



CNEN/SP

ipen Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares

AUTARQUIA ASSOCIADA A UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO

**INFLUÊNCIA DA DIETA IRRADIADA SOBRE A LONGEVIDADE
E REPRODUÇÃO DE *Tribolium castaneum* (HERBST, 1797)
(COLEOPTERA:TENEBRIONIDAE)**

LÚCIA DA SILVA FONTES

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área de
Tecnologia Nuclear.**

**Orientador:
Prof. Dr. Valter Arthur**

**São Paulo
1997**

2017.6.00000000
7-832

**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO**

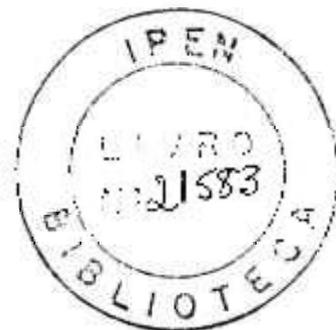
**INFLUÊNCIA DA DIETA IRRADIADA SOBRE A LONGEVIDADE E
REPRODUÇÃO DE *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797)
(COLEOPTERA:TENEBRIONIDAE)**

LÚCIA DA SILVA FONTES

**Tese apresentada como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de Doutor em
Ciências, Área de Concentração: Tecnologia
Nuclear Básica.**

Orientador: Prof. Dr. Valter Arthur

**SÃO PAULO
JULHO - 1997**



Aos meus pais

Antônio José e Dulcinéa

e irmãos:

José, Lucimar, Lucilene, Lucileide e João

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Valter Arthur, pela amizade, confiança, ensinamentos transmitidos e valiosa orientação;

Ao Prof. Dr. Frederico Maximiliano Wiendl, pela amizade, grande apoio e incentivo;

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, pela oportunidade;

Aos professores do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN, pelos ensinamentos transmitidos;

Aos funcionários da Secretaria de Pós-Graduação do IPEN;

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura - CENA/USP, pelas facilidades oferecidas;

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP), pela concessão da Bolsa de Estudos;

Aos técnicos da Seção de Entomologia e funcionários do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, pelos serviços prestados;

Aos Professores: Dr^a Regina Teresa Rosim Monteiro, Rachel Elizabeth Domarco, Dr. Júlio Marco Melges Walder, pela amizade e consideração;

Aos meus pais Antônio José e Dulcinéia e aos meus irmãos: José, Lucimar, Lucilene, Lucileide e João, que sempre me incentivaram e apoiaram para a realização desta tão importante etapa de minha vida;

A Henrique Caetano dos Santos, Maria Aparecida Bellato dos Santos, Claudia e César, pela amizade, incentivo, apoio e consideração;

A Lilian Pires da Silva Fontes, Maria das Graças Silva Amorim e Antônio José de Almeida Filho, pela amizade, apoio, incentivo e consideração;

A todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho;

A DEUS pela fé e grande força nos momentos difíceis.

SUMÁRIO

- LISTA DE TABELAS.....	ii
- LISTA DE FIGURAS.....	vii
- RESUMO.....	xi
- ABSTRACT.....	xii
1 - INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA.....	4
3 - MATERIAL E MÉTODOS.....	9
4 - RESULTADOS.....	11
5 - DISCUSSÃO.....	41
6 - CONCLUSÕES.....	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
01	Longevidade média, em dias, de adultos da geração paterna, de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), para todas as repetições, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	12
02	Longevidade média, em dias, de adultos da geração F ₁ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), para todas as repetições, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	13
03	Longevidade média, em dias, de adultos da geração F ₂ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), para todas as repetições, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60	14
04	Longevidade média, em dias, de adultos da geração F ₃ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), para todas as repetições, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	15
05	Longevidade média, em dias, de adultos da geração F ₄ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), para todas as repetições, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	16
06	Longevidade média, em dias, de adultos da geração F ₅ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), para todas as repetições, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	17

Tabela	Página
07 Longevidade média, em dias, de adultos da geração F ₆ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), para todas as repetições, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	18
08 Longevidade média, em dias, de adultos da geração F ₇ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), para todas as repetições, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	19
09 Emergência total e média de adultos da geração F ₁ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), provenientes da geração paterna, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	20
10 Emergência total e média de adultos da geração F ₂ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), provenientes da geração F ₁ , criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	21
11 Emergência total e média de adultos da geração F ₃ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), provenientes da geração F ₂ , criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	22
12 Emergência total e média de adultos da geração F ₄ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), provenientes da geração F ₃ , criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	23

Tabela	Página
13 Emergência total e média de adultos da geração F ₅ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), provenientes da geração F ₄ , criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	24
14 Emergência total e média de adultos da geração F ₆ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), provenientes da geração F ₅ , criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	25
15 Emergência total e média de adultos da geração F ₇ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), provenientes da geração F ₆ , criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	26
16 Emergência total das gerações F ₁ , F ₂ , F ₃ , F ₄ , F ₅ , F ₆ e F ₇ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	27
17 Duração média, em dias, para todas as repetições das fases imaturas da geração F ₁ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	27

Tabela	Página
18 Duração média, em dias, para todas as repetições, das fases imaturas da geração F ₂ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	27
19 Duração média, em dias, para todas as repetições das fases imaturas da geração F ₃ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	28
20 Duração média, em dias, para todas as repetições, das fases imaturas da geração F ₄ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	28
21 Duração média, em dias, para todas as repetições, das fases imaturas da geração F ₅ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	28

Tabela	Página
22 Duração média, em dias, para todas as repetições, das fases imaturas da geração F ₆ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	29
23 Duração média, em dias, para todas as repetições, das fases imaturas da geração F ₇ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	29
24 Longevidade média, em dias, para todas as gerações (P a F ₇) de adultos de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	29
25 Emergência média de todas as gerações (F ₁ a F ₇) de adultos de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	30

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
01	Médias numéricas da longevidade média, em dias, de adultos da geração paterna de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	31
02	Médias numéricas da longevidade média, em dias, de adultos da geração F ₁ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	31
03	Médias numéricas da longevidade média, em dias, de adultos da geração F ₂ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	32
04	Médias numéricas da longevidade média, em dias, de adultos da geração F ₃ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	32
05	Médias numéricas da longevidade média, em dias, de adultos da geração F ₄ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	33

Figura		Página
06	Médias numéricas da longevidade média, em dias, de adultos da geração F ₅ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	33
07	Médias numéricas da longevidade média, em dias, de adultos da geração F ₆ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	34
08	Médias numéricas da longevidade média, em dias, de adultos da geração F ₇ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	34
09	Médias numéricas da emergência de adultos da geração F ₁ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	35
10	Médias numéricas da emergências de adultos da geração F ₂ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	35
11	Médias numéricas da emergência de adultos da geração F ₃ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	36

Figura		Página
12	Médias numéricas da emergência de adultos da geração F ₄ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	36
13	Médias numéricas da emergência de adultos da geração F ₅ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	37
14	Médias numéricas da emergência de adultos da geração F ₆ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	37
15	Médias numéricas da emergência de adultos da geração F ₇ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	38
16	Emergência total de adultos das gerações de F ₁ até F ₇ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	38

Figura	Página
17 Duração média, em dias, para todas as fases imaturas das gerações de F ₁ até F ₇ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	39
18 Médias numéricas totais das longevidades médias das gerações P a F ₇ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	39
19 Médias numéricas das emergências totais de adultos das gerações de F ₁ até F ₇ de <i>Tribolium castaneum</i> (Herbst.), em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.	40

**INFLUÊNCIA DA DIETA IRRADIADA SOBRE A LONGEVIDADE E
REPRODUÇÃO DE *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797)
(COLEOPTERA:TENEBRIONIDAE)**

Autor: Lúcia da Silva Fontes

RESUMO

A pesquisa teve como objetivo estudar a influência da dieta irradiada sobre a longevidade e reprodução de *Tribolium castaneum* (Herbst.) (Coleoptera: Tenebrionidae). O material utilizado neste experimento foi uma dieta composta de farinha de trigo integral e levedura de cerveja, na proporção de 3:1. Foram utilizados insetos com idade de 0 a 10 dias. As doses de radiação gama foram as seguintes: 0 (testemunha); 500 ; 1000 e 2000 Gy, sob uma taxa de dose de 3000 Gy/hora. Após a irradiação, o experimento foi conduzido em uma sala com condições de 25 ± 5 °C de temperatura e $70 \pm 5\%$ de umidade relativa. Semanalmente, foram feitas contagens, os insetos mortos foram retirados. A cada quatro semanas de contagens foi feita a troca de substratos, e os insetos que permaneciam vivos foram transferidos para novos substratos, e os substratos velhos foram guardados e posteriormente foi feita a contagem da geração F₁. E dez insetos com idade de 0 a 10 dias foram coletados por repetição dentro de todos os tratamentos, e novo ensaio foi montado. Essa metodologia foi realizada até a sétima geração. Para cada geração, observou-se a longevidade e emergência dos adultos, e a duração de todas as fases imaturas do ciclo evolutivo do inseto em estudo. Insetos dessa espécie criados até a sétima geração filial F₇, em dieta irradiada com as três doses de radiação gama até 2000 Gy, não apresentaram diferenças estatísticas significativas, em relação a testemunha, para os parâmetros biológicos analisados: longevidade, emergência de adultos e o período de duração das fases imaturas do ciclo evolutivo (ovo, larva e pupa).

**INFLUENCE OF IRRADIATED DIET ON LONGEVITY AND REPRODUCTION
OF *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (COLEOPTERA:TENEBRIONIDAE)**

Author: Lúcia da Silva Fontes

ABSTRACT

The objective of this research was to verify the influence of irradiated diet on the longevity and reproduction of *Tribolium castaneum* (Herbst., 1797) (Coleoptera:Tenebrionidae).

The diet utilized was composed of flour of wheat and yeast in the proportion of 3:1. Insects with 0-10 days of age were used in the experiment. The doses utilized were: 0 (control) , 500 , 1000 and 2000 Gy, at a dose rate of 3000 Gy per hour, in a Cobalt-60 source Gammabeam-650 type. After irradiation, the experiment was conducted under controlled environment conditions at a temperature of 25 ± 5 °C and relative humidity of $70 \pm 5\%$. Weekly countings of mortality were made, and after four weeks, the living insects were transferred into new vials containing unfested diet irradiated with the same dose. The remaining vials were observed for countings of the F-1 adults, then ten insects with 0-10 days of age were collected per repetition in all treatments and new experiment were made. This methodology was followed until the seventh generation, and in each generation was observed the longevity, emergency and duration of the all immature phases of this insect.

The results and their statistical analyses indicated that the irradiation of the diet used as substrate to rear *Tribolium castaneum* with doses until 2000 Gy until the seventh generation, did not cause deleterious effects to the longevity, reproduction and duration of all the immature phases on the evolutionary cycle of this insect (egg, larvae and pupae) in relation to the control.

1. INTRODUÇÃO

Em todo o mundo, segundo dados do Banco Mundial, o contingente de desnutridos soma 1 bilhão de pessoas, ou seja, 30% da população em todo o planeta. Este número, entretanto, pode chegar a 3 bilhões, se considerar os portadores da “fome oculta”, nome que se dá à carência de micronutrientes, vitaminas e minerais. À medida que prossegue a não ingestão de alimentos - ou ingestão em quantidade insuficiente - assim caracteriza-se o quadro orgânico de desnutrição (MASCARENHAS, 1994). Essa deficiência é mais acentuada entre populações de países mais pobres e em desenvolvimento.

A produção insuficiente de alimentos e as quantidades que se perdem anualmente, farão com que essa crise alimentar aumente assustadoramente, caso não apareça uma solução plausível.

