

AUGUSTO TULMANN NETO
ENGENHEIRO - AGRÔNOMO

**EFEITOS DA IRRADIAÇÃO GAMA NA HETEROSE
EM HÍBRIDOS SIMPLES DE MILHO [*Zea mays L.*]**

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz», da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre.

PIRACICABA
Est. São Paulo - Brasil
1 9 7 2

A
minha esposa e
aos

meus pais

DEDICÓ

AGRADECIMENTOS

Expressamos os nossos agradecimentos a todos os que contribuíram para a realização deste trabalho, de uma maneira especial, às seguintes pessoas, e Instituições:

Prof. Dr. Akihiko Ando , orientador principal, pelo estímulo, amizade e dedicação sempre demonstrados durante o desenvolvimento do presente trabalho.

Prof. Dr. Almiro Blumenschein , Diretor do Instituto de Genética, pela revisão do manuscrito e facilidades concedidas para a realização deste trabalho.

Prof. Dr. Roland Vencovsky , pelas Sugestões e críticas construtivas nos aspectos da análise estatística e na revisão do manuscrito.

Prof. Dr. José T. Amaral Gurgel , pelas sugestões valiosas na leitura do manuscrito.

Ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) , na pessoa de seu Diretor , Prof. Dr. Admar Cervellini , pelo apoio constante.

Aos Funcionários e Bolsistas do Departamento de Genética da E. S. A. "Luiz de Queiroz", entre eles Acadêmico S. Oda , Senhores W. Spruck , J. B. Alves e P. L. Godoi , pelo auxílio na coleta dos dados , Senhores A. Rasera , O. Peres e Eng.^o-Agr.^o N. A. Vello , pelo auxílio no cálculo dos dados , Sr. W. B. Bortolazzo , pela confecção das figuras.

I N D I C E

	Página
1 - INTRODUÇÃO	1
2 - REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1 - Mutações em Caracteres Quantitativos	3
2.2 - O Efeito de Baixas Doses de Irradiação em Plantas	7
2.3 - O Efeito Heterótico de Mutações	9
2.4 - Cruzamento entre Plantas Provenientes de Sementes Irradiadas e seus Possíveis Efeitos na Heterose	11
3 - MATERIAL E MÉTODOS.	14
3.1 - Material	14
3.2 - Métodos	14
3.2.1 - Determinação do Teor de Água nas Sementes	14
3.2.2 - Determinação da Dose de Irradiação	14
3.2.3 - Híbridos Simples e Linhagens Empregadas	15
3.2.4 - Delineamento Experimental	16
3.2.5 - Caracteres Medidos	17
3.2.6 - Análise do Método Quadrado Balanceado	18
3.2.7 - Determinação do Efeito Maternal e Recíproco	18
3.2.8 - Determinação dos Efeitos da Irradiação na Variância dos Caracteres	19
3.2.9 - Comparações entre as Médias dos Diversos Tratamentos	21
3.2.10 - Regressão entre a Média de um Caracter e o Nível de Irradiação	22
3.2.11 - Determinação dos Efeitos da Irradiação na Heterose	24
4 - RESULTADOS	26
4.1 - Teor de Água nas Sementes das Linhagens	26
4.2 - Determinação da Dose de Irradiação Utilizada	26

4.3 - Obtenção dos Híbridos Simples e Linhagens	26
4.4 - Análise do Látice Quadrado Balanceado	27
4.5 - Efeitos Maternal e Recíproco	28
4.6 - Efeitos da Irradiação na Variância dos Caracteres .	28
4.7 - Comparações entre as Médias dos Diversos Tratamentos.	29
4.8 - Regressão Linear e Quadrática	30
4.9 - Efeitos da Irradiação na Heterose	31
5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	32
5.1 - Dose de Irradiação Utilizada	32
5.2 - Análise do Látice Quadrado Balanceado	32
5.3 - Efeitos Maternal e Recíproco	33
5.4 - Efeitos da Irradiação na Variância dos Caracteres . .	34
5.5 - Comparações entre as Médias dos Diversos Tratamentos.	35
5.6 - Regressão Linear e Quadrática	37
5.7 - Efeitos da Irradiação na Heterose	39
6 - RESUMO E CONCLUSÕES	41
7 - SUMMARY AND CONCLUSIONS	43
8 - BIBLIOGRAFIA	45
9 - T A B E L A S	49
10 - F I G U R A S	69

1 - INTRODUÇÃO

A heterose e as mutações induzidas, são empregadas no melhoramento de plantas. Entretanto, como é amplamente reconhecido, ainda necessitam certas elucidações, a natureza da ação gênica envolvida na heterose, e a natureza genética de algumas mutações.

É conhecido há tempo, que o cruzamento entre duas linhagens de milho, usualmente resulta em heterose. Dentre as várias teorias que tratam de explicar esta heterose, duas são frequentemente citadas: a hipótese da dominância, proposta por JONES (1917) e a da sobredominância, por HULL (1945). Estas duas hipóteses têm sido discutidas, e os resultados apontam ora uma, ora outra, como a responsável pela heterose.

Apesar das controvérsias quanto à ação gênica envolvida, o Homem tem utilizado a heterose, e através dela, tem conseguido obter grandes aumentos na produção, não só em milho, mas também em outras culturas.

Desde que MULLER em 1927, descobriu que os raios-X poderiam causar mutações, pensou-se em aproveitar as mutações induzidas no melhoramento de plantas. Este na verdade, foi o caminho seguido, à medida que foram sendo acumuladas as experiências com mutações induzidas. Através de vários resultados, generalizou-se que todos os genes poderiam sofrer mutações, ficando demonstrada a utilidade desta técnica.

Em alguns casos, não se tem nem mesmo idéia aproximada, do número de genes que controlam determinados caracteres, portanto, a exata elucidação da natureza genética das mutações, é bastante difícil. Entretanto, o Homem vem se utilizando de tais mutações, mesmo sem poder interpretá-las seguramente. Ao melhorista, isto é o suficiente, pois se as mutações induzidas causarem efeitos favoráveis, como sugere ELLIOTT (1967), a natureza genética de tais mutações cede lugar às suas aplicações práticas. Pode-se, a este respeito, traçar um paralelo com o que se disse sobre a natureza da ação gênica na heterose.

O objetivo principal do presente trabalho, é o de se analisar os efeitos das irradiações na manifestação da heterose, assunto pouco explorado por outros autores. Para essa análise, escolheu-se uma série de caracteres quantitativos em híbridos simples de milho. Uma vez que nestes híbridos se tem a manifestação da heterose, as comparações entre híbridos simples provenientes de pais irradiados e não irradiados, poderão dar uma idéia de como os prováveis efeitos das irradiações, influenciaram em tal heterose.

Os outros objetivos, foram as verificações dos resultados de várias análises de importância, tais como: determinação dos efeitos maternal e recíproco, determinação dos efeitos da irradiação na variância, comparação entre as médias dos diversos tratamentos e a determinação da regressão entre a média de um caráter e o nível de irradiação.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - MUTAÇÕES EM CARACTERES QUANTITATIVOS

É prática comum entre os melhoristas, a distinção entre caracteres quantitativos e qualitativos. É bem conhecido que os princípios gerais da genética se aplicam a ambos os caracteres, certas particularidades no entanto, tornam útil tal distinção. Pensando nesta utilidade, é que os pesquisadores que trabalham com mutações, resolveram fazer classificação semelhante à citada, separando fenotipicamente, as mutações, em macro e micromutações.

GAUL (1961) denomina macromutações, ou grandes mutações, aquelas que podem ser reconhecidas com segurança em uma simples planta. Já as micromutações, ou pequenas mutações, somente podem ser detectadas em um grupo de plantas, por observação visual ou medições. GAUL (1965) reconhece que tal classificação obedece unicamente a propósitos práticos, pois a mudança no material genético parece ser a mesma, seja o efeito fenotípico grande ou pequeno.

Apesar da grande importância das micromutações, uma vez que elas afetam caracteres quantitativos, a literatura até 1955, demonstra que os trabalhos com mutações induzidas em plantas se concentraram principalmente na indução de macromutações. De fato, foi somente em 1955, através de GREGORY, que surgiu o primeiro trabalho bem planejado, pondo em evidência a importância das micromutações em pesquisas com mutações induzidas em plantas. Para se ilustrar a importância que podem ter estas micromutações, relacionadas com o presente trabalho, serão citadas algumas das várias pesquisas realizadas neste setor, e que utilizaram as mais diversas culturas.

