	0
3.500	90	10	100	0	90	10	90	10	100	0	90	10
3.750	90	10	100	0	90	10	90	10	100	0	90	10
4.000	80	20	70	30	70	30	70	30	70	30	70	30
4.250	80	20	70	30	70	30	70	30	60	40	70	30
4.500	40	60	30	70	40	60	80	20	80	20	90	10
4.750	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100	0	100

V = Vivo.

M = Morto.

Tabela 18 - Dose letal calculada a partir das Tabelas 12, 13 e 14 para adultos de *Plodia interpunctella* (Hübner.), quando submetidos a doses crescentes de radiação gama e suas respectivas análises e diferenças estatísticas.

Repetições	Dose Letal Calculada (Gy)		
	Ao acaso	Fêmea	Macho
1	3.975,00	3.950,00	4.325,00
2	3.550,00	3.800,00	4.300,00
3	3.550,00	3.900,00	4.225,00
4	3.875,00	4.000,00	4.225,00
5	3.700,00	3.900,00	4.250,00
6	4.000,00	3.900,00	4.200,00
Médias	3.775,00 b	3.908,33 b	4.254,17 a

Média geral = 3.979,17

Coefficiente de variação = 3,19%

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

Tabela 19 - Médias calculadas das combinações das doses letais imediata de radiação gama em (Gy) para adultos de *Plodia interpunctella* (Hüb.), quando submetidos a doses crescentes de radiação e suas respectivas análises e diferenças estatísticas. (P.A. = população ao acaso, M = macho e F = fêmea).

Repetições	Combinações		
	M e F	P.A. e M	P.A. e F
1	4.137,50	4.150,00	3.962,50
2	4.050,00	3.925,00	3.675,00
3	4.062,50	3.887,50	3.725,00
4	4.112,50	4.050,00	3.937,50
5	4.075,00	3.975,00	3.800,00
6	4.050,00	4.100,00	3.950,00
Médias	4.081,25 a	4.014,58 a	3.841,66 b

Média geral = 3.979,17.

Coefficiente de variação = 2,41%.

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

Figura 1 - Médias e variações numéricas de ovos férteis e inférteis de *Plodia interpunctella* (Hüb.), irradiados com doses crescentes de radiação gama.

Figura 2 - Médias e variações numéricas de adultos emergidos e não emergidos de *Plodia interpunctella* (Hüb.), irradiados com doses crescentes de radiação gama na fase de lagarta.

Figura 3 - Médias de adultos de *Plodia interpunctella* (Hüb.), provenientes de lagartas irradiadas com doses crescentes de radiação gama, geração parental (P) e sua geração filial (F₁). Média = $\bar{m}$).

Figura 4 - Médias e variações numéricas de adultos emergidos e não emergidos de *Plodia interpunctella* (Hüb.), irradiados com doses crescentes de radiação gama na fase de crisálida.

Figura 5 - Médias de adultos de *Plodia interpunctella* (Hüb.), provenientes de crisálidas irradiadas com doses crescentes de radiação gama, geração parental (P) e sua geração filial (F_1). (Média = $\bar{m}$).

Figura 6 - Variação porcentual da perda de peso em dieta artificial pelo ataque de *Plodia interpunctella* (Hüb.). após 19 semanas da primeira pesagem que foi considerada 100%.

Figura 7 - Média de adultos da geração filial (F_1) de *Plo-dia interpunctella* (Hüb.) emergidos, quando machos e fêmeas foram irradiados e cruzados com adultos normais.

Figura 8 - Mortalidade em porcentagem de *Plodia interpunctella* (Hüb.), para população ao acaso irradiados com doses crescentes de radiação gama.

Figura 9 - Mortalidade em porcentagem de *Plodia interpunctella* (Hüb.) para fêmeas, irradiadas com doses crescentes de radiação gama.

Figura 10 - Mortalidade em porcentagem de *Plodia interpunctella* (Hüb.) para machos, irradiados com doses crescentes de radiação gama.