As maiores perdas que ocorrem nos produtos armazenados são ocasionadas pelos insetos, que encontram nos silos e armazéns condições extremamente favoráveis ao seu desenvolvimento. Essas condições são mais acentuadas em países tropicais e subtropicais, devido a temperatura e umidade elevadas.

Uma parte bastante significativa da produção de alimentos é desperdiçada por problemas de armazenamento, conservação e transporte. Dados da ONU revelam que essas perdas são de aproximadamente 30% dos alimentos produzidos no planeta e podem chegar a 50% nos países subdesenvolvidos (CIÊNCIA HOJE, 1994).

Tudo isso tem sido motivo de preocupação para muitos governos e entidades internacionais. As soluções sugeridas envolvem aumento na produção de alimento e melhoria dos métodos de preservação e armazenamento da produção.

Em particular, a luta contra os insetos de grãos armazenados, baseia-se num controle permanente e cuidadoso das condições de armazenamento e no emprego preventivo ou curativo de inseticidas.

A tecnologia de irradiação de alimentos tem por objetivo formular e aprimorar métodos de processamento para prolongar a vida útil dos alimentos, mantendo suas características nutricionais e organolépticas, minimizando o problema de perda de gêneros alimentícios.

Quando qualquer substância é exposta a radiação gama, muitos fenômenos podem ocorrer em tecidos orgânicos, sendo a principal o da ionização primária e secundária. Em meio aquoso como é o caso de tecidos vivos, os efeitos das radiações normalmente aumentam com o seu grau de reprodução e diminuem com o seu grau de diferenciação (Lamn, 1972). No caso de alimentos irradiados, estes podem sofrer pequenas alterações e como consequência os valores normais de proteínas, lipídeos, carboidratos e outras substâncias dos alimentos podem ser mantidas ou alteradas, dependendo da dose de irradiação administrada, tornando-se assim mais disponível e conseqüentemente mais assimilável pelo organismo.

O método convencional de controle de insetos é a aplicação de produtos químicos que apresenta vários inconvenientes: intoxicação ao aplicador e consumidor; presença de resíduos nos alimentos tratados e resistência do inseto ao produto. Devido a esses problemas, um método alternativo de controle, é a radiação ionizante, e que possui a grande vantagem de não deixar resíduos tóxicos e ser um método extremamente eficiente e de baixo custo.

Os estudos já realizados mostram que a desinfestação de produtos armazenados pode ser feita com doses moderadas de radiação gama. Porém, antes da liberação desses alimentos para consumo, eles devem ser testados quanto à salubridade e segurança. Os resultados obtidos são a longo prazo. Testes desse tipo têm sido feitos, geralmente com cães, aves, ratos e camundongos. Todavia, num experimento desse tipo além de ser economicamente dispendioso, os resultados

são obtidos a longo prazo e muitas vezes são duvidosos, pois sabe-se que muitos desses animais não comem determinados alimentos.

Por esse motivo, para estudos iniciais, têm-se dado preferência a determinados insetos, que além de possuírem um ciclo biológico curto, vivem e se alimentam exclusivamente de produtos armazenados. Nesse caso uma dieta composta de farinha de trigo integral e levedura de cerveja é muito utilizada. Através de estudos feitos com insetos, pode-se obter resultados com contribuição valiosa e sugerir ou não mais experimentação para garantir a segurança no consumo do produto irradiado pelo homem.

O presente trabalho teve como objetivo irradiar dieta com doses múltiplas, incluindo àquela recomendada pela Portaria DINAL n° 09 de 08/03/1985, para a desinfestação de alimentos atacados por insetos, ou seja, à dose de 1,0 kGy (1000 Gy), e observar a longevidade e reprodução de *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE).

2 . REVISÃO DE LITERATURA

São relativamente poucos os autores que estudaram o efeito de substratos irradiados na criação de insetos.

CORNWELL & BURSON (1958), mostraram que o trigo em grão irradiado com doses de até 50 krad, pode ser usado para criação de *Sitophilus granarius* (Linn.) e *Sitophilus oryzae* (Linn.), sem afetar o desenvolvimento dos mesmos. A irradiação do trigo foi feita numa fonte de Cobalto-60 sob uma taxa de dose de 37 krad/hora, e as doses usadas foram: 12,5; 25 e 5 krad.

HOSSAIN *et al* (1967), realizando estudos com *Drosophila melanogaster* (Meign.), criada por 7 gerações em banana irradiada com doses de 35; 45 e 55 krad, mostraram não haver nenhum efeito negativo sobre o desenvolvimento e reprodução deste inseto.

AYALA-BAHENA (1969), observou um aumento na longevidade de fêmeas de *Tribolium confusum* (Du Val) criadas nos alimentos irradiados com 1000 krad. Observou, entretanto, um aumento na duração do desenvolvimento larval dos insetos sobre os substratos irradiados com 100; 500 e 1000 krad. Os alimentos usados foram a farinha de trigo e o gérmen de trigo em flocos irradiados com doses de : 0 (testemunha); 250; 500 e 1000 krad, em um irradiador de Cobalto-60.

BAGHERI (1969), trabalhando com *Sitophilus granarius* (Linn.), observou uma fecundidade mais elevada sobre o trigo irradiado com 100; 500 e 1000 krad, mas a diferença entre essa última dose e a testemunha não foi estatisticamente significativa. Quanto à longevidade, ela foi maior nos insetos criados em trigo irradiado do que na testemunha, e a velocidade de desenvolvimento larval foi acelerada para os insetos criados no substrato irradiado.

SEUGE *et al* (1971), em pesquisa realizada, criaram, *Plodia interpunctella* (Hueb.) *a* e com *Pseudaulacaspis pentagona* (Targ-Tozz.), em nozes de pistache

e tubérculos de batata irradiados com as doses de 33, 66 e 165 krad de radiação gama, verificaram que não houve diferença na fecundidade das fêmeas das duas espécies de insetos criadas nesses dois alimentos com todas as doses utilizadas.

SINGH & LILES (1972), estudaram os efeitos do trigo irradiado na sobrevivência e potencial de reprodução de adultos de *Ryzopertha dominica* (Fabr.). A irradiação foi feita numa fonte de Cobalto-60, sob uma taxa de 4200 R/min, e as doses usadas foram de: 0 (testemunha); 80; 160 e 320 kR. Os resultados mostraram que alimentação com trigo irradiado à 320 kR provocou uma diminuição significativo na reprodução e sobrevivência desses insetos.

BROWER & TILTON (1973), criaram *Plodia interpunctella* (Hueb.) por quatro gerações em dietas irradiadas feitas com quatro variedades de nozes. Essas dietas foram irradiadas com 0 (testemunha); 36; 66 e 100 krad de radiação gama, utilizando uma fonte de Cobalto-60, sob uma taxa de radiação de 2,1 krad/h. Não foram verificados efeitos biológicos significativos nos números das progênes ou na habilidade reprodutiva desse inseto.

TILTON *et al* (1973), não constataram diferença entre o número de descendentes de *Sitophilus oryzae* (Linn.) criados no trigo em grão irradiado com doses de: 25; 50; 100; 500; 1000 e 43000 krad. Já para *Tribolium castaneum* (Herbst.) criados durante seis gerações, o número de descendentes foi maior que o controle na segunda e quarta gerações quando esses insetos foram criados na farinha de trigo irradiada com as mesmas doses. Uma análise estatística dos dados mostrou que as diferenças entre o número de descendentes na farinha de trigo irradiada e não irradiada, foram significativas com as doses de 100 e 500 krad e altamente significativa com a doses de 1000 krad.

WIENDL & ARTHUR (1974), criando *Ryzopertha dominica* (Fabr.) em arroz irradiado, mostraram que a longevidade e o número de descendentes dessa espécie aumentaram com o aumento da dose de radiação. O arroz foi irradiado

com as seguintes doses: 0 (testemunha); 20; 100; 500; 1500; 3000 e 5000 krad de radiação gama sob uma taxa de 52,78 krad/h.

WIENDL *et al* (1974), realizando pesquisa com *Sitophilus zeamais* (Mots.), criado em arroz irradiado, observaram que houve um aumento na reprodução com a dose de 20 krad, enquanto que nas outras doses houve uma diminuição. Com relação à longevidade, os resultados mostraram haver uma diminuição em todas as doses. O arroz foi irradiado com as doses de: 0 (testemunha); 20; 100; 500 e 1500 krad de radiação gama, sob uma taxa de 67 krad/h.

WIENDL *et al* (1975), verificaram que os adultos de *Ryzopertha dominica* (Fabr.) são menos suscetíveis à radiação gama quando alimentados com uma dieta irradiada. Esses insetos foram criados durante cinco gerações, em arroz irradiado com 0 (testemunha); 20; 100; 500; 1500; 3000 e 5000 krad, numa fonte de Cobalto-60. Dessa criação, foram retirados 50 insetos de cada doses e irradiados com 15 krad. O parâmetro usado para o estudo foi a longevidade dos adultos, que aumentou cerca de 40% para os insetos que se alimentaram da dieta irradiada.

AHMED *et al* (1977), realizaram estudos com *Oryzaephilus surinamensis* (Linn.) criados em tâmaras irradiadas com dose de 625 krad, e não verificaram nenhuma alteração no desenvolvimento desse inseto com essa dose. Mas, com doses de 1250; 2500 e 5000 krad houve um atraso no desenvolvimento, bem como uma diminuição no número de descendentes desse inseto. A radiação foi feita numa fonte de Cobalto-60, sob uma taxa de aproximadamente 528 krad/h.

LOAHARANU (1978), verificou os efeitos do substrato irradiado na criação do gorgulho do feijão, *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), e do bicho do queijo, *Phióphila càsei* (Linn.). *Z. subfasciatus* foi criado em feijão preto irradiado com as seguintes doses: 0 (testemunha); 100 e 200 krad, e *Phióphila càsei* em sardinha seca irradiada com: 0 (testemunha); 200 e 400 krad de radiação gama. A radiação foi obtida de uma fonte de Cobalto-60, à uma taxa de aproximadamente 450

krad/h. Os resultados mostraram que os alimentos irradiados não provocaram alterações nos três parâmetros estudados, ou seja, na porcentagem de sobrevivência, na proporção sexual e na longevidade dos insetos.

DOMARCO (1981), estudou os efeitos do feijão irradiado na longevidade e prolificidade de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.). A irradiação foi feita numa fonte de Cobalto-60, inicialmente a taxa de dose foi de 70 krad/h e, as doses foram: 0 (testemunha); 10; 20; 100 e 200 krad, neste ensaio preliminar estes insetos foram criados durante cinco gerações. Num segundo experimento, *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) foi criado por sete gerações no feijão irradiado com as doses de: 0 (testemunha); 100; 500; 1500 e 3000 krad, a uma taxa de aproximadamente 54 krad/hora. Os resultados mostraram que a longevidade e prolificidade de *Zabrotes subfasciatus* foram alteradas em comparação às testemunhas, apresentando relativamente maiores com as doses de 1500 e 3000 krad. Concluiu que a irradiação modificou as qualidades nutritivas do feijão, alterando, portanto, o desenvolvimento de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.).

ARTHUR *et al* (1990), estudaram a influência do arroz irradiado na longevidade e reprodução de *Sitophilus oryzae* (Linn.). A irradiação foi feita em uma fonte de Cobalto-60, com uma taxa de dose de 3,00 kGy/h, e as doses foram as seguintes: 0 (testemunha); 125; 0,250; 0,500; 1,0; 2,0 e 4,0 kGy. Concluíram que até com a maior dose de radiação gama utilizada no arroz não causou efeito deletério na longevidade e reprodução para essa espécie de inseto.