GREGORY (1955) irradiou sementes de amendoim com 10, 16, 17,5, e 18,5 KR de raios-X. Plantou estas sementes e obteve plantas normais, provenientes de sementes não irradiadas, e plantas "aparentemente normais", porém provenientes de sementes irradiadas. Conduziu estas plantas, até a quarta geração de autofecundação. Das comparações entre estes dois tipos, observou que a variância genética entre as plantas "aparentemente normais", foi cerca de quatro vezes maior que entre as plantas normais, provenientes de sementes não irradiadas. Ainda mais, selecionando plantas dentre estas "aparentemente normais", obteve rendimentos maiores que o controle. Esta análise de médias e variâncias das produções, sugeriu ao autor, que diferenças multigênicas de pequenas magnitudes eram as responsáveis pela variação quantitativa observada. Para explicar os resultados obtidos, ele propôs então, que os efeitos ionizantes

das irradiações são polidirecionais e quantitativos na natureza, efetuando mudanças herdáveis no complexo sistema gênico. Isto é, mesmo que macromutações fossem induzidas, coincidentemente com estas mutações visíveis depois da irradiação, numerosas mudanças poligênicas ocorriam nos locos distribuídos em todo o genoma. Tais mudanças poderiam ser utilizadas para a indução de variabilidade em caracteres quantitativos. Muitos trabalhos procuraram seguir tal caminho, dada a grande importância econômica dos caracteres quantitativos.

OKA , HAYASHI e SHIOJIRI (1958) trabalhando com uma linha pura de arroz, obtida após diversas autofecundações de uma simples planta, irradiaram sementes com 6 e 12 KR de raios-X . Tais populações mais o controle, foram propagadas pelo método da população, até a quarta geração. Compararam plantas normais provenientes de sementes não irradiadas, com plantas "aparentemente normais" provenientes de sementes irradiadas, em relação a caracteres quantitativos tais como altura de plantas e época de cacheamento. Não notaram diferenças significativas nas médias, mas a variabilidade aumentou devido à irradiação, em ambas as direções. A interpretação dada, foi que mutações com maiores e menores e feitos ocorreram aproximadamente com iguais frequências. Além disso, calcularam o aumento na variância genética devido à irradiação. Na época do cacheamento, este aumento foi de 0,015 por 1.000 R , enquanto que para a altura das plantas a variância genética aumentou de 0,083 por 1.000 R .

RAWLINGS , HANWAY e GARDNER (1958) irradiaram sementes de duas variedades de soja, com cinco doses de neutrons térmicos, que variaram de $5,6 \times 10^{12}$ N th/cm² a $2,4 \times 10^{13}$ N th/cm² . Tais sementes, depois de plantadas constituíram a geração R₁ . Uma vez colhidas as sementes destas plantas, obtiveram a geração R₂ . Aplicando uma seleção nesta geração R₂ obtiveram a geração R₃ ; nesta última estimaram os ganhos esperados pela seleção, variâncias genéticas, médias e herdabilidades. Para isto, consideraram uma série de caracteres quantitativos como: altura de planta , época de maturação , produção , e peso de 100 grãos. Notaram estes autores que a irradiação não teve efeito sobre a altura média e época de maturação ; o peso médio de 100 grãos, no entanto, foi maior, em todos os tratamentos, que o correspondente controle. A irradiação diminuiu a produção em todos os casos. Concluíram também que as estimativas da variância genética nos tratamentos com irradiação foram em média, cinco vezes maior que no controle. Os ganhos genéticos previstos para a seleção, indicaram que um avanço podia ser esperado para todos os caracteres, com exceção da altura das plantas.

BURDICK e MUKAI (1958) , trabalharam com irradiação em Drosophila melanogaster , e neste caso, o caráter quantitativo analisado foi a viabilidade. Neste trabalho, deve-se destacar as baixas doses de raios-X empregadas, que foram: 0,03 , 0,067 , 0,075 , 0,1 , 0,15 e 0,3 KR . Apesar das baixas doses utilizadas, concluíram que as variâncias genéticas de todos os grupos irradiados eram maiores que as do controle. A viabilidade média, analisada para todas as populações irradiadas e o controle, foi aproximadamente a mesma, exceto para o grupo irradiado com 0,075 KR , onde a média foi significativamente maior que a do controle.

WILLIAMS e HANWAY (1961) utilizaram as mesmas populações de soja e doses de irradiação citadas no estudo anterior de RAWLINGS et al. (1958) . Somente que neste caso, os caracteres quantitativos analisados foram o teor de óleo e a proteína. Em uma das variedades, as porcentagens médias de óleo e proteína foram maiores no controle do que nos tratamentos com irradiação. Para a outra variedade a porcentagem de óleo não diferiu entre o controle e os tratamentos com irradiação, entretanto, para o tratamento com neutrons térmicos a porcentagem de proteína foi significativamente maior. Em todos os casos analisados contudo, o aumento da variância genética nas porcentagens de óleo e proteína, foi altamente significativo. Tal variância, para uma das variedades, foi cerca de 55 vezes maior que a do controle, para o teor de óleo, e cerca de 12 vezes maior para o teor de proteína. Para a outra variedade, estes aumentos de variabilidade foram de seis a oito vezes com relação ao controle. As herdabilidades observadas para estas características, foram cerca de cinco a 10 vezes maiores , com relação ao controle, para as populações irradiadas.

GAUL (1965) irradiou sementes de cevada ora com raios-X , ora com raios-gama, e as doses utilizadas foram de 15 , 17,5 , 20 e 40 KR . Uma vez irradiadas e plantadas tais sementes, elas foram propagadas, utilizando-se a terceira e quinta gerações, para uma série de comparações com populações não irradiadas. Foram feitas comparações entre plantas normais, provenientes de sementes não irradiadas e plantas "aparentemente normais" , isto é, sem mutações ou danos aparentes, porém, provenientes de sementes irradiadas. Os caracteres quantitativos utilizados foram produção e época de cacheamento. Para o rendimento, houve uma redução de cerca de 3 a 15% em relação ao controle, nas médias das populações irradiadas, enquanto que a variância genética aumentou de duas a seis vezes, para estas populações. Para a época de cacheamento, houve uma redução apenas ligeira na média das populações irradiadas, porém, a variân-

cia genética em tais populações aumentou cerca de duas a seis vezes, quando comparada com a do controle.

MIAH e YAMAGUCHI (1965) obtiveram um híbrido entre duas variedades de arroz, depois, irradiaram as sementes destas variedades e as sementes do híbrido, com 20 KR de raios-gama. Compararam, na terceira geração, as populações irradiadas e não irradiadas, para os seguintes caracteres quantitativos: comprimento e largura do grão, e qualidade do endosperma quanto a sua resistência à destruição por solução 1,8% de KOH. Em todos os casos analisados, o valor médio da população irradiada, com respeito ao tamanho do grão, foi quase o mesmo que o do controle, não irradiado, enquanto que a variância das populações irradiadas aumentou. Por outro lado, para a resistência do endosperma, as populações irradiadas mostraram um aumento na média e na variância.

SCOSSIROLI, PALENZONA e SCOSSIROLI - PELLEGRINI (1966) irradiaram sementes de trigo com 10 KR de raios-X. Compararam a segunda e terceira gerações de populações irradiadas e não irradiadas, para vários caracteres quantitativos tais como altura da planta, comprimento da espiga principal, produção e número de grãos por planta. Notaram que as médias das populações provenientes de sementes irradiadas eram menores que as do controle. As médias da segunda geração eram menores que as da terceira, quando comparadas com o controle. Em todos os casos analisados houve um aumento na variabilidade genética.

Como se percebe por todos os trabalhos citados, a variância genética dos caracteres quantitativos em questão sempre aumentou, enquanto que as médias apresentaram resultados inconsistentes, ora mantendo-se inalteradas, ora aumentando, ora diminuindo.

MULLER e JAMES (1961) fizeram um experimento demonstrando a razão da inconsistência ocorrida com a média dos caracteres quantitativos das populações irradiadas. Realizaram uma pesquisa, tomando como referência a taxa de crescimento de três linhagens diplóides de Saccharomyces cerevisiae. Tais linhagens diferiam quanto ao crescimento que apresentavam, sendo lento, intermediário ou rápido. As mesmas foram irradiadas com 200 ergs/mm^2 , usando-se uma lâmpada ultravioleta. Tal dose, havia anteriormente, produzido mutações recessivas letais em aproximadamente 16% das células. Comparando o crescimento entre as linhagens irradiadas e não irradiadas, concluíram que a velocidade média de crescimento era ou não alterada, conforme o "background" genético em questão. Isto é, a velocidade média do crescimento aumentava, diminuía ou mantinha-se inalterada, conforme o "background" genético da linhagem em questão.

EMERY , GREGORY e LOESCH (1964) em trabalho com amendoim, também demonstraram o efeito do "background" genotípico na expressão das mutações. Trabalharam com cinco mutantes morfológicos, induzidos por irradiação, em uma linhagem pura de amendoim. Sejam os mutantes representados por A , B , C , D , E , todos originários da linhagem pura F . Todos os mutantes foram cruzados entre si e também com a linhagem pura. Quaisquer diferenças no mutante A , segregado de diferentes famílias híbridas AB , AC , AD , AE , AF , seriam atribuídas aos diferentes "backgrounds" genéticos de B , C , D , E , F . Fazendo estas comparações, e analisando diversos caracteres quantitativos, tais como, rendimento , produção , altura e diâmetro do colmo, o autor notou diferenças estatísticas significativas nas médias observadas. Demonstrou ao mesmo tempo, que com uma simples mutação, todo o "background" genético é afetado, e que conforme tal "background" tem-se uma determinada influência na expressão do mutante.