5. DISCUSSÃO

Conforme a literatura consultada sobre doses esterilizantes e letais para *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera - Pyralidae) podemos observar que ocorrem variações sobre as doses quando comparada com outros trabalhos isso devido aos diferentes materiais e métodos utilizados, a intensidade da fonte radioativa, a energia e o tipo de radiação, a taxa de irradiação, a linhagem da espécie, a idade das fases do ciclo do inseto, a temperatura e a umidade são alguns dos fatores mais importantes que contribuem para essas variações.

Para a determinação da dose letal existe alguma discordância entre os autores, sendo que alguns consideram ser o tempo necessário para que morra metade de uma população conhecida; e as vezes os resultados são bem contraditórios. Outros autores consideram este mesmo efeito em relação à morte instantânea, sendo que também ocorre variação; esta variação é devido a idade dos insetos irradiados, sendo que a fase inicial do ciclo evolutivo tem menor resistência às radiações.

Portanto, o presente trabalho procurou deterter

minar as doses esterilizantes e letais para as diferentes fases da traça, para um possível programa de controle da praga, através da Técnica do Indivíduo Estéril (TIE) e de-sinfestação de grãos e sub-produtos.

5.1. DETERMINAÇÃO DA DOSE LETAL PARA OVOS

Considerando-se os efeitos da radiação gama observou-se que a dose letal para matar a totalidade dos ovos (DL_{100}) foi de 125 Gy (Tabela 3), enquanto que a dose para a não eclosão de 50% das lagartas (DL_{50}) foi obtida graficamente através da Figura 1, como sendo a dose de 51 Gy.

Os resultados obtidos neste experimento possuem uma pequena margem de diferença dos determinados por PAPADOPOULOU (1960), BECZNER & FARKAS (1974) e GROSU (1976), isto devido as condições em que o experimento foi realizado e principalmente a idade dos ovos, o que vem comprovar os estudos de BROWER (1975b e 1975c) em que a idade dos ovos possui uma profunda influência na eclosão das lagartas quando os ovos são irradiados.

5.2. DETERMINAÇÃO DA DOSE ESTERILIZANTE E LETAL PARA LAGARTAS

A irradiação de lagartas (Tabela 4 e 5) mostrou que a dose de 160 Gy foi a esterilizante na geração F_1 e este resultado pode ser visualizado melhor na Figura 3; resultado este um pouco menor que o determinado por GROSU (1976).

A dose de 250 Gy foi suficiente para induzir a letalidade total (DL_{100}) nas lagartas e através da Figura 2, determinamos a DL_{50} como sendo 76 Gy. Resultados estes diferentes dos observados por PAPADOPOULOU (1960), DENNIS (1961), BECZNER & FARKAS (1974) e GROSU (1976), isto devido a idade do inseto e a taxa de dose utilizada.

5.3. DETERMINAÇÃO DA DOSE ESTERILIZANTE E LETAL PARA CRISÁLIDAS

A irradiação de crisálidas (Tabelas 6 e 7) mostrou que a dose de 250 Gy foi a esterilizante na geração F_1 e este resultado pode ser visualizado melhor na Figura 5, resultado este próximo do obtido por JOHNSON & VAIL (1987). Outros autores como BECZNER & FARKAS (1974), AHMED *et alii* (1976a), BROWER (1976b) e GROSU (1976) encontraram

resultados diferentes, conforme o item de Revisão de Literatura.

A dose de 400 Gy foi suficiente para induzir a letalidade total (DL_{100}) nas crisálidas e através da Figura 4, determinamos a DL_{50} como sendo 133,75 Gy.

5.4. DETERMINAÇÃO DA DOSE ESTERILIZANTE PARA ADULTOS, PELO MÉTODO DE PERDA DE PESO

A determinação da dose esterilizante baseou-se na perda de peso conforme pode ser visto os resultados da Tabela 8, sendo que o inseto em estudo causa prejuízo somente na fase de lagarta e, conseqüentemente, quando o inseto adulto torna-se estéril, devido à radiação, não há descendentes que se alimentam e assim sendo, o substrato não perde mais peso. Uma visualização melhor do fenômeno pode ser vista na Figura 6.

A dose necessária para induzir a esterilidade nos adultos foi de 180 Gy e a subesterilizante foi de 160 Gy em dieta artificial; mas como margem de segurança recomendamos a dose de 200 Gy como esterilizante para uma desinfestação mais eficiente da praga. Valor este menor do encontrado por ARTHUR *et alii* (1984a), os quais trabalharam com arroz integral.