ARTHUR *et al* (1993a), determinaram a influência da radiação gama no trigo, dieta de *Sitophilus granarius* (Linn.), tendo com parâmetro a longevidade e reprodução desse inseto. A irradiação dos grãos de trigo foi feita numa fonte de Cobalto-60, com uma taxa de dose de 3000 Gy/h, e as doses foram as seguintes: 0 (testemunha); 125; 250; 1000; 2000 e 4000 Gy. A longevidade e a reprodução não apresentaram nenhuma diferença até a dose de 2000 Gy. Entretanto, o trigo

irradiado com a dose de 4000 Gy induziu a diminuição da longevidade dos insetos e da reprodução dos mesmos.

ARTHUR *et al* (1993b), determinaram a influência do trigo irradiado com radiação gama, na longevidade e reprodução de *Ryzopertha dominica* (Fabr.) utilizando as doses de 0 (test.), 0,5 , 1, 2 e 4 Gy. Concluíram que a longevidade e reprodução não apresentaram nenhuma diferença até a dose de 2 kGy. Entretanto, o trigo irradiado com a dose de 4 kGy, induziu efeitos deletérios aos grãos, diminuindo, conseqüentemente, a longevidade e reprodução dos insetos.

SANTOS (1994), trabalhando com *Plodia interpunctella* (Hueb.), em dieta composta de farinha de milho e gérmen de trigo irradiada com as doses de 0 (testemunha), 500, 1000 e 2000 Gy, até a quarta geração, não observou diferença significativa na duração do ciclo evolutivo dos insetos nos diferentes tratamentos, para as gerações F₁, F₂, F₃ e F₄.

FONTES *et al* (1995) utilizando radiação gama do Cobalto-60, para desinfestação de farinha de trigo mais levedura de cerveja determinaram que a dose, para controlar adultos de *Tribolium castaneum* (Herbst.), principal praga da farinha de trigo é de no mínimo 100 Gy.

3 . MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida na Seção de Entomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP), em Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil.

O material utilizado nesse experimento foi uma dieta artificial composta de farinha de trigo integral e levedura de cerveja na proporção de 3:1.

Os insetos utilizados pertenciam à espécie *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (COLEOPTERA:TENEBRIONIDAE), criados no Laboratório de Entomologia à várias gerações.

Para a irradiação da dieta foi utilizada uma fonte de Cobalto-60, tipo Gammabeam-650, da "Atomic Energy of Canada Ltd"., Ottawa. As doses de radiação gama foram as seguintes: 0 (testemunha); 500; 1000 e 2000 Gy, com uma taxa de dose de aproximadamente 3.000 Gy/hora.

Para testar os efeitos da radiação na dieta, estas foram divididas em cinco repetições por dose, em vidros de 3,5 cm de altura por 3,5 cm de diâmetro, contendo aproximadamente 50 gramas da dieta irradiada, em cada um desse vidros colocou-se, ao acaso, 10 insetos adultos criados em laboratório, com idade de 0 a 10 dias, esses vidros foram fechados com tampa plástica perfurada, a fim de permitir as trocas gasosas, e mantidos em condições observadas de $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$ de temperatura e $70 \pm 5\%$ de umidade relativa. Semanalmente foram feitas as contagens de insetos de todas as repetições dentro dos tratamentos e na testemunha, sendo que os insetos mortos foram retirados e anotados, e a cada quatro semanas de contagens foi feita a transferência dos insetos que permaneciam vivos da geração paterna para novos substratos irradiados, e os vidros com o substrato velho foram guardados, e posteriormente, foi feita a contagem da geração F₁. Essa metodologia foi feita até a mortalidade total dos insetos da geração Paterna em dieta irradiada e na testemunha. Dos adultos emergidos da geração

Paterna, 10 insetos com idade de 0 a 10 dias foram coletados por repetição dentro de todos os tratamentos e colocados em vidros já citados anteriormente contendo nova dieta irradiada, e semanalmente foi feita a contagem da geração F_1 para todos os tratamentos. Os mortos eram retirados e anotados, e a cada quatro semanas de contagem foi feita a transferência dos insetos que permaneciam vivos, para novos substratos irradiados e os vidros com o substrato velho foram guardados, e posteriormente foi feita a contagem dos insetos emergidos, ou seja, da geração F_2 descendentes da geração filial F_1 , isso foi feito até a mortalidade total dos insetos das gerações: Paterna, F_1 , F_2 , F_3 , F_4 , F_5 , F_6 , e F_7 .

Paralelamente foram realizados ensaios para se determinar o período de duração do ciclo evolutivo do inseto. De cada geração filial coletou-se 10 insetos adultos, ao acaso, por repetição dentro de cada tratamento com radiação gama e a testemunha. Esses insetos foram colocados em vidros com dieta irradiada, já citados anteriormente, e deixados por vinte e quatro horas para que fizessem a oviposição, posteriormente foram retirados e diariamente com o auxílio do microscópio estereoscópio foram observados os períodos de duração das fases imaturas do inseto (ovo, larva e pupa).

O delineamento experimental empregado foi inteiramente casualizado, com cinco repetições por tratamento. Após a obtenção dos resultados foi realizado o Teste de Tukey ao nível de 5%.

4 . RESULTADOS

Constam nas Tabelas 1,2,3,4,5,6,7 e 8 os dados referentes as longevidades totais e as médias em dias para os adultos de *Tribolium castaneum* das gerações Paterna (P), e filiais F₁, F₂, F₃, F₄, F₅, F₆ e F₇, criados em dieta artificial irradiada com dose de 0 (test.), 500 , 1000 e 2000 Gy, de radiação gama do Cobalto-60. Para visualizar melhor os resultados, construíram-se as Figuras 1, 2 , 3 , 4 , 5 , 6 , 7 e 8.

Constam nas Tabelas 9 , 10 , 11 , 12 , 13 , 14 e 15 , os dados referentes as emergências totais e as médias de todas as gerações filiais de F₁ a F₇, para todos os tratamentos de pais criados em dieta artificial irradiada com radiação gama. A partir dos dados dessas Tabelas construíram-se as Figuras 9 , 10 , 11 , 12 , 13 , 14 e 15.

Na Tabela 16 constam os dados referentes a emergência total dos insetos de todas as gerações criados em dieta artificial irradiada com radiação gama. Com esses resultados construiu-se a Figura 16.

Nas Tabelas de 17 a 23 constam os dados referentes ao período de duração média, em dias, para todas as fases imaturas de *T. castaneum* (ovo, larva e pupa), para todos os tratamentos dos insetos das gerações de F₁ a F₇, criados em dieta artificial irradiada, com esses resultados construiu-se a Figura 17.

Nas Tabelas 24 e 25 estão resumidos os dados referentes as médias de longevidades e emergências, e a média total para todas as gerações, Paterna (P) e Filiais (F₁ a F₇) de adultos de *T. castaneum*, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama. Com esses resultados, construíram-se as Figuras 18 e 19.

TABELA 1: Longevidade média, em dias, de adultos de *Tribolium castaneum* (Herbst.), da geração paterna, para todas as repetições, criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	REPETIÇÕES	Nº. INSETOS	LONGEVIDADE MÉDIA (DIAS)
0	1	10	245
	2	10	253
	3	10	234
	4	10	272
	5	10	311
Σ		50	1.315
m		(10,0)	(263,0) (a)
500	1	10	231
	2	10	275
	3	10	210
	4	10	263
	5	10	311
Σ		50	1.290
m		(10,0)	(258,0) (a)
1000	1	10	248
	2	10	266
	3	10	264
	4	10	271
	5	10	231
Σ		50	1.280
m		(10,0)	(256,0) (a)
2000	1	10	270
	2	10	315
	3	10	232
	4	10	266
	5	10	252
Σ		50	1.335
m		(10,0)	(267,0) (a)

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 2: Longevidade média, em dias, de adultos da geração F₁ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), para todas as repetições, criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	REPETIÇÕES	Nº . INSETOS	LONGEVIDADE MÉDIA (DIAS)
0	1	10	242
	2	10	247
	3	10	311
	4	10	270
	5	10	250
Σ		50	1.320
m		(10,0)	(264,0) (a)
500	1	10	255
	2	10	210
	3	10	292
	4	10	265
	5	10	293
Σ			1.315
m			(263,0) (a)
1000	1	10	252
	2	10	262
	3	10	255
	4	10	229
	5	10	292
Σ		50	1.290
m		(10,0)	(258,0) (a)
2000	1	10	273
	2	10	238
	3	10	228
	4	10	300
	5	10	236
Σ		50,0	1.275
m		(10,0)	(255,0) (a)

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 3: Longevidade média, em dias, de adultos da geração F₂ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), para todas as repetições, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	REPETIÇÕES	Nº. INSETOS	LONGEVIDADE MÉDIA (DIAS)
0	1	10	213
	2	10	228
	3	10	222
	4	10	226
	5	10	236
Σ		50	1.125
m		(10,0)	(225,0) (a)
500	1	10	250
	2	10	221
	3	10	264
	4	10	225
	5	10	251
Σ		50	1.211
m		(10,0)	(242,2) (a)
1000	1	10	268
	2	10	245
	3	10	239
	4	10	196
	5	10	290
Σ		50	1.238
m		(10,0)	(247,6) (a)
2000	1	10	233
	2	10	231
	3	10	233
	4	10	252
	5	10	256
Σ		50	1.205
m		(10,0)	(241,0) (a)

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 4: Longevidade média, em dias, de adultos da geração F₃ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), para todas as repetições, criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	REPETIÇÕES	Nº. INSETOS	LONGEVIDADE MÉDIA (DIAS)
0	1	10	248
	2	10	251
	3	10	246
	4	10	239
	5	10	241
Σ		50	1.225
m		(10,0)	(245,0) (a)
500	1	10	294
	2	10	326
	3	10	244
	4	10	255
	5	10	262
Σ		50	1.381
m		(10,0)	(276,2) (a)
1000	1	10	260
	2	10	242
	3	10	250
	4	10	233
	5	10	269
Σ		50	1.254
m		(10,0)	(250,8) (a)
2000	1	10	256
	2	10	244
	3	10	252
	4	10	190
	5	10	225
Σ		50	1.167
m		(10,0)	(233,4) (a)

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 5: Longevidade média, em dias, de adultos da geração F₄ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), para todas as repetições, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	REPETIÇÕES	Nº. INSETOS	LONGEVIDADE MÉDIA (DIAS)
0	1	10	265
	2	10	312
	3	10	220
	4	10	259
	5	10	288
Σ		50	1.344,0
m		(10,0)	(268,8) (a)
500	1	10	294
	2	10	222
	3	10	275
	4	10	226
	5	10	278
Σ		50	1.295
m		(10,0)	(259,0) (a)
1000	1	10	220
	2	10	283
	3	10	280
	4	10	286
	5	10	265
Σ		50	1.334,0
m		(10,0)	(266,8) (a)
2000	1	10	216
	2	10	258
	3	10	243
	4	10	281
	5	10	247
Σ		50	1.245,0
m		(10,0)	(249,0) (a)

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 6: Longevidade média, em dias, de adultos de *Tribolium castaneum* (Herbst.), da geração F₅, para todas as repetições, criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	REPETIÇÕES	Nº. INSETOS	LONGEVIDADE MÉDIA (DIAS)
0	1	10	206
	2	10	220
	3	10	216
	4	10	217
	5	10	216
Σ		50	1.075
m		(10,0)	(215,0) (a)
500	1	10	175
	2	10	219
	3	10	213
	4	10	264
	5	10	251
Σ		50	1.122
m		(10,0)	(224,4) (a)
1000	1	10	264
	2	10	268
	3	10	206
	4	10	198
	5	10	164
Σ		50	1.100
m		(10,0)	(220,0) (a)
2000	1	10	187
	2	10	265
	3	10	244
	4	10	217
	5	10	182
Σ		50	1.095
m		(10,0)	(219,0) (a)