2.2 - O EFEITO DE DOSES BAIXAS DE IRRADIAÇÃO EM PLANTAS

Como se percebe pelos trabalhos citados anteriormente, houve vários efeitos provocados pelas irradiações, em uma série de caracteres quantitativos. Tais efeitos foram observados a partir da segunda geração, e as doses utilizadas podem ser consideradas como relativamente altas, para aqueles organismos. Existe, entretanto, uma série de pesquisas que procuram esclarecer os efeitos de baixas doses de irradiação, em diversos caracteres quantitativos, na primeira geração, isto é, em plantas diretamente originadas de sementes irradiadas. Logo de início, pode-se dizer que tais trabalhos apresentaram resultados contraditórios. Uns concluem que baixas doses provocam estímulos, em caracteres quantitativos nas plantas de primeira geração. Outros concluem que tais estímulos não se verificaram. Não se enquadra diretamente, no presente trabalho, a discussão intensa de tais resultados ; entretanto, como a dose utilizada foi relativamente baixa, considera-se que algumas destas conclusões, devem ser citadas.

JOHNSON (1939) irradiou sementes de trigo com várias doses de raios-X , ou seja, 1 , 5 , 10 , 20 , 40 e 60 KR . Analisou a sobrevivência, crescimento e perfilhamento das plantas provenientes destas sementes irradiadas. Concluiu que as plantas com menores doses de irradiação, como 1 , 5 e 10 KR, não diferiam do controle, com relação à sobrevivência. Plantas provenientes de 1 e 5 KR , apresentaram altura e perfilhamento maiores que a do controle, o que também foi verificado para um dos experimentos feitos com 10 KR .

SMITH e KERSTEN (1942) irradiaram sementes de milho com baixas doses de raios-X, e observaram, em plantinhas com oito dias, os efeitos de tais doses sobre o crescimento das raízes. Verificaram que estas doses baixas provocaram decréscimo no comprimento da raiz, falta de raiz secundária e interrupção do crescimento, depois de um curto período de germinação.

SAX (1955) irradiou sementes de alface, repólho, cenoura, nabo, beterraba, com doses baixas de raios-X, especificamente, 1,5, 3, 6 e 18 KR, sendo que esta última dose, só foi empregada para o nabo. Analisou o rendimento das plantas provenientes de sementes irradiadas. Concluiu que as baixas doses não produziram estímulos na produção, para aquelas culturas.

YOUNIS, HAMMOUDA e HEGAZI (1962) irradiaram sementes de algodão, com baixas doses de raios-X, ou seja, 0,25, 0,5 e 1 KR. Analisaram o crescimento, frutificação e rendimento das plantas provenientes destas sementes irradiadas. Concluíram que um efeito estimulante foi observado em todos os caracteres, para todas as doses. A dose mais baixa, de 0,25 KR, foi a que provocou maior estímulo com respeito ao número de frutos formados e rendimento.

SUSS (1966) irradiou sementes de trigo, cevada, milho e tubérculos de batata com doses baixas de raios-gama, isto é, 0,001, 0,01, 0,1, 0,2 e 0,4 KR. Analisou a velocidade e desenvolvimento de germinação, o desenvolvimento de plantas jovens e os efeitos da irradiação no rendimento. Observou que os efeitos estimulantes variaram tanto dentro, como entre estas culturas. Assim é que, por exemplo, para o caso do trigo, a dose de 0,01 KR provocou um estímulo no crescimento em uma variedade, porém, não o provocou em outra. No milho, por exemplo, uma mesma variedade, com uma dose de 0,1 KR, mostrou efeitos estimulantes para a produção, em uma localidade; isto porém, não ocorreu em outra.

TAVCAR (1966) irradiou sementes de trigo, cevada e milho, com baixas doses de raios-gama, aplicando 0,75, 1, 2, 3, 4 e 5 KR. Concluiu que tais doses, conforme a cultura, poderiam estimular o crescimento das plantinhas, em suas folhas e raízes. Este estímulo não foi herdado, e foi observado em alguns genótipos somente. Doses que estimularam o crescimento de plantinhas de um genótipo, não estimularam o crescimento de outros genótipos. Também concluiu que um genótipo poderia ter somente uma dose estimulante, e outro genótipo duas doses ou mais.

2.3 - O EFEITO HETERÓTICO DE MUTAÇÕES

Sabe-se que muitos melhoristas, não se interessaram pela utilização de mutações induzidas, porque estas, à semelhança das espontâneas, eram quase sempre prejudiciais em seus efeitos sobre o fenótipo. Entretanto, alguns trabalhos demonstraram que, mesmo tendo um efeito prejudicial no fenótipo, certas mutações naturais ou induzidas podem apresentar certo valor, quando no estado heterozigótico, ou quando em cruzamentos com outras plantas, mutadas ou não. Devido à natureza do presente trabalho, considera-se que alguns destes resultados devem ser apresentados.

KARPER (1930) obteve, de uma linhagem pura de sorgo com várias autofecundações, um gene mutante natural recessivo, que dava deficiência para clorofila. Comparou o genótipo normal heterozigótico para a mutação, com o normal homozigótico, em relação a certos caracteres como, altura de planta, época de florescimento e produção. Notou que as plantas heterozigóticas excediam as homozigóticas, para os caracteres altura e produção.

SINGLETON (1943) obteve um mutante natural para a forma semi-anã, de uma linhagem de milho doce. Tal mutante era semelhante em tudo à linhagem original, com excessão da altura; convém ressaltar que tal caráter é determinado por um único gene recessivo. O mutante e a linhagem original foram cruzados com outras linhagens. Os híbridos provenientes do cruzamento com o mutante, produziram em certos casos, significativamente mais que os provenientes dos cruzamentos com a linhagem original. Concluiu que aparentemente, estava frente a um verdadeiro fator heterótico, o qual provocava um aumento de vigor em híbridos, embora a linhagem mutada por si mesma seja muito reduzida em tamanho.

SINGLETON (1947), ainda em trabalho com o mutante semi-anão, fez cruzamentos da linhagem original com o mutante. Alguns cruzamentos entre a linhagem original e o mutante, mostraram considerável heterose. Diz o autor que, aparentemente, deviam também ter ocorrido mutações em fatores afetando a capacidade de combinação.

JONES (1945) trabalhou com cinco mutantes espontâneos de milho. Todos os mutantes reduziam a taxa de crescimento de alguma maneira e foram classificados como mudanças degenerativas. Quando tais linhagens mutantes foram cruzadas com linhagens normais das quais se originaram, mostraram uma surpreendente alta heterose. Para a produção de grãos esta heterose variou de 3 a 104% em relação ao pai mais produtivo, e para a altura do colmo, de 0 a 9% em rela-

ção ao pai mais alto. Quando êstes mutantes foram cruzados com linhagens geneticamente não relacionadas, não houve redução no rendimento da descendência.

GUSTAFSSON (1946) trabalhou com mutantes espontâneos de cevada. As mutações eram deletérias, devido à ausência de clorofila, e compreendiam um único gene recessivo. Comparando o heterozigoto e o homozigoto para a mutação de clorofila, para vigor e germinação, notou que houve uma heterose monogênica, nos heterozigotos.

GUSTAFSSON (1947) ainda, em trabalho com mutantes espontâneos de cevada para a produção de clorofila, combinou duas mutações recessivas numa só planta. Comparou plantas normais homozigóticas, $AA\ BB$, com plantas normais heterozigóticas, que levavam estas mutações, ou seja $Aa\ Bb$. Os caracteres utilizados para as comparações foram: o número de espigas por planta, o peso por planta e o número de grãos. Notou que quando as plantas eram do genótipo $Aa\ Bb$, houve um pronunciado efeito heterótico, em relação ao tipo normal $AA\ BB$, para êstes caracteres.

SCHULER (1954) trabalhou com mutações espontâneas em linhagens de milho. Tinha 12 mutantes diferentes sendo que em cada um, a mutação envolveu somente um loco. Fez os cruzamentos dos 12 mutantes com os tipos parentais originais. Comparou os genótipos heterozigóticos, provenientes dêstes cruzamentos, com os genótipos homozigóticos dos pais. Uma série de caracteres quantitativos foi analisado, compreendendo: a altura de planta, o número de sementes, o peso total da espiga, o número de fileiras e o comprimento de espiga. Em alguns casos não houve supremacia dos heterozigotos, em outros, uma ligeira supremacia, mas houve mutantes onde os heterozigotos foram distintamente superiores em todos ou quase todos atributos. Demonstrou além do mais, através de determinados cruzamentos, que os efeitos heteróticos aparentes de um simples loco, na verdade, eram devidos a um número indeterminado de locos em heterozigose.

SCHULER e SPRAGUE (1956) trabalharam com oito mutantes espontâneos de linhagens de milho. Cruzaram plantas normais homozigóticas com plantas normais heterozigóticas para a mutação, com três linhagens não relacionadas. Analisaram caracteres quantitativos, tais como, a produção, o número de fileiras e o comprimento de espiga. Sem exceção, os híbridos provenientes das plantas heterozigóticas para a mutação, não produziram mais que os provenientes de linhagens homozigóticas. Mas para outros atributos, os heterozigotos, ocasionalmente, excederam os homozigotos.