5.5. DETERMINAÇÃO DA DOSE ESTERILIZANTE PARA ADULTOS E ESPERANÇA DE VIDA

Quando adultos irradiados foram cruzados com os normais (Tabelas 9 e 10) podemos observar que as fêmeas irradiadas e cruzadas com machos normais apresentaram uma diminuição bastante significativa na emergência de adultos da geração F_1 (Figura 7), quando comparado com o tratamento inverso. As doses esterilizantes foram de 250 e 300 Gy para fêmeas e machos, respectivamente, em dieta artificial.

Analizando-se as esperanças de vida (e_0^X) (Tabela 11 - Teste de Tukey a 5%) desses insetos adultos irradiados e cruzados com normais, podemos observar que fêmeas irradiadas com 200 e 350 Gy apresentaram uma longevidade maior em relação à testemunha e machos irradiados com doses de 300 e 350 Gy, cruzados com fêmeas normais apresentaram a menor esperança de vida em relação aos demais tratamentos. Porém, analisando-se a esperança de vida (e_0^X) da população de todos os tratamentos e comparando com a testemunha; praticamente não houve diferença significativa, sendo assim este resultado é de suma importância para uma possível aplicação da Técnica do Indivíduo Estéril (TIE), uma vez que os insetos estéreis se apresentam com longevidade igual ou maior

para todos os tratamentos em relação à testemunha.

A dose esterilizante por esse método para adultos de *Plodia interpunctella* variou conforme o sexo, sendo que para fêmea a dose foi menor do que para macho ou seja, 250 e 300 Gy, respectivamente; esta variação de dose também foi verificada através dos trabalhos de BROWER (1975b) e AHMED *et alii* (1976b). Os resultados da dose esterilizante determinados por este experimento apresentam-se menores dos obtidos por BECZNER & FARKAS (1974), BROWER (1975b), AHMED *et alii* (1976b), GROSU (1976) e BROWER (1978), mas estão próximos dos observados por ARTHUR *et alii* (1984c).

Quando comparamos os dois métodos de esterilização (perda de peso e o convencional), podemos observar que ao irradiar-se uma população de insetos adultos a dose esterilizante determinada é menor do que quando os insetos são irradiados individualmente, isto é, porque as fêmeas são mais susceptíveis às radiações gama que os machos.

5.6. DETERMINAÇÃO DA DOSE LETAL IMEDIATA DE RADIAÇÃO GAMA EM ADULTOS (DL_I 100)

Através dos dados apresentados nas Tabelas 12, 13 e 14 podemos observar que as doses de radiação gama que começaram a induzir a mortalidade foram as de 2.500,

3.000 e 2.250 Gy, sendo que para completo extermínio foram necessárias as doses de 4.500, 4.750 e 4.750 Gy para fêmeas, machos e população ao acaso.

Pela análise estatística da Tabela 18 (Teste de Tukey a 5%) observamos que os machos são mais radioresistentes, ocorrendo diferença significativa entre uma população ao acaso e macho e entre macho e fêmea. Nos tratamentos entre população ao acaso e fêmea não ocorreu diferença significativa, isto é, provável que a população ao acaso possua mais fêmea do que macho. Ao observarmos as combinações das médias calculadas das doses letais da Tabela 19 e sua análise estatística (Teste de Tukey a 5%) constatamos que houve diferença estatística entre os tratamentos de macho e fêmea com população ao acaso e fêmea e dos tratamentos de população ao acaso e macho com população ao acaso e fêmea.

Além da $DL_{I\ 100}$, determinou-se graficamente pelas Figuras 8, 9 e 10 as doses para matar a metade da população (DL_{50}) como sendo 4.000, 4.562,50 e 4.525 Gy para fêmeas, machos e população ao acaso. Dados estes bem próximos dos determinados por PAPADOPOULOU (1960).

6. CONCLUSÕES

Baseando-se nos resultados do presente trabalho é possível concluir-se que para a traça *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera - Pyralidae).

