

**EFEITOS DE RADIAÇÕES GAMA DO ^{60}Co NA CONSERVAÇÃO
DA SEMENTE E NA PRODUTIVIDADE DO FEJOEIRO
(*Phaseolus vulgaris* L.)**

JULIO MARCOS FILHO

ENGENHEIRO-AGRÔNOMO

**Docente Voluntário do Departamento de Agricultura e Horticultura da
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUÍZ DE QUEIROZ"
Universidade de São Paulo**

Prof. EDGARD DO AMARAL GRANER

— ORIENTADOR —

**Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz", para obten-
ção do título de Doutor em Agronomia.**

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

1971

A meus pais e irmãos

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

- Aos Professores Edgard do Amaral Graner , Cárivaldo Godoy Jr. , Francisco Ferraz de Toledo , Oswaldo Pereira Godoy , Jairo Teixeira Mendes Abrahão , Epaminondas Sansígolo Ferraz e Zilmar Ziller Marcos , pela orientação e sugestões no preparo e execução dêste trabalho;

- Ao Professor Roberto Simionato Moraes, pela orientação prestada à análise estatística dos dados experimentais;

- À Comissão Nacional de Energia Nuclear e ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura, que forneceram recursos necessários para a condução do trabalho;

- Ao Eng^o-Agr^o Fernando Del Porto Santos, pela ajuda prestada.

- Ao Eng^o-Agr^o Virgílio Franco do Nascimento Filho, pelos dados de dosimetria e irradiação das sementes.

Í N D I C E

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1. Sementes	3
2.2. Insetos	12
3. MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1. Sementes e Doses de Absorção de Radiações Ga ma	16
3.2. Testes de Laboratório	17
3.2.1. Testes de germinação e peso seco	17
3.2.2. Métodos estatísticos	18
3.3. Testes de Vigor	19
3.3.1. Métodos estatísticos	20
3.4. Análises da Infestação pelo Caruncho (<u>Acan-</u> <u>thoscelides obtectus</u> , Say)	20
3.4.1. Métodos estatísticos	21
3.5. Ensaios de Campo	21
3.5.1. Métodos estatísticos	23
4. RESULTADOS	24
4.1. Germinação	24
4.2. Peso Seco de Plântulas Normais	26
4.3. Vigor	28
4.4. Análises da Infestação pelo Caruncho (<u>Acan-</u> <u>thoscelides obtectus</u> , Say)	29
4.5. Ensaios de Campo	30
4.5.1. Primeiro experimento	30
4.5.2. Segundo experimento	30
4.5.3. Análise conjunta	31

	Página
5. DISCUSSÃO	42
*6. CONCLUSÕES	53
7. RESUMO	55
8. SUMMARY	57
9. LITERATURA CITADA	59
A P Ê N D I C E	67
I. Germinação	68
A. Doses Dentro de Época	68
B. Épocas Dentro de Dose	72
II. Pêso Sêco de Plântulas Normais	74
A. Doses Dentro de Época	74
B. Épocas Dentro de Dose	77
III. Vigor	79
IV. Infestação pelo Caruncho	80
A. Doses Dentro de Época	80
B. Épocas Dentro de Dose	87
V. Ensaaios de Campo	90
A. Primeiro Experimento	90
B. Segundo Experimento	91

1. INTRODUÇÃO

As investigações sôbre as aplicações de radiações ionizantes, tendo em vista a melhoria da produção agrícola, vêm se desenvolvendo visando ou a obtenção de novas variedades pela modificação das características genéticas, o que constitui a preocupação da maioria dos pesquisadores, ou o aumento direto da produtividade, sem modificação prévia da herança.

Os efeitos das radiações têm sido estudados mediante a irradiação de sementes, plântulas e plantas em diversos estágios de desenvolvimento. A germinação, a emergência e sobrevivência das plântulas, o desenvolvimento e produção final das plantas são critérios comumente utilizados na avaliação da radiosensibilidade.

Trabalhos de pesquisa mostram que o emprêgo de radiações ionizantes pode aumentar ou reduzir o desenvolvimento e, ou, a produtividade de plantas. Segundo GUNCKEL e SPARROW (1953), os efeitos de diferentes doses de irradiação sôbre o comportamento de plantas não obedecem a uma ordem definida, dependendo das condições experimentais, da dose total de irradiação, das espécies e variedades utilizadas, dos órgãos da planta irradiados e da condição fisiológica do material estudado.

As pesquisas desenvolvidas, quase que na sua totalidade em países tecnologicamente avançados, envolvem principalmente estudos em cevada, aveia, centeio e trigo; poucos trabalhos foram conduzidos para avaliar os efeitos das radiações ionizantes em feijão.

O feijão comum, Phaseolus vulgaris L., constitui-se num dos alimentos mais consumidos no Brasil, o maior produtor mundial dessa leguminosa. No campo da pesquisa agrônômica brasileira são, atualmente, numerosos os experimentos em que se avaliam os mais variados aspectos de sua cultura. Um dos problemas básicos é o que se refere às sementes; a produção, a conservação e a comercia

lização de sementes de alta qualidade constituem-se no alicerce para a obtenção de melhores rendimentos agrícolas.

Devido à importância da cultura para o país e ao pequeno número de trabalhos encontrados na literatura mundial sobre os efeitos de radiações ionizantes em sementes de feijoeiro, resolveu-se estudar alguns aspectos desse problema.

Assim, sementes de feijoeiro, da variedade Goiano Precoce, submetidas a diversas doses de radiações gama do ^{60}Co , nas instalações do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, foram estudadas sob diferentes aspectos:

- a- comportamento, quando armazenadas em condições ambientes, mediante testes de germinação e peso seco, em laboratório, e testes de vigor, em canteiros;
- b- influência das doses utilizadas sobre a produção, através de experimentos de campo;
- c- análises da infestação pelo caruncho do feijoeiro, Acanthoscelides obtectus Say, constatada em sementes irradiadas e conservadas em condições ambientes, após o encerramento dos testes de vigor.

Esses ensaios foram conduzidos no Laboratório de Sementes e no campo experimental do Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

2. REVISÃO DA LITERATURA

A literatura referente à influência das radiações ionizantes na conservação e na qualidade de sementes de plantas cultivadas, sem alteração prévia de sua herança genética, é escassa, pois a maioria das investigações realizadas tratam do assunto do ponto de vista citogenético. Por outro lado, a que diz respeito à irradiação de insetos que atacam grãos armazenados constitui-se em boa fonte de informações, embora poucos trabalhos tratem de insetos que danificam o feijão.

De acôrdo com a natureza da presente pesquisa, serão relatados aqui apenas os trabalhos envolvendo o emprêgo de radiações X e gama em sementes de plantas cultivadas e em coleópteros que atacam produtos vegetais armazenados.

2.1. Sementes

Os trabalhos consultados sôbre os efeitos de radiações ionizantes no desenvolvimento e produção das plantas foram agrupados, de acôrdo com os resultados obtidos, em: efeitos de estímulo, efeitos de estímulo e de inibição, efeitos de inibição, e efeitos variáveis dependendo do teor de umidade e armazenamento das sementes. Esta ordem de apresentação, obedecendo à cronologia dos trabalhos dentro de cada ítem, foi feita visando dar maior clareza à exposição.

Um dos primeiros trabalhos sôbre os efeitos estimulantes das radiações ionizantes foi realizado por SHULL e MITCHELL (1933) que submeteram sementes de milho, girassol, aveia e trigo a radiações X, e verificaram que as doses de 0,038 e 0,076 krad, em trigo, e de 0,114 krad, em milho e arroz, determinaram maior desenvolvimento das plantas em relação às provenientes de sementes não irradiadas. Tôdas as dosagens de irradiação provocaram menor desenvolvimento em plantas de girassol. Concluíram êles que os efeitos das radiações dependem da espécie utilizada.

Baseando-se nesse trabalho, BRESLAVETS e AFANASSIEVA (1935) procuraram investigar efeitos estimulantes das radiações X em sementes de centeio, constatando que, no final do ciclo vegetativo, as plantas originadas de sementes submetidas a doses inferiores a 4,0 krad apresentaram-se mais desenvolvidas e com maior produção de grãos que as da testemunha; os maiores estímulos foram observados após irradiações entre 0,75 e 1,0 krad.

Efeitos estimulantes de radiações X em algodoeiro foram verificados por YOUNIS e colaboradores (1962). O crescimento, o florescimento, o número de capulhos e o peso das sementes, em plantas originadas de sementes submetidas a doses até 1,0 krad foram superiores aos da testemunha. Resultados semelhantes foram obtidos por KABULOV e outros (1965).

BOWEN e outros (1962), estudando a influência de baixas doses de radiações gama sobre o desenvolvimento de plantas, irradiaram sementes de linho, rabanete e repólho com doses variáveis de 0,0 a 0,8 krad de radiações gama. Constataram maior desenvolvimento das plantas provenientes de sementes irradiadas, mas a análise estatística dos dados revelou resultados não significativos.

SKOK e outros (1965), não obtiveram resultados semelhantes aos de SHULL e MITCHELL (1933), constatando que sementes de girassol submetidas a doses de radiações gama, inferiores a 0,75 krad, originaram plantas com altura superior à das correspondentes da testemunha. Afirmaram, no entanto, que o estímulo não é consistente, podendo não ser reproduzido, e que as causas desse fato não são explicáveis, podendo ser devidas a condições ecológicas durante o desenvolvimento das plantas.

SUSS (1966), irradiou sementes de trigo, cevada e milho com radiações gama do ^{137}Cs , tendo observado estímulo à velocidade de germinação, ao desenvolvimento das plantas e à produção de grãos, variável de acordo com a espécie e dosagens utilizadas.

A influência de radiações gama em sementes de feijoeiro foi analisada por GORANOV e outros (1969) , que observaram estímulo ao crescimento da raiz principal e do hipocótilo pela dose de 2,0 krad e inibição por doses superiores a 5,0 krad. As radiações de 1,0 e 1,5 krad induziram acréscimo no peso seco das plântulas. O crescimento inicial e a formação de vagens, em condições de campo, foram estimulados por 2,0 e 3,0 krad. O período de vegetação alongou-se de uma semana e de 16 dias, influenciado por 5,0 e 10,0 krad, respectivamente.

De acordo com os trabalhos citados, os efeitos de certas doses de radiações ionizantes em sementes podem se traduzir em estímulos ao desenvolvimento e à produção de plantas. No entanto, alguns autores, como SARIC e colaboradores (1961), estudando a influência de diversas doses de radiações gama do ^{60}Co em sementes de trigo, verificaram que a porcentagem de germinação de sementes submetidas a doses inferiores a 7,5 krad, não foi afetada, mas decresceu gradativamente a partir dessa dose. Observaram, ainda, que a altura e o peso seco das plântulas originadas de sementes irradiadas com 1,5 , 2,0 e 2,5 krad foram significativamente superiores em relação à testemunha.

SINGH e SEPULVEDA (1961) , submetendo sementes de café Porto Rico a diversas doses de radiações gama do ^{60}Co , verificaram que as doses inferiores a 7,0 krad provocaram melhor germinação em relação às não irradiadas. O desenvolvimento das plantas originadas de sementes influenciadas por doses de até 5,0 krad foi superior ao da testemunha; doses maiores foram prejudiciais.

Por outro lado, MOLLE (1965) instalou diversos experimentos utilizando sementes de cevada, trigo, centeio, milho, ervilha, mostarda, beterraba e rabanete submetidas a diversas doses de radiações gama e não observou estímulo ao desenvolvimento das plantas. Criticou trabalhos de diversos autores que relataram estímulos sem fornecer dados analisados estatisticamente , afirmando que a maioria desses resultados não foram reproduzidos posteriormente.

— STAN e JINGA (1967), também constataram que os efeitos de radiações ionizantes em sementes dependem da dosagem empregada. Submetendo sementes de soja e de feijão a diversas doses de radiações gama de ^{60}Co , notaram que a germinação de sementes de feijão não foi alterada pelas irradiações, enquanto que as doses superiores ou inferiores a 0,5 krad, inibiram ou aceleraram, respectivamente, a germinação de sementes de soja. Observaram certa precocidade no florescimento de plantas de feijoeiro influenciadas por 0,5 krad, mas com doses mais altas houve grande atraso, também constatado em plantas de soja. As doses compreendidas entre 0,025 e 0,5 krad determinaram aumento na produção de grãos em plantas das duas espécies, em relação à testemunha.

Trabalhando com sementes de milho, trigo, sorgo e rabanete, WOODSTOCK e JUSTICE (1967), verificaram que 5,0 krad de radiações gama estimularam o desenvolvimento das plantas, enquanto doses superiores a 20,0 krad inibiram. O maior desenvolvimento observado para 5,0 krad, em relação à testemunha sem irradiação, não foi estatisticamente significativo, mas observado em plantas das quatro espécies estudadas.

A influência negativa da irradiação em sementes foi constatada em diversos trabalhos de pesquisa. COLLINS e MAXWELL (1936) verificaram que doses de radiações X entre 1,0 e 20,0 krad aplicadas a sementes de milho, provocaram redução progressiva no desenvolvimento das plantas, proporcional ao aumento da dose.

GENTER e BROWN (1941), provavelmente, os primeiros a estudarem os efeitos de radiações ionizantes em sementes de feijoeiro, constataram baixas porcentagens de emergência de plântulas influenciadas por doses de radiações X superiores a 2,1 krad, proporcionalmente ao aumento da dose.

CARVALHO e outros (1954), analisaram os efeitos das radiações X em cafeeiro, utilizando sementes das variedades Bourbon, Purpurascens e de híbridos dessas variedades. As sementes foram irradiadas com doses variáveis, de 4,2 a 150,0 krad. O de-

seu desenvolvimento das mudas foi anormal e lento; as que atingiram o estágio de desenvolvimento adequado para serem transplantadas para o campo foram provenientes dos tratamentos com 4,2 , 5,0 e 12,5 krad.

YOUNIS e HAMMOUDA (1961) , trabalhando com sementes de algodoeiro (Gossypium barbadense L. , var. Karnak) irradiadas com diversos níveis de radiações gama do ^{137}Cs , em experimento de campo, verificaram que a porcentagem de emergência das plântulas, os pesos verde e seco e a produção final das plantas decresceram, de acordo com o aumento da dose, em relação à testemunha, sem irradiação.

CAMPOS e VELASCO (1962) compararam a radiosensibilidade de duas variedades de arroz, submetendo as sementes a radiações gama. A porcentagem de germinação foi afetada por 10,0 krad de radiações gama, no caso da variedade Peta e, por 20,0 krad, na variedade Tjeremas. As sementes das duas variedades, irradiadas com 0,5 e 1,0 krad, originaram plantas com maior número de panículas, mas o peso das sementes não foi diferente do da testemunha. As doses de 2,5 a 20,0 krad determinaram redução do número de panículas por planta.

Estudando a radiosensibilidade de sementes de feijoeiro, POMPEU (1963) observou decréscimo acentuado na porcentagem de germinação, deformações nas plântulas e morte, após os tratamentos com 15,0 e 20,0 krad de radiações X . Todos os tratamentos causaram alterações na coloração das folhas primárias e deformações nas primeiras folhas compostas. Os dados obtidos indicaram que a dosagem máxima, para sementes de feijoeiro, deve ser da ordem de 15,0 krad, para que não haja danos às plantas.

Resultados semelhantes aos obtidos por POMPEU (1963) foram observados por BAJAJ e colaboradores (1970) . Estes verificaram que não houve formação de plântulas normais a partir de sementes de feijoeiro submetidas a doses de radiações gama superiores a 15,0 krad. Constataram, ainda, que doses inferiores a 2,0 krad

não provocaram alterações na morfologia das plantas. Com o aumento da dose de irradiação, a partir de 2,0 krad, o crescimento, o florescimento e a maturação foram proporcionalmente retardados, ocorrendo também, queda na produção das plantas, em relação à testemunha.

No entanto, KRATZ e D'AULISIO (1970), irradiando sementes de feijoeiro, variedade Vagem Manteiga, com radiações X verificaram que as doses de 10,0 e 20,0 krad não influenciaram significativamente na germinação dessas sementes, embora a queda de germinação tenha ocorrido gradativamente de acordo com o aumento da dose.

JOHNSON (1939) foi dos primeiros a relacionar a radiosensibilidade das sementes com o teor de umidade das mesmas. Trabalhando com sementes de trigo constatou que a sobrevivência das plântulas provenientes de sementes secas submetidas a diversas doses de radiações X, foi, sempre superior à verificada para as úmidas. BEARD e outros (1958) utilizando sementes de cevada, milho, mostarda e açafrão com vários teores de umidade, também observaram maior radiosensibilidade nas sementes úmidas.

MOES (1961) submeteu sementes de cevada a diversas doses de radiações X e observou maior radiorresistência das sementes secas às doses mais altas e das úmidas às doses mais baixas.

Entretanto, a maioria dos autores que estudaram a radiosensibilidade de sementes secas e úmidas obtiveram resultados semelhantes aos de CALDECOTT (1955). Este, trabalhando com sementes de cevada verificou a existência de uma relação inversa entre a radiosensibilidade das sementes e o seu teor de umidade, entre 7,0 e 20,0%. Houve indicação de que as sementes de cevada com teor de umidade entre 8,0 e 16,0%, são mais radiorresistentes que as mais secas e mais úmidas. OHBA (1961), utilizando sementes de pinho japonês, OSBORNE e LUNDEN (1961) com sementes de soja, caupi, trigo e amendoim, BIEBL e MOSTAFA (1965) com sementes de cevada e trigo e CONSTANTIN e outros (1970) com arroz, chegaram às mesmas conclusões.

Outros autores realizaram estudos objetivando verificar o comportamento de sementes irradiadas e armazenadas. WORT (1941) estudou os efeitos das radiações X em amostras de sementes de trigo armazenadas durante longo período submetendo-as a doses inferiores a 0,23 krad ; foi mantida uma testemunha com sementes recém-colhidas e irradiadas com as mesmas doses. Observou que tôdas as doses de radiação estimularam o desenvolvimento de plantas provenientes de sementes armazenadas, em relação às não armazenadas.

GUSTAFSSON (1944) comparou a radiosensibilidade de plantas de diversas espécies vegetais, originadas de sementes irradiadas e armazenadas em condições ambientes, verificando que a radiosensibilidade das sementes durante o período de armazenamento depende da espécie e das dosagens utilizadas. Assim, sementes de feijoeiro não apresentaram sensibilidade às radiações quando as dosagens foram inferiores a 5,0 krad. A germinação de sementes de ervilha foi inibida proporcionalmente ao aumento da dose de irradiação. Por outro lado, as sementes de soja submetidas a doses inferiores a 2,5 krad apresentaram germinação superior a da testemunha.

CALDECOTT (1961), por sua vez, submetendo sementes de cevada a radiações X , observou que, logo após as irradiações, as sementes apresentaram porcentagens de germinação superiores a das germinadas após irradiação e armazenamento.

Associando a radiosensibilidade de sementes com o teor de umidade e condições ambientes durante o armazenamento, EHREMBERG (1955) submeteu sementes de cevada, secas e úmidas, a 5,0 krad de radiações X e constatou que o armazenamento das sementes após a irradiação provocou aumento da radiosensibilidade, principalmente nas sementes úmidas. A conclusões semelhantes chegaram HOSKINSON e OSBORNE (1961) , que também utilizaram sementes de cevada com diversos teores de umidade e várias doses de radiações gamma.

KLINGMULLER (1961) , por outro lado, utilizando sementes de fava, obteve resultados contrários aos observados por esses autores: verificou que nas sementes sêcas a radiosensibilidade é maior, mas a porcentagem de germinação e a altura das plântulas não estão na dependência do tempo de armazenamento das sementes após as irradiações. Observou menores danos em plântulas provenientes de sementes com 10,4% de umidade que com 9,7% , proporcionais ao aumento da dose de irradiação.

Trabalhando com sementes de cevada submetidas a várias doses de radiações gama, CURTIS e outros (1958) procuraram relacionar radiosensibilidade, teor de umidade e período de armazenamento através da germinação das sementes. Verificaram que os danos provocados pelas radiações tornaram-se mais intensos de acordo com o aumento do período de armazenamento, mas em maior escala nas sêcas que nas úmidas, contrariando as observações de EHREMBERG (1955). Constataram, também, que a mesma dose de irradiação produziu efeitos variados de acordo com o teor de umidade das sementes e o período de armazenamento.

Algumas pesquisas envolvendo teor de umidade e armazenamento de sementes irradiadas, revelaram a existência de correlações entre as radiolesões de plantas e a indução de radicais livres. Baseando-se nesse fato os pesquisadores tentaram explicar a possível radiosensibilidade das sementes sêcas, onde esses radicais atuariam com maior intensidade.. Assim, NATARAJAN e MARIC (1961) , trabalhando com sementes de cevada e de milho, obtiveram resultados semelhantes aos de CURTIS e outros (1958) , observando maior radiosensibilidade nas sementes sêcas que nas úmidas. Armazenando as sementes irradiadas verificaram que as plântulas originadas de sementes sêcas apresentaram anormalidades mais acentuadas que as das úmidas, proporcionais ao aumento do período de armazenamento. Chegaram à conclusão de que as sementes úmidas são mais radiorresistentes que as sêcas porque radicais livres, reagindo com moléculas de água, tornam-se biologicamente inativos.

Assim, a presença de umidade não protegeria as sementes contra os efeitos primários das radiações e sim contra os efeitos indiretos que ocorreriam na presença de radicais livres. Sugeriram a hipótese de que radicais livres reagem com moléculas importantes nas sementes secas, resultando em anormalidades às plântulas.

OSBORNE e colaboradores (1963) , estudando a influência do teor de umidade sobre a radiosensibilidade de sementes de várias espécies, verificaram que o crescimento de plântulas originadas de sementes muito secas ou muito úmidas foi muito prejudicado. Como as plântulas provenientes de sementes muito úmidas, não irradiadas, também apresentaram menor desenvolvimento, chegaram à conclusão de que a formação de radicais livres em sementes secas não explica o acréscimo semelhante observado na radiosensibilidade de sementes muito úmidas. Atribuíram este fato à presença de uma película de água, na periferia da semente, impedindo a penetração do oxigênio, ou ao não desaparecimento total dos radicais livres, em sementes muito úmidas.

WOLFF e SICARD (1961) , baseando-se no trabalho de CURTIS e outros (1958) , estudaram a influência do teor de umidade e condições de armazenamento sobre a radiosensibilidade de sementes de cevada, de acordo com o desenvolvimento das plântulas. Verificaram que não houve modificação nas injúrias provocadas pelas radiações gama quando as sementes irradiadas foram armazenadas em condições apropriadas, de modo a manter o teor de umidade semelhante ao determinado no momento da irradiação. Observaram pequenas alterações na radiosensibilidade de sementes úmidas (em geral, inibição do crescimento de plântulas) quando foram armazenadas em ambientes de baixa umidade relativa. Concordando com as observações de CONGER e RANDOLPH , citados por WOLFF (1961) , os autores constataram que quando sementes secas foram armazenadas em ambientes de umidade relativa mais alta, absorveram umidade e mostraram recuperação, isto é, os danos provocados pelas radiações gama foram bastante atenuados em relação aos observados logo após as ir-

radiações. Esta ocorrência foi explicada como sendo devida à absorção de umidade pelas sementes, o que acarretou desaparecimento dos efeitos provocados por radicais livres. Concluíram afirmando da necessidade de se verificar as condições sob as quais as sementes são armazenadas após as irradiações, principalmente quando houver possibilidade de alterações no teor de umidade das sementes. JOSHI e outros (1969) instalaram experimento bastante semelhante a esse e chegaram praticamente às mesmas conclusões.

2.2. Insetos

Os trabalhos realizados através de irradiação visam do o controle de insetos que atacam sementes armazenadas de feijoeiro são escassos. WIENDL (1969) procurou estudar o problema, tendo encontrado, após extensa revisão da literatura, apenas cinco trabalhos envolvendo A. obtectus, principalmente através do emprego de radiações beta. Desta maneira, a bibliografia a seguir citada consta dos efeitos das radiações ionizantes sobre coleópteros, em geral, que atacam produtos vegetais armazenados.

Assim, BROCKWAY (1956) estudou a radiosensibilidade de pupas de Tenebrio molitor L. (Tenebrionidae), verificando, que 1,0 krad de radiações X não inibiu o seu desenvolvimento, enquanto as doses, a partir de 2,0 krad, prejudicaram sensivelmente e prolongaram o período de desenvolvimento nesse estágio.

Comparando a radiosensibilidade de Sitophilus granarius L. (Curculionidae) e Sitophilus oryzae L. (Curculionidae), em todos os estágios de desenvolvimento, BRUEL e BOLLAERTS (1960) observaram que radiações gama de 1,0 krad destruíram 99,9% dos ovos de S. oryzae, mas os de S. granarius exigiram 2,5 krad para destruição de 98,0%. A dose de 3,5 krad prejudicou o desenvolvimento das pupas e adultos novos de S. oryzae, mas para a obtenção dos mesmos resultados em S. granarius foram necessários 5,0 krad; as radiações de 2,5 krad mostraram-se sub-esterilizantes para os adultos, mas as de 5,0 krad esterilizaram todos os adultos, de ambas as espécies; a irradiação de larvas, das duas espécies, com

2,5 krad, impediu a formação de adultos. BULL e colaboradores (1961) e HOOVER e FLOYD (1963) obtiveram resultados semelhantes.

ERDMAN (1962) , observou que Tribolium confusum Du Val (Tenebrionidae) é mais radiossensível que Tribolium castaneum Herbst em todos os estágios do ciclo evolutivo. Os ovos, das duas espécies, apresentaram-se mais radiossensíveis que os demais estágios, tendo sido completamente controlados com doses de 1,0 a 2,0 krad de radiações X . O desenvolvimento de larvas, de pupas e de adultos das duas espécies foi paralisado com irradiações de 4,0 a 6,0 , 5,0 a 10,0 e 7,0 a 12,0 krad, respectivamente. Posteriormente, BANHAM e CROOK (1966) , embora encontrassem mortalidade com doses mais altas, chegaram a conclusões semelhantes.

JEFFERIES (1962) constatou que as diversas fases do ciclo evolutivo de S. granarius reagem diferentemente às radiações. Assim, ovos irradiados com 4,0 krad não eclodiram e os submetidos a doses inferiores apresentaram baixas porcentagens de eclosão. A irradiação de larvas com 3,25 e 4,0 krad reduziu sua sobrevivência para 30,0% e 1,0% , respectivamente, enquanto 20,0 krad eliminou 41,0% dos adultos.

Os dados obtidos por ERDMAN (1962) foram parcialmente constatados por DUCOFF e BOSMA (1963) . Estes determinaram as doses letais para ovos e larvas de T. confusum , respectivamente iguais a 2,0 e de 2,5 a 5,0 krad de radiações X , sendo a sensibilidade inversamente proporcional à idade do ovo e da larva. Verificaram, outrossim, que as doses não totalmente letais inibiram bastante o desenvolvimento dos estágios subsequentes do ciclo evolutivo do inseto.

Comparando a radiossensibilidade de insetos que danificam graos armazenados, PESSON (1963) determinou doses mínimas de radiações gama, necessárias para esterilizar adultos. Os testes acusaram que essas doses foram de 10,0 krad para S. granarius, maiores que 12,0 krad para T. confusum e de 20,0 krad para A. obtectus (Bruchidae).