. Número seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 7: Longevidade média, em dias, de adultos da geração F₆ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), para todas as repetições, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	REPETIÇÕES	Nº. INSETOS	LONGEVIDADE MÉDIA (DIAS)
0	1	10	267
	2	10	158
	3	10	279
	4	10	279
	5	10	238
Σ		50	1.221
m		(10,0)	(244,2) (a)
500	1	10	277
	2	10	156
	3	10	289
	4	10	255
	5	10	258
Σ		50	1.235
m		(10,0)	(247,0) (a)
1000	1	10	166
	2	10	236
	3	10	212
	4	10	302
	5	10	273
Σ		50	1.189
m		(10,0)	(237,8) (a)
2000	1	10	232
	2	10	252
	3	10	246
	4	10	217
	5	10	228
Σ		50	1.175
m		(10,0)	(235,0) (a)

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 8: Longevidade média, em dias, de adultos da geração F₇ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), para todas as repetições, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	REPETIÇÕES	Nº. INSETOS	LONGEVIDADE MÉDIA (DIAS)
0	1	10	169
	2	10	185
	3	10	175
	4	10	330
	5	10	236
Σ		50	1.095
m		(10,0)	(219,0) (a)
500	1	10	247
	2	10	242
	3	10	256
	4	10	239
	5	10	239
Σ		50	1.223
m		(10,0)	(244,6) (a)
1000	1	10	263
	2	10	273
	3	10	289
	4	10	198
	5	10	220
Σ		50	1.243
m		(10,0)	(248,6) (a)
2000	1	10	266
	2	10	277
	3	10	231
	4	10	283
	5	10	237
Σ		50	1.294
m		(10,0)	(258,8) (a)

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 9: Emergência total e média de adultos da geração F_1 de *Tribolium castaneum* (Herbst.), provenientes da geração paterna, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	REPETIÇÕES	Nº. INSETOS GER. PATERNA	Nº. INSETOS GER. F_1
0	1	10	720
	2	10	696
	3	10	728
	4	10	772
	5	10	699
Σ		50	3.615
m		(10,0)	(723,0) (a)
500	1	10	754
	2	10	873
	3	10	556
	4	10	705
	5	10	766
Σ		(50,0)	3.654
m			(730,8) (a)
1000	1	10	657
	2	10	872
	3	10	711
	4	10	874
	5	10	582
Σ		50	3.696
m		(10,0)	(739,2) (a)
2000	1	10	730
	2	10	647
	3	10	783
	4	10	784
	5	10	656
Σ		50	3.600
m		(10,0)	(720,0) (a)

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 10. Emergência total e média de adultos da geração F₂ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), provenientes da geração F₁, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	REPETIÇÕES	Nº. INSETOS GER. F ₁	Nº. INSETOS GER. F ₂
0	1	10	588
	2	10	698
	3	10	354
	4	10	428
	5	10	391
Σ		50	2.459
m		(10,0)	(491,8) (a)
500	1	10	488
	2	10	491
	3	10	512
	4	10	500
	5	10	474
Σ		50	2.465
m		(10,0)	(493,0) (a)
1000	1	10	5400
	2	10	529
	3	10	600
	4	10	566
	5	10	315
Σ		50	2.550
m		(10,0)	(510,0) (a)
2000	1	10	376
	2	10	499
	3	10	570
	4	10	500
	5	10	560
Σ		50	2.505
m		(10,0)	(501,0) (a)

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 11: Emergência total e média de adultos da geração F₃ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), provenientes da geração F₂, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (GY)	REPETIÇÕES	Nº. INSETOS GER. F ₂	Nº. INSETOS GER. F ₃
0	1	10	406
	2	10	359
	3	10	415
	4	10	470
	5	10	490
Σ		50	2.140
m		(10,0)	(428,0) (a)
500	1	10	505
	2	10	535
	3	10	492
	4	10	284
	5	10	403
Σ		50	2.219
m		(10,0)	(443,8) (a)
1000	1	10	356
	2	10	481
	3	10	525
	4	10	304
	5	10	547
Σ		50	2.213
m		(10,0)	(442,6) (a)
2000	1	10	501
	2	10	461
	3	10	422
	4	10	370
	5	10	345
Σ		50	2.099
m		(10,0)	(419,8) (a)

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 12. Emergência total e média de adultos da geração F₄ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), provenientes da geração F₃, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	REPETIÇÕES	Nº. INSETOS GER. F ₃	Nº. INSETOS GER. F ₄
0	1	10	466
	2	10	372
	3	10	445
	4	10	503
	5	10	501
Σ		50	2.287
m		(10,0)	(457,4) (a)
500	1	10	405
	2	10	505
	3	10	502
	4	10	497
	5	10	528
Σ		50	2.437
m		(10,0)	(487,4) (a)
1000	1	10	443
	2	10	490
	3	10	514
	4	10	476
	5	10	569
Σ		50	2.492
m		(10,0)	(498,4) (a)
2000	1	10	500
	2	10	501
	3	10	447
	4	10	460
	5	10	462
Σ		50	2.370
m		(10,0)	(474,0) (a)

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 13. Emergência total e média de adultos da geração F₅ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), provenientes da geração F₄, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	REPETIÇÕES	Nº. INSETOS GER. F ₄	Nº. INSETOS GER. F ₅
0	1	10	450
	2	10	310
	3	10	502
	4	10	511
	5	10	507
Σ		50	2.280
m		(10,0)	(456,0) (a)
500	1	10	386
	2	10	359
	3	10	479
	4	10	494
	5	10	633
Σ		50	2.351
m		(10,0)	(470,2) (a)
1000	1	10	420
	2	10	500
	3	10	510
	4	10	573
	5	10	372
Σ		50	2.375
m		(10,0)	(475,0) (a)
2000	1	10	442
	2	10	489
	3	10	526
	4	10	487
	5	10	401
Σ		50	2.345
m		(10,0)	(469,0) (a)

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 14. Emergência total e média de adultos da geração F₆ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), provenientes da geração F₅, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	REPETIÇÕES	Nº. INSETOS GER. F ₅	Nº. INSETOS GER. F ₆
0	1	10	198
	2	10	277
	3	10	185
	4	10	369
	5	10	211
Σ		50	1.240
m		(10,0)	(248,0) (a)
500	1	10	261
	2	10	231
	3	10	268
	4	10	230
	5	10	245
Σ		50	1.235
m		(10,0)	(247,0) (a)
1000	1	10	222
	2	10	152
	3	10	138
	4	10	329
	5	10	454
Σ		50	1.295
m		(10,0)	(259,0) (a)
2000	1	10	095
	2	10	380
	3	10	375
	4	10	301
	5	10	081
Σ		50	1.232
m		(10,0)	(246,4) (a)

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 15. Emergência total e média de adultos da geração F₇ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), provenientes da geração F₆, criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	REPETIÇÕES	Nº. INSETOS GER. F ₆	Nº. INSETOS GER. F ₇
0	1	10	282
	2	10	390
	3	10	563
	4	10	320
	5	10	416
Σ		50	1.971
m		(10,0)	(394,2) (a)
500	1	10	341
	2	10	554
	3	10	242
	4	10	387
	5	10	466
Σ		50	1.990
m		(10,0)	(398,0) (a)
1000	1	10	295
	2	10	343
	3	10	355
	4	10	334
	5	10	623
Σ		50	1.950
m		(10,0)	(390,0) (a)
2000	1	10	435
	2	10	330
	3	10	343
	4	10	349
	5	10	463
Σ		50	1.920
m		(10,0)	(384,0) (a)

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 16: Emergência total das gerações F_1 , F_2 , F_3 , F_4 , F_5 , F_6 , e F_7 de adultos de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	TOTAL DE INSETOS EMERGIDOS DE 7 GERAÇÕES
0	15.992
500	16.361
1000	16.571
2000	16.071

TABELA 17: Duração média, em dias, para todas as repetições das fases imaturas da geração F_1 , de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	FASE DE OVO	FASE DE LARVA	FASE DE PUPA	TOTAL (DIAS)
0	5,5 (a)	33,5 (a)	7,2 (a)	46,2
500	5,5 (a)	34,3 (a)	6,7 (a)	46,5
1000	6,0 (a)	36,2 (a)	7,3 (a)	46,5
2000	5,3 (a)	33,5 (a)	6,9 (a)	45,7

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 18: Duração média, em dias, para todas as repetições, das fases imaturas da geração F_2 , de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	FASE DE OVO	FASE DE LARVA	FASE DE PUPA	TOTAL (DIAS)
0	6,0 (a)	33,0 (a)	7,0 (a)	46,0
500	5,5 (a)	32,0 (a)	6,9 (a)	44,4
1000	5,5 (a)	32,5 (a)	6,2 (a)	44,2
2000	6,0 (a)	33,2 (a)	7,2 (a)	46,4

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 19: Duração média, em dias, para todas as repetições das fases imaturas da geração F₃, de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	FASE DE OVO	FASE DE LARVA	FASE DE PUPA	TOTAL (DIAS)
0	6,5 (a)	32,5 (a)	8,0 (a)	47,0
500	5,0 (a)	31,6 (a)	7,6 (a)	44,2
1000	5,0 (a)	31,7 (a)	7,3 (a)	44,0
2000	5,5 (a)	33,0 (a)	7,8 (a)	46,3

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 20: Duração média, em dias, para todos as repetições, das fases imaturas da geração F₄, de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	FASE DE OVO	FASE DE LARVA	FASE DE PUPA	TOTAL (DIAS)
0	7,0 (a)	31,0 (a)	7,2 (a)	45,2
500	6,0 (a)	30,2 (a)	7,0 (a)	43,2
1000	5,8 (a)	29,6 (a)	6,9 (a)	42,3
2000	7,2 (a)	32,1 (a)	7,3 (a)	46,6

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 21: Duração média, em dias, para todas as repetições, das fases imaturas da geração F₅, de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	FASE DE OVO	FASE DE LARVA	FASE DE PUPA	TOTAL (DIAS)
0	6,5 (a)	32,0 (a)	7,6 (a)	46,1
500	5,7 (a)	30,0 (a)	6,5 (a)	42,2
1000	5,8 (a)	31,0 (a)	6,9 (a)	43,7
2000	6,0 (a)	32,4 (a)	7,1 (a)	45,5

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 22: Duração média, em dias, para todas as repetições, das fases imaturas da geração F₆, de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	FASE DE OVO	FASE DE LARVA	FASE DE PUPA	TOTAL (DIAS)
0	7,0 (a)	33,0 (a)	6,7 (a)	46,7
500	6,9 (a)	32,0 (a)	6,3 (a)	45,2
1000	6,5 (a)	32,5 (a)	6,2 (a)	45,5
2000	7,0 (a)	33,5 (a)	6,8 (a)	47,3

.Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 23. Duração média em dias, para todas as repetições das fases imaturas da geração F₇ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	FASE DE OVO	FASE DE LARVA	FASE DE PUPA	TOTAL (DIAS)
0	7,0 (a)	33,0 (a)	6,0 (a)	46,3
500	6,9 (a)	32,0 (a)	7,5 (a)	45,1
1000	7,0 (a)	32,5 (a)	7,0 (a)	45,2
2000	6,7 (a)	33,0 (a)	6,7 (a)	47,1

. Números seguidos por letras iguais, estatisticamente são semelhantes entre si (Tukey, 5%)

TABELA 24: Longevidade média, em dias, para todas as gerações de adultos de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	G	E	R	A	Ç	Õ	E	S	MÉDIA
	P	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄	F ₅	F ₆	F ₇	TOTAL
0	263	264	225	245	268	215	244	219	242,8
500	258	263	242	276	259	224	247	244	251,6
1000	256	258	247	250	266	220	237	248	247,0
2000	267	255	241	233	244	219	235	258	244,0