- As DL_{50} e DL_{100} de radiação gama para os ovos da traça, criadas em dieta artificial CENA - P.I. foram 51 e 125 Gy, respectivamente.
- A radiação gama induziu esterilidade nas lagartas com a dose de 160 Gy, enquanto a DL_{50} foi de 76 Gy e a DL_{100} foi de 250 Gy para esta fase da praga.
- Em relação a fase de crisálida a dose esterilizante foi de 250 Gy. As DL_{50} e DL_{100} para crisálida foram 133,75 e 400 Gy, respectivamente.
- As doses esterilizantes, para a fase adulta, foram de 250 e 300 Gy, respectivamente para fêmeas e machos.
- As doses letais imediatas (DL_{100}) para adultos machos foi de 4.750 Gy, para fêmeas 4.500 Gy e para uma população ao acaso foi de 4.750 Gy.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, M.Y.Y.; BROWER, J.H.; TILTON, E.W. Sexual competitiveness of adult Indian Meal Moth irradiated as mature pupae. *Jour. of Econ. Ent.*, 69(6):719-21, 1976a.
- AHMED, M.Y.Y.; TILTON, E.W.; BROWER, J.H. Competitiveness of irradiated adults of the Indian Meal Moth. *Jour. of Econ. Ent.*, 69(3):349-52, 1976b.
- AMARAL FILHO, B.F.; PRAÇA NETO, W.L. Estudos sobre o ciclo biológico de *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera - Phycitidae) sob condições de laboratório. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 9. Londrina, PR, 1984. *Anais.* p.24.
- AMOAKO-ATTA, B. & MILLS, R.B. Gamma radiation effects on mating frequency and delayed mating of male *Cadra cautela* (Walker) (Lepidoptera - Pyralidae). *Jour. Stored. Prod. Res.*, 13:139-43, 1977.
- ANDEF. Defesa Vegetal. São Paulo, SP., 19:05-08, 1987.

- ARBOGAST, R.T. Mortality and reproduction of *Ephestia cautella* and *Plodia interpunctella* exposed as pupae to high temperatures. *Enviro. Entomol.*, 10(5):708-11, 1981.
- ARTHUR, V.; CONSOLMAGNO, C.; WIENDL, F.M. Indução de esterilidade por radiação gama do Cobalto-60 em imagos da traça *Plodia interpunctella* (Hbn, 1813) (Lepidoptera, Pyralidae) provenientes de arroz. *Ciênc. e Cult.*, 36(7):802, 1984a. (Resumo).
- ARTHUR, V.; LOPES, L.A.; WIENDL, F.M.; WALDER, J.M.M. Determinação da dose letal e esterilizante para traça *Plodia interpunctella* (Hbn., 1813) (Lepidoptera - Pyralidae). *Ciênc. e Cult.*, 36(7):802, 1984b. (Resumo).
- ARTHUR, V.; LOPES, L.A.; WIENDL, F.M.; WALDER, J.M.M. Indução de esterilidade por radiação gama do Cobalto-60 em imagos da traça *Plodia interpunctella* (Hbn., 1813) (Lepidoptera - Pyralidae) em dieta artificial. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 9. Londrina, PR, 1984c. *Anais*. p.316.

- ARTHUR, V.; WIENDL, F.M.; PACHECO, J.M.; WALDER, J.M.M.;
SGRILLO, R.B. Mortalidade e reprodução de *Sitophilus zeamais* Mots. em macarrão irradiado. In: USO Y CALIBRACION DE FUENTES INTENSAS DE RADIACION. Comissão Chilena de Energia Nuclear, Santiago do Chile, 1973. 12p.
- ASHARAFI, S.H.; BROWER, J.H.; TILTON, E.W. Gamma radiation effects on tests and on mating sucess of the Indian Meal Moth, *Plodia interpunctella*. *Ann. of the Ent. Soc. of Am.*, 65(5):1144-49, 1972a.
- ASHARAFI, S.H.; BROWER, J.H.; TILTON, E.W. Inheritance of radiation induced partial sterility in the Indian Meal Moth. *Jour. of Econ. Ent.*, 65(5):1265-68, 1972b.
- ASHARAFI, S.H. & ROPPEL, R.M. Radiation induced alteration of tests of larvae of the Indian Meal of Moth, *Plodia interpunctella* (Hüb.) (Lepidoptera - Phycitidae). *Ann. of the Ent. Soc. of Am.*, 66(6):1324-28, 1973.
- BECZNER, J. & FARKAS, J. Investigations into the radioresistance of *Plodia interpunctella* (Hüb.). *Acta Phytopathologia Academiae Scientiarum Hungaricae*, 9(1/2):153-60, 1974. Apud Entomology Abstracts, 6(11):204, nov. 1975. (Resumo).