QURAIISHI e METIN (1963) estudaram os efeitos da irradiação gama sobre ovos, larvas, pupas e adultos de Callosobruchus chinensis L. (Bruchidae), coleóptero que ataca as sementes de leguminosas, quando armazenadas. Verificou que a dose de 10,0 krad produziu 58% de mortalidade em ovos e 70,0% em larvas e a de 12,0 krad, 54,0% em pupas. Foram necessários, para promover 100% de mortalidade em ovos, larvas e pupas, 15,0, 20,0 e 47,0 krad, respectivamente. Esta dose produziu, também, 100% de esterilidade em fêmeas adultas. Por outro lado, HUQUE e KHAN (1964), constataram mortalidade total em ovos, larvas, pupas e adultos de C. subinotatus Pic., após 2,5 a 3,0, 5,0, 20,0 e 5,0 krad de radiações gama, respectivamente, enquanto NEHARIN e outros (1965) obtiveram controle total dos ovos de C. maculatus L., com radiações gama de 3,0 krad; uma população mista de machos e fêmeas adultos dessa espécie foi completamente esterilizada com 10,0 krad.

PESSON e GIRISH (1968), estudando os efeitos das radiações gama em alguns dos estágios do ciclo evolutivo de S. zeamais Mots., notaram que os ovos submetidos a 2,0 krad não eclodiram; inibição ao desenvolvimento das larvas e esterilidade dos adultos foram observados após irradiações de 8,0 krad.

WIENDL (1969) estudou detalhadamente a influência de diversas doses de radiações gama do ^{60}Co em Zabrotes subfasciatus Boh. (Bruchidae). A pesquisa constituiu-se de diversos ensaios com o objetivo de analisar a radiossensibilidade de todas as fases do ciclo evolutivo do inseto. O autor observou que as doses de 0,5 e 1,0 krad inibiram parcialmente a eclosão dos ovos, enquanto que, após 2,0 krad, não houve eclosão. As radiações de 5,0 krad controlaram completamente as larvas e as de 10,0 krad paralisaram o desenvolvimento das pupas e esterilizaram completamente os adultos. As doses esterilizantes observadas foram um pouco mais baixas que as referidas em trabalhos anteriores para outros coleópte-

ros. A irradiação com 2,0 krad produziu efeitos sub-esterilizantes em larvas, pupas e adultos. Afirmou, no entanto, que os efeitos das radiações ionizantes em A. obtectus são muito pouco conhecidos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Sementes e Doses de Absorção de Radiações Gama

As sementes de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) foram obtidas de lavouras conduzidas no Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". A variedade utilizada, Goiano Precoce, é uma das indicadas pela Secretaria da Agricultura para a semeadura, no Estado de São Paulo. Essa variedade apresenta as características agronômicas seguintes : precoce (ciclo vegetativo de, aproximadamente, sessenta a setenta dias), plantas com hábito de crescimento determinado, produtiva, vagens uniformes e agrupadas, sementes de tamanho médio a graúdo (índice de sementes = 28,0 g), quase esféricas, tegumento de coloração pérola, apresentando em tórno do hilo um anel de coloração marrom muito bem delimitado. (MENEGÁRIO, 1964 ; ABRAHÃO, 1971) .

Colhidas em diferentes épocas e debulhadas manualmente para evitar danificações mecânicas, eram submetidas à escolha cuidadosa, resultando lotes constituídos, exclusivamente, de sementes fisicamente puras, colocados posteriormente em câmara sêca (umidade relativa de 35,0% e temperatura média, de aproximadamente, 23,0°C) para uniformização do teor de umidade.

Atingida essa uniformização (teor de umidade de aproximadamente 7,60%), cada lote era dividido em amostras acondicionadas em saquinhos de polietileno, de espessura de 0,05 mm (material de absorção desprezível às radiações gama) , e submetidas a radiações gama na fonte de Cobalto-60 do Centro de Energia Nuclear na Agricultura. As amostras eram retiradas da câmara sêca para serem irradiadas e como, logo em seguida, retornavam à mesma, as sementes praticamente não sofriam alteração no teor de umidade durante as irradiações.

As doses de absorção, que constituíram os diversos tratamentos foram as seguintes:

- D₀ - sementes não irradiadas
- D₁ - sementes submetidas a 0,4 krad (+)
- D₂ - sementes submetidas a 0,8 krad
- D₃ - sementes submetidas a 1,6 krad
- D₄ - sementes submetidas a 3,2 krad
- D₅ - sementes submetidas a 6,4 krad

Esse foi, sempre, o procedimento adotado na obtenção do material para a instalação dos testes de laboratório, testes de vigor, análises da infestação pelo caruncho e experimentos de campo.

3.2. Testes de Laboratório

Os testes de laboratório foram realizados no Laboratório de Sementes do Departamento de Agricultura e Horticultura, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

3.2.1. Testes de germinação e peso seco

Sementes do lote obtido em junho de 1969, foram separadas em sessenta amostras de 60,0 g cada uma, dez amostras para cada um dos tratamentos. Uma vez irradiadas, as amostras de cada tratamento, foram colocadas em sacos de papel Kraft e retornaram à câmara seca. Após a instalação do primeiro teste, foram armazenadas em condições ambientes de laboratório.

Os testes de germinação seguiram a técnica descrita por BACCHI (1967), com duas modificações: foram instaladas quatro repetições de 50 sementes cada uma, em vez de quatro repetições de 100 sementes; foi realizada apenas uma contagem de germinação, em vez de duas aos cinco e oito dias após a instalação dos

.

(+) 1 krad = 1.000 rad. Rad é a unidade de dose de absorção, correspondente à dissipação de energia de 100 ergs, por grama do material absorvente (segundo citação de REES, 1967).

testes. Êstes foram interpretados no quinto dia após a data da sua instalação eliminando-se as plântulas típicamente anormais e as sementes não germinadas, e, conservando-se as plântulas normais de cada repetição para posterior determinação de seu pêso sêco.

Os testes de germinação se processaram em germinador Burrows , a $30,0^{\circ}\text{C}$, usando-se rôlos de papel-toalha (papel Xuga) e foram realizados em nove épocas diferentes, a saber :

E_0 = logo após , E_1 = 1 mês , E_2 = 2 meses , E_3 = 3 meses ,
 E_4 = 4 meses , E_5 = 5 meses , E_6 = 6 meses , E_7 = 7 meses ,
 E_8 = 8 meses após as irradiações.

Feita a interpretação de cada um dos testes, as plântulas normais de cada repetição eram enroladas entre as folhas do próprio substrato utilizado para o teste de germinação, colocadas em estufa ($40,0 - 42,0^{\circ}\text{C}$, com circulação de ar) durante 24 horas e, a seguir, expostas ao ar durante quinze dias, até que completassem a secagem. O pêso sêco das plântulas foi determinado em balança analítica Mettler , mod. K - 7 .

3.2.2. Métodos estatísticos

Os dados de germinação, transformados em ângulos (SNEDECOR, 1945) , e os de pêso sêco das plântulas normais, de cada um dos testes, foram submetidos à análise estatística, segundo esquema fatorial encontrado em PIMENTEL GOMES (1963) . O esquema da análise foi o seguinte:

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Doses (D)	5
Épocas (E)	8
D x E	40
Resíduo	162
Total	215

Para a comparação das médias dos tratamentos foi utilizado o método de Tukey.

3.3. Testes de Vigor

Para a instalação dos testes de vigor foi utilizado o lote obtido em dezembro de 1969 . Após a uniformização do teor de umidade, o poder germinativo dessas sementes foi avaliado mediante a instalação de um teste de germinação padrão, em germinador Burrows , a $30,0^{\circ}\text{C}$, em róis de papel-toalha (papel Xuga) , tendo se observado a média de 92,25% de germinação.

A seguir, foram preparadas quarenta e oito amostras de 60,0 g de sementes cada uma, oito amostras para cada tratamento, e irradiadas. As amostras de cada tratamento foram, então, colocadas em sacos de papel Kraft , retornaram à câmara seca e, após a instalação do primeiro teste, foram armazenadas em condições ambientais de laboratório.

Os testes de vigor foram realizados em seis épocas, a saber: E_0 = logo após , E_1 = 1 mês , E_2 = 2 meses , E_3 = 3 meses , E_4 = 4 meses e E_5 = 5 meses após as irradiações. As sementes eram colocadas a germinar em canteiros constituindo-se, cada época, dos seis tratamentos e duas repetições, num total de doze parcelas. Cada parcela constava de uma linha de 4,0 m onde se distribuíam 40 sementes espaçadas de 0,10 m ; uma linha distava 0,80 m da outra. As parcelas eram irrigadas diariamente de maneira uniforme.

Foram realizadas contagens diárias de emergência até a obtenção de resultado constante para cada parcela.

O vigor das sementes foi avaliado de acordo com a velocidade de emergência das plântulas utilizando-se a técnica descrita por BYRD (1967) .

3.3.1. Métodos estatísticos

Os índices de velocidade de emergência das plântulas foram submetidos à análise estatística, segundo o seguinte esquema:

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Doses (D)	5
Épocas (E)	5
D x E	25
Resíduo	36
Total	71

As médias dos tratamentos foram comparadas pelo método de Tukey.

3.4. Análises da Infestação pelo Caruncho (*Acanthoscelides obtectus*, Say)

Encerrados os testes de vigor, as sementes restantes das amostras dos tratamentos permaneceram nas condições ambientais, tendo sido constatada infestação pelo caruncho da espécie *Acanthoscelides obtectus* Say, identificado pelo Departamento de Entomologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

Foram realizadas as análises de infestação segundo a técnica descrita por BACCHI (1967). Procedeu-se à contagem das sementes atacadas, em duas amostras de cem sementes cada uma, para cada tratamento, considerando-se infestada toda a semente que apresentasse, pelo menos, um orifício de saída do inseto adulto. Essas contagens foram executadas em catorze épocas quinzenais diferentes a partir do quinto mês após as irradiações. Essas épocas foram denominadas E_0 , E_1 , E_2 , E_3 , E_4 , E_5 , E_6 , E_7 , E_8 , E_9 , E_{10} , E_{11} , E_{12} , E_{13} , com o índice indicando o número de quinzenas a partir do quinto mês após as irradiações.

3.4.1. Métodos estatísticos

Os dados obtidos foram transformados em ângulos, (SNE DECOR, 1945) e submetidos a análise estatística. O esquema adotado para a análise foi:

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Doses (D)	5
Épocas (E)	13
D x E	65
Resíduo	84
Total	167

Utilizou-se o método de Tukey para a comparação entre as médias das interações.

3.5. Ensaio de Campo

As sementes do lote obtido em junho de 1970, após a uniformização do teor de umidade em câmara seca, foram submetidas a teste de germinação padrão, tendo-se constatado média de germinação de 90,0%. A seguir, foram preparadas trinta amostras de 160,0 g cada uma, cinco amostras para cada tratamento. Após as irradiações, as amostras de cada tratamento foram colocadas em sacos de papel Kraft e retornaram a câmara seca (umidade relativa de 35,0% e temperatura média de, aproximadamente, 23,0°C).

Os ensaios de campo constituíram-se de dois experimentos conduzidos dentro da época conhecida como "das águas", em solo pertencente ao Grande Grupo Terra Rôxa Estruturada, no Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". O primeiro experimento foi instalado em meados de outubro e o segundo, em princípio de novembro de 1970, obedecendo ao delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições.

Procedeu-se de maneira idêntica na execução dos dois experimentos.

Cada tratamento era representado por uma linha de 10,0 m de comprimento. As linhas eram espaçadas entre si de 0,50 m. Em cada linha distribuíam-se duas sementes, a cada 0,20 m de modo que em cada bloco havia seis parcelas (seis linhas). Foi feita a adubação mineral NPK de acordo com os seguintes níveis de elementos por hectare: N - 50,0 kg, P_2O_5 - 100,0 kg, e K_2O - 60,0 kg; os adubos fosfatados e potássicos, nas formas de superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente, foram aplicados no momento da semeadura. O adubo nitrogenado, na forma de sulfato de amônio, foi aplicado metade no momento da semeadura e a outra metade em cobertura.

A mistura de adubos foi incorporada nos sulcos, de modo que o fertilizante ficasse situado um pouco abaixo e ao lado das sementes. A aplicação em cobertura se fez manualmente, em filete contínuo, a uma distância aproximada de 0,10 m das plantas, trinta dias após a emergência das plântulas.

Os tratos culturais foram realizados até o início do florescimento das plantas. Completado o ciclo vegetativo do feijoeiro, em cada um dos experimentos, respectivamente aos 75 e 78 dias após a semeadura, foi executada a colheita de todas as linhas; as plantas arrancadas foram colocadas em sacos etiquetados, de acordo com a dosagem de irradiação correspondente, e transportadas para terreiro onde ficaram ao sol durante 2 a 3 dias. A seguir procedeu-se ao despencamento das vagens, que foram contadas e pesadas; posteriormente, essas vagens foram debulhadas manualmente, uma a uma, pesando-se finalmente, as sementes. Portanto, de cada uma das parcelas foram obtidos os seguintes dados: número de vagens, peso das vagens e peso dos grãos.

3.5.1. Métodos estatísticos

Os dados de número de vagens foram transformados em raiz quadrada. Para a análise estatística de todos os dados obtidos foi adotado o esquema de blocos casualizados encontrado em PIMENTEL GOMES (1963) , que é apresentado em seguida:

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Doses	5
Blocos	3
Resíduo	15
<hr/>	
Total	23

A análise em conjunto dos dois experimentos foi realizada de acordo com o método de BOX (1954) , citado por PIMENTEL GOMES (1963) , conforme o esquema abaixo:

Causas de Variação	Graus de Liberdade
Experimentos (E)	1
Doses (D)	5
Blocos	3
E x D	5
Resíduo	15

As médias obtidas para os efeitos de doses foram comparadas pelo método de Tukey .

4. RESULTADOS

4.1. Germinação

A análise da variância dos dados referentes aos testes de germinação, revelou valores de F significativos, ao nível de 1% de probabilidade, para doses, épocas e interação doses e épocas. Assim, foram desdobrados os graus de liberdade da interação, testando-se os efeitos de doses dentro da época, obtendo-se valores de F significativos, ao nível de 1% de probabilidade, para doses dentro de E_0 , dentro de E_4 , dentro de E_7 , dentro de E_8 e, ao nível de 5% de probabilidade, para doses dentro de E_1 e dentro de E_5 . Por outro lado, foram também desdobrados os graus de liberdade da interação, testando-se os efeitos de épocas dentro de dose, obtendo-se valores de F significativos, ao nível de 1% de probabilidade, para épocas dentro de D_0 , dentro de D_1 , dentro de D_3 , dentro de D_4 e dentro de D_5 .

No quadro 1, encontram-se as médias obtidas para as interações e, também, o coeficiente de variação e as diferenças mínimas significativas.

O exame desse quadro permite verificar, quanto a doses dentro de época, o seguinte:

- Todas as doses de irradiação provocaram efeitos negativos imediatos sobre o poder germinativo, pois a porcentagem de germinação das sementes não irradiadas, no teste instalado logo após a irradiação, foi estatisticamente superior às das irradiadas.

- Os efeitos dos tratamentos, de uma maneira geral, não diferiram significativamente entre si nos testes efetuados do primeiro ao sexto mês, com exceções de, no primeiro mês, quando os efeitos da dose de 0,4 krad diferiram dos de 6,4 krad, no quarto mês, quando os efeitos de 0,8 krad diferiram dos de 1,6 e 3,2 krad e no quinto mês, quando os efeitos de 1,6 krad diferiram de 6,4 krad.

- A testemunha e as doses de 3,2 e 6,4 krad mostraram decréscimo significativo do poder germinativo em relação às radiações de 0,8 e 1,6 krad, sete meses após as irradiações ; nesta época a dose de 0,4 krad manteve a porcentagem de germinação superior à das irradiadas com 6,4 krad.

- As sementes submetidas a 0,4 e 0,8 krad apresentaram poder germinativo superior ao das irradiadas com 3,2 e 6,4 krad, oito meses após as irradiações; as sementes submetidas a 0,8 krad apresentaram, ainda, média de germinação superior à da testemunha e à das irradiadas com 1,6 krad.

O estudo das épocas dentro de dose mostra que:

- Houve variação do poder germinativo das sementes de acordo com a época em que foram instalados os testes.

- A germinação verificada para a testemunha logo após as irradiações, foi superior às obtidas em todas as épocas seguintes; do primeiro ao quinto mês não houve diferença significativa no poder germinativo, que apresentou queda no sexto , sétimo e oitavo mês.

- A dose de 0,4 krad não modificou significativamente o poder germinativo durante cinco meses após a irradiação, com exceção do primeiro mês que diferiu estatisticamente do segundo ; a partir do sexto mês houve queda significativa de germinação em relação ao mês anterior.

- O poder germinativo das sementes irradiadas com 0,8 krad não sofreu variações significativas durante todo o período em que foram efetuados os testes.

- A dose de 1,6 krad não alterou significativamente o poder germinativo das sementes até o quinto mês, notando-se queda de germinação no sexto mês em relação ao quarto e quinto mês , e no sétimo em relação ao quarto ; a germinação obtida oito meses após a irradiação foi inferior à de todas as demais épocas.

- A dose de 3,2 krad manteve as porcentagens de germinação sem variações significativas até o quarto mês ; os resultados do quinto mês foram estatisticamente inferiores aos observados no mês anterior e os do sexto, sétimo e oitavo mês apresentaram decréscimo em relação a todas as épocas anteriores.

- A germinação das sementes submetidas a 6,4 krad manteve-se estatisticamente semelhante até seis meses após a irradiação, exceptuando-se no sexto mês quando houve diferença significativa em relação ao quarto mês ; o poder germinativo observado aos sete e oito meses foi inferior ao de todas as épocas anteriores.

4.2. Pêso Sêco de Plântulas Normais

A análise da variância dos dados de pêso sêco de plântulas normais coletadas dos testes de germinação, revelou valores de F significativos, ao nível de 1% de probabilidade para doses, épocas e interação doses e épocas. Assim, foram desdobrados os graus de liberdade da interação, testando-se os efeitos de doses dentro de época, obtendo-se valores de F significativos, ao nível de 1% de probabilidade, para doses dentro de E_7 e dentro de E_8 e, ao nível de 5% de probabilidade, para doses dentro de E_0 , dentro de E_1 dentro de E_5 e dentro de E_6 . Por outro lado, também foram desdobrados os graus de liberdade da interação, visando-se os efeitos de épocas dentro de dose ; os valores de F mostraram-se significativos, ao nível de 1% de probabilidade, para todas as épocas dentro de dose.

No quadro 2, encontram-se as médias obtidas nos testes, o coeficiente de variação e as diferenças mínimas significativas.

Examinando-se as médias das interações bem como as diferenças mínimas significativas observa-se, quanto a doses dentro de época, que, os efeitos dos tratamentos, de modo geral, não apresentaram variações significativas no pêso sêco das plântulas normais

em determinações efetuadas até seis meses após as irradiações; houve exceções de, no primeiro mês, quando o efeito da dose de 0,4 krad diferiu significativamente da testemunha e, no sexto mês, quando o efeito provocado por 6,4 krad diferiu do de 3,2 krad.

Verifica-se, ainda, que sete meses após a irradiação as plântulas normais provenientes de sementes irradiadas com 0,4 , 0,8 e 1,6 krad apresentaram peso seco estatisticamente superior ao das de 3,2 e 6,4 krad. As plântulas normais influenciadas pela dose de 1,6 krad foram superiores em peso seco às correspondentes da testemunha.

Finalmente, oito meses após a irradiação o peso seco das plântulas normais provenientes de sementes irradiadas com 0,4 e 0,8 krad mostrou-se significativamente superior ao das de 3,2 e 6,4 krad e testemunha sem irradiação.

Observa-se ainda, quanto a épocas dentro de dose, que houve variação do peso seco das plântulas normais de acordo com a época de sua determinação. Assim, as plântulas normais provenientes de sementes não irradiadas coletadas no teste instalado logo após, apresentaram peso seco estatisticamente superior aos determinados um , três , cinco , seis , sete e oito meses após as irradiações; o peso seco verificado oito meses após as irradiações foi, ainda, inferior aos do primeiro, segundo e quarto mês ; não houve variação estatística do peso seco das plântulas normais do primeiro ao sétimo mês após as irradiações.

O peso seco das plântulas normais desenvolvidas de sementes irradiadas com 0,4 krad manteve-se estatisticamente semelhante a partir do segundo mês; no sexto e oitavo, o peso seco foi significativamente inferior aos observados logo após e um mês após as irradiações ; nesta época, o peso seco foi, ainda, superior aos verificados no segundo e quinto mês.

De maneira semelhante à dose anterior comportaram-se as plântulas provenientes de sementes submetidas a 0,8 krad ; os

pêsos secos determinados no teste inicial e no primeiro mês foram estatisticamente superiores aos determinados no sexto e oitavo mês após as irradiações; a partir do segundo mês os pesos não apresentaram variações significativas.

A dose de 1,6 krad não provocou variação estatística no peso seco das plântulas até o sétimo mês; o resultado obtido no oitavo mês foi inferior aos observados nas demais épocas, com exceção do sexto mês.

O peso seco das plântulas provenientes de sementes irradiadas com 3,2 krad manteve-se estatisticamente semelhante até quatro meses após as irradiações; os determinados do quinto ao oitavo mês, mostraram-se inferiores aos das épocas anteriores, exceptuando-se o segundo mês, quando o peso foi superior apenas aos verificados no sétimo e oitavo mês.

Finalmente, as radiações de 6,4 krad mantiveram o peso seco das plântulas sem variações significativas até o sexto mês e os pesos determinados sete e oito meses após as irradiações foram inferiores aos das demais épocas, com exceção do quinto mês.

4.3. Vigor

A análise da variância dos dados referentes aos testes de vigor, revelou valores de F significativos, ao nível de 1% de probabilidade, para doses e para épocas. A interação doses e épocas não foi significativa.

No quadro 3, encontram-se as médias obtidas para doses e para épocas, o coeficiente de variação e as diferenças mínimas significativas.

Verifica-se, quanto a doses, que as sementes irradiadas com 0,4, 0,8 e 1,6 krad apresentaram velocidade de germinação estatisticamente superior às submetidas a 3,2 e 6,4 krad e às não irradiadas. Quanto a épocas, os resultados verificados

quatro e cinco meses após a irradiação, estatisticamente semelhantes, foram inferiores aos do primeiro e segundo mês. Os resultados observados logo após as irradiações foram inferiores aos do primeiro, segundo e terceiro mês.

4.4. Análises da Infestação pelo Caruncho (A. obtectus, Say)

A análise da variância dos dados de infestação pelo caruncho (A. obtectus, Say) revelou valores de F significativos, ao nível de 1% de probabilidade, para doses, épocas e para a interação doses e épocas. Assim, foram desdobrados os graus de liberdade da interação, testando-se efeitos de doses dentro de época, obtendo-se valores de F significativos, ao nível de 1% de probabilidade, para todos os efeitos de doses dentro de época, excluindo-se doses dentro de E_{13} . Por outro lado, foram desdobrados os graus de liberdade da interação, testando-se, também, os efeitos de épocas dentro de dose, obtendo-se valores de F significativos, ao nível de 1% de probabilidade, para todas as épocas dentro de dose.

Examinando-se as médias das interações e as diferenças mínimas significativas, que se encontram no quadro 4, verifica-se quanto a doses dentro de época que, até a décima primeira quinzena, as sementes submetidas a 3,2 e 6,4 krad apresentaram infestação significativamente inferior aos demais tratamentos; na décima segunda, apenas a dose de 6,4 krad manteve as sementes menos atacadas que as demais; até a nona quinzena as sementes não irradiadas foram mais infestadas que as irradiadas; na análise inicial e na sétima quinzena, ocorreram maiores porcentagens de infestação em sementes submetidas a 0,4 e 0,8 krad que em 1,6 krad. Finalmente, na décima terceira os efeitos dos tratamentos não diferiram entre si.

Quanto a épocas dentro de dose, observa-se que, de um modo geral, as porcentagens de infestação cresceram significativamente durante todo o período de análise, para todos os tratamen-

tos, embora, em alguns casos os resultados não tenham sofrido variação estatística entre duas épocas subsequentes. Assim, para a testemunha, sem irradiação, a infestação aumentou até a sétima quinzena, quando as sementes apresentaram 100,0% de infestação. Para a dose de 0,4 krad, essa porcentagem foi atingida na décima quinzena; para as sementes submetidas a 0,8 e 1,6 krad, foi registrada na décima primeira; as irradiadas com 3,2 krad apresentaram-se totalmente atacadas na décima terceira e, as submetidas a 6,4 krad, não chegaram a atingir 100,0% de infestação durante todo o período em que foram efetuadas as análises, chegando, porém, muito próximo a esse total, na décima terceira quinzena.

4.5. Ensaio de Campo

4.5.1. Primeiro experimento

Valores de F significativos, ao nível de 1% de probabilidade, foram revelados na análise da variância, para as características número de vagens, peso das vagens e peso dos grãos.

As médias dos tratamentos, as diferenças mínimas significativas e os coeficientes de variação, para número de vagens, peso das vagens e peso dos grãos são encontrados nos quadros 5, 6 e 7, respectivamente.

Examinando-se esses quadros verifica-se que as médias do tratamento 6,4 krad, embora não significativamente diferentes das do tratamento 1,6 krad, foram inferiores às demais, para as três características estudadas. As médias obtidas para 3,2 krad, estatisticamente superiores às de 1,6 krad, foram as médias mais altas obtidas, para as três características.

4.5.2. Segundo experimento

Os dados obtidos para as características peso das vagens e peso dos grãos, submetidos a análise estatística, revelaram valores de F significativos, ao nível de 1% de probabilidade para os efeitos de doses; para os dados de números de vagens, os valores de F não foram significativos.

O quadro 8 apresenta as médias obtidas para número de vagens e o coeficiente de variação. Nos quadros 9 e 10, são observadas as médias, as diferenças mínimas significativas e os coeficientes de variação, para peso das vagens e peso dos grãos, respectivamente.

Examinando-se o quadro 9 verifica-se que as médias obtidas para 6,4 krad, não diferente de 1,6 krad, foi significativamente inferior aos demais tratamentos; a média de 3,2 krad, a mais alta, foi estatisticamente superior, ainda, a 1,6 krad. Esta dose apresentou, também, média significativamente inferior a 0,4 krad e à testemunha.

Com relação a peso dos grãos, observa-se, no quadro 10, que as médias obtidas para 6,4 krad foram inferiores às dos demais tratamentos, porém não significativamente em relação a 0,8 e 1,6 krad. A dose de 3,2 krad, apresentando a mais alta média obtida, e a testemunha, foram significativamente superiores a 1,6 krad.

4.5.3. Análise conjunta

A análise da variância, dos dois experimentos em conjunto, revelou valores de F significativos, ao nível de 1% de probabilidade, para experimentos, e para os efeitos dos tratamentos sobre número de vagens, peso das vagens e peso dos grãos.

As médias dos tratamentos, as diferenças mínimas significativas e os coeficientes de variação, para número de vagens, peso das vagens e peso dos grãos, são encontrados nos quadros 11, 12 e 13, respectivamente.

Examinando-se as médias e as diferenças mínimas significativas, no quadro 11, verifica-se a inferioridade da média obtida para 6,4 krad, significativamente em relação a 0,4, 0,8 e 3,2 krad. Esta, a maior média, foi, ainda, estatisticamente superior a 1,6 krad.

Os pêsos das vagens e dos grãos, de acôrdo com os quadros 12 e 13, observados para 6,4 krad foram significativamente inferiores aos dos demais tratamentos. As médias de 3,2 krad, as mais altas, foram estatisticamente superiores às de 0,8 e 1,6 krad. Observou-se ainda, para as duas características, superioridade estatística de 0,4 krad e da testemunha, em relação a 1,6 krad.