2.4 - CRUZAMENTO ENTRE PLANTAS PROVENIENTES DE SEMENTES IRRADIADAS E SEUS POSSÍVEIS EFEITOS NA HETEROSE

Os trabalhos citados anteriormente demonstraram que, ao se irradiar sementes, pode surgir, em todo o genoma, uma série de efeitos, mesmo que não surjam mutações visíveis. Alguns destes efeitos foram classificados como micromutações. Estas micromutações podem aumentar, diminuir, ou mesmo não alterar a média de uma série de caracteres quantitativos, tudo dependendo das circunstâncias. Quando a média é diminuída, estas micromutações podem ser classificadas como deletérias.

Alguns exemplos foram citados, em que mesmo sendo deletérias as mutações, havia um efeito heterótico. A heterose manifestava-se nos indivíduos heterozigotos para a mutação ou naqueles obtidos de cruzamentos entre um mutante e outras plantas, quer sejam mutadas ou não.

De acordo com tais dados, pode-se pensar nos possíveis efeitos sobre a heterose que se manifestam, quando se cruzam plantas "aparentemente normais", porém, provenientes de sementes irradiadas, como foi o caso do presente trabalho. A literatura entretanto, não cita muitos casos de trabalhos semelhantes.

O que alguns autores têm feito, é irradiarem sementes de duas variedades e também o híbrido destas duas variedades, como no trabalho de MIAH e YAMAGUCHI (1965) citado anteriormente.

Há ainda uma outra linha de pesquisa que tem sido seguida, e que julga-se de importância citar. É a em que se tenta quebrar a barreira de incompatibilidade em cruzamentos interespecíficos, ou mesmo entre gêneros diferentes, através de irradiação. Um destes trabalhos que pode ser citado, é o de TANAKA (1957). Tal autor tratou grãos de pólen de espécies de Nicotiana com várias doses de raios-X (0 - 0,6 KR) e polinizou os estigmas das várias espécies para revelar a influência de raios-X em cruzamentos interespecíficos. Por exemplo, no cruzamento Nicotiana tabacum (mãe) x Nicotiana glauca (pai), os resultados demonstraram que houve um aumento no número de sementes viáveis produzidas, quando o pólen era irradiado. Também aumentou o número de cápsulas, número de sementes por cápsula e peso por cápsula. Estes aumentos alcançaram um máximo entre as doses de 4,8 a 9,6 KR.

DAVIES e WALL (1961) trabalharam com espécies dos gêneros Lycopersicon, Antirrhinum, Hordeum, Trifolium, Vicia e Brassica, em que o cruzamento interespecífico não era possível, devido a barreiras de incompatibilidade.

Plantas de duas espécies possuindo flores em todos os estágios de desenvolvimento, foram irradiadas com diversas doses de raios-gama. Os seguintes cruzamentos, foram feitos, envolvendo duas espécies, A e B .

Pai	x	Mãe	
A ₀	x	B ₀	
A _I	x	B ₀	A ₀ - espécie A sem irradiação
A ₀	x	B _I	B ₀ - espécie B sem irradiação
B ₀	x	A ₀	A _I - espécie A com irradiação
B _I	x	A ₀	B _I - espécie B com irradiação
B ₀	x	A _I	

Estes autores concluíram que no cruzamento Brassica oleracea x Brassica nigra, a técnica foi eficiente e muitos híbridos, diplóides e triplóides, foram produzidos. Verificaram, ainda, que haviam diferenças entre os cruzamentos recíprocos. Se determinada espécie era usada como pai ou mãe, os híbridos produzidos eram diplóides ou triplóides.

REUSCH (1960) verificou os efeitos dos raios-gama em cruzamentos entre Lolium perenne e Festuca pratensis. Deve-se lembrar que normalmente, nenhuma semente germina se Festuca pratensis é usada como mãe, mas se Lolium perenne é usada como mãe, algumas sementes podem germinar. Neste trabalho as inflorescências foram irradiadas sete dias antes da antese, com 0,25 , 0,5 , 1 , 2 e 3 KR , tendo sido feitos os cruzamentos entre as espécies irradiadas e não irradiadas, bem como os recíprocos. Os resultados demonstraram que houve uma quebra na barreira de hibridação, que foi medida anotando-se o número de sementes e a viabilidade das sementes produzidas. Tal quebra variou conforme a dose empregada. Deve-se notar também que, obtiveram-se sementes viáveis quando Festuca pratensis foi usada como mãe, porém somente quando polinizada com pólen de Lolium perenne irradiado.

Há trabalhos como o de LOESCH (1964) já citado, em que se fizeram cruzamentos entre mutantes morfológicos, obtidos através de irradiação. Na mesma linha de pesquisa, citam-se os trabalhos de GREGORY (1961) com amendoim e GOTTSCHALK (1970) , com ervilhas. Estes autores cruzaram mutantes específicos para determinados caracteres, e analisaram as influências nos descendentes, para uma série de caracteres quantitativos.

Em um experimento preliminar, TULMANN e ANDO (1969) citam resultados dos cruzamentos entre duas linhagens de milho, "aparentemente normais", porém provenientes de sementes irradiadas. Uma série de caracteres quantitativos foram analisados, como a altura das plantas, a sobrevivência, a produção, o diâmetro e o comprimento das espigas e dimensões dos grãos. Houve diferenças significativas para algumas destas características, quando se compararam os híbridos provenientes de linhagens irradiadas com linhagens não irradiadas. Para a produção, por exemplo, verificou-se que houve um aumento de 6,2% nos híbridos provenientes de duas linhagens irradiadas.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - MATERIAL

Neste estudo foram utilizadas sementes de duas linhagens homozigóticas de milho, obtidas da Seção de Cereais do Instituto Agrônomo de Campinas. Uma das linhagens empregadas é de milho dentado, a outra de milho duro, originalmente com 10 e 13 gerações de autofecundação, respectivamente. Tais linhagens já haviam sido utilizadas para um experimento preliminar. Para o presente trabalho, portanto, foi necessária uma autofecundação adicional, para fins de multiplicação de sementes. Utilizou-se portanto a linhagem dentada com 11, e a de milho duro com 14 gerações de autofecundação, no total.

3.2 - MÉTODOS

3.2.1 - Determinação do Teor de Água nas Sementes

Antes da irradiação, foi feita a determinação do teor de umidade das sementes das duas linhagens. O método utilizado foi o da secagem das sementes em estufa, a 90°C. As sementes foram pesadas após determinados períodos que variaram de 12 a 24 horas, até que fôsse constatado peso constante, o que se verificou após 100 horas. A diferença entre o peso inicial e o peso final, após a secagem em estufa, das sementes das duas linhagens, foi considerada como sendo a água livre das sementes. A partir deste valor, foi calculada a porcentagem de umidade para as duas linhagens.

3.2.2 - Determinação da Dose de Irradiação a ser Utilizada

Para a determinação da dose a ser utilizada, em 1966, as sementes das duas linhagens foram irradiadas com 0,5, 1, 2, 5, 10 e 15 KR (0,36 KR/min.) de raios-gama do reator do Instituto de Energia Atômica (IEA) da Universidade de São Paulo. Imediatamente após a irradiação, as sementes foram submersas em água até a semeadura. A semeadura foi feita em caixas coletivas de madeira com 60 x 40 x 10 cm., que foram mantidas em uma das casas de vidro do Instituto de Genética, em Piracicaba. Em cada caixa, foram semeadas 100 sementes. O efeito da irradiação gama foi analisado, anotando-se a taxa de germinação (tomada aos sete dias), taxa de sobrevivência (tomada aos quatorze dias) e altura das plantinhas (tomada aos quatorze dias). Estes valores foram calculados em relação ao controle, não irradiado, que foi considerado como sendo igual a 100,0.

A determinação da taxa de sobrevivência foi baseada no número de plântulas sobreviventes, dentre as sementes que germinaram. Foi medida a altura de todas as plântulas que sobreviveram.

3.2.3 - Híbridos Simples e Linhagens Empregadas

Uma vez escolhida a dose a ser utilizada, as sementes das linhagens foram irradiadas com esta dose. Desta vez, as irradiações utilizadas foram raios-gama da fonte de Co^{60} , do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) em Piracicaba. Irradiaram-se 250 sementes de cada linhagem com tal dose, que foi de 3,7 KR (0,116 KR/min.). Para maior garantia da coincidência de florescimento, necessária para os cruzamentos, foram feitas duas irradiações, com a mesma dose. No dia cinco de dezembro de 1968, fez-se a primeira irradiação, após o que submergiram-se as sementes em água. As linhagens tratadas e não tratadas foram semeadas no campo do Instituto de Genética, no dia seguinte. No dia doze de dezembro, fez-se a segunda irradiação, e como no caso anterior, semou-se no dia seguinte. Portanto as linhagens utilizadas, nestes dois casos foram:

- F_0 : linhagem de milho duro não irradiada
- F_R : linhagem de milho duro irradiada
- D_0 : linhagem de milho dentado não irradiada
- D_R : linhagem de milho dentado irradiada.