TABELA 25: Emergência média de todas as gerações de adultos de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

DOSES (Gy)	G F ₁	E F ₂	R F ₃	A F ₄	Ç F ₅	Õ F ₆	E F ₇	S	Média Total
0	723	491	428	457	456	248	394		456,7
500	730	493	443	487	470	247	398		466,8
1000	739	510	442	498	475	259	390		473,2
2000	720	501	419	474	469	246	384		459,0

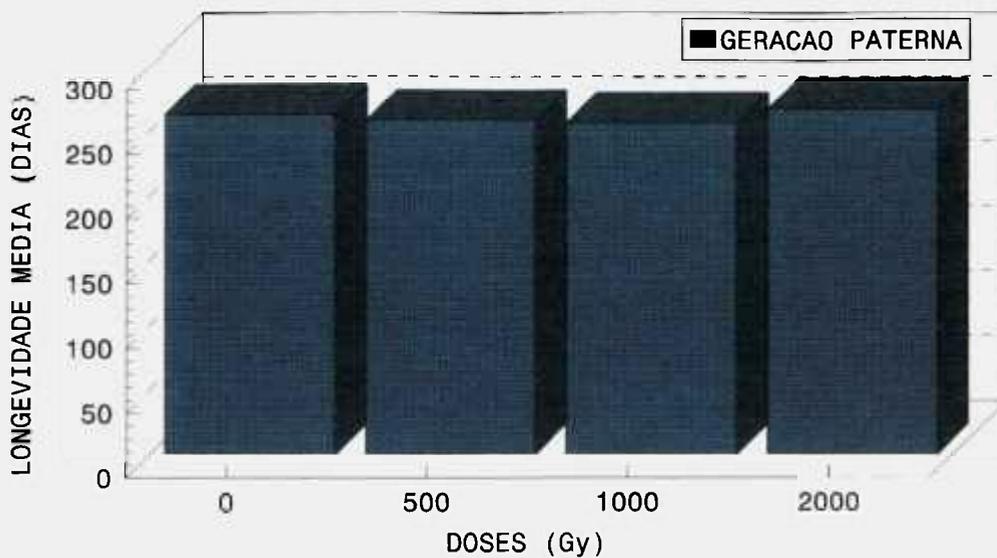


Figura 1: Médias numéricas da longevidade média, em dias, de adultos da geração paterna de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

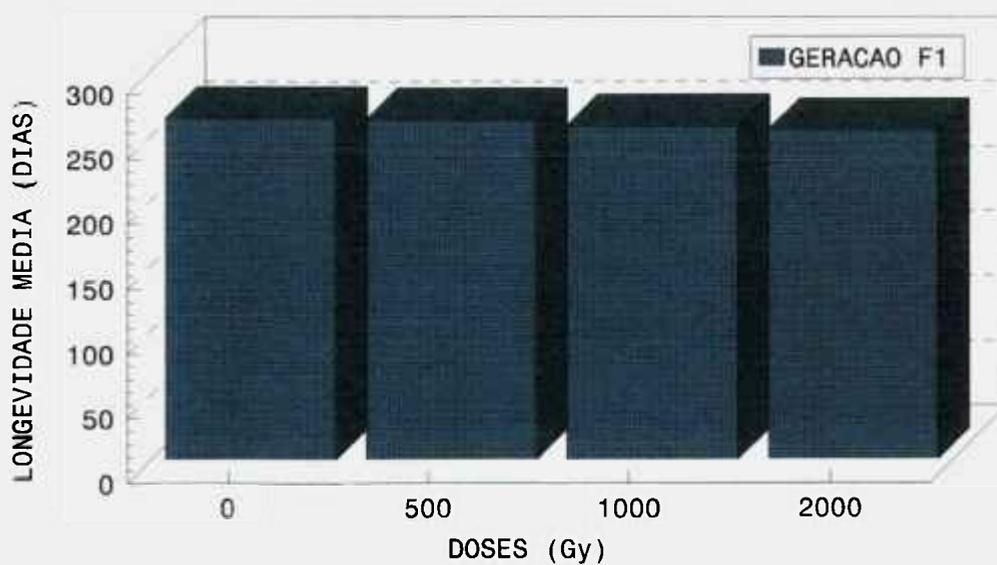


Figura 2: Médias numéricas da longevidade média, em dias, de adultos da geração F₁ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

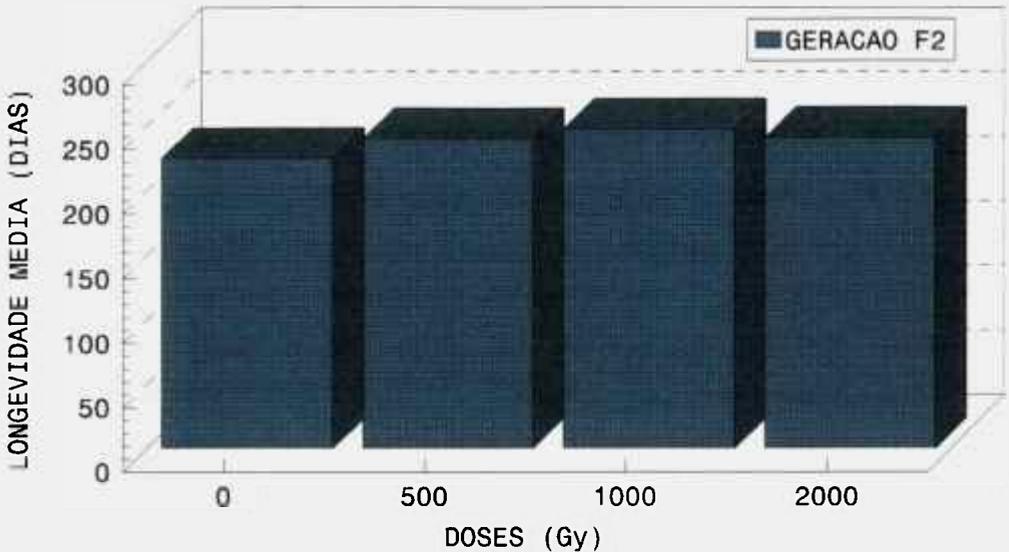


Figura 3: Médias numéricas da longevidade média, em dias, de adultos da geração F₂ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

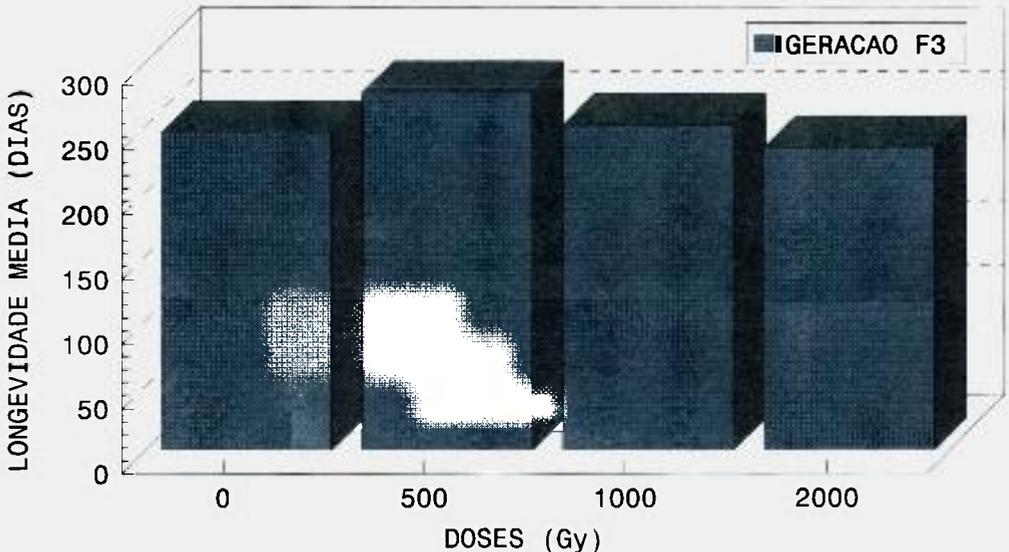


Figura 4: Médias numéricas da longevidade média, em dias, de adultos da geração F₃ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

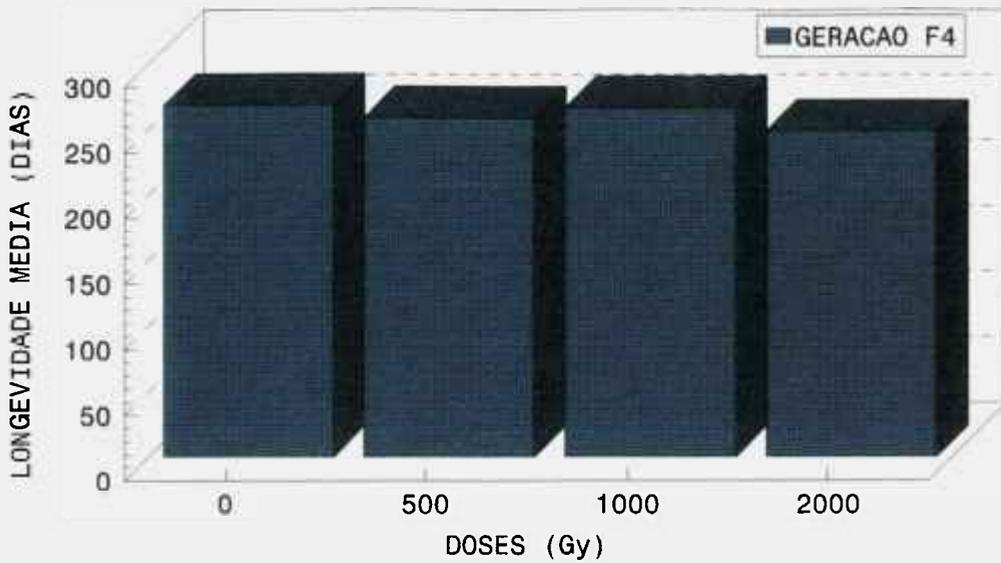


Figura 5: Médias numéricas da longevidade média, em dias, de adultos da geração F₄ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

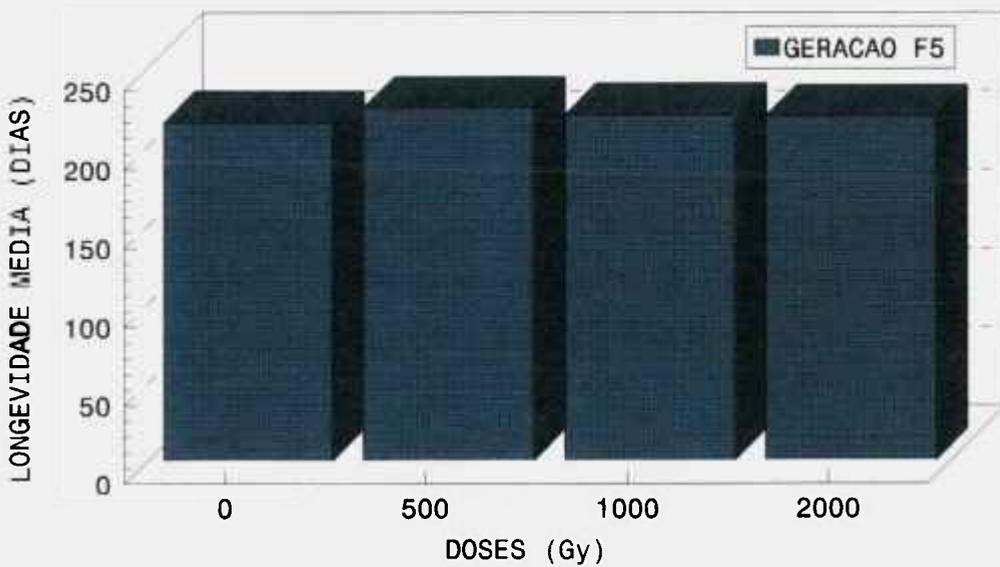


Figura 6: Médias numéricas da longevidade média, em dias, de adultos da geração F₅ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