Quadro 1 - Germinação de sementes irradiadas de feijoeiro. Médias obtidas em nove épocas mensais. ($x = \text{arc sen } \sqrt{\frac{\%}{100}}$)

DOSES (krad)	É P O C A S (M e s e s)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	83,57	69,51	70,40	65,34	73,33	68,24	58,89	54,42	50,18
0,4	71,74	76,87	66,29	67,70	73,33	72,61	59,38	59,78	59,05
0,8	72,56	69,07	70,21	66,52	66,52	67,27	65,05	63,80	64,20
1,6	70,64	72,37	71,14	70,87	78,65	74,39	63,54	64,93	53,27
3,2	68,12	69,36	67,40	69,97	75,82	65,87	56,08	52,71	49,67
6,4	69,35	67,31	67,36	66,11	70,50	65,24	60,38	48,47	49,03
D. M. S. (Tukey) - para doses (5%)									
								8,98	
para épocas (5%)									
								9,79	
Coeficiente de Variação (%)									
								6,75	

Quadro 2 - Pêso seco (g) de plântulas normais originadas de sementes irradiadas de fevereiro. Médias obtidas em nove épocas mensais.

DOSES (Krad)	É P O C A S (M e s e s)								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	12,92	10,56	10,82	9,67	10,93	9,33	9,60	9,43	7,50
0,4	12,57	12,90	10,60	10,92	11,46	10,38	9,68	11,39	9,79
0,8	12,23	12,42	11,09	10,98	10,62	10,00	9,65	10,22	9,81
1,6	12,06	12,27	10,66	10,80	12,01	10,42	10,18	12,27	8,10
3,2	11,20	12,23	10,28	10,81	11,83	8,32	8,43	8,11	7,00
6,4	10,87	11,18	10,70	10,42	11,17	8,91	11,07	8,00	6,93
D. M. S. (Tukey) - para doses (5%)									
2,11									
para épocas (5%)									
2,30									
Coeficiente de Variação (%)									
10,06									

Quadro 3 Vigor: Índices médios de velocidade de germinação para doses e para épocas com sementes de feijoeiro irradiadas. (x = índice de velocidade de germinação) .

DOSES (krad)	0,0	0,4	0,8	1,6	3,2	6,4
Médias	12,54	13,34	13,58	13,11	12,49	12,26
ÉPOCAS (Meses)	0	1	2	3	4	5
Médias	12,33	13,30	13,31	13,05	12,74	12,58
D.M.S. (Tukey) para doses e para épocas (5%)						0,52
Coeficiente de Variação (%)					3,30	

Quadro 4 - Infestação pelo caruncho (A. obtectus, Say) em sementes irradiadas de feijoeiro.

Médias de catorze épocas ($x = \text{arc sen } \sqrt{\%}$)

DOSES (krad)	É P O C A S (Q u i n z e n a s)													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0,0	44,42	56,21	61,01	63,08	65,27	80,94	85,93	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00	90,00
0,4	28,66	28,99	34,14	37,16	40,97	52,53	66,03	73,69	79,24	83,06	90,00	90,00	90,00	90,00
0,8	23,16	27,26	32,26	34,44	37,76	50,18	66,81	73,22	80,16	82,14	87,13	90,00	90,00	90,00
1,6	9,96	23,57	33,51	33,83	36,87	48,44	63,80	66,43	76,45	80,94	85,93	90,00	90,00	90,00
3,2	10,76	12,23	18,44	20,70	22,74	29,64	38,64	54,65	66,05	71,58	76,45	80,94	87,13	90,00
6,4	6,93	10,76	18,35	19,82	20,67	27,61	35,36	50,76	63,09	65,27	73,22	75,87	80,94	87,13
D. M. S. (Tukey) - para doses (5%)														
5,45														
para épocas (5%)														
6,45														
Coeficiente de Variação (%)														
3,10														

Quadro 5 - "Feijão das Águas" , outubro de 1970 . Médias obtidas para número de vagens

Característica	DOSES (krad)					
	0,0	0,4	0,8	1,6	3,2	6,4
Número de Vagens	24,15	24,16	24,65	22,71	25,50	21,63
D. M. S. (Tukey)	(5%)				2,50	
Coeficiente de Variação (%)					4,58	

Quadro 6 - "Feijão das Águas" , outubro de 1970 . Médias obtidas para peso das vagens (g)

Característica	DOSES (krad)					
	0,0	0,4	0,8	1,6	3,2	6,4
Peso das Vagens	722,5	710,0	685,0	640,0	770,0	535,0
D. M. S. (Tukey)	(5%)				113,72	
Coeficiente de Variação (%)					7,32	

Quadro 7 - "Feijão das Águas" , outubro de 1970 . Médias obtidas para peso dos grãos (g) .

Característica	DOSES (krad)					
	0,0	0,4	0,8	1,6	3,2	6,4
Peso dos Grãos	500,0	482,5	460,0	430,0	517,0	362,5
D. M. S. (Tukey)	(5%)				77,00	
Coeficiente de Variação	(%)				7,31	

Quadro 8 - "Feijão das Águas" , novembro de 1970 . Médias obtidas para número de vagens

Característica	DOSES (krad)					
	0,0	0,4	0,8	1,6	3,2	6,4
Número de Vagens	26,39	26,77	26,58	25,74	27,24	25,97
Coeficiente de Variação	(%)				3,80	

Quadro 9 - "Feijão das Águas" , novembro de 1970 . Médias obtidas para peso das vagens (g) .

Característica	DOSES (krad)					
	0,0	0,4	0,8	1,6	3,2	6,4
Peso das Vagens	782,5	785,0	747,0	697,5	807,5	630,0
D. M. S. (Tukey)	(5%)				78,70	
Coefficiente de Variação	(%)				4,63	

Quadro 10 - "Feijão das Águas" , novembro de 1970 . Médias obtidas para peso dos grãos (g) .

Característica	DOSES (krad)					
	0,0	0,4	0,8	1,6	3,2	6,4
Peso dos Grãos	540,0	505,0	485,0	450,0	562,5	415,0
D. M. S. (Tukey)	(5%)				89,73	
Coefficiente de Variação	(%)				7,93	

Quadro 11 - Análise Conjunta (dois experimentos) . Médias obtidas para número de vagens.

Característica	DOSES (krad)					
	0,0	0,4	0,8	1,6	3,2	6,4
Número de Vagens	25,27	25,47	25,62	24,22	26,37	23,85
D. M. S. (Tukey)	(5%)				1,61	
Coeficiente de Variação (%)					3,96	

Quadro 12 - Análise Conjunta (dois experimentos) . Médias obtidas para pêso das vagens (g) .

Característica	DOSES (krad)					
	0,0	0,4	0,8	1,6	3,2	6,4
Pêso das Vagens	752,5	747,5	716,25	668,75	788,75	582,5
D. M. S. (Tukey)	(5%)				69,17	
Coeficiente de Variação (%)					6,01	

Quadro 13 - Análise Conjunta (dois experimentos) . Médias obtidas para pêso dos grãos (g) .

Caracte- rística	DOSES (krad)					
	0,0	0,4	0,8	1,6	3,2	6,4
Pêso dos Grãos	520,0	499,75	472,5	440,0	540,0	380,75
D. M. S. (Tukey)	(5%)				59,12	
Coeficiente de Variação	(%)				7,65	

5. DISCUSSÃO

A revisão bibliográfica realizada revelou a existência de pesquisas, quase que na sua totalidade estrangeiras, sobre os efeitos de radiações ionizantes em sementes de diversas espécies vegetais, sendo alguns sobre feijão.

A literatura é conflitante em vários aspectos. GUNCKEL e SPARROW (1953), em revisão bibliográfica, procuraram esclarecer esse assunto, citando fatores que influenciam os efeitos das radiações e verificando que estas produzem respostas variáveis em plantas, dependendo das condições experimentais adotadas.

Os resultados obtidos no presente trabalho confirmaram a possibilidade da maior conservação de sementes de feijoeiro, variedade Goiano Precoce, submetidas a certas doses de radiações gama, por um período de tempo prolongado, sem prejuízos da produção final das plantas. O delineamento e a técnica experimental utilizados revelaram-se satisfatórios, permitindo controle razoável das variáveis envolvidas e conduzindo a conclusões estatisticamente seguras.

As sementes foram irradiadas após uniformização da umidade em câmara seca, com teor de, aproximadamente, 7,6%; este baixo nível de umidade é atingido, e mantém-se constante, quando sementes de feijoeiro são armazenadas em câmara seca contendo 35,0% de umidade relativa.

O armazenamento em condições ambientes após as irradiações teve como objetivo a maior aproximação às condições geralmente encontradas na maioria das propriedades agrícolas onde as sementes ficam sujeitas a condições menos apropriadas para a manutenção da sua viabilidade. O armazenamento em câmara seca, ambiente altamente favorável à boa conservação das sementes, praticamente não utilizada em nosso meio, poderia mascarar muitos dos resultados obtidos, como por exemplo, a infestação pelo caruncho.

As doses de irradiação foram escolhidas com base nos trabalhos de GENTER e BROWN (1941) , GUSTAFSSON (1944) , SARIC e outros (1961) , POMPEU (1963) e STAN e JINGA (1967) , tendo sido verificados parcialmente os efeitos pré-supostos das dosagens utilizadas.

Os testes de germinação e de vigor foram utilizados para avaliar a conservação de sementes irradiadas. O objetivo do teste de germinação é a determinação da viabilidade das sementes fornecendo-lhes condições artificiais favoráveis. Utilizou-se a técnica descrita por BACCHI (1967) , com pequenas modificações:

a) foram empregadas quatro repetições de cinquenta sementes em vez de quatro repetições de cem . Tal modificação justifica-se porque as normas descritas por BACCHI (1967) , destinam-se a um tipo de análise rotineira, sem o exame pormenorizado da germinação , como o executado no presente trabalho ; o exame mais detalhado de um menor número de plântulas permitiu maior precisão na interpretação dos testes ; b) foi realizada apenas uma contagem de germinação , em vez de duas, para diminuir a probabilidade de ocorrência do apodrecimento das plântulas, que normalmente ocorre em consequência do manuseio do teste, necessário para a primeira contagem. Esta dificuldade foi encontrada e contornada de maneira semelhante por A-BRAHÃO (1971) . Mesmo com a interpretação do teste através de uma única contagem ocorreu, em alguns casos, o apodrecimento de plântulas, atribuído ao desenvolvimento de fungos, dos gêneros Penicillium e Aspergillus , nos testes de germinação, tendo como causas prováveis a contaminação da câmara de germinação e a utilização de substrato de qualidade inferior.

Segundo DELOUCHE e CALDWELL (1960) , os testes de germinação, nos quais oferecem-se às sementes condições favoráveis que normalmente não são encontradas no campo, têm sido submetidos a críticas. Sugeriram a utilização dos testes de vigor, nos quais as sementes são submetidas a condições que imitem as encontradas no campo. Em virtude desse fato, foram instalados, também testes de

vigor, que conduziram o trabalho a resultados mais seguros. O teste de velocidade de emergência, de simples execução, é um dos mais antigos empregados para a avaliação do vigor das sementes. As que apresentam porcentagem de germinação semelhante, sob condições favoráveis, podem muitas vezes apresentar diferenças em seu vigor. De acordo com a técnica empregada, descrita por BYRD (1967), a velocidade de emergência das plântulas é proporcional ao vigor das sementes, o que foi constatado na presente pesquisa.

Os ensaios de campo foram instalados visando a verificação dos efeitos das radiações gama sobre a produção das plantas, procurando-se completar as informações fornecidas nos testes de germinação e de vigor. Foram instalados dois experimentos, para comparação e confirmação dos resultados. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados, com parcelas de uma linha. O terreno onde foram conduzidos os experimentos é plano e as parcelas diferiram entre si exclusivamente quanto à dose de irradiação empregada; daí a utilização de apenas uma linha com 10,0 m de comprimento. Esta técnica permitiu a obtenção de resultados estatisticamente seguros.

As análises da infestação pelo caruncho do feijoeiro foram efetuadas em sementes armazenadas, após o término dos testes de vigor. A porcentagem inicial de infestação não foi avaliada porque não se prendia aos objetivos da pesquisa e sim foi constatada durante a condução do trabalho. Em virtude da observação visual de porcentagens de infestação, variáveis de acordo com a dose de irradiação, as análises foram executadas no sentido de se contribuir para a obtenção de informações que auxiliem os futuros trabalhos visando o controle de A. obtectus através do emprego de radiações gama, pois a literatura disponível nesse sentido é escassa.

Analisando-se os resultados de germinação obtidos no teste instalado logo após as irradiações, verifica-se a existência de efeitos imediatos das radiações gama em sementes de feijoeiro da

variedade Goiano Precoce, dentro das condições experimentais adotadas. No entanto, nos testes instalados do primeiro ao sexto mês, a radiosensibilidade observada inicialmente não se manifestou, pois, de uma maneira geral, os efeitos dos tratamentos não diferiram estatisticamente entre si. Ocorreram exceções que provavelmente podem ser atribuídas ao desenvolvimento de fungos nos testes ou ao uso de substrato de qualidade inferior.

Êsses resultados estão de acordo com os obtidos por WOLFF e SICARD (1961) e JOSHI e outros (1969), pois os efeitos das irradiações variaram de acordo com o teor de umidade das sementes no momento das irradiações e durante o período de armazenamento. Segundo êsses autores, se as sementes secas são armazenadas sob condições do ambiente que tornem possível a absorção de umidade pelas sementes, estas mostram recuperação dos danos iniciais provocados pelas irradiações.

Como a germinação das sementes irradiadas não se revelou estatisticamente inferior à da testemunha, durante todo o período de armazenamento, pode-se afirmar que as irradiações não prejudicaram a conservação das sementes; êsses dados não coincidem com os obtidos por EHREMBERG (1955), CURTIS e outros (1958), CALDECOTT (1961) e NATARAJAN e MARIC (1961), que embora adotassem condições experimentais diferentes concluíram que, de uma maneira geral, a radiosensibilidade das sementes aumenta proporcionalmente de acordo com o período de armazenamento.

Apenas as doses de 0,8 e 1,6 krad mantiveram o poder germinativo das sementes significativamente superior às correspondentes da testemunha, no sétimo mês, tendo a ocorrência se repetido no oitavo mês de armazenamento, para 0,8 krad em relação a todos os tratamentos, com exceção para 0,4 krad; o estudo da interação doses e épocas também mostrou que a germinação das sementes submetidas a 0,4, 1,6, 3,2 e 6,4 krad e as da testemunha não se alterou significativamente até cinco meses de armazenamento.

A partir desta época, o poder germinativo decresceu em decorrência natural do período de armazenamento. No entanto a dose de 0,8 krad destacou-se dos demais tratamentos, pois manteve a germinação sem alterações significativas durante todo o período de armazenamento. No sétimo e oitavo mês, as menores médias obtidas, para 3,2 , 6,4 krad e a testemunha, revelaram a perda de vigor das sementes após um longo período de armazenamento, fato comprovado posteriormente com a instalação dos testes de vigor.

Os efeitos das doses sobre a germinação das sementes foram semelhantes aos obtidos por POMPEU (1963) e KRATZ e D'AULISI (1970) , que observaram germinação estatisticamente semelhante entre sementes de feijoeiro submetidas a doses de até 10,0 krad e a testemunha ; não foram constatados resultados de germinação condizentes com as observações de STAN e JINGA (1967) e GORANOV e outros (1969) , segundo as quais, há um estímulo à germinação das sementes de feijoeiro submetidas a doses inferiores a 2,0 krad de radiações gama. No entanto esses trabalhos foram conduzidos sob diferentes condições e utilizando outras variedades de feijoeiro.

No que diz respeito a peso seco, a análise da interação doses e épocas revelou que até seis meses após os tratamentos, as radiações gama não alteraram significativamente o peso seco das plântulas normais, em relação às correspondentes da testemunha, mostrando não haver ocorrido diferenças no desenvolvimento inicial das plântulas. Houve exceções, talvez em função do desenvolvimento de fungos no substrato. Durante o sétimo e oitavo mês de armazenamento foram obtidos resultados semelhantes aos verificados nos testes de germinação com superioridade estatística dos pesos secos influenciados por 1,6 krad no sétimo, e por 0,4 e 0,8 krad no oitavo mês, em relação às plântulas correspondentes da testemunha. Esta apresentou poder germinativo inferior nessas épocas e conseqüentemente menor peso seco de plântulas normais que os determinados para os tratamentos citados. Essa é, talvez, a ex -

plicação que cabe, também, para a ocorrência de menor peso seco, aos sete e oito meses de armazenamento, em plântulas influenciadas por 3,2 e 6,4 krad não diferentes entre si, em relação às dos tratamentos com 0,4 e 0,8 krad.

O estudo dos resultados de peso seco permitiu, também, verificar que durante o período de armazenamento houve variações de acordo com os tratamentos no que diz respeito às alterações do peso seco das plântulas normais. Assim, o peso seco das plântulas normais provenientes de sementes não irradiadas e o das submetidas a 1,6 krad não se alterou significativamente até sete meses de armazenamento, enquanto os influenciados por 0,4 e 0,8 krad mantiveram-se estatisticamente constantes a partir do segundo mês, e os influenciados por 3,2 e 6,4 krad não se alteraram significativamente até quatro e seis meses de armazenamento, respectivamente, sofrendo queda a partir dessas épocas em consequência do período de armazenamento. Verificou-se pois que o desenvolvimento inicial das plântulas foi prejudicado pelos tratamentos de 3,2 e 6,4 krad ; nos quais a influência negativa sobre o peso seco das plântulas normais ocorreu antes do verificado para os demais tratamentos.

Êsses dados não estão de acordo com os obtidos por GORANOV e outros (1969) , que constataram redução no peso seco de plântulas de feijoeiro , após radiações gama de até 1,5 krad, e a créscimo, após doses superiores ; BAJAJ e colaboradores (1970) , também relataram decréscimo no peso seco de plântulas influenciadas por 0,5 , 1,0 e 2,0 krad, embora essas doses não tivessem provocado efeitos morfológicos acentuados nas plântulas. No entanto, êsses autores irradiaram sementes de outras variedades, com teor de umidade mais alto que o determinado no presente trabalho.

A germinação das sementes, após um longo período de armazenamento, está relacionada com o vigor das mesmas. Êste fato foi comprovado estatisticamente através da instalação dos testes

de vigor, pois nêstes testes foram obtidos resultados comparáveis aos verificados nos testes de germinação instalados após sete e oito meses de armazenamento, ou seja, sementes submetidas a 0,4 , 0,8 e 1,6 krad, mostraram maior vigor que as submetidas a 3,2 , 6,4 krad e as da testemunha. As velocidades de emergência das plântulas, no primeiro e segundo mês foram superiores às constatadas logo após as irradiações, provavelmente devido ao mesmo efeito de armazenamento observado durante a condução dos ensaios de germinação, e aos verificados no quarto e quinto mês de armazenamento, devido à queda natural do vigor após o armazenamento das sementes. Portanto, nos testes de vigor, os resultados tornaram-se mais claros, inclusive com a queda de vigor ocorrendo anteriormente em relação à queda observada no poder germinativo, mostrando que os testes de vigor são, de fato, mais rigorosos que os de germinação no que diz respeito à avaliação da viabilidade das sementes. Os resultados obtidos para os efeitos de doses concordam parcialmente com os de STAN e JINGA (1967) , que constatarem porcentagens de emergência das plântulas influenciadas por doses de 0,5 , 1,0 e 2,0 krad de radiações gama, superior às das correspondentes de sementes não irradiadas.

O desenvolvimento das plantas de feijoeiro, nos dois experimentos de campo, ocorreu sob condições relativamente adequadas de temperatura e umidade, que se aproximaram daquelas relatadas por GODOY(1970) como melhores para o feijoeiro: a temperatura média, na faixa de 18,0 a 24,0°C , e precipitação mensal , de 100,0 mm , bem distribuída.

Algumas dificuldades se fizeram sentir durante a condução dos ensaios de campo. No primeiro experimento, a emergência das plântulas foi prejudicada pela escassez de umidade no solo, devido à falta de chuvas, embora a emergência tenha sido relativamente uniforme em tôdas as linhas ; a partir dêsse ponto as plantas desenvolveram-se normalmente, embora o baixo "stand" tenha acarretado queda de produção em relação à esperada. No segundo

experimento precipitações e temperaturas altas, durante a fase de florescimento das plantas, favoreceram a ocorrência de Pithium sp prontamente combatido através de duas pulverizações com o fungicida Captan (50,0 g do produto comercial em 20,0 litros d'água). Essa infestação e a de antracnose do feijoeiro (Colletotrichum lin demutianum) , que ocorreu devido a condições favoráveis ao fungo durante a fase de maturação das plantas, não prejudicaram a produção, pois as porcentagens de infestação em ambos os casos não atingiram a 1,0% .

Através dos resultados obtidos nos ensaios de campo pode-se verificar que a dose de 6,4 krad determinou redução no número e peso das vagens e no peso dos grãos, em relação à testemunha e às doses de 0,4 , 0,8 e 3,2 krad. No segundo experimento, determinou redução do peso das vagens e dos grãos em relação aos mesmos tratamentos, à exceção de 0,8 krad para peso dos grãos ; nesta mesma época, também a dose de 1,6 krad determinou queda no peso das vagens e dos grãos em relação à testemunha e ao tratamento com 3,2 krad.

Notou-se, em observações efetuadas durante os dois experimentos, que as plantas originadas de sementes submetidas a 6,4 krad apresentaram vagens de mesmo tamanho em relação às dos demais tratamentos porém, com menor número de sementes. Isto acarretou a diminuição no peso das vagens e dos grãos, podendo provavelmente ser explicada pela esterilização promovida por essa dosagem.

A análise da variância dos dados obtidos nos dois experimentos, em conjunto, revelou valores significativos para experimentos. Isto se deve à redução da porcentagem de emergência das plântulas no primeiro experimento, acarretando menor produção de vagens e de grãos, em relação ao segundo. Esta análise, no entanto, confirmou a redução no peso das vagens e dos grãos devida aos tratamentos com 1,6 e 6,4 krad em relação aos demais e a superioridade do tratamento com 3,2 krad, embora não significativamente diferente da testemunha e da dose de 0,4 krad.

Êsses resultados mostraram, dentro das condições experimentais adotadas, que as doses de irradiação de 0,4 , 0,8 e 3,2 krad, que não apresentaram germinação e vigor significativamente inferiores aos das sementes não irradiadas, também não afetaram negativamente a produção das plantas, tendo, inclusive a dose de 3,2 krad influenciado positivamente a produção, embora não significativamente em relação à testemunha. As radiações gama de 1,6 krad que não diferiram estatisticamente da testemunha quanto à germinação das sementes e mostraram-se superiores nos testes de vigor inibiram a produção das plantas de feijoeiro, o mesmo ocorrendo com a dose de 6,4 krad que não afetara negativamente o poder germinativo e o vigor das sementes em relação à testemunha. Foram constatados pequenos atrasos no florescimento e maturação das plantas, de acôrdo com aumento da dose de irradiação, mas não se observou diferenças acentuadas no porte das plantas e indícios da ocorrência de mutações.

A maior precocidade de florescimento e maturação das plantas de feijoeiro originadas de sementes não irradiadas, sem a ocorrência de modificações morfológicas acentuadas nas plantas, foi relatada por GENTER e BROWN (1941) , que, no entanto, não verificaram alteração na produção final das plantas após uma dose máxima de 6,5 krad. Aos mesmos resultados chegaram GORANCV e outros (1969) após irradiação de sementes com 5,0 krad de radiações gama ; êstes verificaram, também, acréscimo na produção de vagens após o tratamento das sementes com 3,0 krad, como o ocorrido no presente trabalho. Por outro lado, BAJAJ e colaboradores (1970) , também constataram atraso e diminuição do crescimento, florescimento e maturação das plantas e queda na produtividade do feijoeiro com radiações gama de 0,5 a 2,0 krad.

Os resultados das análises de infestação das sementes pelo caruncho do feijoeiro, mostraram que a testemunha foi mais atacada que as sementes dos demais tratamentos, atingindo a 100,0% de infestação, sete quinzenas após o início das análises. Os tra-

tamentos com 3,2 e 6,4 krad mostraram-se mais eficientes que os de mais até a décima primeira quinzena, mostrando a possibilidade da sua utilização para o controle do ataque desse inseto.

As sementes destinadas à instalação dos testes de vigor, colhidas em dezembro de 1969, época quente e chuvosa, devem ter sido atacadas já no próprio campo, devido às condições favoráveis encontradas pelo inseto. As doses de irradiação utilizadas, provavelmente, atingiram os insetos nas fases iniciais do ciclo evolutivo e, por conseguinte inibiram o seu desenvolvimento. Essas doses foram referidas por BRUEL e BOLLAERTS (1960), ERDMAN (1962), JEFFERIES (1962), HOOVER e FLOYD (1963), HUQUE e KHAN (1964), NEHARIN e outros (1964) e WIENDL (1969), dentre outros, como letais para fases do ciclo evolutivo de outros coleópteros que atacam produtos armazenados, ou necessárias para a sua esterilização parcial ou total. Logo, no presente trabalho acredita-se na hipótese de haver ocorrido uma redução da população infestante e esterilização parcial dos indivíduos, inibindo o seu potencial de reprodução. O acréscimo mais lento de infestação de sementes irradiadas, de acordo com o aumento da dose, pode ser explicado através da manutenção da fertilidade por parte da população. Em razão das poucas informações sobre os efeitos das radiações ionizantes em A. obtectus à disposição dos pesquisadores os resultados observados no presente trabalho poderão se constituir numa base para estudos mais específicos.

Verifica-se, portanto, que as doses de 0,4, 0,8 e 3,2 krad que não prejudicaram a conservação das sementes e produção das plantas de feijoeiro da variedade Goiano Precoce, dentro das condições experimentais adotadas, mostraram-se ainda auxiliares no que diz respeito ao controle da infestação das sementes pelo caruncho. Esta ocorrência foi também constatada para os tratamentos com 1,6 e 6,4 krad que, no entanto, prejudicaram a produção final das plantas.

Como se trata, provavelmente, da primeira tentativa de se estudar o problema da conservação de sementes de feijoeiro irradiadas, em nosso meio, os resultados aqui alcançados sugerem que se deva dar continuidade à pesquisa, através dêsse estudo em outras variedades e mesmo em outras espécies, pois a própria revisão bibliográfica revelou a escassez de trabalhos sôbre o assunto em nosso país, havendo a possibilidade da obtenção de resultados promissôres para diversas culturas de expressão econômica.

¶ 6. CONCLUSÕES

As análises dos dados e as interpretações dos resultados obtidos permitiram que se chegasse às seguintes conclusões:

- 6.1. Há possibilidade de melhor conservação de sementes irradiadas de feijoeiro, por período de tempo relativamente prolongado nas condições ambientes, sem prejuízos à produção final das plantas.
- 6.2. Os testes de germinação, os testes de vigor e os ensaios de campo permitiram a avaliação dos efeitos das doses de irradiação utilizadas.
- 6.3. Houve efeitos imediatos de tôdas as doses de irradiação sobre a germinação das sementes, traduzidos pela queda do poder germinativo.
- 6.4. A radiosensibilidade observada logo após as irradiações não se manifestou durante o período de armazenamento das sementes, não havendo superioridade de germinação da testemunha em relação às irradiadas.
- 6.5. Sòmente a dose de 0,8 krad manteve constante o poder germinativo das sementes durante todo o período de armazenamento, tendo proporcionado, inclusive, melhor conservação das mesmas, em relação à testemunha; as médias obtidas para os tratamentos com 0,4 e 1,6 krad, aos oito meses de armazenamento, embora não estatisticamente, foram numericamente superiores às da testemunha.