Em fevereiro de 1969, após o florescimento das linhagens não irradiadas e irradiadas, fez-se uma série de cruzamentos (incluindo-se os recíprocos) e autofecundações, de tal modo que se obteve um conjunto de cruzamentos dialélicos entre estas linhagens. Obtiveram-se desta maneira, os 16 tratamentos seguintes, que foram utilizados no presente estudo:

Linhagens obtidas por autofecundação:

D_0	F_0
D_R	F_R

Cruzamentos entre linhagens irradiadas e não irradiadas, ou seja:

Maternal	x	Paternal	Maternal	x	Paternal
D_R	x	D_0	F_R	x	F_0
D_0	x	D_R	F_0	x	F_R

Híbridos simples obtidos de cruzamentos, como segue:

Maternal		Paternal		Maternal		Paternal
F_0	x	D_R		D_0	x	F_R
D_R	x	F_0		F_R	x	D_0
F_R	x	D_R		F_0	x	D_0
D_R	x	F_R		D_0	x	F_0

Foram portanto obtidas: sementes de híbridos simples provenientes de linhagens não irradiadas (D_0F_0 e F_0D_0), de híbridos simples provenientes de apenas uma linhagem irradiada (D_0F_R , F_RD_0 , D_RF_0 e F_0D_R), e de híbridos simples provenientes de duas linhagens irradiadas (D_RF_R e F_RD_R). Através de autofecundação, foram obtidas sementes de linhagens não irradiadas (D_0 e F_0) e de linhagens irradiadas (D_R e F_R). Finalmente, obtiveram-se também, sementes de linhagens, originadas de cruzamento onde somente as plantas paternas ou maternas foram provenientes de sementes irradiadas (D_RD_0 , F_RF_0 , D_0D_R e F_0F_R).

3.2.4 - Delineamento Experimental

Os híbridos simples e linhagens, que constituíram os tratamentos anteriormente citados, foram plantados em um ensaio no ano agrícola de 1969/70 na Fazenda Taquaral, em Piracicaba. Tal ensaio foi constituído de 16 tratamentos, dispostos em lâtigo quadrado balanceado, 4 x 4, com 10 repetições, ou seja, com dois conjuntos de cinco repetições ortogonais. Cada repetição ocupou um bloco compacto de modo a permitir também uma análise como blocos ao acaso. Cada parcela foi constituída de quatro fileiras com 5,2 m. de comprimento cada uma, sendo o espaçamento entre fileiras de 1,0 m.; além disso, cada parcela foi separada da outra por 0,5 m. As sementes foram plantadas manualmente, colocando-se três sementes cada 0,20 m.; após o desbaste, deixou-se uma planta cada 0,20 m. Para se evitar a possível influência da competição entre híbridos e linhagens, as duas fileiras laterais foram consideradas bordaduras, trabalhando-se com as duas fileiras centrais. As quatro plantas das extremidades destas fileiras também foram consideradas bordaduras. Desta maneira, estas duas fileiras centrais compreenderam um total de 48 plantas úteis, quando da instalação do ensaio. Um esquema geral do experimento pode ser visto na Tabela 1.

3.2.5 - Caracteres Medidos

A seguir é dado o conjunto de caracteres medidos em tôdas as parcelas:

- 1 - Sobrevivência por ocasião da colheita;
- 2 - Altura das plantas;
- 3 - Número de espigas por planta;
- 4 - Comprimento da espiga principal;
- 5 - Número de fileiras da espiga principal;
- 6 - Diâmetro da espiga principal;
- 7 - Produção total das espigas despalhadas;
- 8 - Pêso de 100 grãos;
- 9 - Número de grãos.

Com exceção da sobrevivência, todos êstes dados foram tomados apenas nas plantas competitivas das parcelas.

Consideraram-se como sobreviventes, todas as plantas que permaneceram no campo até a colheita, contendo ou não espiga.

Calculou-se a porcentagem de sobrevivência de cada parcela, em relação a um "stand" de 48 plantas, esta porcentagem foi transformada para $\text{arc sen } \sqrt{\text{porcentagem}}$, para fins de análise estatística.

Quanto ao número de espigas, foi anotado o número de primeiras e segundas espigas, para cada parcela. Estes valores foram ajustados para um "stand" de 50 plantas, e transformados com o emprêgo da raiz quadrada, quando analisados estatisticamente. A altura das plantas, em metros, foi medida do solo até a inserção da última fôlha. Utilizou-se, para esta medição, uma régua graduada de centímetro em centímetro.

A colheita foi feita tomando-se, de cada parcela, as primeiras espigas das plantas competitivas, que foram reunidas e levadas ao laboratório. Quando havia mais de uma espiga por planta, adotou-se o mesmo processo.

Não foram feitas anotações do comprimento da espiga em espigas com pontas quebradas, nem do número de fileiras e diâmetro de espiga, em espigas mal granadas, que impossibilitavam estas anotações.

Quando da pesagem, fêz-se a determinação da umidade média dos grãos com o aparelho "Steinlite". A partir da umidade média, todos os valores referentes a pêso foram corrigidos para uma umidade constante de 15,5%.

A produção de cada parcela foi ajustada para um "stand" de 50 plantas, o que foi feito através de uma regra de três, com a produção e número de plantas que se obteve, de cada parcela.

O número de grãos foi baseado no peso de 100 grãos, e foi calculado, tomando-se a produção de cada parcela multiplicada por 100 e dividida pelo peso destes 100 grãos, desta parcela.

3.2.6 - Análise do Látice Quadrado Balanceado

A análise do látice quadrado balanceado, 4×4 , com 10 repetições, utilizado neste experimento, foi feita de acordo com o sugerido por COCHRAN e COX (1957). Como citam os autores, em um látice quadrado balanceado, o número de tratamentos deve ser um quadrado exato. Dentro de cada repetição, os k^2 tratamentos, são arranjados em um plano em um quadrado $k \times k$. O método de agrupar os tratamentos em linhas e colunas, que variam nas sucessivas repetições, é tal que as médias dos tratamentos podem ser ajustadas para diferenças entre linhas e colunas de cada quadrado. Este modo de agrupamento pode ser visto na Tabela 1. Assim sendo, além de possibilitar o controle do efeito de repetições, o delineamento permite um duplo controle dentro de cada repetição. Assim é que além do valor de F para os tratamentos, a análise de variância fornece o valor de F para as linhas e colunas dando estes valores, uma informação sobre a necessidade ou não do agrupamento dos tratamentos em linhas e colunas.

Para cada caráter também foi calculado o coeficiente de variação e a eficiência do látice em relação à análise em blocos ao acaso.

Como se percebe através desta exposição, o método, que na verdade é de análise algo complicada, pode ser bastante eficiente para a detecção de pequenas diferenças entre os tratamentos. No presente trabalho eram de se esperar diferenças pequenas entre as médias dos tratamentos, portanto, julgou-se adequado este tipo de delineamento apesar das relativas dificuldades que traz na análise dos dados.

3.2.7 - Determinação dos Efeitos Maternal e Recíproco

Como se disse anteriormente, foram feitos todos os cruzamentos possíveis entre as duas linhagens irradiadas (D_R e F_R) e não irradiadas (D_0 e F_0). Desta maneira, obteve-se um sistema de cruzamentos em dialélico que resultou num total de 16 tratamentos, como se pode observar pela tabela seguinte:

Genitor Paterno	Genitor Materno			
	D _O	D _R	F _O	F _R
D _O	D _O	D _O D _R	D _O F _O	D _O F _R
D _R	D _R D _O	D _R	D _R F _O	D _R F _R
F _O	F _O D _O	F _O D _R	F _O	F _O F _R
F _R	F _R D _O	F _R D _R	F _R F _O	F _R

Como se dispõe de todos os cruzamentos entre as quatro linhagens parentais, pode-se determinar se houve ou não efeito maternal (efeito manifestado pelos descendentes, devido à constituição materna, e independente da constituição paterna) e efeito recíproco (diferenças notadas em cruzamentos recíprocos, que não são explicadas pelo efeito maternal).

COCKERHAM (1963) expõe uma maneira que permite a determinação da significância dos efeitos maternal e recíproco, em um experimento em dialélico, que inclui os cruzamentos recíprocos e exclui as linhagens parentais. Resolveu-se utilizar este método para a verificação dos possíveis efeitos maternal e recíproco entre os diferentes cruzamentos efetuados neste experimento. Foi feita, então, a análise de verificação, da maneira sugerida, para os diversos caracteres. Para isto foram excluídas, dos cálculos, as linhagens parentais D_O, D_R, F_O e F_R, trabalhando-se com as médias dos cruzamentos restantes.