- BOLES, H.P. & MARZKE, F.O. Lepidoptera infesting stored products. In: SMITH, C.N., Ed. Insect colonization and mass production. Academic Press, p.260-70, 1966.
- BROWER, J.H. "Scaleless" and "melanic" two undescribed mutations in *Plodia interpunctella* (Lepidoptera - Phycitidae). *Jour. Kansas Ent. Soc.*, 45(4):421-26, 1972.
- BROWER, J.H. Gamma radiation sensitivity of malathion resistant strains of the Indian Meal Moth. *Jour. of Econ. Ent.*, 66(2):461-62, 1973.
- BROWER, J.H. Age as a factor in determining radiosensitivity of eggs *Plodia interpunctella*. *Environ. Entomol.*, 3(6):945-46, 1974a.
- BROWER, J.H. Lack of radioresistance in *Plodia interpunctella* (Lepidoptera - Phycitidae) exposed to sublethal gamma irradiation for 30 generations. *Radiation Research*, 57:73-9, 1974b.
- BROWER, J.H. Radio-sensitivity of an insecticide - resistant strain of *Tribolium castaneum* (Hbst.). *Jour. Stor. Prod. Res.*, 10(2):129-31, 1974c.
- BROWER, J.H. Gamma irradiation of adult *Plodia interpunctella*: effects on mating, sterility, and number of progeny. *Ann. of the Ent. Soc. of Am.*, 68(6):1086-90, 1975a.

BROWER, J.H. Sterility of adult Indian Meal Moth and their progeny reared from gamma irradiated eggs. *Environ. Entomol.*, 4(5):701-04, 1975b.

BROWER, J.H. Irradiation of pupae of the Indian Meal Moth to induced sterility or partial sterility in adults. *Jour. of Econ. Ent.*, 69(2):277-81, 1976a.

BROWER, J.H. Recovery of fertility by irradiated males of the Indian Meal Moth. *Jour. of Econ. Ent.*, 69(2):273-76, 1976b.

BROWER, J.H. Mating competitiveness of irradiated males and females of the Indian Meal Moth (Lepidoptera -Pyralidae). *Can. Ent.*, 110:37-42, 1978.

BROWER, J.H. Irradiation of diapausing and non-diapausing larvae of *Plodia interpunctella*: effects on larvae and pupae mortality and adult fertility. *Ann. of the Ent. Soc. of Am.*, 73(4):420-26, 1980.

BROWER, J.H. Reproductive performance of inbred or outbred F₁ and F₂ of adult Indian Meal Moth females or males X females partially sterilized by gamma irradiation. *Ann. of the Ent. Soc. of Am.*, 74(1):108-13, 1981.

- CAVALLORO, R. & RATTI, E. Applicazioni e limiti del "mtodo dela pesata" in radioentomologia. *Redia*, 59:69-76, 1976.
- COGBURN, R.R. Infrared radiation effect on reproduction by three species of stored-product insects. *Jour. of Econ. Ent.*, 60(2):548-50, 1967.
- COGBURN, R.R.; TILTON, E.W.; BURKHOLDER, W.E. Gross effects of gamma radiation on the Indian Meal Moth and the Angoumois Grain Moth. *Jour. of Econ. Ent.*, 59(3):682-85, 1966.
- DEAN, G.A. Mill and stored-grain insects. *Kansas Agr. Exp. Sta. Bull*, 189:139-236, 1913.
- DENNIS, N.M. The effects of gamma ray irradiation on certain species of stored-product insects. *Jour. of Econ. Ent.*, 54(1):211-12, 1961.
- FAO. Production yearbook, 76(40):306p., 1986.
- GALLO, D. Radioistopos no controle de pragas. *O Solo*, 1:30-1, 1960.

- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C. de; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIN, J.D. *Manual de Entomologia Agrícola*, 2. ed. São Paulo, Ed. Agron. Ceres, 1988. 649p.
- GENEL, M.R. *Discripcion de los mas importantes insects nocivos*. Mexico, Companhia Editorial Continental S.A., 1966. p.157-97.
- GROSU, S. Influence of γ radiation on the development of different stages of *Plodia interpunctella* Hb. (Lepidoptera, Phycitidae). *Stud. Cercet. Biol.*, Romania, 28(2): 145-48. Apud *Entomology Abstracts*, 8(4):83, 1976. (Resumo).
- GUERRA, M.S. & SANTOS, S.M. dos. Ocorrência de insetos em frutos dissecados no Rio Grande do Sul. *Anais da Soc. Ent. do Brasil*, Jaboticabal, 6(2):306-11, 1977.
- HAMILIN, J.C.; REED, W.D.; PHILLIPS, M.E. Biology of the Indian Meal Moth on dried fruits in California. *U.S.D.A. Tech. Bull.*, 242:26p., 1931.
- HASSAN, A.A.G.; HASSANEIN, M.H.; KAMEL, A.H. Biological studies on the Indian Meal Moth, *Plodia interpunctella* Hbn. (Lepidoptera - Phycitidae). *Bull. Soc. Ent. Egypti.*, 46:233-52, 1963.

- HOSSAIN, M.M.; BROWER, J.H.; TILTON, E.W. Sensitivity to an acute gamma radiation exposure of sucessively irradiated generations of the cow pea weavil. *Jour. of Econ. Ent.*, 65(6):1566-68, 1972.
- HUNTER, W.D. Results of experiments to determine the effects of roentgen rays upon insects. *Jour. of Econ. Ent.*, 5:118p., 1912.
- JOHNSON, J.A. & VAIL, P.V. Adult emergence and sterility of Indian Meal Moth (Lepidoptera - Pyralidae) irradiated as pupae in dried fruits and nuts. *Jour. of Econ..Ent.*, 80(2):497-501, 1987.
- KIRKPATRICK, R.L. Infrared radiations for control of lesser grain borers and rice weelivs in bulk wheat. *Jour. Kansas Ent. Soc.*, 48(1):100-04, 1975.
- KIRKPATRICK, R.L. & TILTON, E.W. Infrared radiation to control adult stored-product coleoptera. *Jour. Georgia Ent. Soc.*, 7(1):73-5, 1972.
- LECATO, G.L. Yeld, development and weight of *Cadra cautella* and *Plodia interpunctella* on twenty-one diets derived from natural products. *Stored Prod. Res.*, 12:43-7, 1976.

- LIMA, A.M.C. *Insetos do Brasil*. Lepidopteros (2.^a parte, 6.^o volume). Escola Nacional de Agronomia, Série Didática n^o 8, 1949. 420p.
- LUM, P.T.M. High temperature inhibition of development of eupyrene sperm and of reproduction in *Plodia interpunctella* and *Ephestia cautella*. *J. Georgia Entomol. Soc.*, 12:199-203, 1977.
- LUM, P.T.M. & FLAHERTY, B.R. Effect of carbon dioxide on production and hatchability of eggs of *Plodia interpunctella* (Lepidoptera - Phycitidae). *Ann. of the Ent. Soc. Am.*, 65(4):976-77, 1972.
- LUM, P.T.M.; FLAHERTY, B.R.; PHILLIPS, R.H. Fecundity and egg viability of stressed female Indian Meal Moth, *Plodia interpunctella*. *J. Georgia Entomol. Soc.*, 8(4):245-48, 1973.
- MBATA, G.N. & OSUJI, F.N. Some aspects of the biology of *Plodia interpunctella* (Hüb.) (Lepidoptera - Pyralidae), a pest of stored ground-nuts in Nigeria. *Jour. Stored Prod.*, 19(3):141-51, 1983.