- 6.6. O pêso sêco das plântulas normais obtidas de sementes irradiadas não se alterou em relação à testemunha, até seis meses após os tratamentos. Aos oito meses de armazenamento, as plântulas influenciadas por 0,4 e 0,8 krad apresentaram pêso sêco superior às correspondentes da testemunha.
- 6.7. As sementes submetidas a 0,4 , 0,8 e 1,6 krad apresentaram maior vigor que as não irradiadas.
- 6.8. As doses de 1,6 e 6,4 krad determinaram decréscimo no pêso das vagens e no pêso dos grãos, em comparação com a teste-munha; as médias do pêso das vagens e do pêso dos grãos obtidas a partir de sementes submetidas a 3,2 krad , embora não significativamente, foram numêricamente superiores às da testemunha.
- 6.9. Houve efeito de todas as doses de irradiação no contrôle da infestação pelo caruncho em sementes armazenadas; a eficiência dêste contrôle foi maior, de acôrdo com o aumento da dosagem de irradiação.
- 6.10. Dentro das dosagens de irradiação empregadas, os tratamentos com 0,4 , 0,8 e 3,2 krad foram os mais favoráveis, pois não prejudicaram a conservação das sementes e a pro-dução das plantas, contribuindo, também, para o contrôle da infestação pelo caruncho.

7. RESUMO

No Laboratório de Sementes e no campo experimental do Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", foram instalados ensaios com a finalidade de se estudar, sob diferentes aspectos, o comportamento de sementes de feijoeiro, Phaseolus vulgaris L. , da variedade Goiano Frecoce , submetidas a diversas doses de radiações gama do ^{60}Co .

A revisão bibliográfica realizada revelou a escassez de pesquisas sobre a influência de radiações ionizantes em sementes visando o aumento direto da produtividade de plantas cultivadas, sem alteração prévia na sua herança genética. Os trabalhos encontrados são, quase que na totalidade, estrangeiros. A literatura nacional referente ao assunto praticamente inexistente.

As sementes foram submetidas a 0,0 , 0,4 , 0,8 , 1,6 , 3,2 e 6,4 krad de radiações gama, na bomba de Cobalto do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) .

O comportamento das sementes irradiadas e armazenadas em condições ambientes foi estudado mediante a instalação periódica de testes de laboratório e testes de vigor. Os de laboratório constaram da observação, em nove épocas, segundo esquema fatorial, da germinação e do peso seco das plântulas normais provenientes das sementes submetidas aos diversos tratamentos. O vigor das sementes foi avaliado de acordo com a velocidade de emergência das plântulas em canteiros, segundo esquema fatorial, em seis épocas.

A influência das doses utilizadas sobre a produção das plantas foi analisada através de dois experimentos de campo conduzidos dentro da época conhecida como "das águas" , obedecendo ao esquema de blocos ao acaso.

Foram, ainda, executadas em catorze épocas, segundo esquema fatorial, análises da infestação pelo caruncho do feijoeiro, Acanthoscelides obtectus Say, constatada em sementes irradiadas e conservadas em condições ambientes, depois do encerramento dos testes de vigor.

Após as análises e discussão dos resultados, chegou-se às seguintes conclusões principais:

- a. Houve efeitos imediatos de todas as doses de irradiação sobre a germinação das sementes, traduzidos pela queda do poder germinativo. A radiosensibilidade observada logo após as irradiações não se manifestou durante o período de armazenamento.
- b. As sementes submetidas a 0,4, 0,8 e 1,6 krad apresentaram maior vigor que as não irradiadas.
- c. As doses de 1,6 e 6,4 krad determinaram decréscimo no peso das vagens e no peso dos grãos, em comparação com a testemunha.
- d. Houve efeito de todas as doses de irradiação no controle à infestação pelo caruncho.
- e. Os tratamentos com 0,4, 0,8 e 3,2 krad foram os mais favoráveis, pois não prejudicaram a conservação das sementes e a produção das plantas, contribuindo também para o controle da infestação pelo caruncho.

8. SUMMARY

Seeds of the field bean variety "Goiano Precoce" (Phaseolus vulgaris L.) subjected to various radiation dosages (^{60}Co) were used in a series of experiments with the objective of studying the different aspects of seed behavior thus treated. The radiation dosages, comprising six treatments, varied from 0,0 to 6,4 krad of gamma radiation.

Effect on seed germination and seedling dry weight was studied by means of a factorial experiment conducted under laboratory controlled conditions. The factors used were the radiation dosages and nine increasing lengths of time from date of seed irradiation.

Seed vigor was determined by the rate of seedling emergence when planted in small field plots. A factorial design was used. The variables were the radiation dosages and six lengths of time elapsed since date of seed irradiation.

The effect of seed irradiation on yield was evaluated by means of two randomized block design field experiments.

After the seed vigor experiment was conducted infestation by the bean weevil, Acanthoscelides obtectus Say, was observed in irradiated seeds stored under normal conditions, indicating a relationship between radiation dosage and insect damage. An analysis was made of this effect at fourteen increasing time intervals. The analysis was made according to a factorial scheme considering as factors radiation dosage and time interval.

The following conclusions could be drawn from the analysis and discussion of the results obtained:

- a. Seed germination was adversely affected by all radiation dosages in relation to the check treatment. This effect however decreased significantly with storing time.
- b. Seed vigor was higher for those treated with 0,4 , 0,8 and 1,6 krad when compared with those that were not irradiated.
- c. Pod and seed weight were lowered by the 1,6 and 6,4 krad radiation dosages in relation to the check treatment.
- d. Infestation by the bean weevil was significantly checked by all radiation treatments in relation to the check treatment.
- e. The 0,4 , 0,8 and 3,2 krad dosages were the most favorable in regards to the effects of radiation on bean seed behavior. These were the treatments that best favored seed conservation and yield, and the control of bean weevil infestation.

9. LITERATURA CITADA

- ABRAHÃO, J. T. M. , 1971. Contribuição ao estudo de efeitos de danificações mecânicas em sementes de feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) . Tese para a obtenção do título de Doutor em Agronomia. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" . Piracicaba . 112 pág.
- BACCHI, O. , 1967. Regras para a análise de sementes. Comissão Especial de Sementes e Mudas do Ministério da Agricultura. Brasil. 120 pág.
- BAJAJ, Y. P. S. , A. W. SAETLER e M. W. ADAMS , 1970. Gamma irradiation studies on seeds, seedlings and callus tissue cultures of Phaseolus vulgaris L. Radiation Research 10 (2): 119-124 .
- BANHAM, E. J. e L. J. CROOK , 1966. Susceptibility of the confused flour beetle, Tribolium confusum Duv. and the rust - red flour beetle, Tribolium castaneum Herbst. to gamma radiation. Radioisotopes and Ionizing Radiation in Entomology 3: 228-229 .
- BEARD, B. H. , F. A. HASKINS e C. O. GARDNER , 1958. Comparaison of effects of X Rays and Thermal Neutrons on dormant seeds of barley, maize, mustard and safflower. Genetics 43(5): 728-735 .
- BIEBL, R. e I. Y. MOSTAFA , 1965. Water content of wheat and barley seeds and their radiosensitivity . Radiation Botany 5(1): 1-6 .
- BOWEN, H. J. M. , P. A. CAWSE e S. R. SMITH , 1962. The effects of low doses of gamma radiation on plant yields. The International Journal of Applied Radiation and Isotopes 13(8): 487-492 .

- BRESLAVETS, L. P. e A. S. AFANASSIEVA , 1935. The action of X-Rays on the rye - II. X - Radiation of seeds. *Cytologia* 8(1): 110-127 .
- BROCKWAY, A. P. , 1956. The effect of X - Irradiation on the pupae of the yellow mealworm , Tenebrio molitor L. *Radioisotopes and Ionizing Radiations in Entomology* 1: 209-210.
- BRUEL, W. E. e D. BOLLAERTS , 1960. Resistance of Sitophilus granarius and Sitophilus oryzae at different stages of their development to gamma-radiation from Cobalt-60 . *Radioisotopes and Ionizing Radiations in Entomology* 2: 368 .
- BULL, J. O. , T. WOND e P. B. CORNWELL , 1961. A comparison of the susceptibility of the grain weevil , (Sitophilus granarius L.) to accelerated electrons and ^{60}Co gamma radiation. *Radioisotopes and Ionizing Radiations in Entomology* 2: 218 .
- BYRD, H. W. , 1967. Seed Technology Handbook. Sementes Agroceres S. A. Jacarézinho. Brasil. Mimeografado. 45 pág.
- CALDECOTT, R. S. , 1955. Effects of hydration on X-Ray sensitivity in Hordeum. *Radiation Research* 3(3): 316-330 .
- CALDECOTT, R. S. , 1961. Seedling height, oxygen availability, storage and temperature: their relation to radiation induced genetic and seedling injury in barley. *Effects of Ionizing Radiations on Seeds* , International Atomic Energy Agency , Vienna: 5-22 .
- CAMPOS, F. F. e EMELITA G. VELASCO , 1962. Comparative effect of Cobalt 60 on plant characters of two recommended philippine lowland rice varieties. *The Philippine Agriculturist* 46 (2/3): 93-99 .

- CARVALHO, A. , H. ANTUNES FILHO e P. K. NOGUEIRA , 1954. Genética de Coffea - XX . Resultados preliminares do tratamento de sementes de café com Raios X . Bragantia 13: nota nº 7.
- COLLINS, G. N. e L. R. MAXWELL , 1936. Delayed killing of maize seedlings with X-Rays. Science 83(2155): 375-376 .
- CONSTANTIN, M. J. , B. V. CONGER e T. S. OSBORNE , 1970. Effects of modifying factors on the response of rice seeds to gamma rays and fission neutrons. Radiation Botany 10 (6): 539-549 .
- CURTIS, H. J. , N. DELIHAS , R. S. CALDECOTT e C. F. KONZAK , 1958. Modification of radiation damage in dormant seeds by storage. Radiation Research 8(6): 526-534 .
- DELOUCHE, J. C. e W. P. CALDWELL , 1960. Seed vigor and vigor tests. Proceedings of the Association of Official Seed Analysts 50: 124-129 .
- DUCOFF, H. S. e G. C. BOSMA , 1963. Response of Tribolium confusum to radiations and other stresses. Radioisotopes and Ionizing Radiations in Entomology 2: 333 .
- EHREMBERG, L. , 1955. The radiation induced growth inhibition in seedlings. Bot. Notiser 108(2): 184-215 ; in Biological Abstracts, 31 (1): 902 , 1957 .
- ERDMAN, H. E. , 1962. Comparative X-Ray sensitivity of Tribolium confusum and T. castaneum (Coleoptera: Tenebrionidae) at different developmental stages during their life cycle. Nature 195(4847): 1218 .
- GENTER, C. F. e H. M. BROWN , 1941. X-Ray studies on the field bean. Journal of Heredity 32(1): 39-44 .

- GODOY, O. P. , 1970. Cultura do feijoeiro. Departamento de Agricultura e Horticultura da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" . Piracicaba . Mimeografado . 28 pág.
- GORANOV, A. I. , S. I. TODOROV e A. P. ANGELOV , 1969. The effect of gamma irradiation prior to sowing, upon the growth, development and raw protein of Phaseolus vulgaris var. subcompressus All. God. Sofiiskiye Univ. Biol. Fak. Kn. Bot. Mikrobiol. Fiziol. Biokhim. Rast. 61: 315-329 ; in Biological Abstracts, 51(6): 3304 , 1970 .
- GUNCKEL, J. E. e ARNOLD H. SPARROW , 1953. Aberrant growth in plants induced by ionizing radiation. Abnormal and Pathological Plant Growth , Brookhaven Symposia in Biology 6: 252-279 .
- GUSTAFSSON, A. , 1944. The X-Ray resistance of dormant seeds in some agricultural plants. Hereditas 30(1): 165-178 .
- HOOVER, D. J. e E. H. FLOYD , 1963. Effects of 300 K.v. X-Ray radiation on Sitophilus oryzae. Journal of Economic Entomology 56(5): 584-586 .
- HOSKINSON, P. E. e T. S. OSBORNE , 1961. Radiosensitivity of seeds- II . Effects of soaking, storage and gamma-rays. Radiation Research 14(5): 681-688 .
- HUQUE, H. e. M. A. KHAN , 1964. Possibilities of controlling Callosobruchus subinnotatus Pic (Bruchidae) by gamma rays. Radioisotopes and Ionizing Radiations in Entomology 3: 217 .
- JEFFERIES, D. J. , 1962. The effects of continuous and fractionated doses of gamma-radiation on the survival and fertility of Sitophilus granarius. Radioisotopes and Radiation in Entomology , International Atomic Energy Agency , Vienna: 213-231 .

- JOHNSON, E. L. , 1939. Growth of wheat plants from dry and soaked irradiated grains. *Plant Physiology* 14(3): 493-504 .
- JOSHI, R. K. , B. K. GAUR e N. K. NOTANI , 1969. Recovery from gamma-irradiation injury in barley seeds. *Radiation Botany* 9(2): 141-145 .
- KABULOV, D. T. , M. M. MUMINOV e F. I. ISMAILOV , 1965. Effect of small doses of gamma-irradiation on the growth and development of cotton. *Radiobiologiya* 5(2): 309 ; in *Biological Abstracts*, 48(6): 5048 , 1967 .
- KLINGMULLER, W. , 1961. Radiation damage in Vicia faba seeds. Effects of Ionizing Radiations on Seeds , International Atomic Energy Agency , Vienna: 67-74 .
- KRATZ, F. L. e M. B. G. D'AULISIO , 1970. Efeito da Radiação X em Phaseolus vulgaris var. vagem Manteiga. *Revista de Agricultura* 45(4): 167-178 .
- MENEGÁRIO, A. , 1964. Cultura do feijão. DATE/ SIR , Série de Instruções Técnicas nº 9 , Campinas. 139 pág.
- MOES, A. , 1961. Water content, wave length and sensitivity to X-Rays in barley. Effects of Ionizing Radiation on Seeds. International Atomic Energy Agency , Vienna: 631-641 .
- MOLLE, G. , 1965. The influence of seed treatment with gamma radiation on plant yield. *The International Journal of Applied Radiation and Isotopes* 16(7): 397-404 .
- NATARAJAN, A. T. e M. M. MARIC , 1961. The time-intensity factor in dry seed irradiation. *Radiation Botany* 1(1): 1-9 .
- NEHARIN, A. , M. CALDERON e O. YACOBI , 1965. Susceptibility of Callosobruchus maculatus to high dose rate gamma radiation. *Radioisotopes and Ionizing Radiation in Entomology* 3: 230 .

- OHBA, K. , 1961. Radiation sensitivity of pine seeds of different water content. *Hereditas* 47(2): 283-294 .
- OSBORNE, T. S. e A. O. LUNDEN , 1961. The comparative plant and seed irradiation program of the University of Tennessee. *The International Journal of Applied Radiation and Isotopes* 10(4): 198-209 .
- OSBORNE, T. S. , A. O. LUNDEN e M. J. CONSTANTIN , 1963. Radiosensitivity of seeds - III. Effects of pre-irradiation humidity and gamma-ray dose on seeds from five botanical families. *Radiation Botany* 3(1): 19-28 .
- PESSON, P. , 1963. Some experimental data on Cobalt 60 radiation doses capable of arresting insect infestation of cereals and flour. *Food Irradiation* 3(4): 18-21 .
- PESSON, P. e G. K. GIRISH , 1968. Sensibilité des divers stades de developpement de Sitophilus zeamais Mots (S. oryzae L.) aux radiations ionisantes. *Isotopes and Radiation in Entomology* , International Atomic Energy Agency , Vienna: 123-137 .
- PIMENTEL GOMES, F. , 1963. Curso de Estatística Experimental. 2ª edição. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Piracicaba . 384 pág.
- POMPEU, A. S. , 1963. Sementes de feijoeiro irradiadas. *Anais do IV Seminário Pan-Americano de Sementes.* , Rio de Janeiro. Brasil. 120 pág.
- QURAIISHI, M. S. e M. METIN , 1963. Radiosensitivity of various stages of Callosobruchus chinensis L. *Radiation and Radioisotopes Applied to Insects of Agricultural Importance* , International Atomic Energy Agency , Vienna: 443-453 .

- REES, D. J. , 1967. Health Physics - Principles of Radiation Protection. Butherworths e Co. Ltd. London. 165 pág.
- SARIC, M. J. , R. CURIC , I. CERIC e D. HADZIJEV , 1961. Effects of gamma-irradiation of some varieties of wheat seed on the morphophysiological characteristics of the seedlings. Effects of Ionizing Radiations on Seeds , International Atomic Energy Agency , Vienna: 503-517 .
- SHULL, C. A. e J. W. MITCHELL , 1933. Stimulative effects of X - Rays on plant growth. Plant Physiology 8(2): 287-296 .
- SINGH, T. D. e A. T. SEPULVEDA , 1961. Effects of ionizing radiations on germination of seed and morphology of seedlings of Puerto Rican coffee , Coffea arabica L. . Journal of Agriculture of University of Puerto Rico 45(4): 311-318.
- SKOK, J. , W. CHORNEY e E. J. RAKOSNIK Jr. , 1965. An examination of stimulatory effects of ionizing radiation in plants. Radiation Botany 5(4): 281-292 .
- SNEDECOR, G. W. , 1945. Métodos Estatísticos. Ministério da Economia . Lisboa. 469 pág.
- STAN, S. e A. JINGA , 1967. The effect of low doses of gamma radiations (^{60}Co) on bean and soybean plants. An Inst. Certet Pentru Cereale Plante Tehn. Fund. Serc. Amelior Genet. Fiziol. Technol. Agri. 34: 369-376 ; in Biological Abstracts, 48(6): 5048 , 1969 .
- SUSS, A. , 1966. Effects of low doses of seed irradiation on plant growth. Effects of low doses of radiation on crop plants, Technical Report Series nº 64 , International Atomic Energy Agency , Vienna: 1-11 .

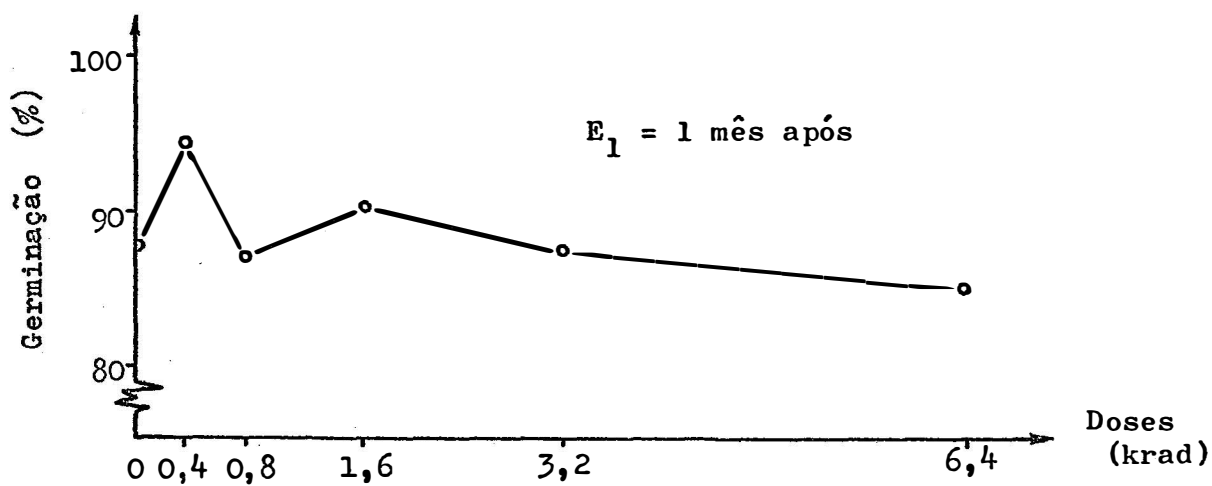
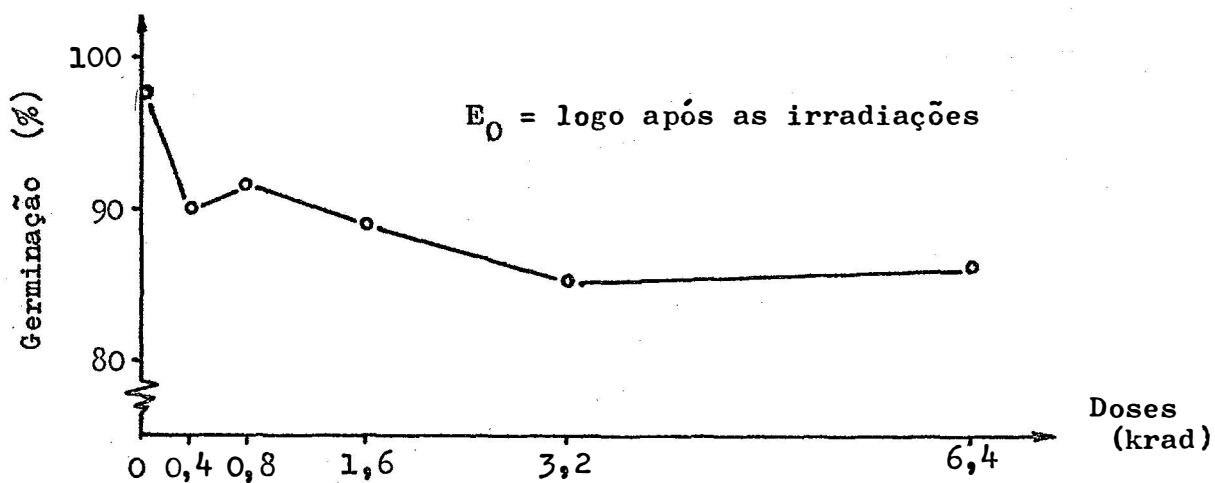
- WIENDL, F. M. , 1969. Alguns usos e efeitos das radiações gama em Zabrotes subfasciatus (Boh. , 1833) (Coleoptera , Bruchidae) . Tese de Doutorado apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" . Piracicaba . 167 pág.
- WOODSTOCK, L. W. e O. L. JUSTICE , 1967. Radiation-induced changes in respiration of corn, wheat, sorghum and radish seeds during the initial stages of germination, in relation to subsequent seedling growth. Radiation Botany 7(2): 129-136 .
- WOLFF, S. e A. M. SICARD , 1961. Post-irradiation storage and the growth of barley seedlings. Effects of Ionizing Radiations on Seeds, International Atomic Energy Agency , Vienna: 172-179 .
- WORT, D. J. , 1941. X-Ray effects on the growth and reproduction of wheat. Plant Physiology 16(2): 373-383 .
- YOUNIS, A. E. e M. A. HAMMOUDA , 1961. Pre-sowing gamma irradiation of cotton seeds from a point source of ^{137}Cs and its effect on emergence, growth and yield. Plant and Soil 13 (4): 311-321 .
- YOUNIS, A. E. , M. A. HAMMOUDA e A. T. HEGAZI , 1962. Effect of X-Radiation of soaked cotton seeds upon growth, fruiting and yield. Plant and Soil 17(1): 131-133 .

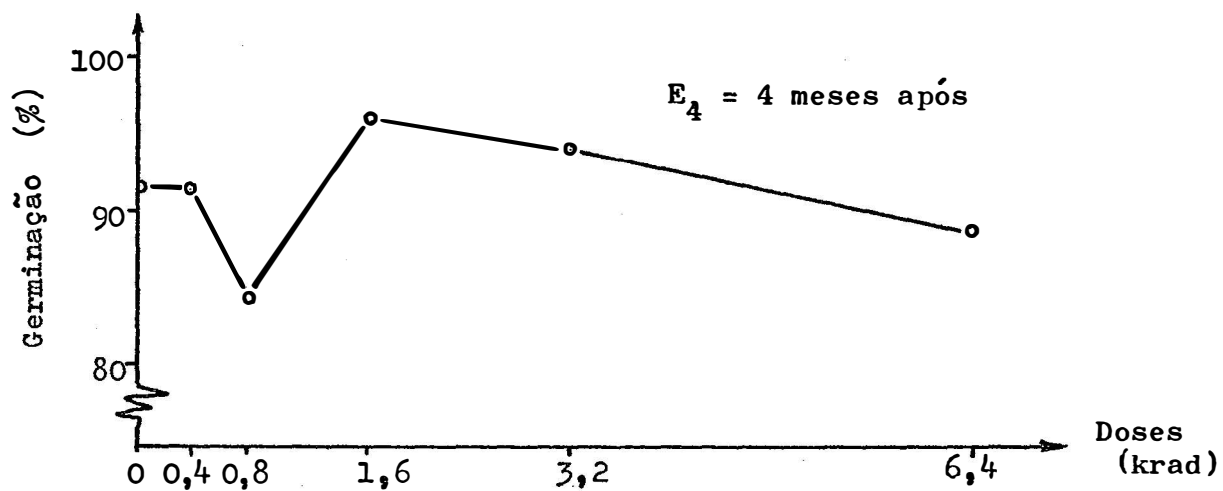
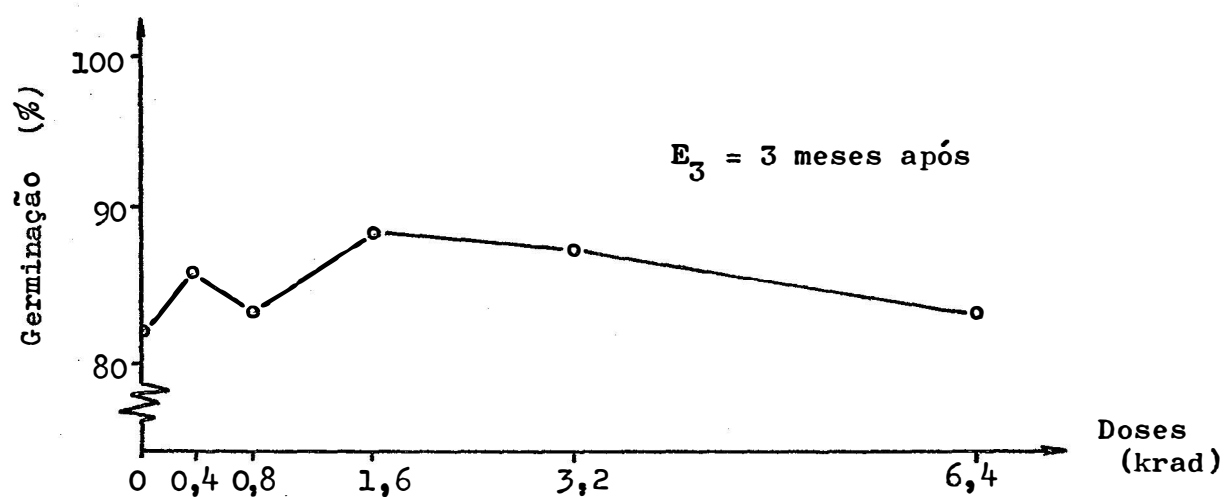
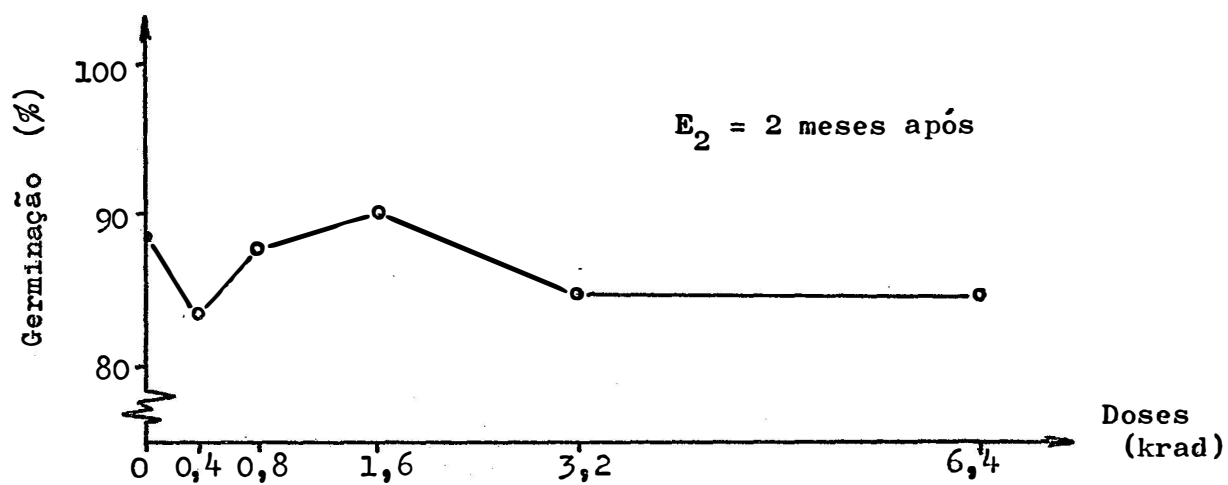
A P Ê N D I C E