3.2.8 - Determinação dos Efeitos da Irradiação na Variância dos Caracteres

Como se pode observar através da Revisão Bibliográfica, muitos trabalhos indicaram que houve alterações nas variâncias de populações provenientes de sementes irradiadas. Geralmente, estes trabalhos mostraram um aumento nas variâncias das populações provenientes de sementes irradiadas. Resolveu-se portanto verificar se existiram estes efeitos, sobre as variâncias de alguns caracteres, nos híbridos e linhagens que constituíram o presente experimento. Para que este estudo fosse completo, deveria ser analisado, se houve ou não este aumento na variância, nos diversos tratamentos, nos nove caracteres quantitativos em questão.

Isto entretanto, não foi possível, e na verdade, só foram analisadas as variâncias médias entre plantas dentro das parcelas, para os caracteres altura das plantas, diâmetro, comprimento e número de fileiras das espigas.

A determinação da significância dos efeitos da irradiação na variância média, foi feita pelo teste F, através da expressão:

$$F = \frac{\text{Variância média do tratamento com irradiação}}{\text{Variância média do tratamento sem irradiação}}$$

Desta maneira, foram calculados os valores de F para os seguintes casos:

$$1 - F = \frac{\text{Variância média de } \overline{D_{R^2}^F}}{\text{Variância média de } \overline{D_{O^2}^F}}$$

$$2 - F = \frac{\text{Variância média de } \overline{D_{R^2}^F}}{\text{Variância média de } \overline{D_{O^2}^F}}$$

$$3 - F = \frac{\text{Variância média de } \overline{D_{O^2}^F}}{\text{Variância média de } \overline{D_{O^2}^F}}$$

As variâncias acima, correspondem pois, às variâncias médias dos diferentes híbridos simples envolvidos, inclusive os seus recíprocos, isto é:

Variância média de $\overline{D_{R^2}^F}$ = variância média dentro das parcelas, para as 10 repetições do híbrido $D_{R^2}^F$ e as 10 repetições de seu recíproco $F_{R^2}^D$.

Variância média de $\overline{D_{R^2}^F}$ = variância média dentro das parcelas, para as 10 repetições do híbrido $D_{R^2}^F$ e as 10 repetições de seu recíproco $F_{O^2}^D$.

Variância média de $\overline{D_{O^2}^F}$ = variância média dentro das parcelas, para as 10 repetições do híbrido $D_{O^2}^F$ e as 10 repetições de seu recíproco $F_{R^2}^D$.

Variância média de $\overline{D_{O^2}^F}$ = variância média dentro das parcelas, para as 10 repetições do híbrido $D_{O^2}^F$ e as 10 repetições de seu recíproco $F_{O^2}^D$.

$$4 - F = \frac{\text{Variância média de } D_R}{\text{Variância média de } D_0}$$

$$5 - F = \frac{\text{Variância média de } \overline{D_R D_0}}{\text{Variância média de } D_0}$$

$$6 - F = \frac{\text{Variância média de } F_R}{\text{Variância média de } F_0}$$

$$7 - F = \frac{\text{Variância média de } \overline{F_R F_0}}{\text{Variância média de } F_0}$$

As variâncias acima correspondem pois, às variâncias médias entre as plantas para os tratamentos envolvendo as linhagens, e em certos casos, também os recíprocos, como:

Variância média de $\overline{D_R D_0}$ = variância média dentro das parcelas, para as 10 repetições do tratamento $D_R D_0$ e as 10 repetições de seu recíproco $D_0 D_R$.

Variância média de $\overline{F_R F_0}$ = variância média dentro das parcelas, para as 10 repetições do tratamento $F_R F_0$ e as 10 repetições de seu recíproco $F_0 F_R$.

3.2.9 - Comparações entre as Médias dos Diversos Tratamentos

Observou-se, através da bibliografia citada, que houve alterações nas médias de uma série de caracteres quantitativos, em populações provenientes de sementes irradiadas. Estas médias aumentaram, permaneceram inalteradas, ou diminuíram, quando comparadas com o correspondente controle, sem irradiação. Para se verificar se estas modificações ocorreram, uma série de comparações foram efetuadas pelo teste t , com as médias de diversos tratamentos, para todos os caracteres analisados neste experimento.

Foram feitas as seguintes comparações:

- 1 - Média do tratamento D_0 vs média do tratamento D_R
- 2 - Média do tratamento F_0 vs média do tratamento F_R

- 3 - Média dos tratamentos $\overline{D_O F_O}$ vs média dos tratamentos $\overline{D_R F_R}$
- 4 - Média dos tratamentos $\overline{D_O F_O}$ vs média dos tratamentos $\overline{D_O F_R}$
- 5 - Média dos tratamentos $\overline{D_O F_O}$ vs média dos tratamentos $\overline{D_R F_O}$

Nas comparações, foram utilizadas as médias ajustadas para efeitos de linhas e colunas, de acordo com a metodologia apropriada para látice quadrado balanceado. Para os tratamentos envolvendo os híbridos, foram agrupadas as médias dos recíprocos. Desta forma, as médias acima representam:

$$\text{média de } \overline{D_O F_O} = \frac{\text{média de } D_O F_O + \text{média de } F_O D_O}{2}$$

$$\text{média de } \overline{D_R F_R} = \frac{\text{média de } D_R F_R + \text{média de } F_R D_R}{2}$$

$$\text{média de } \overline{D_O F_R} = \frac{\text{média de } D_O F_R + \text{média de } F_R D_O}{2}$$

$$\text{média de } \overline{D_R F_O} = \frac{\text{média de } D_R F_O + \text{média de } F_O D_R}{2}$$

3.2.10 - Regressão entre a Média de um Caráter e o Nível de Irradiação

Como se pôde verificar, o experimento foi constituído de tratamentos provenientes de sementes não irradiadas ($D_O F_O$, $F_O D_O$, D_O e F_O), provenientes de sementes em que apenas um dos pais foi irradiado ($D_O F_R$, $F_R D_O$, $D_R F_O$, $F_O D_R$, $D_O D_R$, $D_R D_O$, $F_O F_R$ e $F_R F_O$), e de sementes em que os dois pais foram irradiados ($D_R F_R$, $F_R D_R$, D_R e F_R). Resolveu-se, então, verificar se as médias dos tratamentos envolvendo híbridos, linhagens de milho duro e dentado, obedeciam uma tendência linear ou quadrática, considerando-se estes três casos: pais não irradiados, um só pai irradiado e dois pais irradiados. Para isto, determinou-se a regressão linear e quadrática, em todos os caracteres analisados, utilizando-se as médias ajustadas obtidas da análise do látice, da maneira como segue:

Nível de Irradiação	Híbridos	Linhagem de milho duro	Linhagem de milho dentado
Pais não irradiados	m_1	m_4	m_7
Um pai irradiado	m_2	m_5	m_8
Dois pais irradiados	m_3	m_6	m_9

Sendo que:

$$m_1 = \frac{\text{média de } D_0 F_0 + \text{média de } F_0 D_0}{2}$$

$$m_2 = \frac{\text{média de } D_0 F_R + \text{média de } F_R D_0 + \text{média de } D_R F_0 + \text{média de } F_0 D_R}{2}$$

$$m_3 = \frac{\text{média de } D_R F_R + \text{média de } F_R D_R}{2}$$

$$m_4 = \text{média de } D_0$$

$$m_5 = \frac{\text{média de } D_0 D_R + \text{média de } D_R D_0}{2}$$

$$m_6 = \text{média de } D_R$$

$$m_7 = \text{média de } F_0$$

$$m_8 = \frac{\text{média de } F_0 F_R + \text{média de } F_R F_0}{2}$$

$$m_9 = \text{média de } F_R$$

A determinação da significância da regressão linear e quadrática, foi feita através do teste t , por meio da expressão geral:

$$t = \frac{\hat{Y}}{\sqrt{V(\hat{Y})}}$$

Sendo que para a regressão linear, \hat{Y} representou o contraste entre as médias extremas, como por exemplo para os híbridos: $\hat{Y} = m_1 - m_3$, e para a regressão quadrática $\hat{Y} = m_1 - 2(m_2) + m_3$. O teste deste último contraste permite avaliar a magnitude do desvio devido à regressão quadrática.

Conforme a significância da regressão linear e quadrática, podem-se fazer inferências a respeito das médias envolvidas. Por exemplo, se a regressão linear for não significativa, isto indica que a média dos tratamentos extremos não diferem estatisticamente, não obedecendo a nenhuma tendência linear. Por outro lado, se a regressão quadrática for não significativa, a média do tratamento intermediário não difere, estatisticamente, das médias dos tratamentos extremos.

3.2.11 - Determinação dos Efeitos da Irradiação na Heterose

A determinação dos possíveis efeitos da irradiação na heterose dos diversos híbridos simples, obtidos do cruzamento entre linhagens irradiadas (D_R e F_R) e não irradiadas (D_0 e F_0), foi feita pelo teste t , comparando-se as heteroses manifestadas pelos híbridos em questão.

A estimação da heterose, para cada tipo de híbrido simples, foi feita a partir da expressão:

$$\text{heterose } (\overline{AB}) = \overline{AB} - \frac{A + B}{2}$$

Sendo A e B as médias das linhagens parentais e \overline{AB} a média dos híbridos simples obtidos com estas linhagens, isto é,

$$\overline{AB} = \frac{\text{média de } AB + \text{média de } BA}{2}$$

sendo AB o híbrido simples no qual a linhagem A foi usada como genitor masculino e B como genitor feminino, e BA o recíproco.