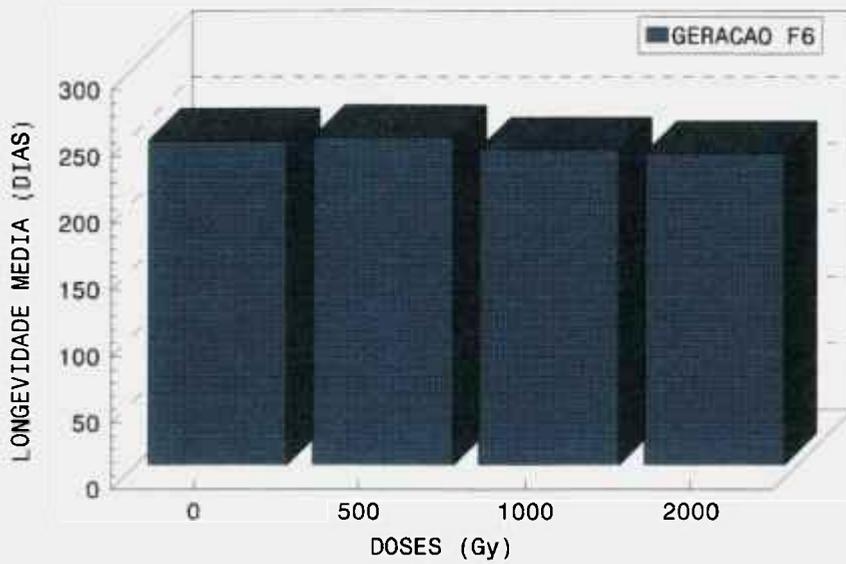


Figura 7: Médias numéricas da longevidade média, em dias, de adultos da geração F_6 de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

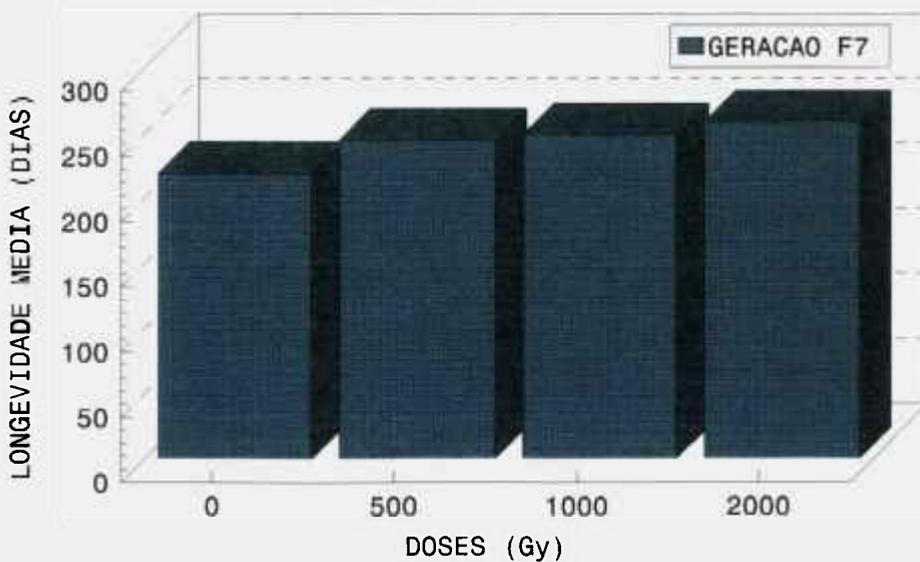


Figura 8: Médias numéricas da longevidade média, em dias, de adultos da geração F_7 de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

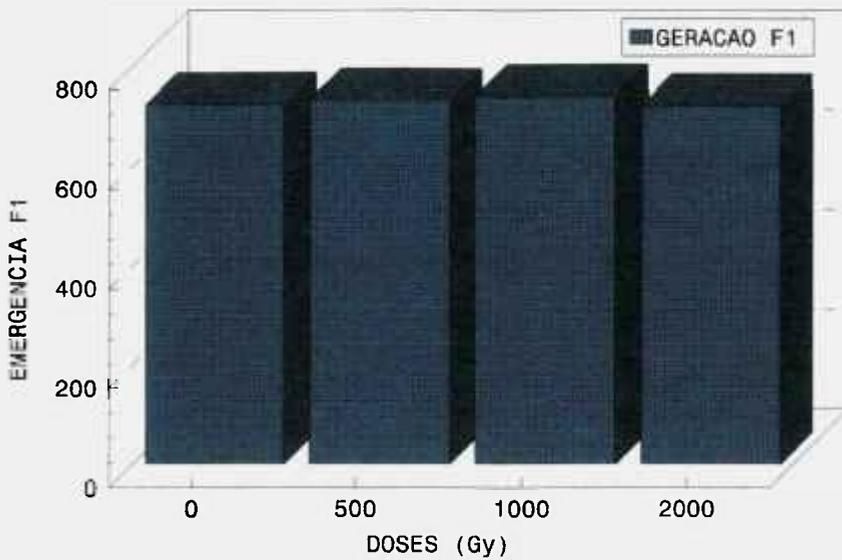


Figura 9: Médias numéricas da emergência de adultos da geração F₁ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

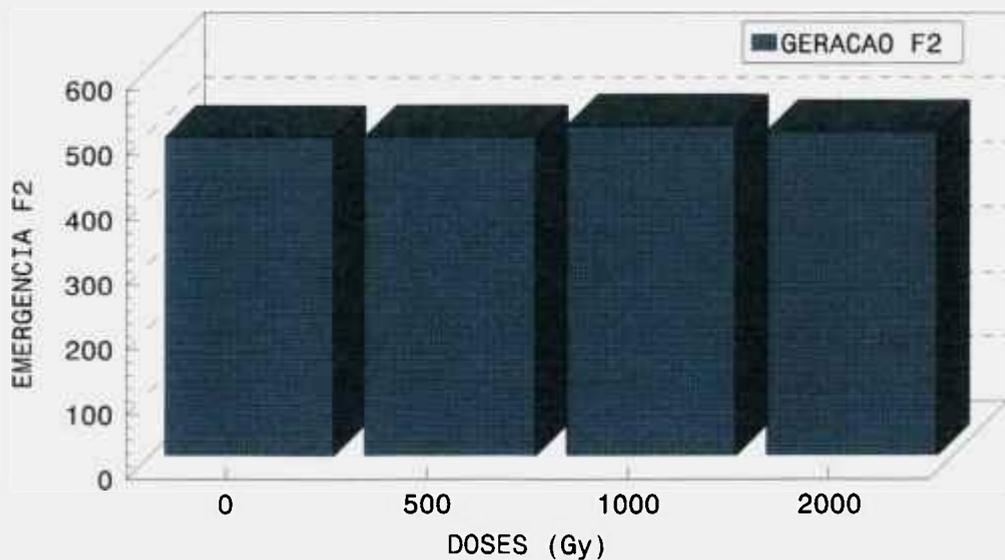


Figura 10: Médias numéricas da emergência de adultos da geração F₂ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

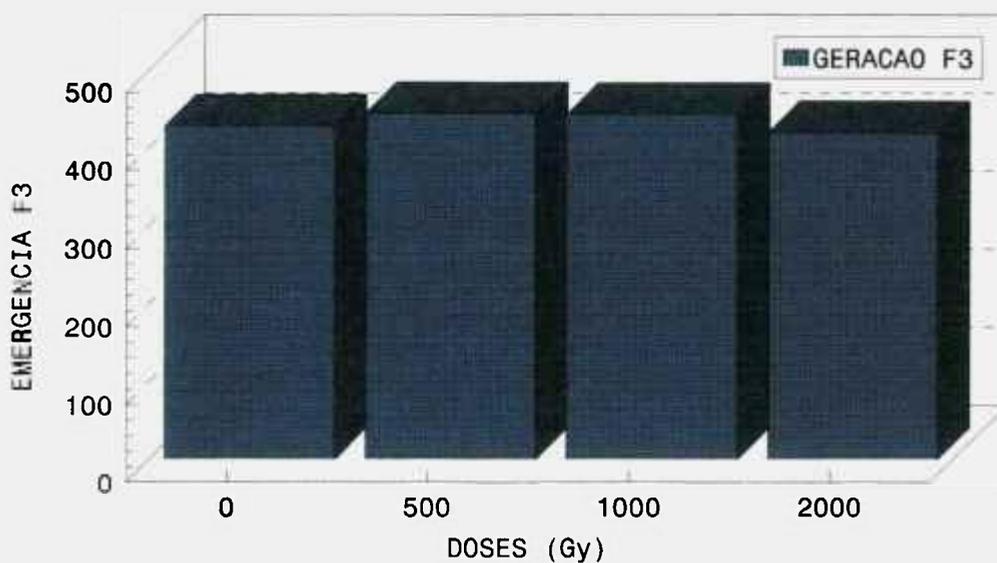


Figura 11: Médias numéricas da emergência de adultos da geração F₃ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

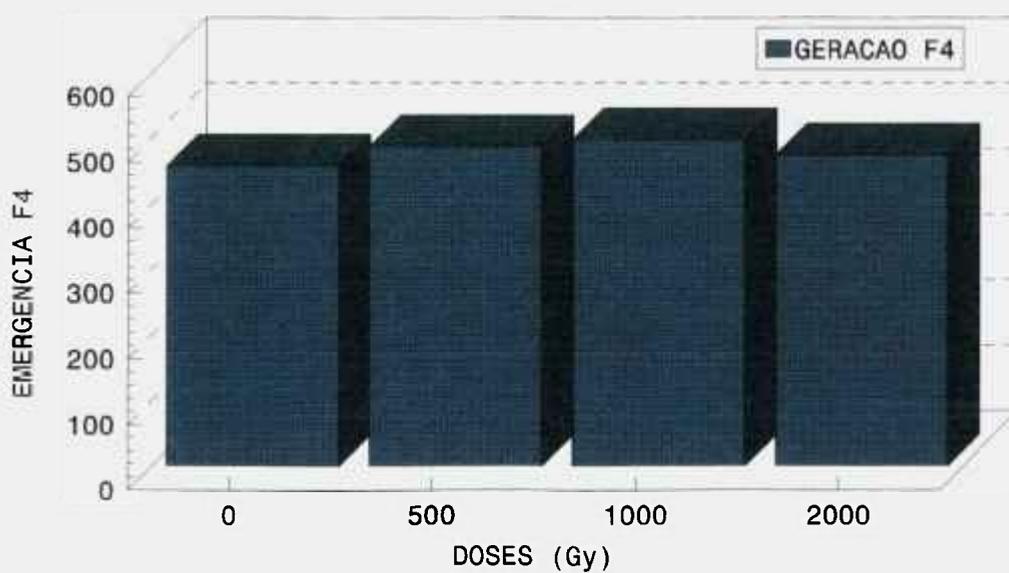


Figura 12: Médias numéricas da emergência de adultos da geração F₄ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