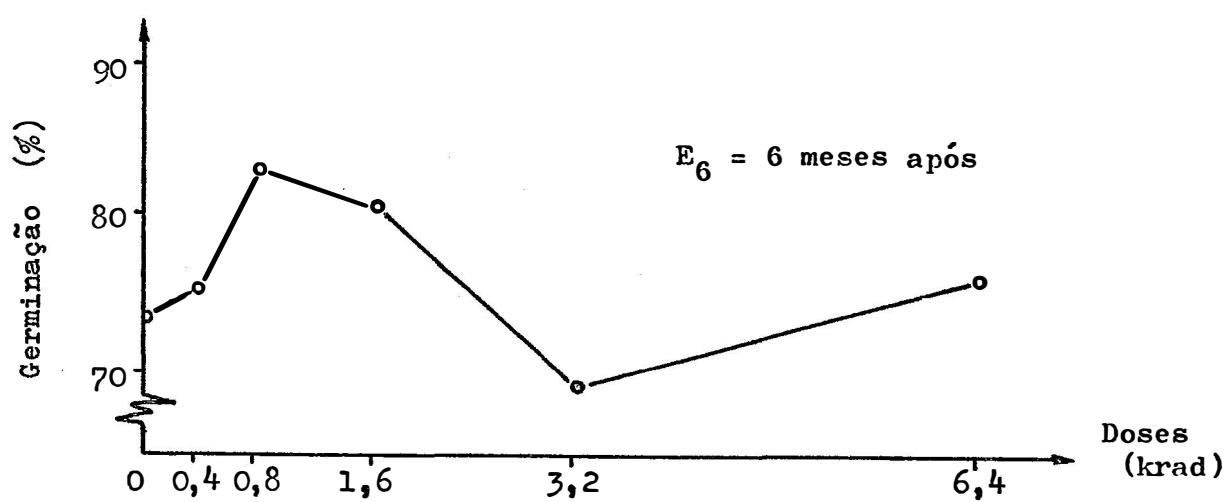
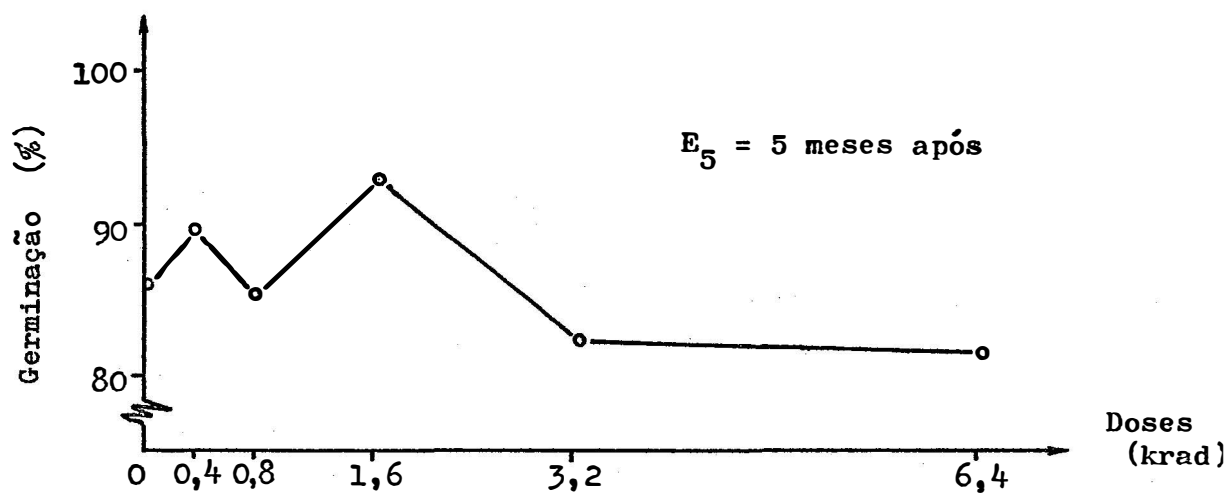
Gráficos elaborados com as médias dos dados obtidos
nos experimentos.

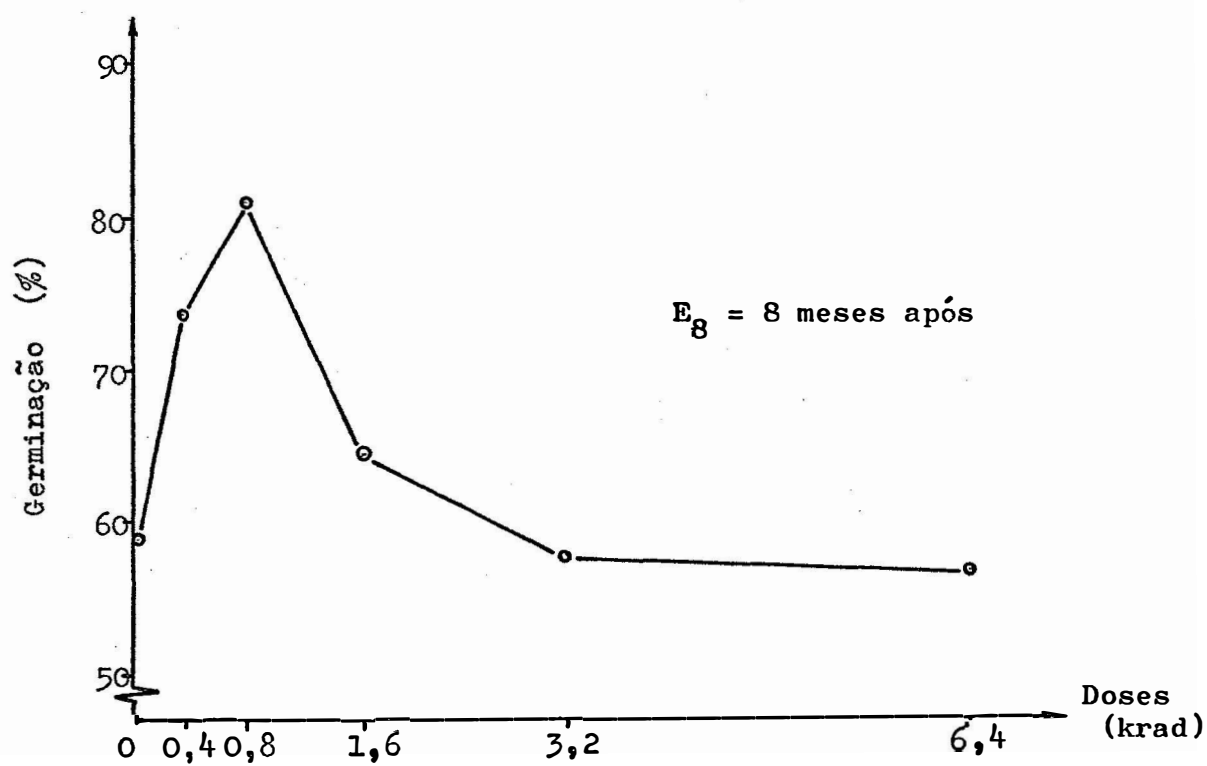
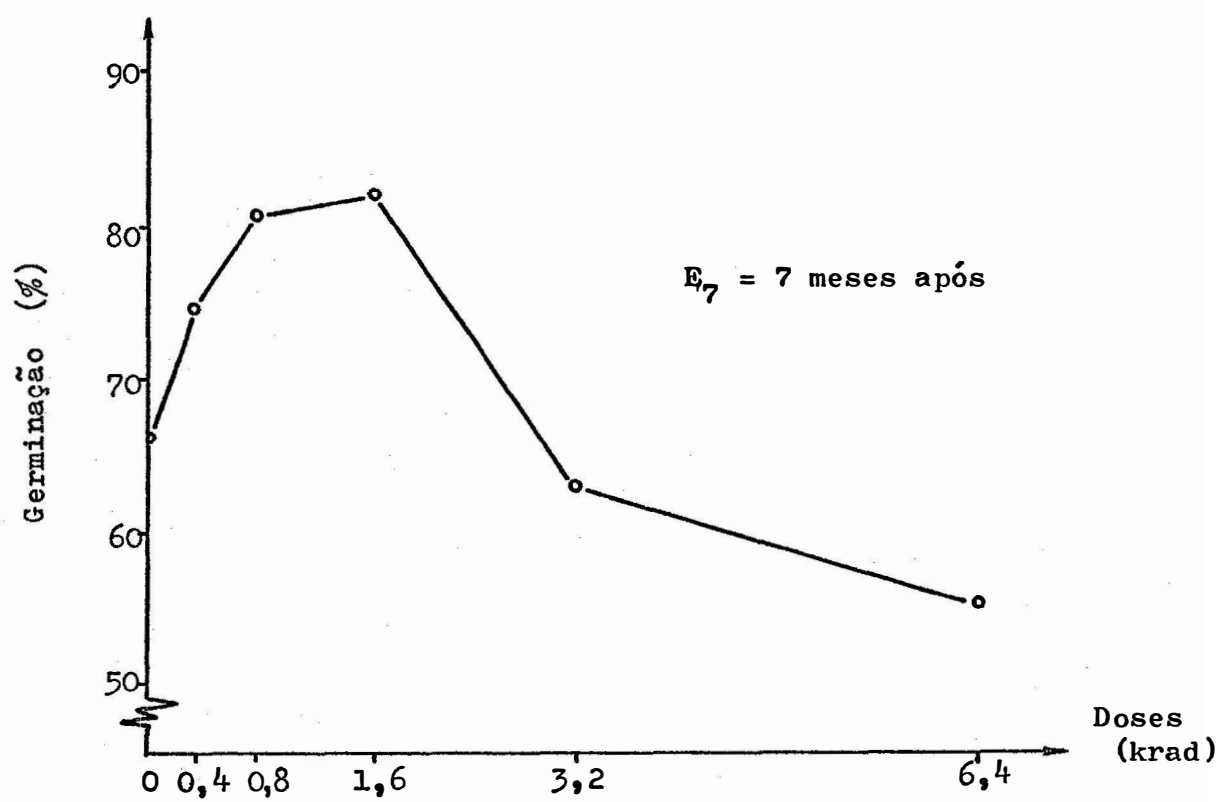
I. Germinação

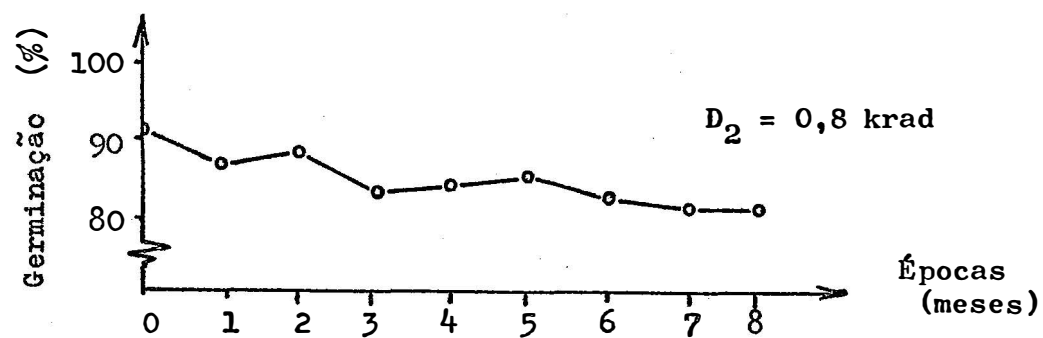
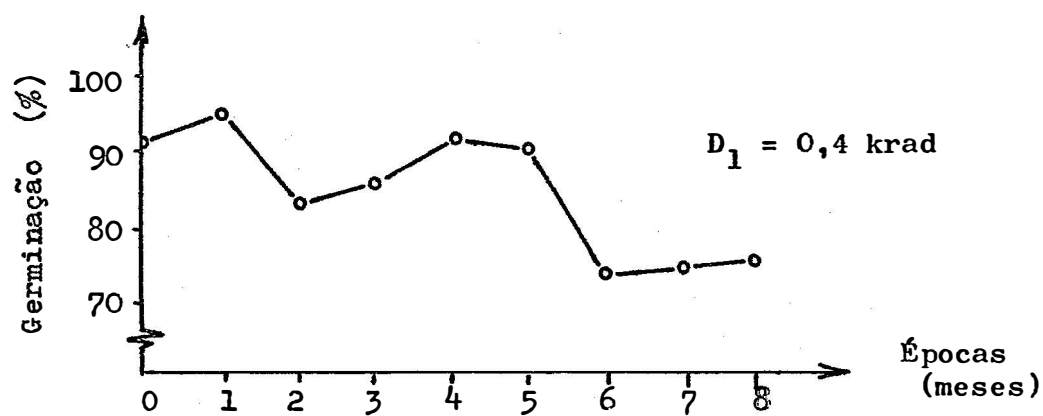
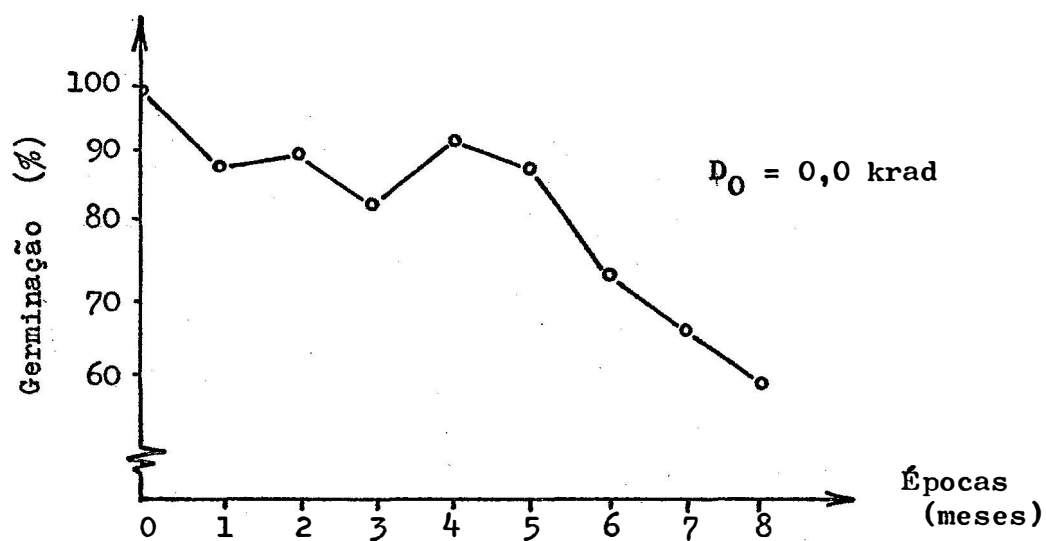
A. Doses Dentro de Época

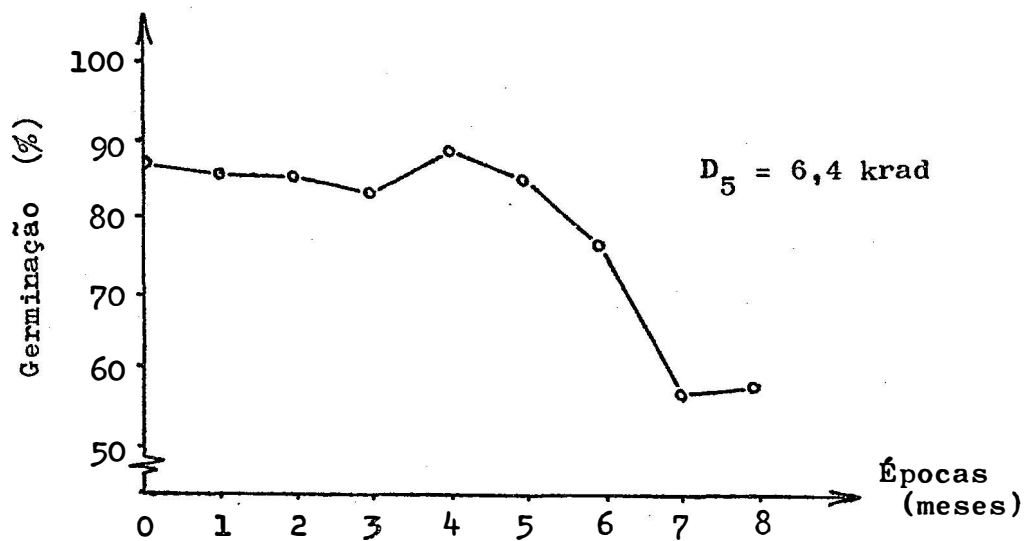
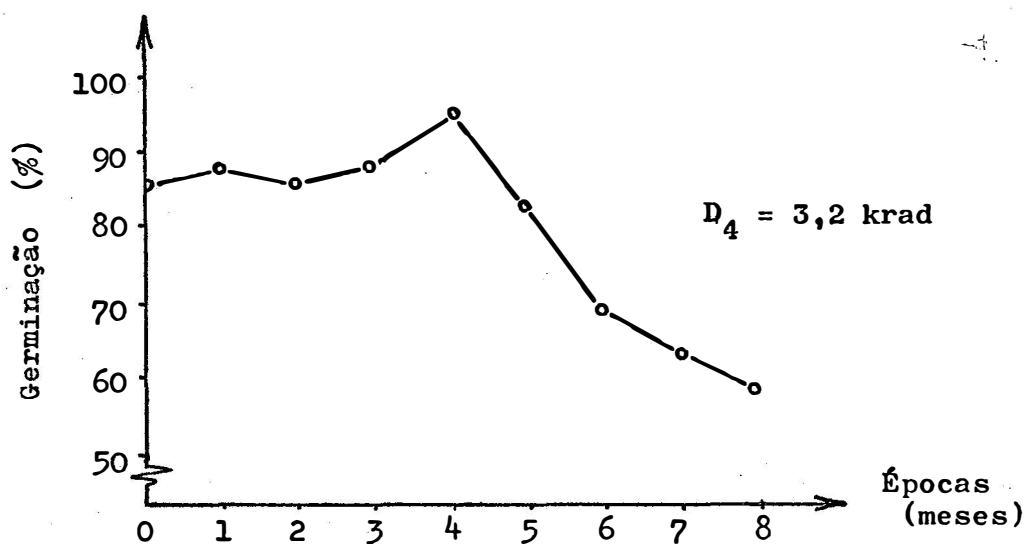
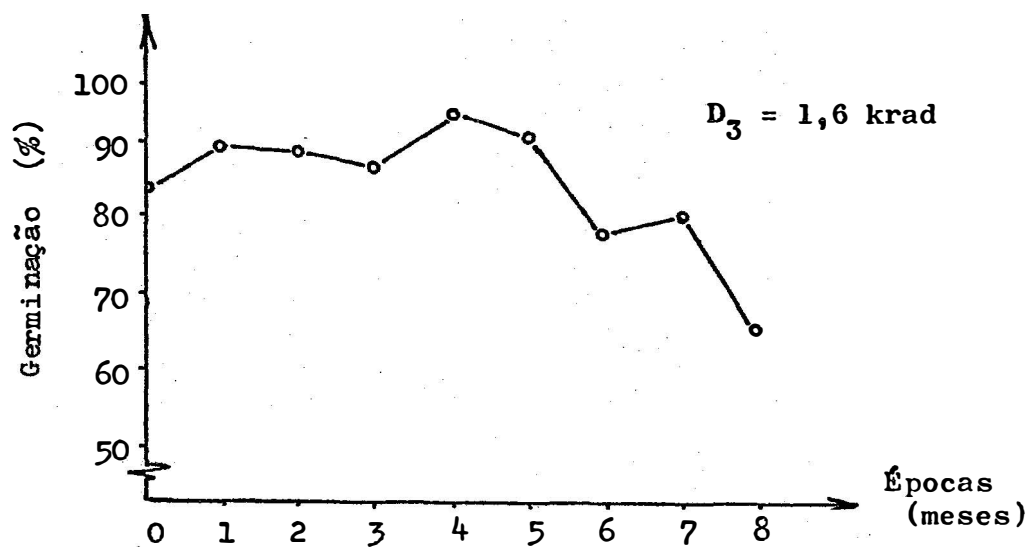






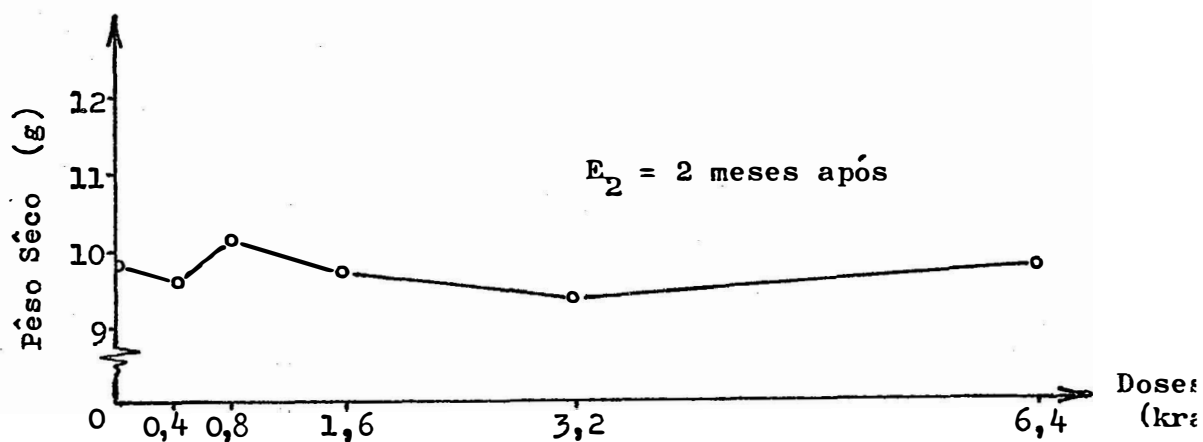
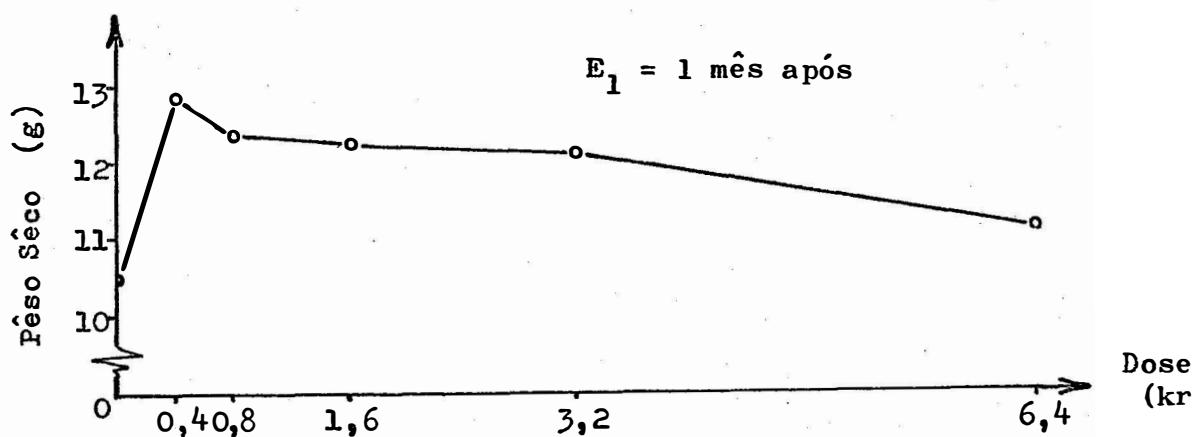
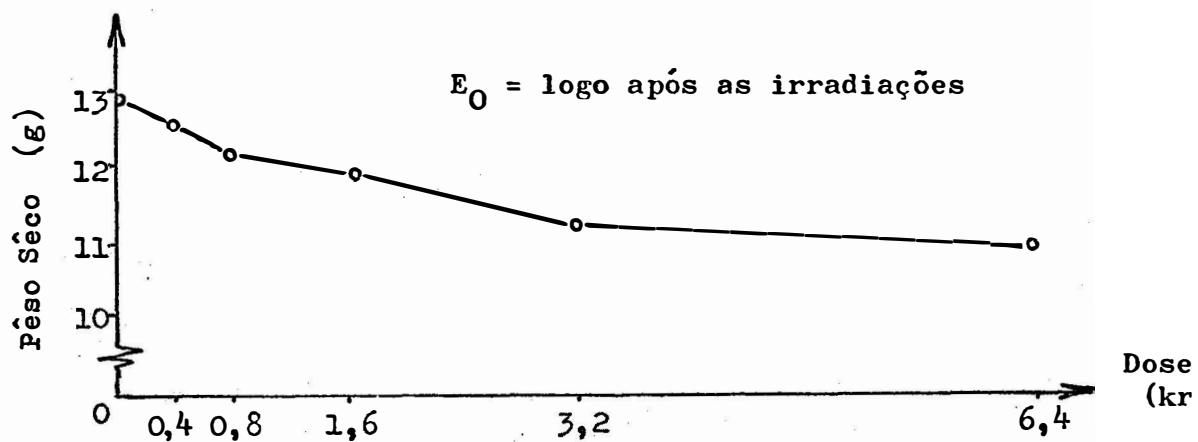