Desta maneira, puderam ser estimadas as seguintes heteroses:

$$\text{heterose } (\overline{D_R F_R}) = \overline{D_R F_R} - \frac{D_R + F_R}{2}$$

$$\text{sendo } \overline{D_R F_R} = \frac{\text{média de } D_R F_R + \text{média de } F_R D_R}{2}$$

$$\text{heterose } (\overline{D_O F_R}) = \overline{D_O F_R} - \frac{D_O + F_R}{2}$$

$$\text{sendo } \overline{D_O F_R} = \frac{\text{m\u00e9dia de } D_O F_R + \text{m\u00e9dia de } F_R D_O}{2}$$

$$\text{heterose } (\overline{D_R F_O}) = \overline{D_R F_O} - \frac{D_R + F_O}{2}$$

$$\text{sendo } \overline{D_R F_O} = \frac{\text{m\u00e9dia de } D_R F_O + \text{m\u00e9dia de } F_O D_R}{2}$$

$$\text{heterose } (\overline{D_O F_O}) = \overline{D_O F_O} - \frac{D_O + F_O}{2}$$

$$\text{sendo } \overline{D_O F_O} = \frac{\text{m\u00e9dia de } D_O F_O + \text{m\u00e9dia de } F_O D_O}{2}$$

Uma vez estimadas as heteroses, foram feitas as seguintes compara\u00e7\u00f5es entre elas:

- 1 - heterose $(\overline{D_R F_R})$ vs heterose $(\overline{D_O F_O})$
- 2 - heterose $(\overline{D_O F_R})$ vs heterose $(\overline{D_O F_O})$
- 3 - heterose $(\overline{D_R F_O})$ vs heterose $(\overline{D_O F_O})$

No primeiro caso, comparou-se a heterose do h\u00edbrido simples proveniente de duas linhagens irradiadas, com a heterose do h\u00edbrido simples proveniente de duas linhagens n\u00e3o irradiadas.

No segundo caso, comparou-se a heterose do h\u00edbrido simples em que foi irradiada apenas a linhagem parental de milho duro, com a heterose do h\u00edbrido proveniente de duas linhagens n\u00e3o irradiadas.

No terceiro caso, comparou-se a heterose do h\u00edbrido simples em que foi irradiada apenas a linhagem parental de milho dentado, com a heterose do h\u00edbrido proveniente de duas linhagens n\u00e3o irradiadas.

4 - RESULTADOS

4.1 - DETERMINAÇÃO DO TEOR DE ÁGUA NAS SEMENTES DAS LINHAGENS

Calculada a porcentagem de umidade das sementes, verificou-se que o teor de umidade na linhagem de milho duro foi de 7,00 % , e na linhagem dentada de 6,97 % . Estes resultados indicam que a porcentagem de umidade das linhagens, pode ser considerada como praticamente semelhante. Desta maneira, se as linhagens apresentassem radiosensitividade diferente, a porcentagem de umidade não poderia ser apontada como uma das causas desta diferença.

4.2 - DETERMINAÇÃO DA DOSE DE IRRADIAÇÃO A SER UTILIZADA

Os resultados da germinação, sobrevivência e altura das plântulas das duas linhagens, irradiadas e não irradiadas, encontram-se na Tabela 2 .

Pode-se verificar, pela observação dos efeitos provocados pela dose mais alta (15 KR) , que de uma maneira geral, as linhagens se comportaram de maneiras diferentes. Entretanto, verificando-se este comportamento, para as outras doses, quanto a germinação e sobrevivência, observa-se que estes valores , não permitem uma clara distinção dos efeitos da irradiação. De fato, para os três caracteres analisados, a altura das plântulas foi em que se observou maiores efeitos da irradiação. Principalmente para a linhagem de milho dentado, obteve-se de maneira geral, o decréscimo gradual na altura das plântulas, à medida que se aumentou a dose de raios-gama (Figura 1) . Por estas razões, resolveu-se mudar o critério inicial, adotando-se outro, para a escolha da dose. Escolheu-se a dose que causou 5% de decréscimo na altura da linhagem de milho dentado. Desta maneira, obteve-se graficamente, a dose de 3,7 KR , que foi utilizada para a irradiação das duas linhagens.

4.3 - OBTENÇÃO DOS HÍBRIDOS SIMPLES E LINHAGENS

O número de polinizações feitas, o número de espigas colhidas, o número de sementes obtidas e o número médio de sementes por espiga, encontram-se na Tabela 3 .

Verifica-se que o número de polinizações feitas está ao redor de 20 ; apenas para o tratamento F_0D_0 , este número foi menor (18) .

O número de espigas colhidas variou de seis a 22, e o número de sementes obtidas, variou de 1.241 a 4.914 . Os menores números de espigas colhidas, correspondem aos tratamentos F_RD_0 (seis) , D_0 (sete) e D_RD_0 (oito) , onde

também foram obtidos os menores números de sementes: 1241, 2027 e 1822 respectivamente.

Através da Tabela 3, pôde-se observar que o número de espigas colhidas foi menor que o número de polinizações feitas. Isto, em alguns casos, pode ser explicado pela falta de condições mais adequadas para a polinização, no que se refere às inflorescências masculinas e femininas utilizadas. Entretanto, para a maioria dos casos o que aconteceu, foi que fortes chuvas e ventos, provocaram quebras das plantas, tornando impossível a identificação de certos cruzamentos.

Pelo número médio de sementes obtidas em cada espiga, nota-se que os tratamentos envolvendo a linhagem de milho dentado (D_0 , D_R , $D_R D_0$, $D_0 D_R$) apresentaram maior número de sementes que os tratamentos com a linhagem de milho duro (F_0 , F_R , $F_R F_0$, $F_0 F_R$). De fato, esta é uma característica destas linhagens, que pode também ser observada com relação ao número médio de sementes híbridas obtidas. Isto é, quando as sementes híbridas foram provenientes de cruzamentos onde a linhagem de milho dentado foi usada como materna ($F_0 D_0$, $F_R D_0$, $F_0 D_R$ e $D_R F_R$) o número médio de sementes por espiga, foi maior do que o da linhagem de milho duro usada como materna ($D_0 F_0$, $D_0 F_R$, $D_R F_0$ e $D_R F_R$).

Além de apresentar maior número de sementes, a linhagem de milho dentado apresentou sementes maiores, o que pôde ser constatado primeiro, pela simples inspeção visual das sementes, e depois, através do peso de 100 grãos destas duas linhagens.

4.4 - ANÁLISE DO LÁTICE QUADRADO BALANCEADO

As Tabelas de 4 a 12 apresentam os resultados da análise de variância do látice quadrado balanceado, 4×4 , com 10 repetições, para cada caráter.

Estas tabelas mostram que os valores de F para os tratamentos ajustados, em todos os caracteres analisados, acusaram um valor significativo ao nível de 0,1%.

Os resultados do coeficiente de variação podem ser considerados baixos, para todos os caracteres, sendo que o maior deles foi de 10,4%, para o número de grãos (Tabela 12).

As análises como látice apresentaram, em geral, uma alta eficiência em relação às de blocos ao acaso, com exceção apenas da porcentagem de sobrevivência (Tabela 4), cuja eficiência foi a mais baixa, de apenas 102,97%.

As estimativas do erro padrão da média, foram bastante baixas, tanto para a média geral como para a média de cada tratamento. Isto pode ser verificado por exemplo, para a produção (Tabela 10), em que a média geral foi de 6.906 gramas e o erro padrão ± 49 gramas. Para o tratamento $F_R F_0$ por exemplo, a média foi de 2.641 gramas, e o erro padrão de ± 195 gramas.

Os valores de F para linhas e colunas, não foram significativos para a sobrevivência (Tabela 4) e número de espigas (Tabela 6), justamente onde foram observados os menores valores de eficiência para o látice. Já para os caracteres número de fileiras (Tabela 8), diâmetro da espiga (Tabela 9), produção (Tabela 10), peso de 100 grãos (Tabela 11) e número de grãos (Tabela 12), os valores de F, não foram significativos para colunas, porém o foram para as linhas, aos níveis de 5 ; 5 ; 0,1 e 0,1 respectivamente. Os caracteres comprimento da espiga (Tabela 7) e altura das plantas (Tabela 5) apresentaram valores de F significativos para linhas e colunas, ao nível de 0,1% .

4.5 - EFEITOS MATERNAL E RECÍPROCO

Os resultados da análise da variância das médias dos diversos caracteres, para os efeitos maternal e recíproco, encontram-se na Tabela 13. Através destes resultados, pode-se observar que para o efeito maternal, a sobrevivência, altura, número de espigas, comprimento das espigas e peso de 100 grãos, não apresentaram diferenças estatísticas significativas, indicando ausência de efeito maternal. Entretanto o valor de F para o diâmetro ($F = 29,00$) mostrou-se significativo a 0,1%, e os valores para o número de fileiras, produção e número de grãos ($F = 3,50$, $3,47$ e $2,98$ respectivamente) mostraram-se significativos a 5%, indicando a presença de efeito maternal para estes caracteres.