- MENTEN, L.A.S. Efeitos da radiação infravermelho em *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera - Pyralidae). Piracicaba, 1982. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- METCALF, C.L. & FLINT, W.P. *Destructive and useful insects*. 3^a ed., New York, McGraw-Hill Book Co. Inc., 1951. 1071p.
- PAPADOPOULOU, C.P. Desinfestation of dried figs by gamma radiation. In: RADIOISOTOPES AND RADIATION IN ENTOMOLOGY. Vienna, 1960. *Proceedings*. IAEA/FAO. p.485-91.
- PENDLEBURY, J.B.; JEFFERIES, D.J.; BANHAM, E.J.; BULL, J.O. Some effects of gamma radiation on the lesser grain borer, tropical warehouse moth, indian meal moth and the cigarette beetle. Wantage Research Laboratory (A.E.R.E.). Wantage, Berks. March, 1962. 23p.
- PRESS, A.F. & HAREIN, P.K. Mortality of red flour beetle adults and Indian Meal Moth larvae in nitrogen and carbon dioxide. *J. Georgia Entomol. Soc.*, 1(2):15-17, 1966.

PROGNÓSTICO 87/88. São Paulo, 16:188p., 1987.

PUZZI, D. *Conservação dos grãos armazenados*. São Paulo, Ed. Agron. Ceres, 1973. 217p.

REYES, A.V. Biology and host range of *Plodia interpunctella* (Hübner) (Pyralidae - Lepidoptera). *Phillipp. Entol.*, 1(4):301-11, 1969.

RICHARDS, O.N. & THONSON, W.S. A contribution to the study of the genera *Ephestia*, Gn. (including *Strymasc*, Dyar), with notes on parasites of the larvae. *Entol. Soc. London*, 80(2):169-248, 1932.

RUNNER, G.A. Effect of roentgen rays on the tabaco cigarette and results of experiments with new roentgen tube. *J. Agric. Res.*, 6(11):383-88, 1916.

SILVA, A.G.; GONÇALVES, C.R.; GALVÃO, D.M.; GONÇALVES, J.L.; GOMES, J.; SILVA, M.N.; SIMONI, L. *Quarto Catálogo dos Insetos do Brasil*. Parte II - 1º tomo: Insetos, hospedeiros, inimigos naturais. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1968. 622p.

- SOUZA, L.A. Biologia comparada de *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) (Lepidoptera - Phycitidae) em soja *Glycine max* (L.) Merr e arroz *Oryza sativa* L. Piracicaba, 1976. 90p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP.
- TILTON, E.W. & BROWER, J.H. Disinfestation of grain and grain products. In: RADIATION PRESERVATION OF FOOD. Vienna, 1973. *Proceedings*. IAEA/FAO. p.295-309.
- TZANAKAKIS, M.E. An ecological study of the Indian Meal Moth *Plodia interpunctella* (Hübner) with emphasis on diapause. *Hilgardia*, 29(5):205-46, 1959.
- WALDER, J.M.M. & MENTEN, L.A.S. Dieta artificial (CENA-P.I.) para criação de *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera, Pyralidae). *Ecossistema*, Espírito Santo do Pinhal, 9:92-4, 1984.
- WIENDL, F.M. A desinfestação de grãos e produtos armazenados por meio de radiações ionizantes. *Boletim Didático*, CENA/USP/CNEN, Piracicaba, 18:26p., 1975.
- WIENDL, F.M. & ARTHUR, V. Determinação da dose esterilizante de radiação gama para o caruncho das tulhas *Araecerus fasciculatus* (De Geer). In: REUNIÃO ANUAL DA S.B.P.C., 26, 1974, p.545.

WIENDL, F.M.; PACHECO, J.M.; WALDER, J.M.M.; SGRILLO, R.B.;

DOMARCO, R.E. A method of determining the gamma radiation doses for sterilization of stored products insects. In: STERILITY PRINCIPLE FOR INSECT CONTROL. Vienna, 1974. *Proceedings*. IAEA/FAO. p.289-315.

WIENDL, F.M. & WALDER, J.M.M. New method for achieving sterilizing doses for stored-products insects. In: CIRCULAR ON RADIATION TECHNIQUES AND THEIR APPLICATION TO INSECT PESTS. Vienna, 1973. *Summary*. IAEA/FAO, p.17.

WILLIAMS, G.C. The life history of the Indian Meal Moth, *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera-Phycitidae) in a warehouse in Britain and on different foods. *Ann. Appl. Biol.*, 53(3):459-75, 1964. (Resumo).