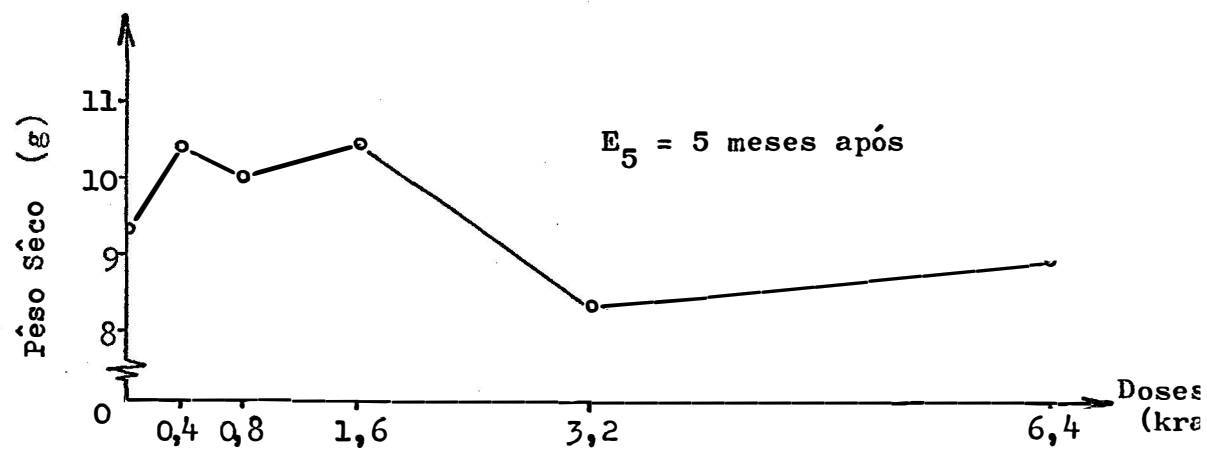
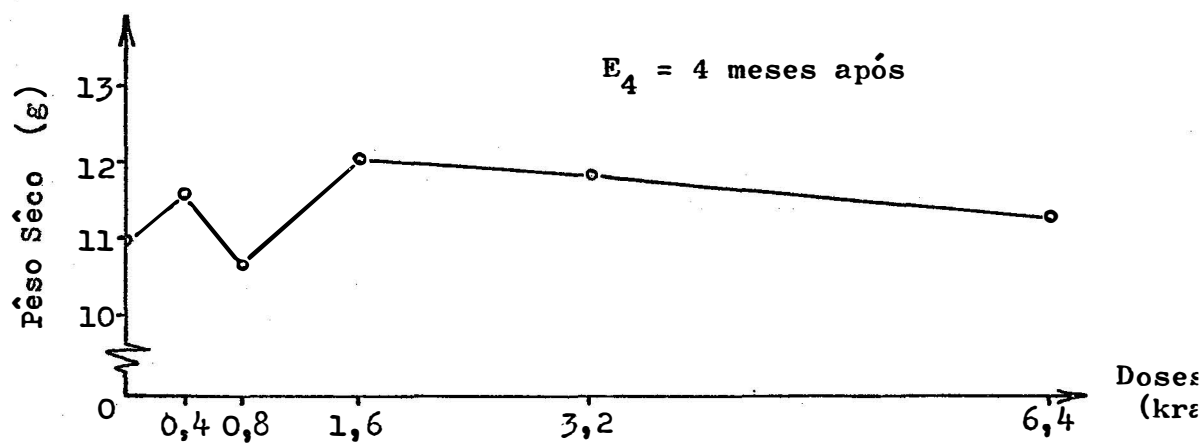
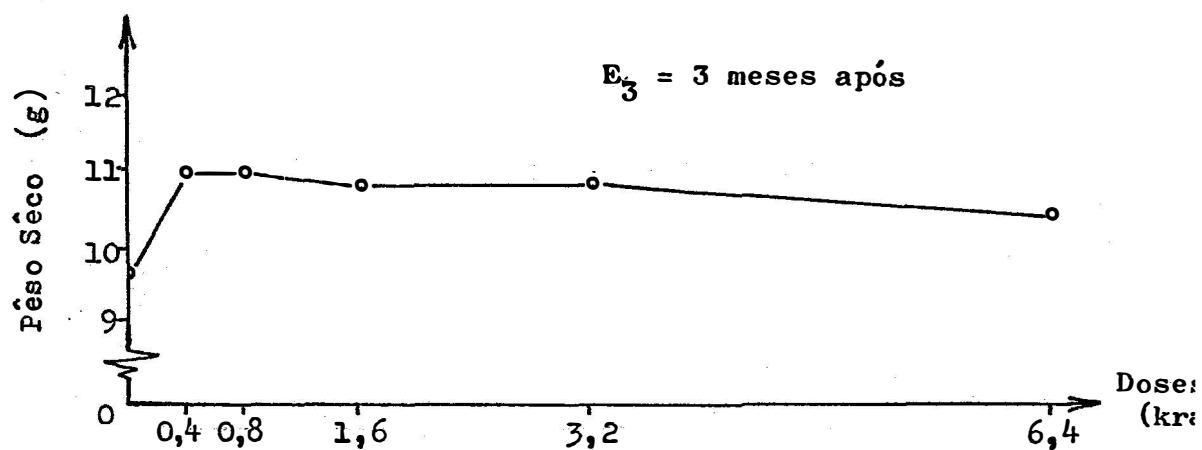
B. Épocas Dentro de Dose

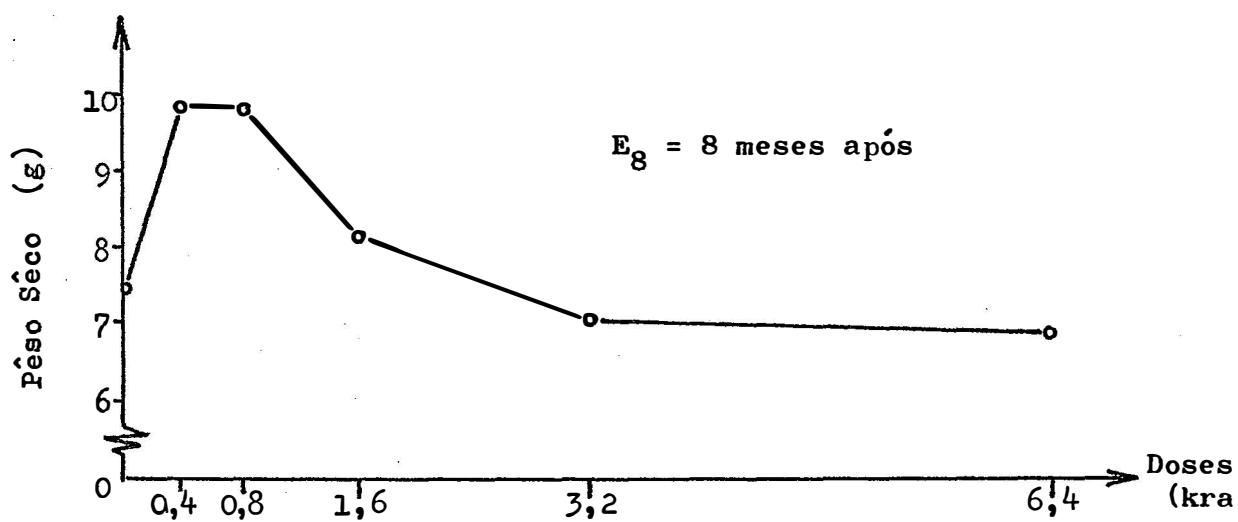
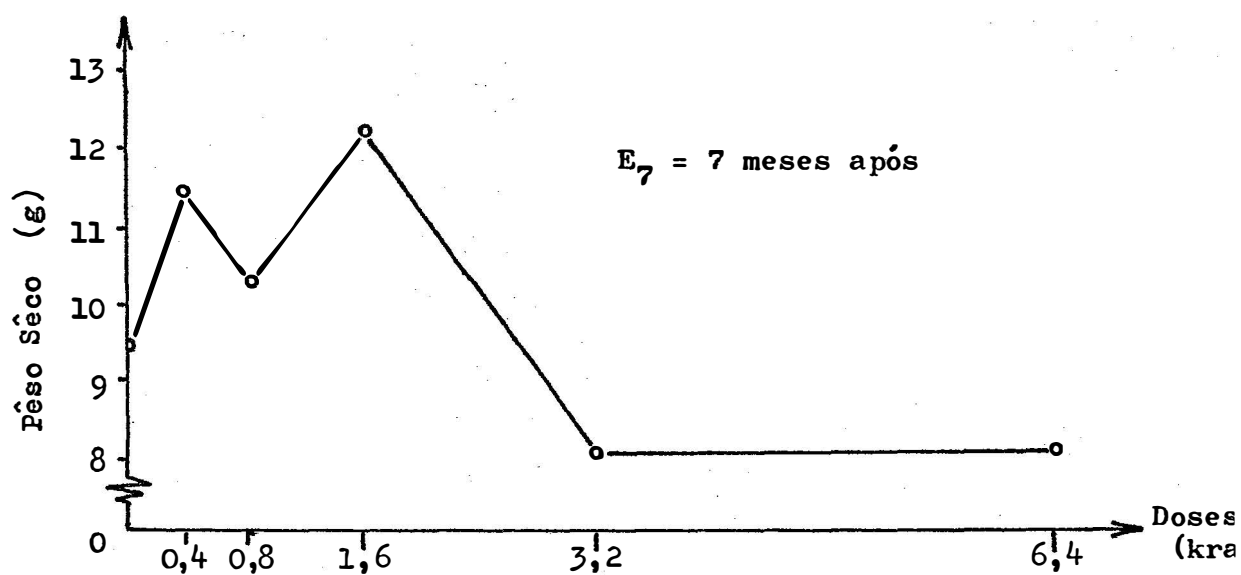
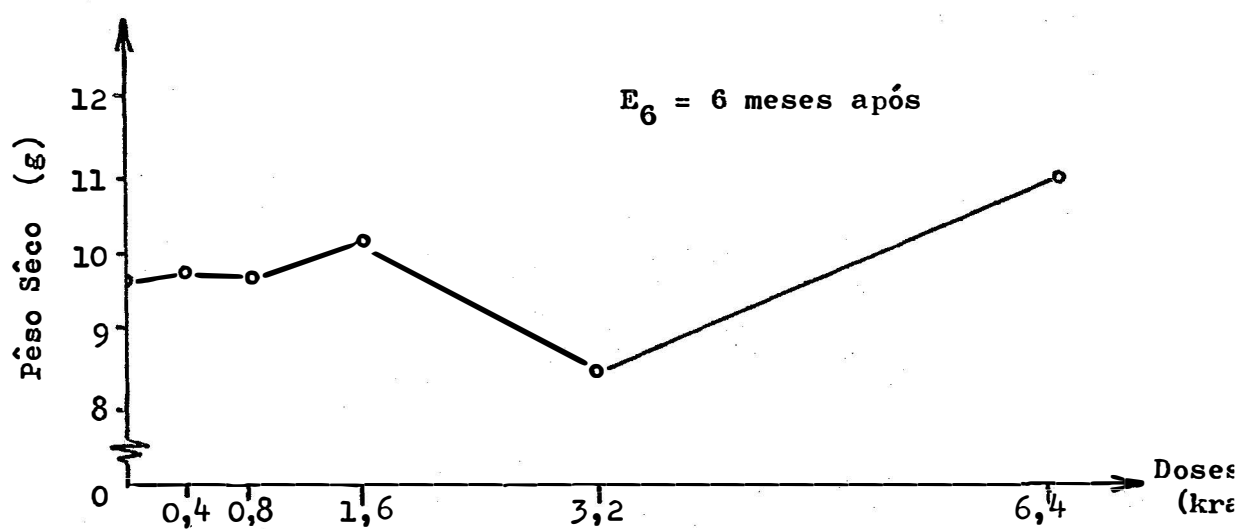


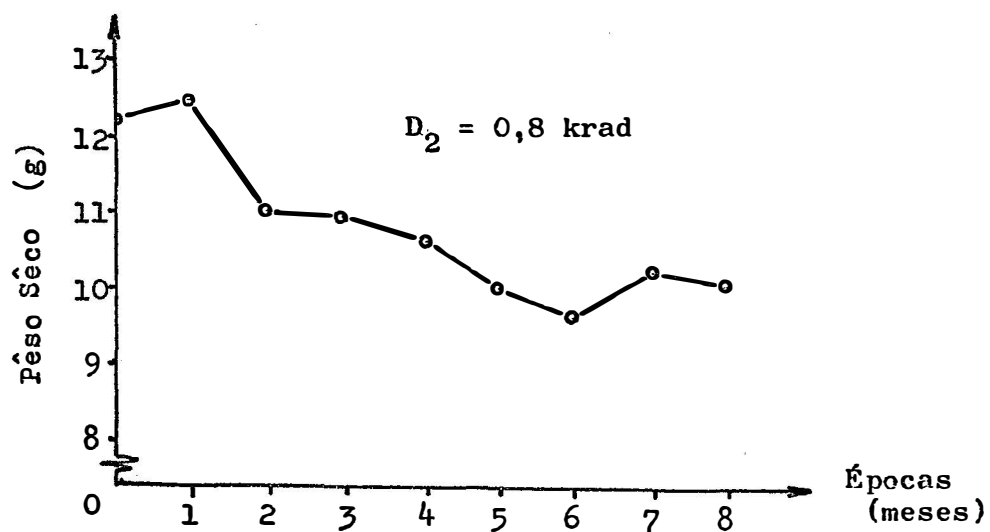
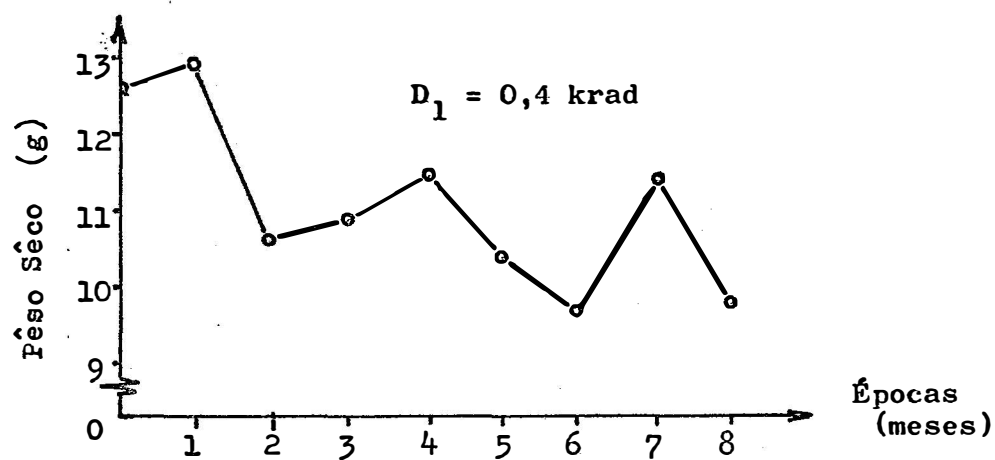
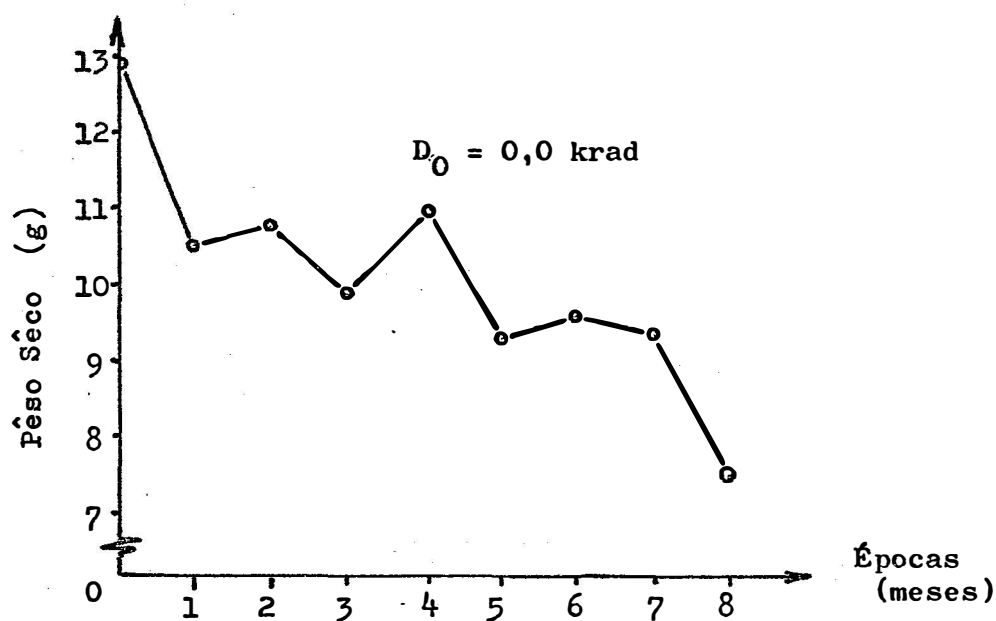
II. Pêso Sêco de Plântulas Normais

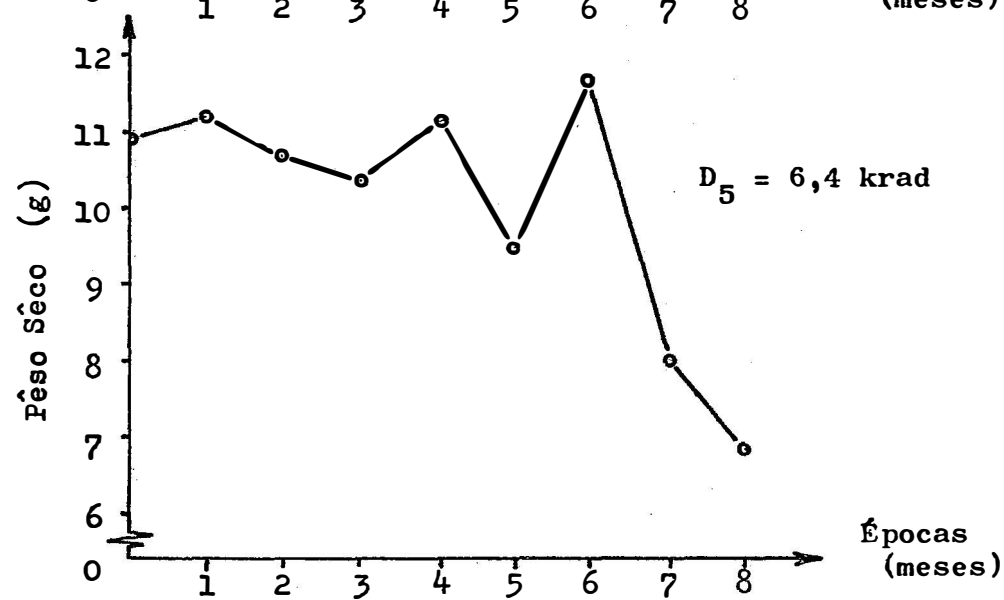
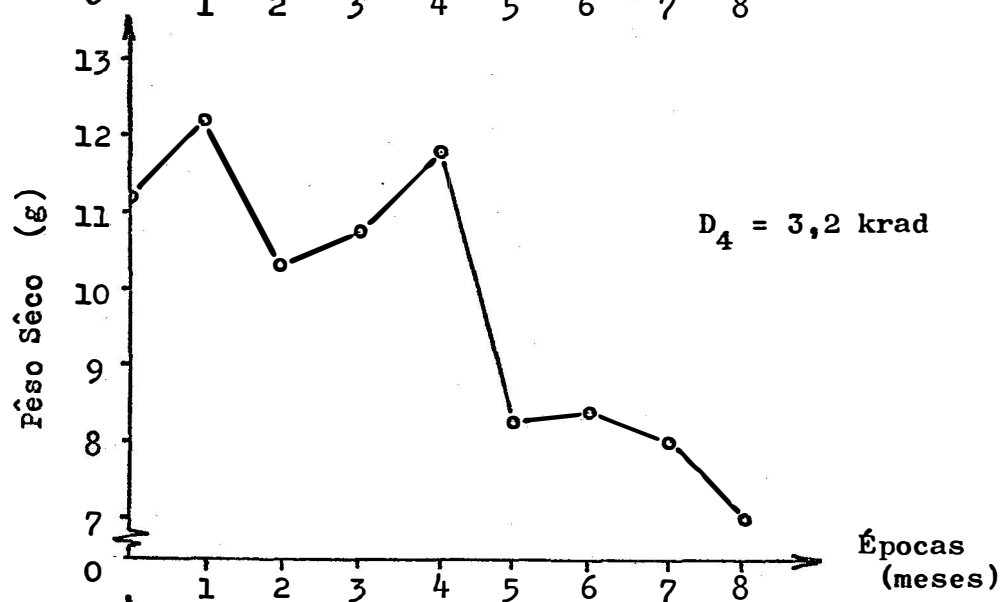
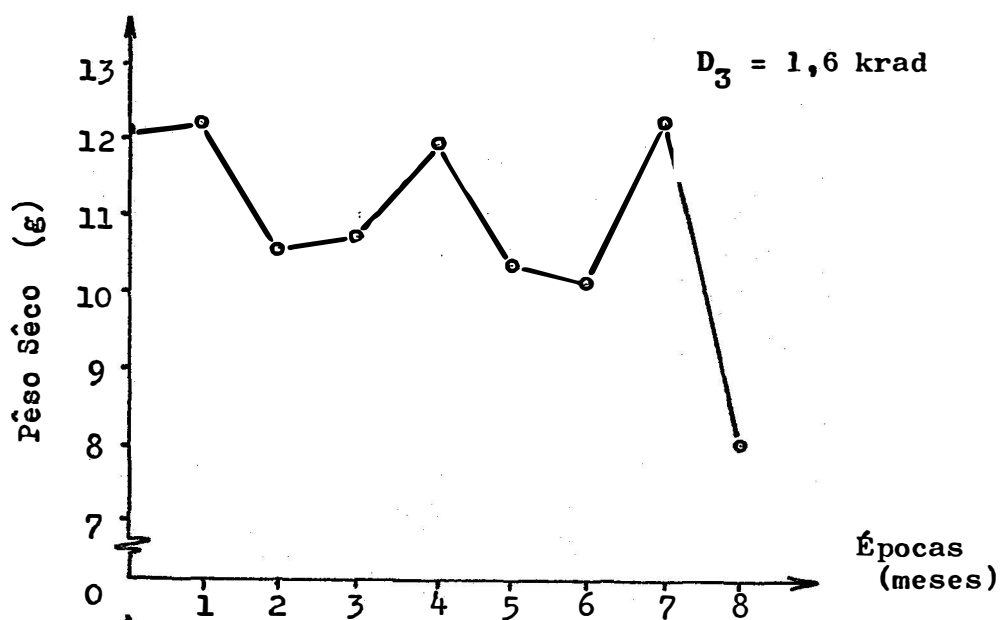
A. Doses Dentro de Época

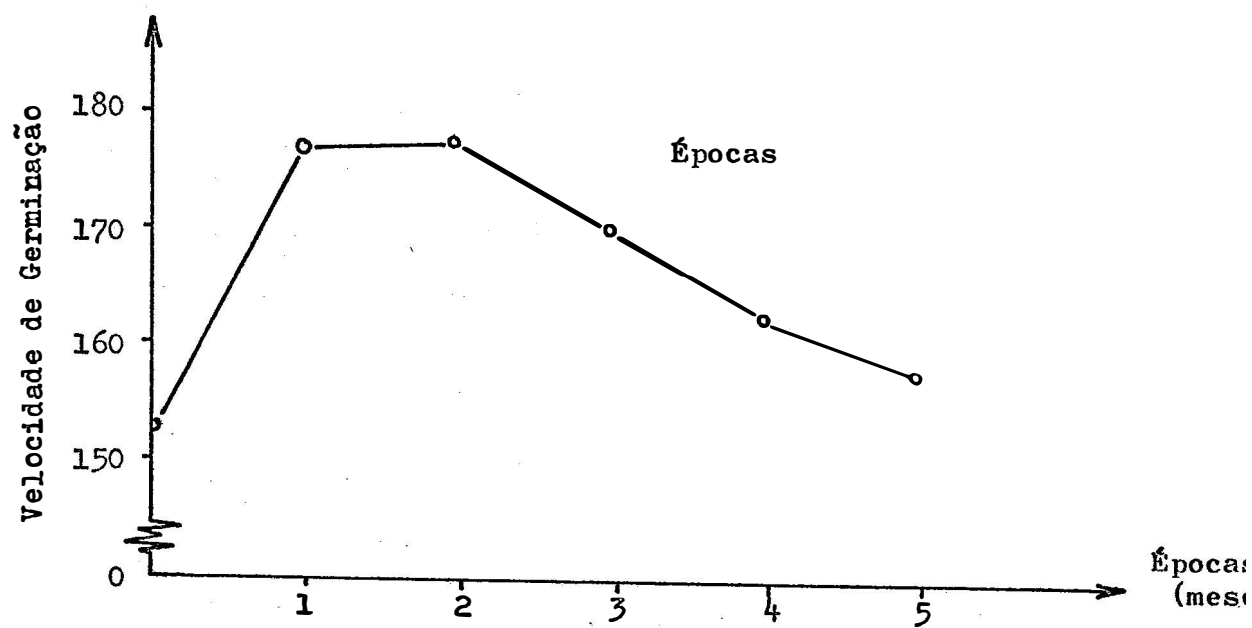
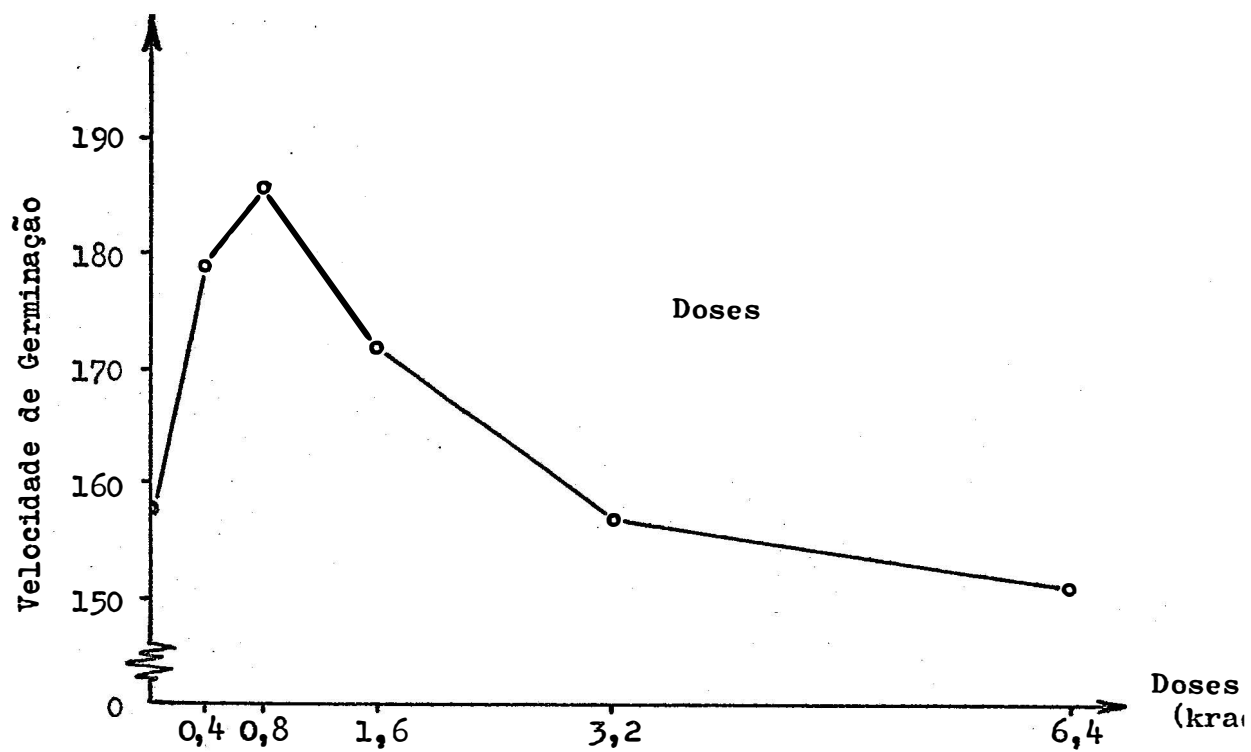