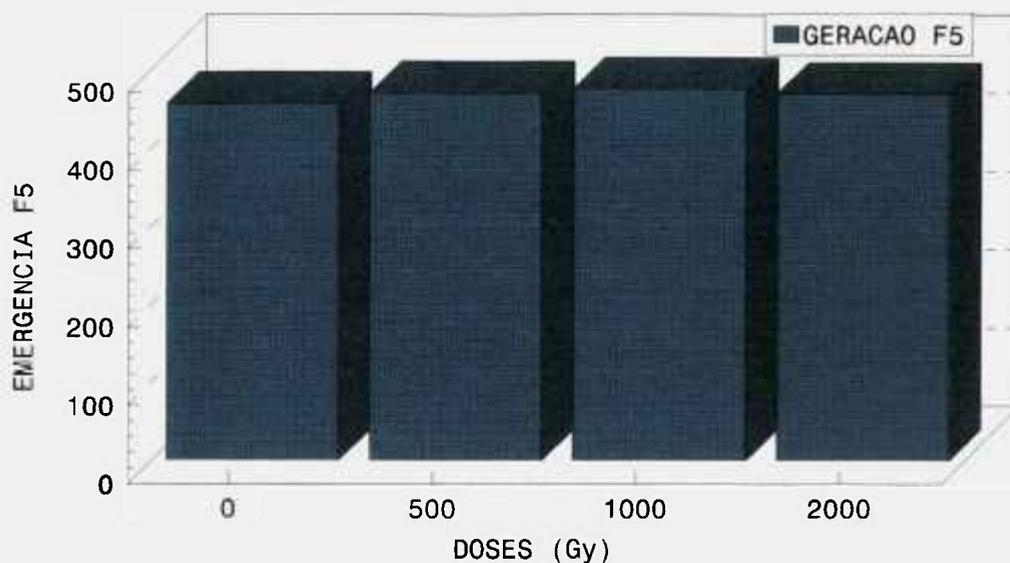


Figura 13: Médias numéricas da emergência de adultos da geração F_5 de *Tribolium castaneum* (Herbst.), em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

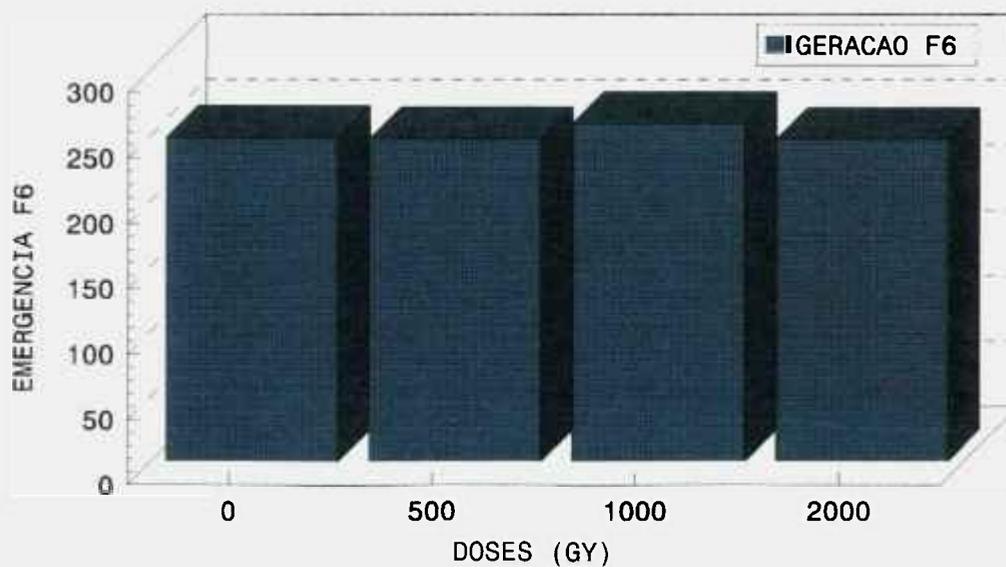


Figura 14: Médias numéricas da emergência de adultos da geração F_6 de *Tribolium castaneum* (Herbst.), em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

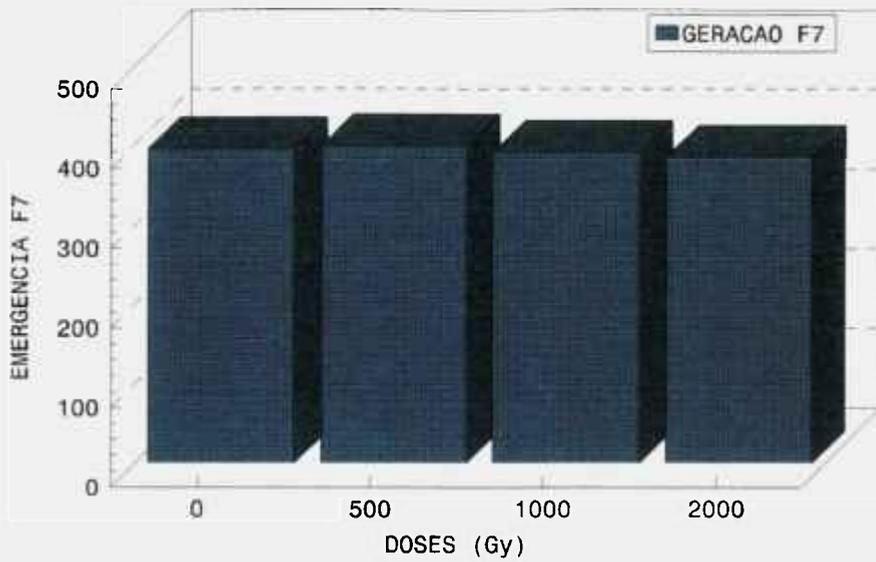


Figura 15: Médias numéricas da emergência de adultos da geração F_7 de *Tribolium castaneum* (Herbst.), em dieta artificial irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

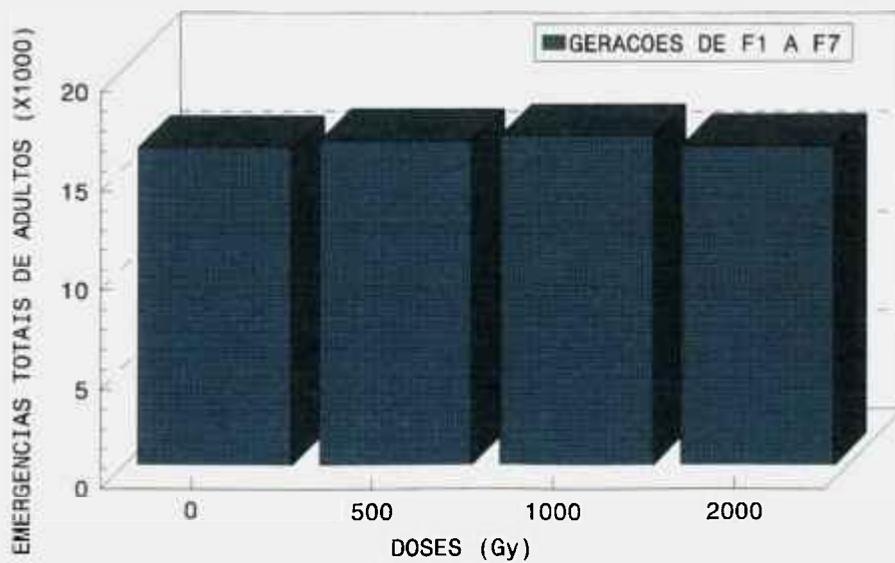


Figura 16: Emergências totais de adultos das gerações de F_1 a F_7 de *Tribolium castaneum* (Herbst.), em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

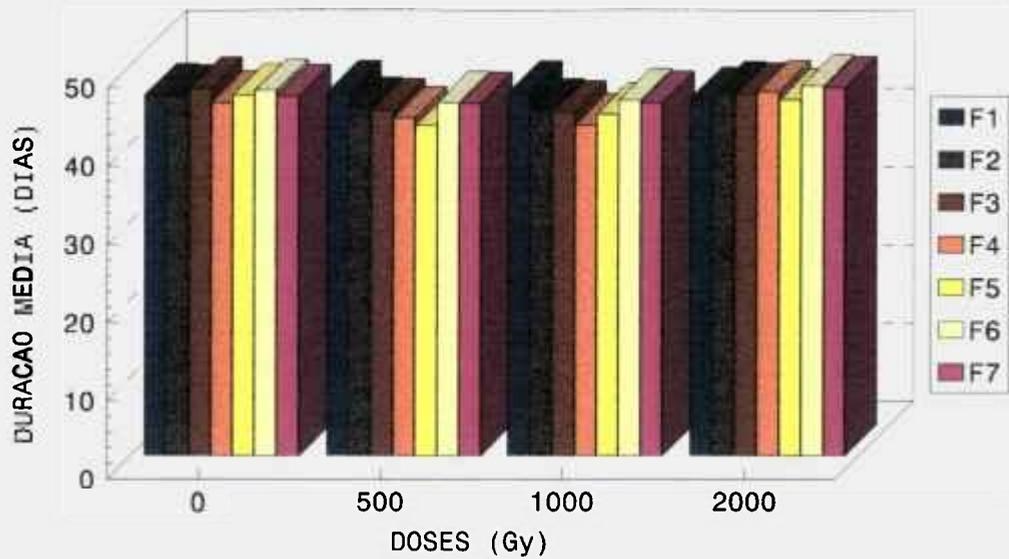


Figura 17: Duração média, em dias, do ciclo evolutivo de ovo a adulto, das gerações de F₁ a F₇ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

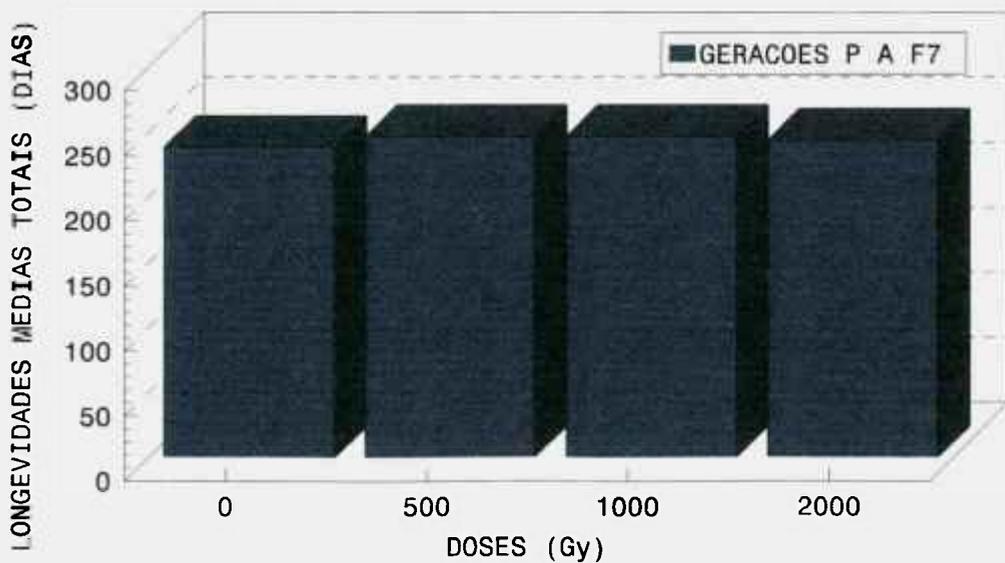


Figura 18: Médias numéricas totais das longevidades das gerações P a F₇ de *Tribolium castaneum* (Herbst.), em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

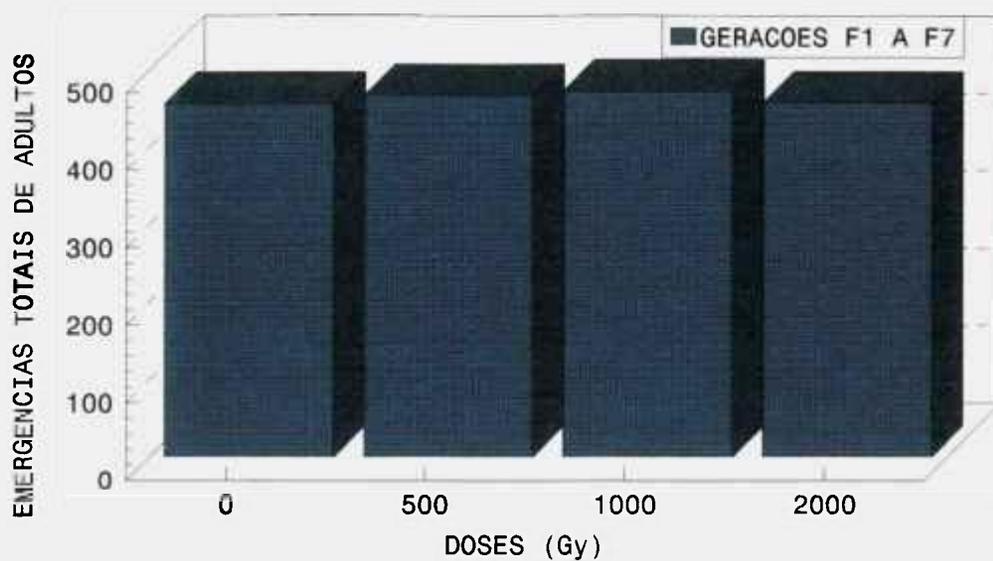


Figura 19: Médias numéricas das emergências totais de adultos das gerações F_1 a F_7 de *Tribolium castaneum* (Herbst.), em dieta artificial, irradiada com radiação gama do Cobalto-60.