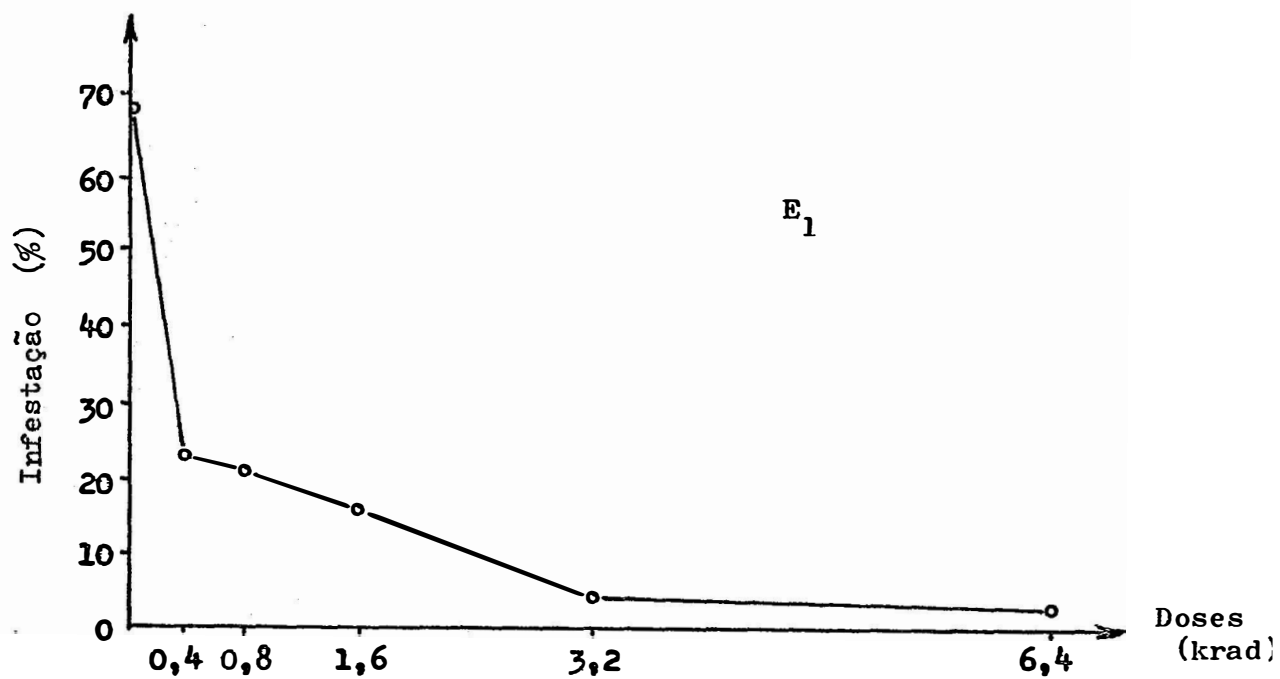
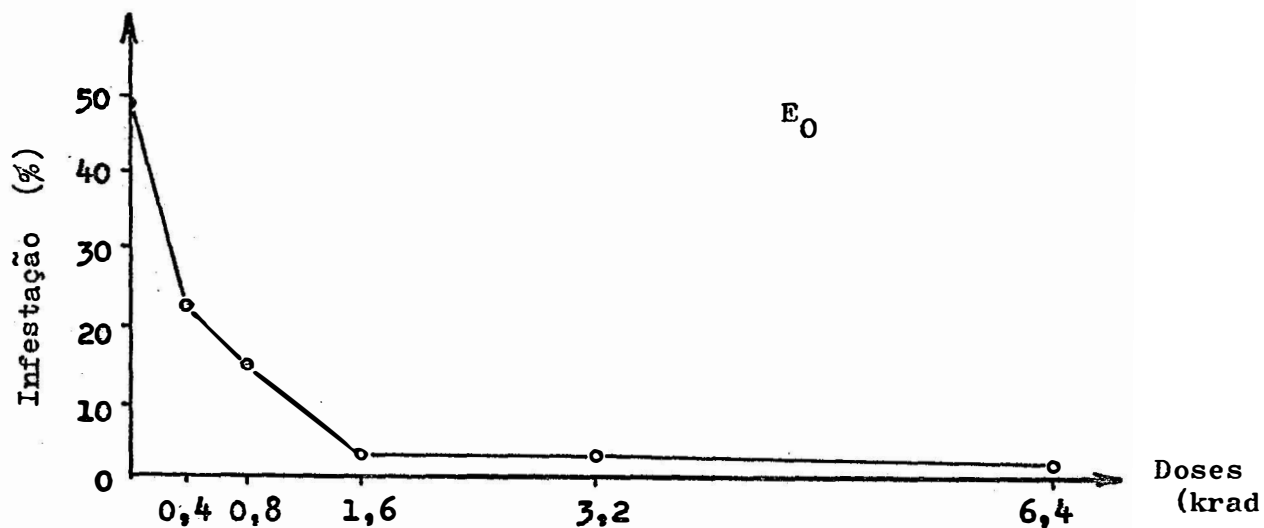
B. Épocas Dentro de Dose

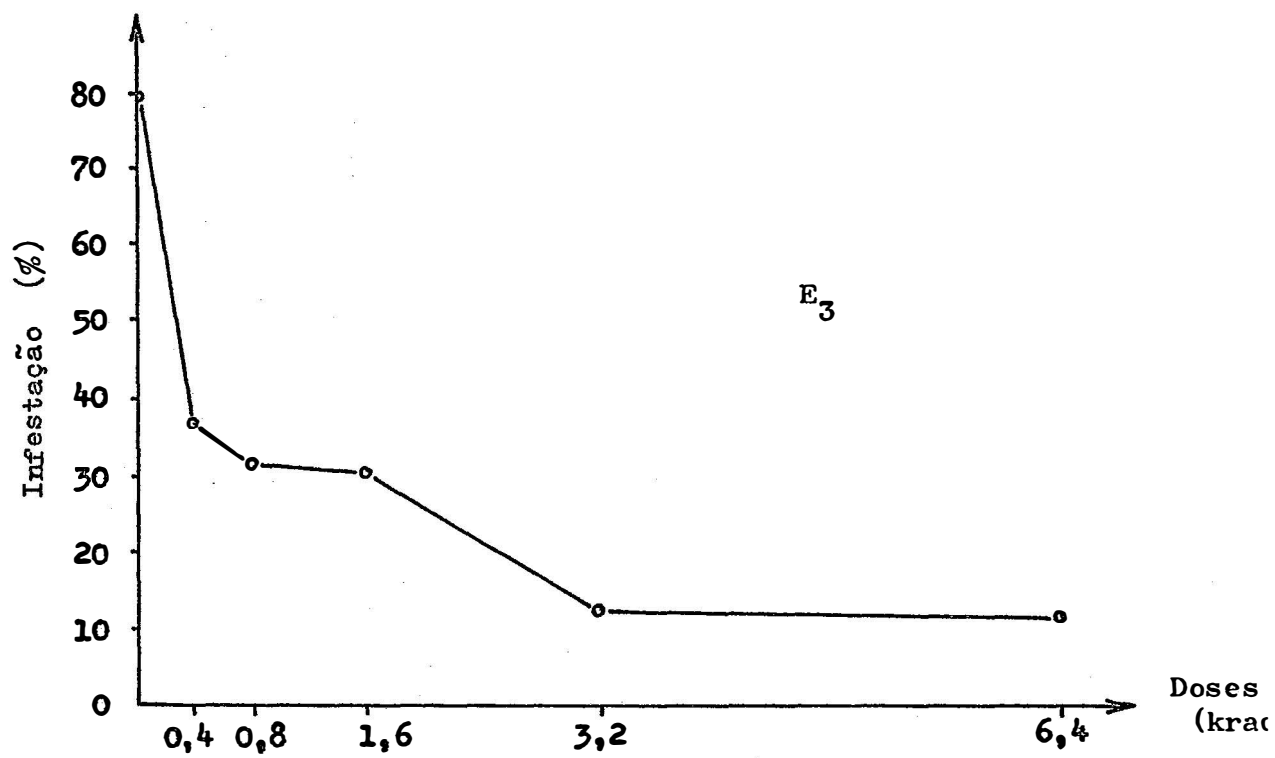
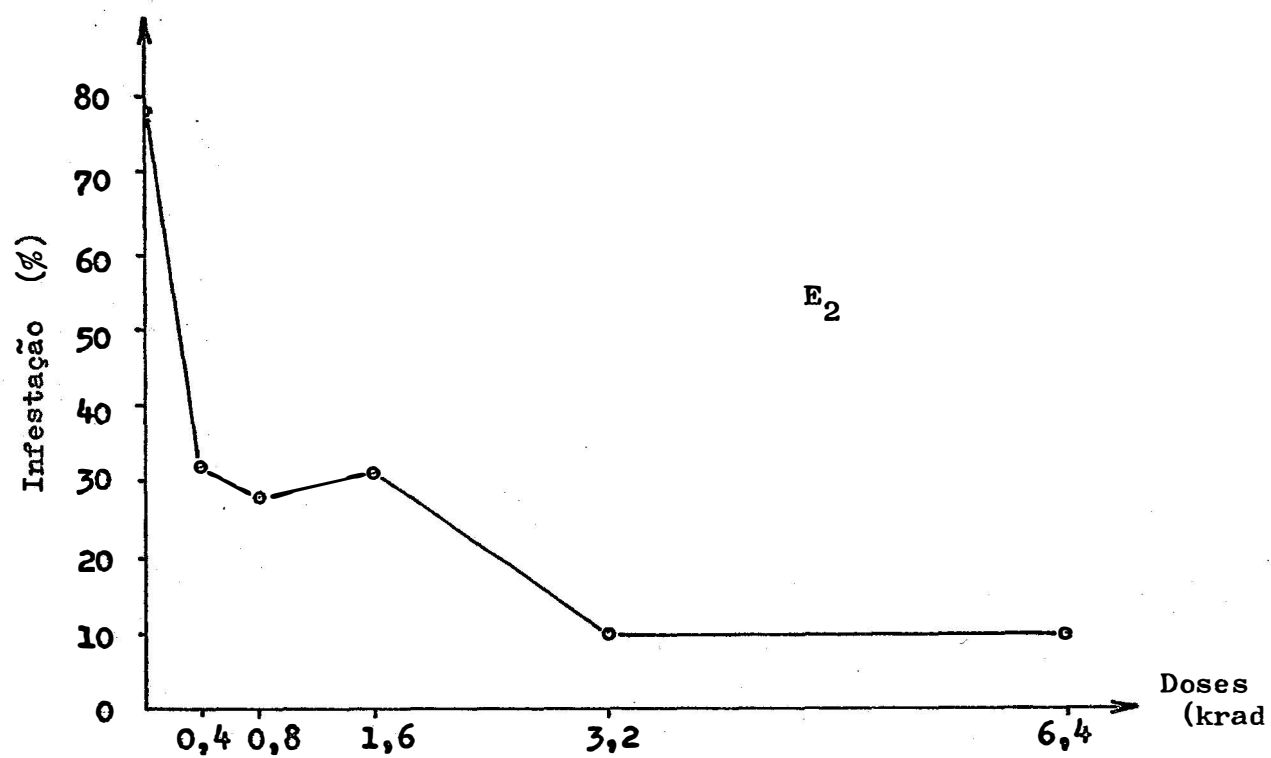


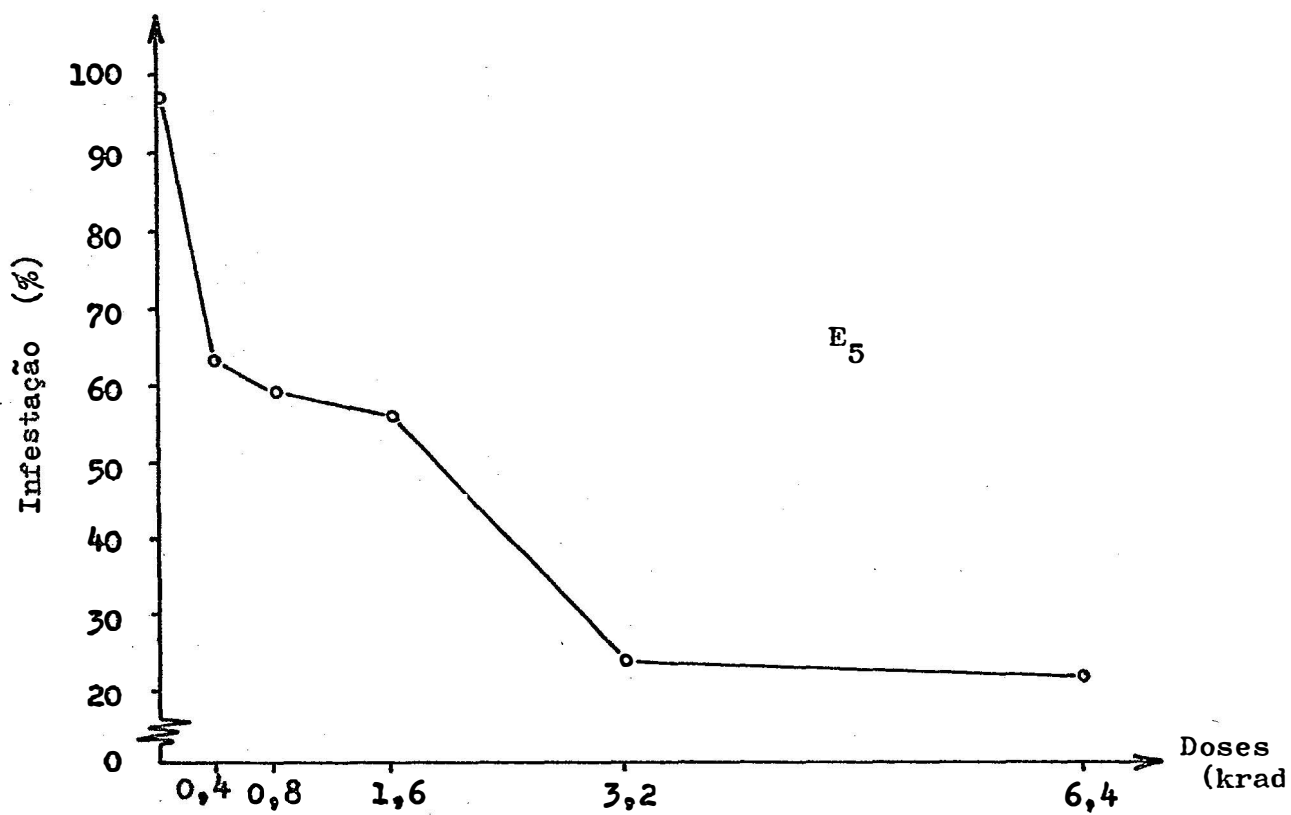
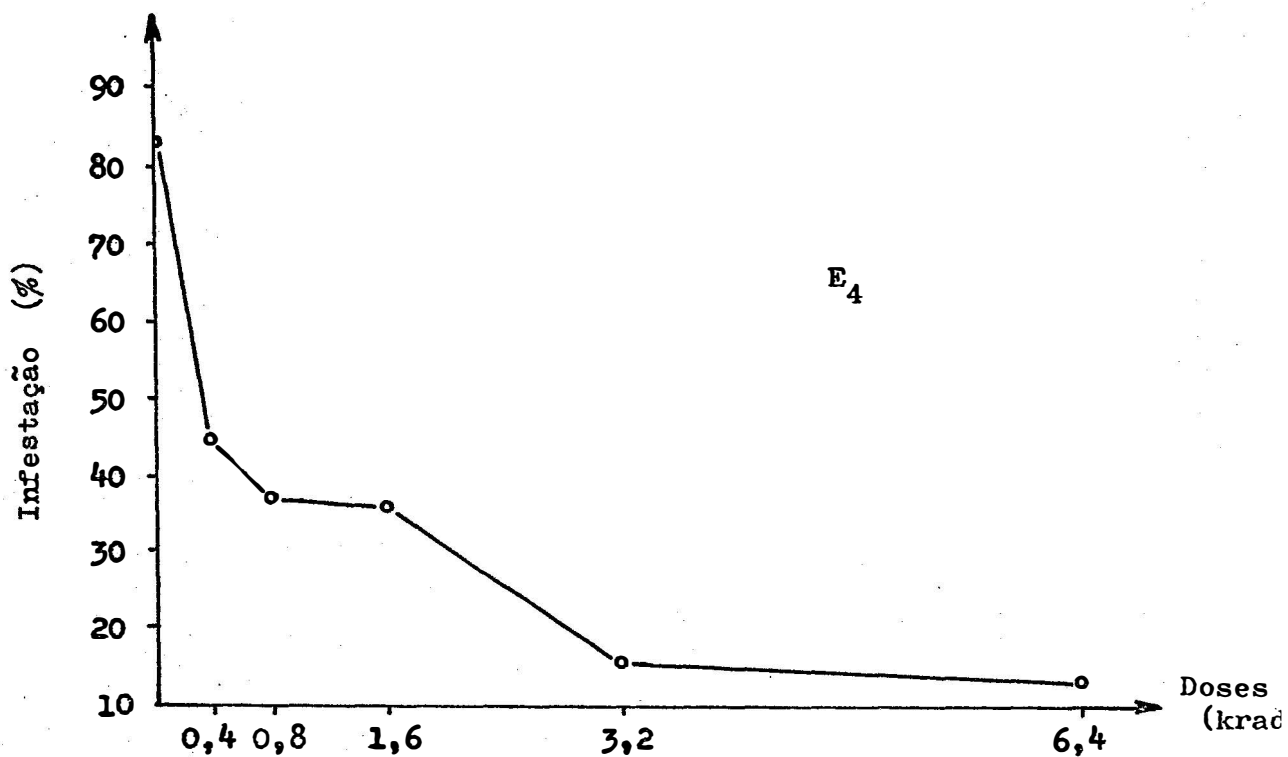
III. Vigor

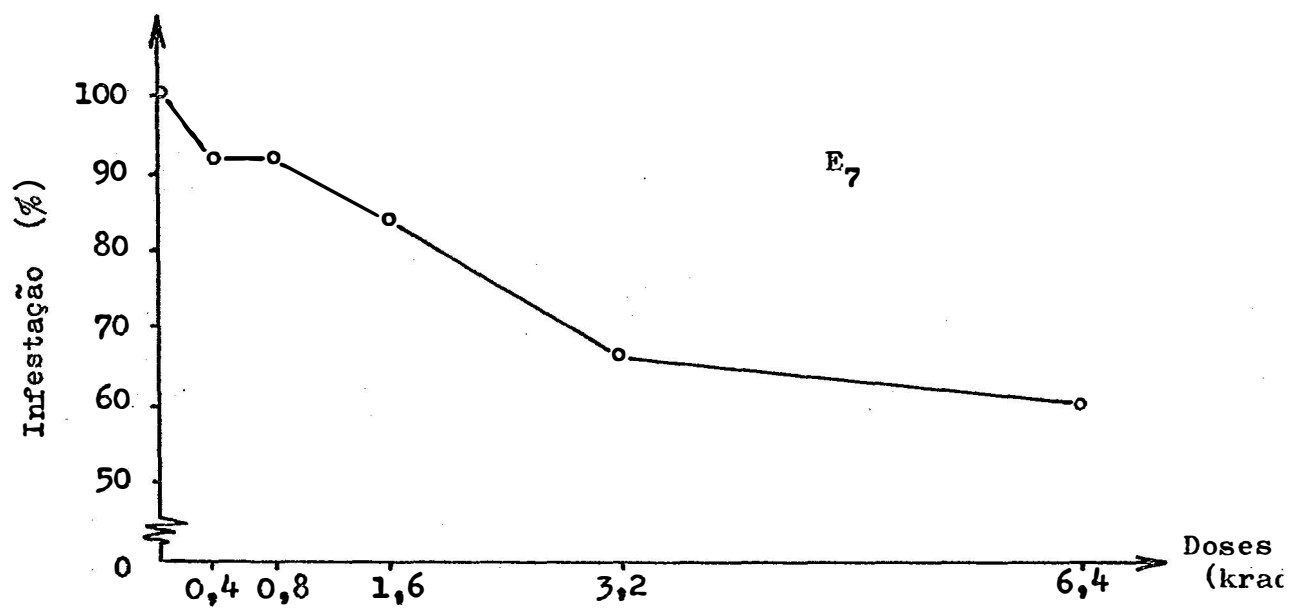
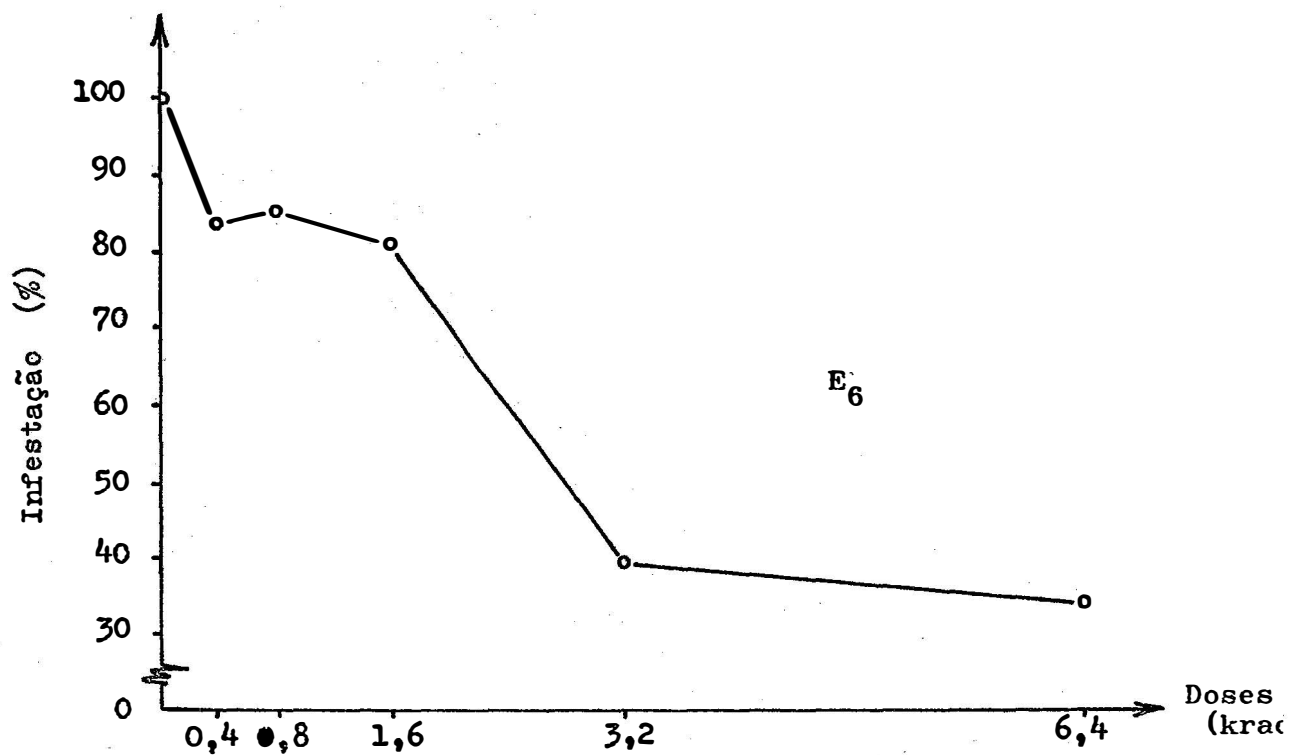
IV. Infestação pelo Caruncho (Épocas quinzenais a partir do quinto mês após as irradiações)

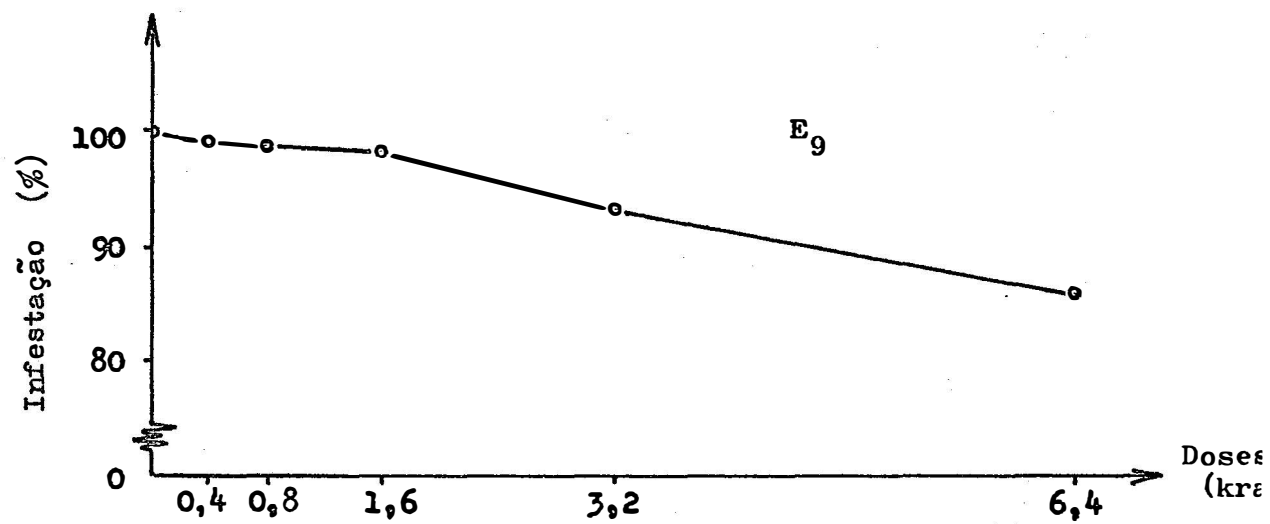
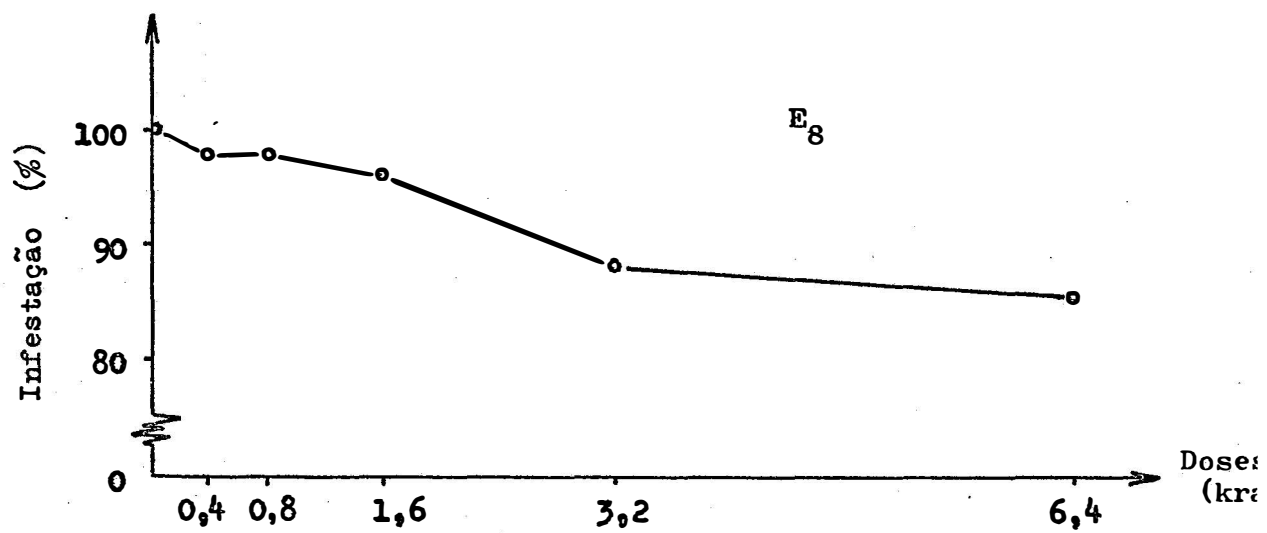
A. Doses Dentro de Época

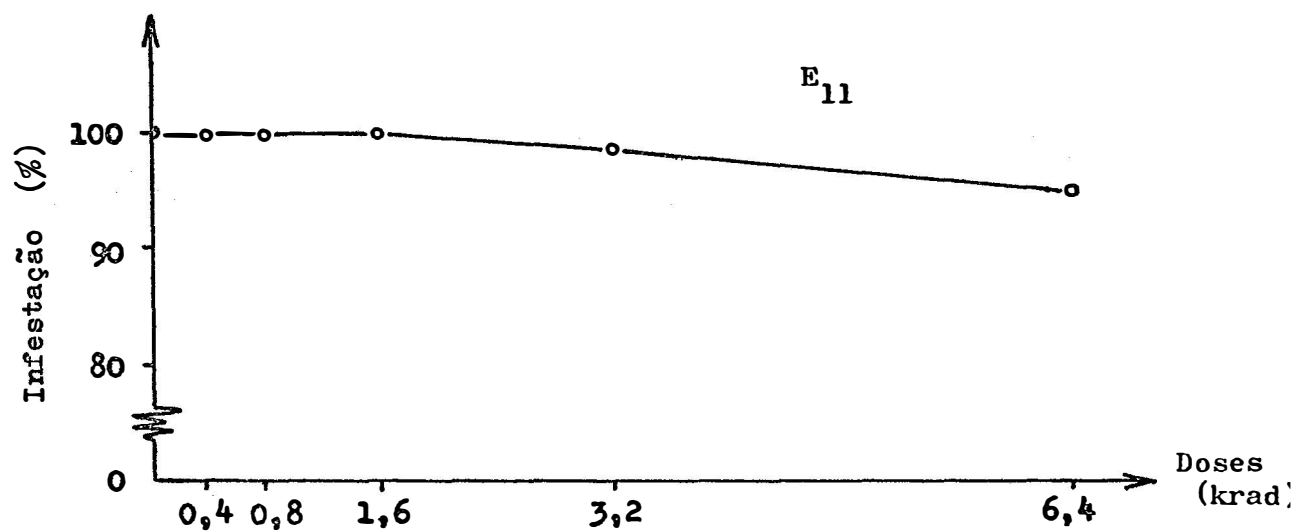
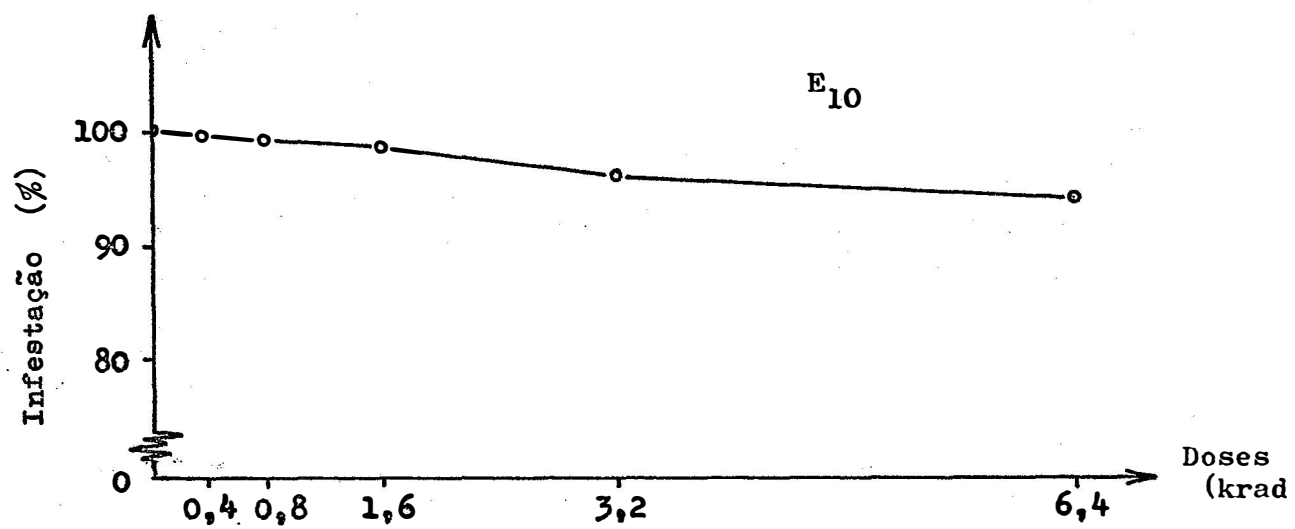


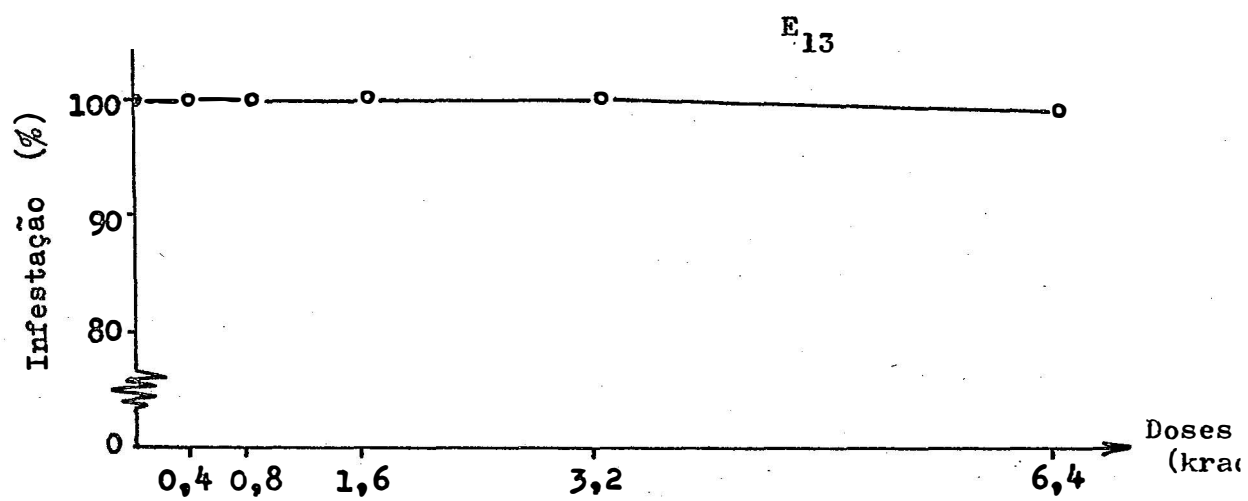
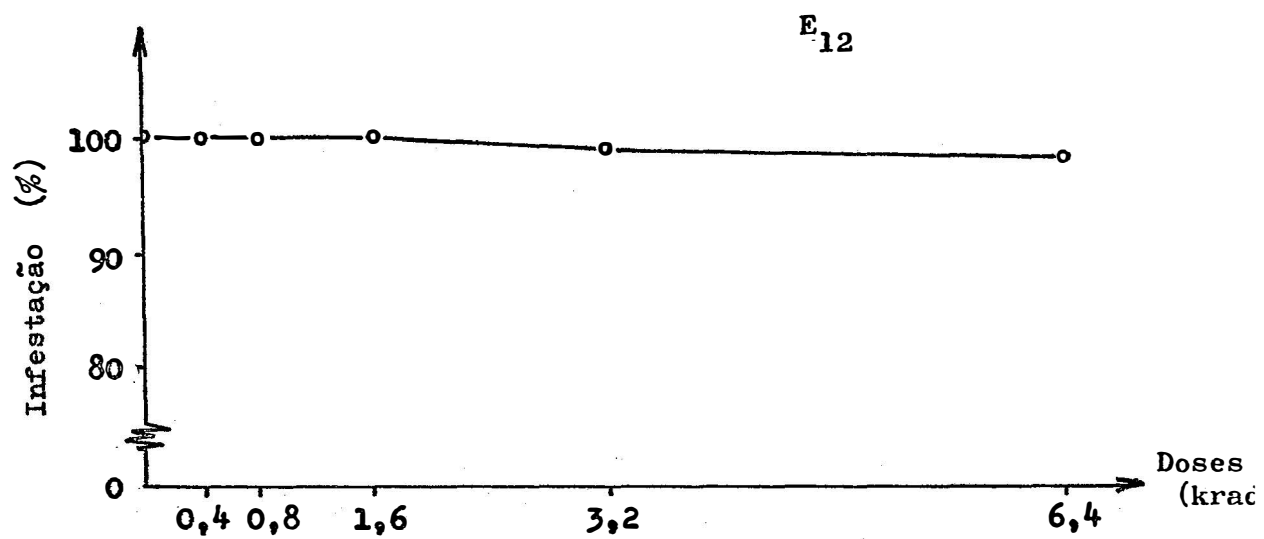


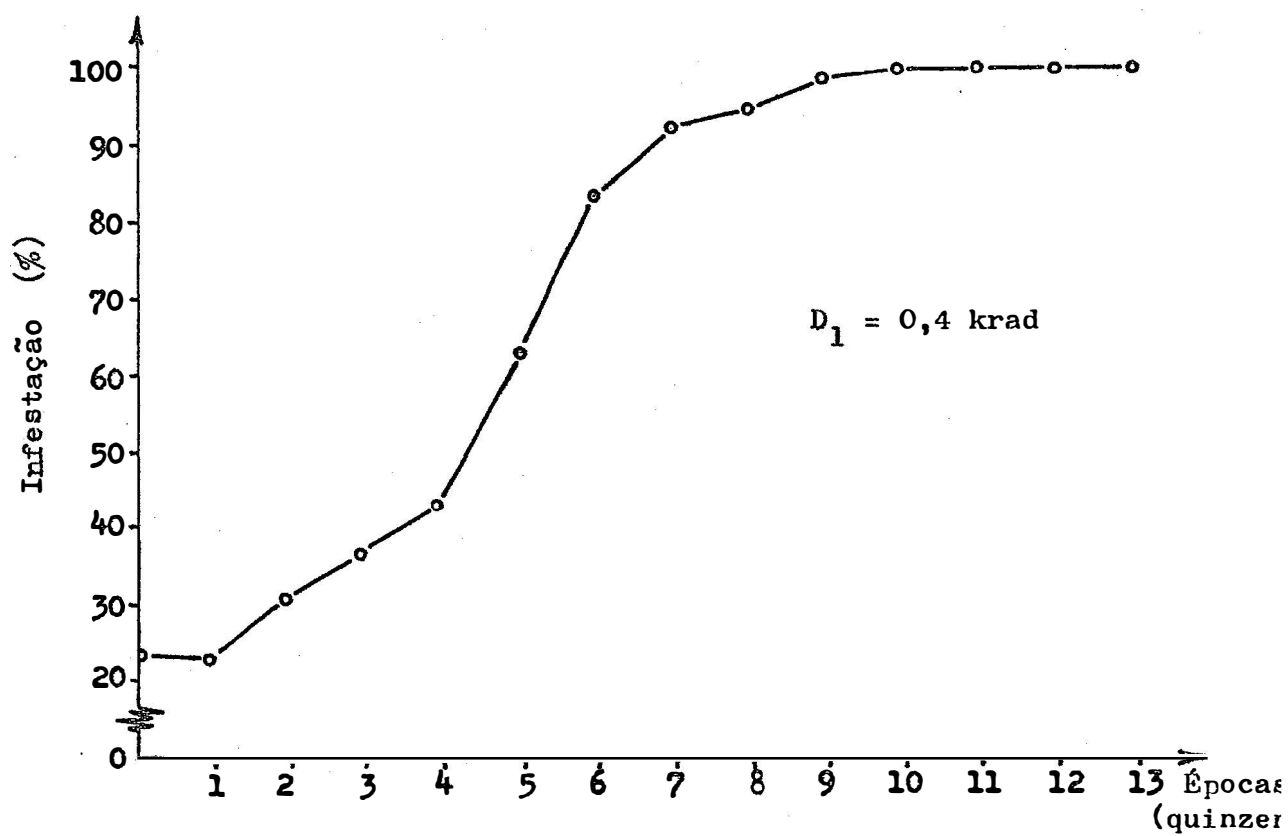
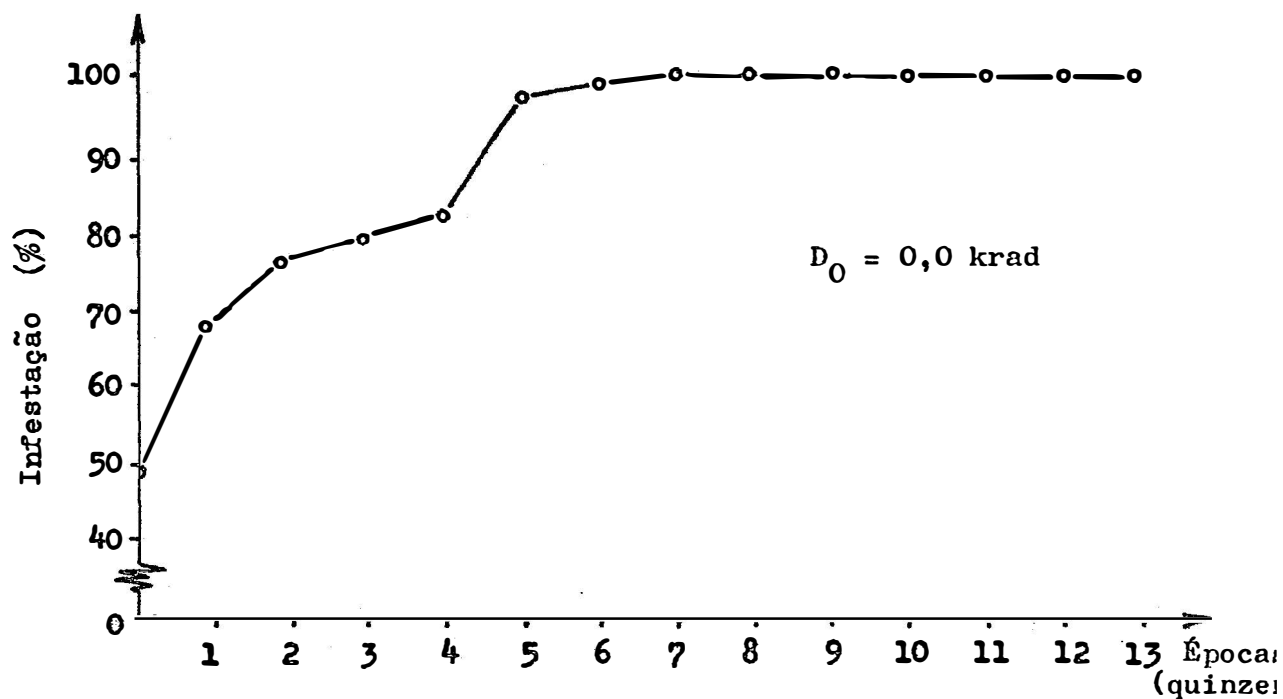


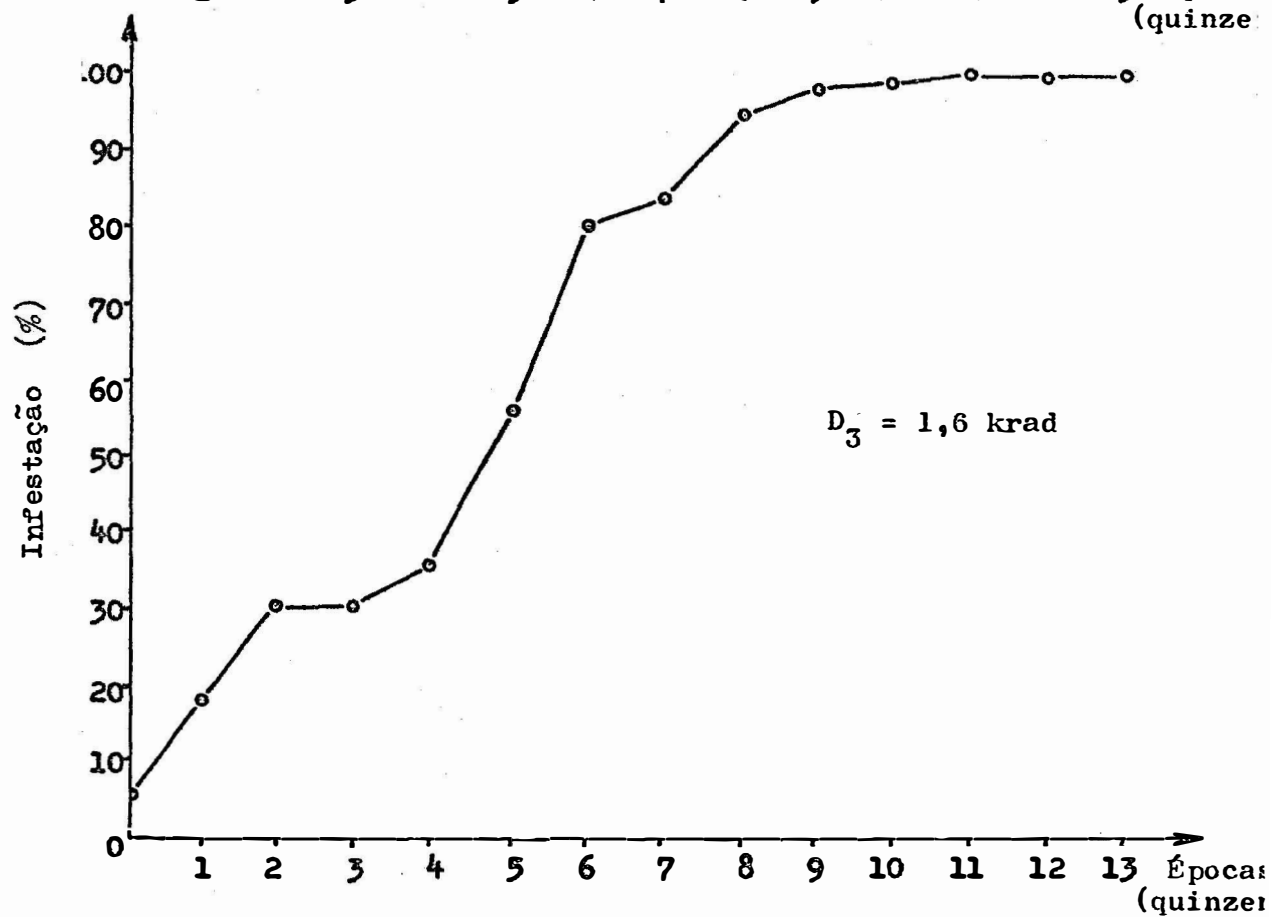
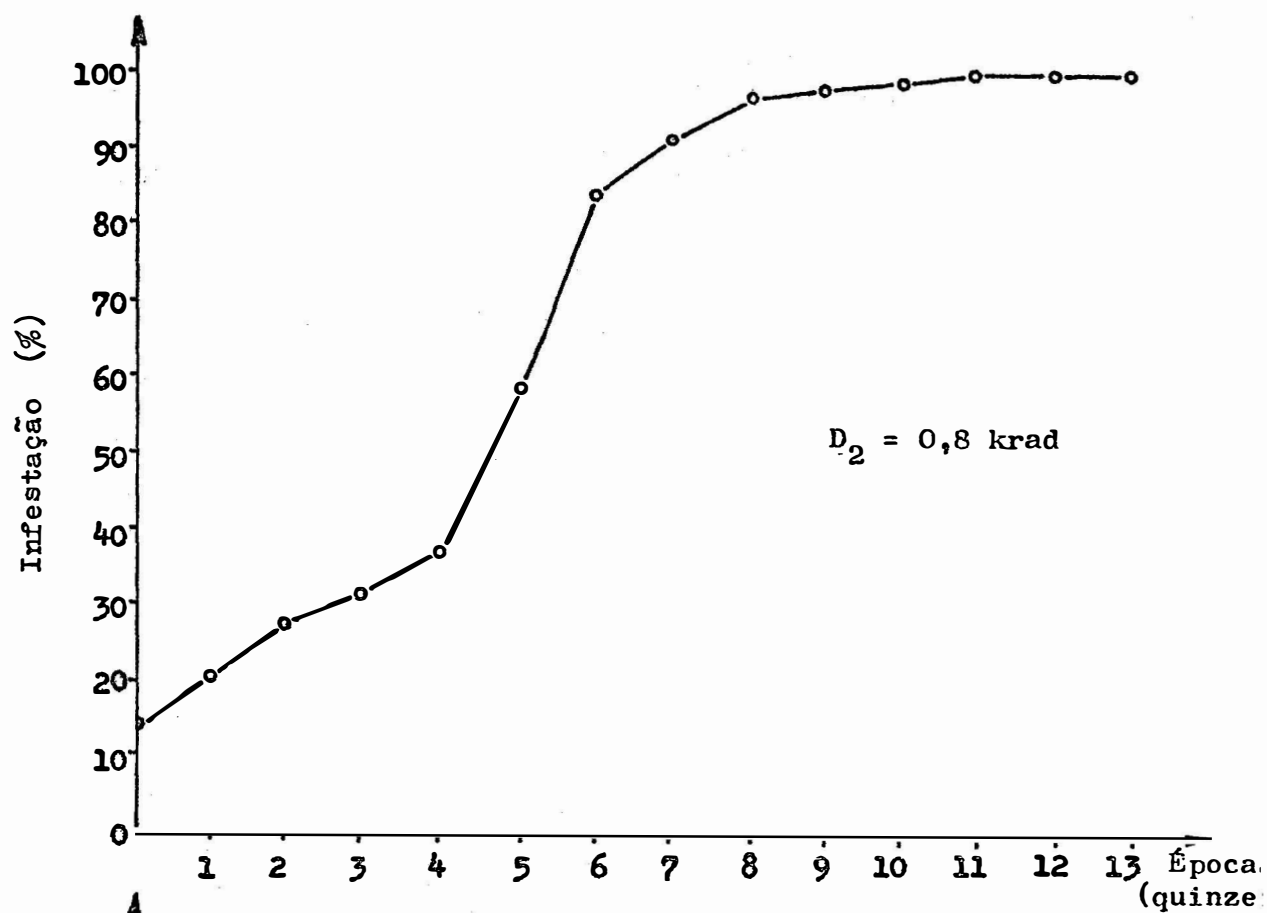


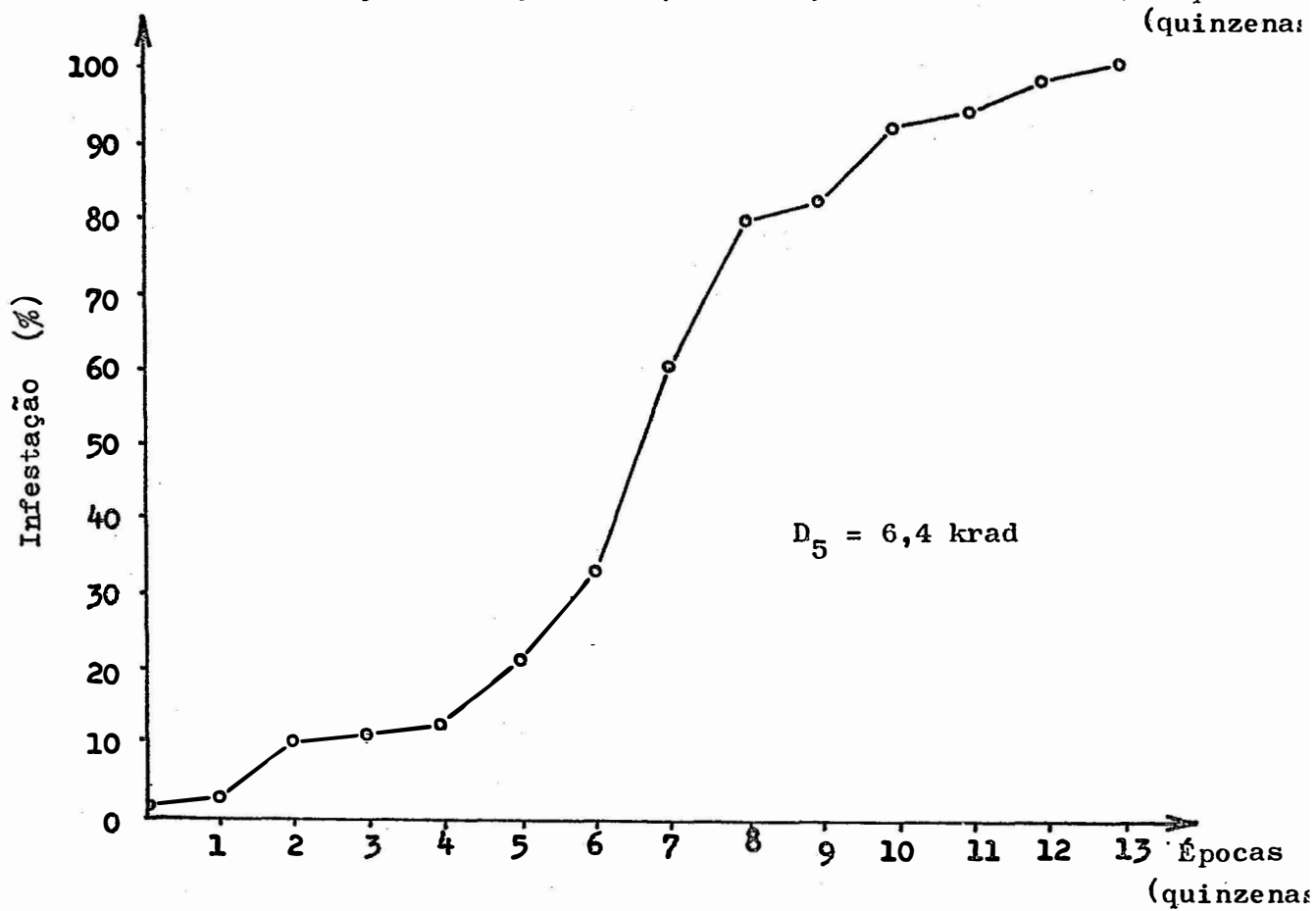
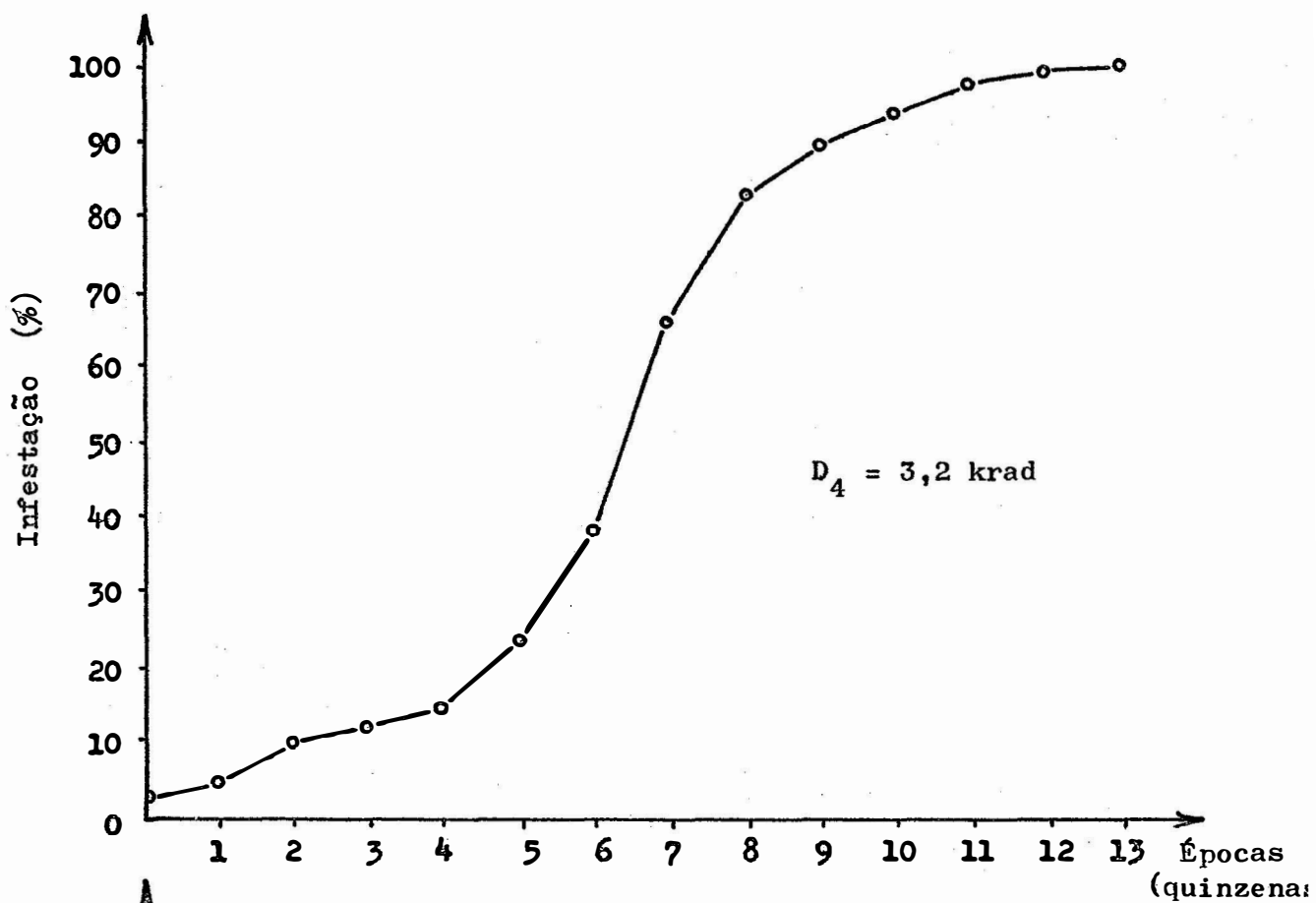






B. Épocas Dentro de Dose





V. Ensaio de CampoA. Primeiro Experimento