5 . DISCUSSÃO

Através dos resultados das Tabelas de 1 a 8, podemos observar que, estatisticamente não apresentaram diferenças significativas, pelo Teste de Tukey a 5%, sobre a longevidade média dos adultos de *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta artificial irradiada com as doses de 0 (test.), 500, 1000 e 2000 Gy. Apesar de estatisticamente não apresentarem diferenças significativas, podemos observar pela Tabela 24 que a testemunha foi a que apresentou menor longevidade média total de adultos de todas as gerações, em relação aos demais tratamentos.

Através dos resultados das Tabelas de 9 a 16, podemos observar que estatisticamente, também não apresentaram diferenças significativas, pelo Teste de Tukey a 5%, sobre a emergência médias de adultos de *Tribolium castaneum* (Herbst.), provenientes das gerações paterna e de F₁ a F₇, criados em dieta artificial irradiada com as doses de radiação gama já mencionadas. Apesar de não apresentarem diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, podemos observar pela Tabela 25. Também podemos observar que na geração F₆ houve uma diminuição na emergência dos adultos em todos os tratamentos e na testemunha, tal fato ocorreu porque os substratos foram descartados um pouco antes do prazo normal, que era de oito semanas.

Com relação a duração média em dias para as fases imaturas (ovo, larva e pupa) de todas as gerações criadas em dieta artificial irradiada, em todos os tratamentos, podemos observar que também não apresentaram diferenças significativas pelo Teste de Tukey a 5%, resultado bastante importante, isto porque se algumas mudanças nos componentes da dieta estivesse ocorrido pela indução da radiação gama, iria influenciar diretamente no período de duração das fases imaturas, provavelmente aumentando ou diminuindo esses períodos.

Os resultados obtidos no trabalho, estão de acordo com os de: BROWER & TILTON (1993) que criaram *Plodia interpunctella* (Hueb.) por quatro gerações em

dieta irradiada com até 100 krad; e um pouco diferente dos de TILTON *et al* (1973) quando observaram com *Tribolium castaneum* (Herbst.), que a testemunha na segunda e quarta geração foram maiores, quando criados em farinha de trigo irradiada com até 1000 krad. Já AHMED *et al* (1977), não observaram nenhuma alteração no desenvolvimento, quando alimentaram *Oryzaephilus surinamensis* (Linn.), em tâmaras irradiadas com a dose de 625 krad; LOAHARANU (1978), trabalhando com *Phiophilus casei* (Linn.) e *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), em sardinha seca e feijão irradiados com doses de 200 e 400 krad e de 100 e 200 krad, afirmam que não houve alteração na longevidade, emergência e proporção sexual dos insetos.

ARTHUR *et al* (1990), afirmam que o arroz irradiado com a dose de até 4,0 kGy não alterou a longevidade e reprodução de *Sitophilus oryzae* (Linn.).

ARTHUR *et al* (1993 a , 1993 b), observaram que trigo irradiado com a dose de até 4,0 kGy não alterou a longevidade e reprodução de *Sitophilus granarius* (Linn.) mas para *Ryzopertha dominica* (Fabr.), com a dose de 4,0 kGy houve diminuição da longevidade e reprodução.

Baseando-se nos resultados obtidos, podemos afirmar que a utilização da radiação gama do Cobalto-60, para desinfestação de farinha de trigo mais levedura de cerveja, com a dose recomendada que é de 1.000 Gy, dose essa dez vezes maior que a determinada por FONTES *et al* (1995) para controlar adultos de *Tribolium castaneum* (Herbst.), principal praga da farinha de trigo, não chega a induzir alterações nas propriedades organolépticas dessa dieta, possíveis de serem detectadas pela espécie de inseto em estudo.

6 . CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos do estudo da influência da dieta irradiada sobre a longevidade e reprodução de *Tribolium castaneum* (Herbst, 1797) (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE), foi possível concluir que:

Insetos da espécie *Tribolium castaneum* (Herbst.), criados em dieta composta de farinha de trigo e levedura de cerveja na proporção de 3:1, irradiada com doses de 500, 1000 e 2000 Gy, não apresentaram diferenças estatísticas significativas até a sétima geração (F₇), em relação a testemunha, nos parâmetros biológicos analisados: longevidade, emergência de adultos e no período de duração das fases imaturas do ciclo evolutivo do inseto (ovo, larva e pupa).

A dose recomendada para a desinfestação de farinha de trigo e levedura de cerveja, 1000 Gy pode ser usada com segurança no controle de insetos dessa espécie sem afetar as suas propriedades sensoriais e nutricionais possíveis de serem detectadas pela espécie de inseto em estudo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, M.S.H.; LAMOOZA, S.B.; OUDA, N.A.; FARKAS, J. The effect of irradiated dates on the development of *Oryzaephilus surinamensis* (L.) Coleoptera:cucujidae. **Acta Alimentaria**, Budapest, V.6, p. 181-192, 1977.
- ARTHUR, V.; MANTELATO, F.; WALDER, J.M.M.; DOMARCO, R.E. Influência do arroz irradiado na longevidade e reprodução de *Sitophilus oryzae* (L., 1763) (COLEOPTERA:CURCULIONIDAE). **Energia Nuclear & Agricultura**, Piracicaba, V.11. n.1.03-41, jan./jun., 1990.
- ARTHUR, V.; WIENDL, F.M.; FRANCO, S.S.H. The influence of irradiated wheat on longevity and reproduction of the grain weevil *Sitophilus granarius* (L., 1759) (COLEOPTERA:CURCULIONIDAE). **Acta Agricultura Nucleatae Sinica**, China, V.4. n.4.p:223-226, 1993 (a).
- ARTHUR, V. ; WIENDL, F.M. WIENDL, J. A . The influence of irradiated wheat on longevity and reproduction of lesser grain borer, *Rhyzopertha dominica* Fabr. **Journal of Nuclear Agriculture Biology**, V.22. n:3. p:222-224, 1993(b).
- AYALA-BAHENA, M.B. Biologia composé de la' reproduction e du development de *Tribolium confusum* (du Val.) (COLEOPTERA:TENEBRIONIDAE) élevé sur denrées irradiés et sur denrées normales. Paris. Faculté des Sciences de L' Université de Paris. 1969 79 p. (Tese de Doutorado).

BAGHERI, C.E. Influence de la'irradiation des grains de blé sur le development et la reproduction de *Sitophilus granarius* (L.) (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE). Paris. 1969. 82 p. (Tese de Doutorado). Faculté des Sciences de L' Université de Paris.

BROWER, J.H.; TILTON, E.W. Développement and fecundity of the Indian meal moth *Plodia interpunctella* (Hübner, 1813) reared on diets of irradiated nutmeats. **International Journal of Applied Radiation and Isotopes**, V.24. p:327-331.1973.

CIÊNCIA HOJE, Ed. Abril, São Paulo, SP, V.17, n.100.p:24-28, mai/jun, 1994.

CORNWEL, P.B. & BURSON, D.H. Grain weevils, *Calendra granaria* e *S. oryzae* reared on irradiated wheat. **Nature**, London, V. 181. p:1744-1748, 1958.

DOMARCO, R.E. Efeitos de dieta irradiada sobre a longevidade e prolificidade em gerações sucessivas de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman., 1833) (COLEOPTERA: BRUCHIDAE). Piracicaba, 1981. 72p. (Tese de Doutorado). ESALQ/USP.

FONTES, L. S.; ARTHUR, V.; WIENDL, F.M. Efeitos da radiação gama do Cobalto-60 na longevidade e reprodução de *Tribolium castaneum* (Herbst. 1797) (Coleoptera:Tenebrionidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. V. 24. n.02. p:419-421, 1995.

- HOSSAIN, M.N.; MOLLAH, A.S.M.; MALIK, M.V. Études sur une opération expérimentale de *Drosophila melanogaster* élevée sur un aliment à base de bananes irradiées. **Food Irradiation**, V.7.p :49-53, 1967.
- LAMN, G.G. Proteção radiológica em trabalhos com radiações ionizantes. Piracicaba. CENA. (**Boletim Didático**, n. 9), 51p. 1972.
- LOAHARANU, S. Feeding studies of irradiated foods with insects. **Food Preservation by Irradiation**. Vienna, V. 2.p:113-131, 1978.
- MASCARENHAS, M.G. O traiçoeiro ataque da doença da miséria. **Globo Ciência**, São Paulo, V. 7. p:62-67, fev. 1994.
- SANTOS, G.P. "Influência da dieta irradiada na longevidade e reprodução de *Plodia interpunctella* (Hubner, 1813) (LEPIDOPTERA, PYRALIDAE). Rio Claro, 1994.47p. (Monografia de Graduação). UNESP.
- SEUGE, J.; MORERE, J.L.; FERRADINI, C. Effect of food preirradiation on the fecundity of two insects: mealy bugs (*Pseudolocaspis pentagona* Targ.) and Indian meal moth (*Plodia interpunctella* Hübner). **Radiation Research**, New York, V. 45.p:210-215, 1971.
- SINGH, M. & LILES, J.N. Effect of irradiated food on the adult survival and reproduction of *Rhyzopertha dominica* (F.) (COLEOPTERA: BOSTRICHIDAE). **Journal Stored Products Research**, New Brunswick, V.8, p:155-157, 1972.

TILTON, E.W.; BROWER, J.J.; COGBURN, R.R. Production by *Sitophilus oryzae* and *Tribolium castaneum* reared for several generation on irradiated diets. **Journal Entomological Society**, Tifton, V.8, p:168-173, 1973.

WIENDL, F.M. & ARTHUR, V. Mortalidade e reprodução de *Ryzopertha dominica* (Fabr.) em arroz irradiado. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, V.3, n.1, p:34-43,1974.

WIENDL, F.M.; ARTHUR, V.; SGRILLO, R.E.; TORNISIELO, V.L.; PACHECO, J.M.; WALDER, J.M.M. Mortalidade e reprodução de *Sitophilus zeamais* Mots. em arroz irradiado. Piracicaba.CENA.1974. 19p (**Boletim Científico, 15**).

WIENDL, F.M.; ARTHUR,V.; WALDER, J.M.M. Influência da dieta irradiada sobre a radiosensibilidade de *Ryzopertha dominica* (Fabr., 1972). Piracicaba. CENA. 1975. 14p. (**Boletim Científico, 36**).