Em relação ao efeito recíproco, mostraram-se não significativos os valores de F para a sobrevivência, número de espigas, número de fileiras, produção, peso de 100 grãos e número de grãos, indicando ausência de efeito recíproco. Já para os caracteres altura, comprimento de espiga e diâmetro de espiga, os valores de F ($F = 5,50$, $4,05$ e $12,50$) mostraram-se significativos ao nível de 1, 5 e 0,1% respectivamente, indicando presença de efeito recíproco para tais caracteres.

4.6 - EFEITOS DA IRRADIAÇÃO NA VARIÂNCIA DOS CARACTERES

Os resultados das variâncias médias dentro das parcelas e das suas comparações pelo teste F, encontram-se na Tabela 14.

Através destes resultados, observa-se que, quanto à altura das plantas, a única diferença estatisticamente significativa foi a existente entre a variância média do tratamento D_R e D_0 (ao nível de 1%), evidenciando um aumento na variância para o primeiro tratamento.

Quanto ao comprimento das espigas, mostraram-se significativas as comparações entre as variâncias médias dos tratamentos $\overline{D_R F_R}$ e $\overline{D_R F_0}$ com o tratamento $\overline{D_0 F_0}$ (ao nível de 1%), e a comparação entre os tratamentos D_R e D_0 (ao nível de 5%). Para os demais casos, não houve significância, apenas para estas comparações houve um aumento apreciável na variância média dos tratamentos com irradiação.

Para o número de fileiras, o único aumento na variância média dos tratamentos com irradiação, foi notado quando da comparação entre os tratamentos $\overline{D_0 F_R}$ e $\overline{D_0 F_0}$, em que se obteve significância ao nível de 5%.

Com relação ao diâmetro das espigas, o aumento na variância média dos tratamentos com irradiação foi observado, quando da comparação entre os tratamentos D_R com D_0 , e $\overline{D_R D_0}$ com D_0 , significativa ao nível de 1 e 5% respectivamente.

4.7 - COMPARAÇÕES ENTRE AS MÉDIAS DOS DIVERSOS TRATAMENTOS

As médias utilizadas nas comparações entre os diversos tratamentos, bem como os resultados destas comparações, pelo teste t , encontram-se na Tabela 15.

Através destes resultados, observa-se que houve casos em que as médias comparadas estatisticamente, não apresentaram diferença alguma. Isto ocorreu na comparação $\overline{D_0 F_0}$ vs $\overline{D_0 F_R}$ em que os valores de t mostraram-se não significativos para todos os caracteres analisados.

Para outras comparações efetuadas, nota-se que existem casos em que a média dos tratamentos sem irradiação foi estatisticamente igual à dos tratamentos com irradiação; em outros, foi maior ou menor, conforme o caráter analisado. Isto pode ser observado, por exemplo, na comparação entre as médias dos tratamentos $\overline{D_0 F_0}$ e $\overline{D_R F_R}$. Para os caracteres sobrevivência, altura de plantas, diâmetro das espigas e peso de 100 grãos, as médias do tratamento sem irradiação foram estatisticamente iguais às médias do tratamento com irradiação. Já para o comprimento das espigas, a média de $\overline{D_0 F_0}$ foi estatisticamente superior à de $\overline{D_R F_R}$, porém foi inferior para os caracteres número de espigas, número de fileiras, produção e número de grãos.

Como se pode observar na Tabela 15, dos 45 valores de t obtidos, 31 foram não significativos e 14 significativos. Dêstes últimos, seis indicaram maior média para os tratamentos sem irradiação e oito indicaram maior média para o tratamento com irradiação. Fazendo-se êste mesmo tipo de consideração para a comparação D_0 vs D_R , observa-se que dos nove valores, oito foram não significativos, e um foi significativo, sendo que para êste, a média de D_0 foi maior que a de D_R . Para a comparação F_0 vs F_R , dos nove valores, cinco foram não significativos, e quatro significativos, sendo que dêstes, três indicam maior média para F_0 e um, maior média para F_R .

Para a comparação $\overline{D_0 F_0}$ e $\overline{D_R F_R}$, em que um dos híbridos teve as duas linhagens parentais irradiadas, observou-se que dos nove valores, quatro foram não significativos e cinco significativos, sendo que dêstes, um indicou maior média para $\overline{D_0 F_0}$ e quatro indicaram maior média para $\overline{D_R F_R}$. Para a comparação $\overline{D_0 F_0}$ e $\overline{D_0 F_R}$, em que somente foi irradiada a linhagem de milho duro os valores obtidos foram não significativos. Já para a comparação $\overline{D_0 F_0}$ e $\overline{D_R F_0}$, em que somente foi irradiada a linhagem de milho dentado, dos nove valores, cinco foram não significativos, e quatro significativos, sendo que um indicou maior média para $\overline{D_0 F_0}$ e três indicaram maiores médias para $\overline{D_R F_0}$.

4.8 - REGRESSÃO LINEAR E QUADRÁTICA

As médias utilizadas para os cálculos e os resultados da significância da regressão linear e quadrática, através dos valores de t , para os diversos caracteres, encontram-se na Tabela 16.

Através dos resultados, observa-se que existe caráter como a sobrevivência das plantas, em que tanto a regressão linear como quadrática mostraram-se não significativas para os três casos. Já para os outros caracteres, a significância foi ou não obtida, conforme a regressão se referisse a híbridos ou linhagens.

Devido à importância que os resultados poderiam indicar, resolveu-se dar destaque maior aos dados obtidos nos híbridos. Os Gráficos correspondentes aos caracteres analisados nos híbridos em que houve significância estatística, encontram-se na Figura 2.

Para os caracteres sobrevivência, altura das plantas e diâmetro, os valores obtidos tanto para a regressão linear como quadrática, foram não significativos. Isto indica que as três médias, para os três níveis de irradiação, não diferem entre sí.

Para os caracteres número de espigas, comprimento, número de fileiras e produção, os valores mostraram que houve significância para a regressão linear, mas não houve para a regressão quadrática. Isto indica que para estes caracteres, houve uma tendência linear que aumentava ou diminuía, conforme os níveis de irradiação, de acordo com o caráter em questão. Assim é que, por exemplo, para a produção, houve uma tendência linear de se aumentar a produção, à medida que se aumentava o número de pais com irradiação. Para o peso de 100 grãos, somente na regressão quadrática o valor obtido foi significativo, enquanto que para o número de grãos, tanto para a regressão linear como quadrática, os valores foram significativos. Portanto, para estes dois últimos caracteres, pode-se dizer que houve uma tendência quadrática à medida que se aumentou o número de pais com irradiação.

4.9 - EFEITOS DA IRRADIAÇÃO NA HETEROSE

Calculadas as heteroses para os diversos híbridos simples e feitas as comparações entre elas, pelo teste t , os resultados obtidos, encontram-se na Tabela 17.

Através desta tabela, observa-se que as comparações entre as heteroses de $\overline{D_R^F}$ e $\overline{D_O^F}$ não mostraram significância estatística para os caracteres sobrevivência, altura, número de fileiras, diâmetro da espiga e peso de 100 grãos. Já para o caráter comprimento da espiga, a heterose de $\overline{D_R^F}$ foi significativamente menor, (ao nível de 5%), que a de $\overline{D_O^F}$. Para os caracteres número de espigas, produção e número de grãos, a heterose de $\overline{D_R^F}$ foi significativamente maior (ao nível de 1%) que a de $\overline{D_O^F}$.

Para a comparação $\overline{D_O^F}$ e $\overline{D_O^F}$ as heteroses não mostraram significância estatística para os caracteres sobrevivência, número de espigas, comprimento, número de fileiras e diâmetro das espigas e produção. Para os caracteres altura, peso de 100 grãos e número de grãos, a heterose de $\overline{D_O^F}$ foi significativamente maior (ao nível de 5%) que a de $\overline{D_O^F}$.

Para a comparação $\overline{D_R^F}$ e $\overline{D_O^F}$ as heteroses não mostraram significância estatística para os caracteres sobrevivência, altura, comprimento, número de fileiras e diâmetro das espigas. Para o peso de 100 grãos, a heterose de $\overline{D_R^F}$ foi significativamente menor (ao nível de 1%). Nos caracteres número de espigas, produção e número de grãos, a heterose de $\overline{D_R^F}$ foi significativamente maior (ao nível de 1%) que a heterose de $\overline{D_O^F}$.

5 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

5.1 - DOSE DE IRRADIAÇÃO UTILIZADA

Quando se irradiam sementes de determinada espécie, muitos fatores podem influenciar a resposta desta espécie, às doses de irradiação utilizadas. Dentre eles, podem ser citados: variedades dentro da espécie, a porcentagem de umidade das sementes, a temperatura, etc. No presente caso, a porcentagem de umidade das sementes das linhagens foi praticamente a mesma (milho duro 7,00%, e milho dentado 6,97%) e os demais fatores que poderiam influenciar na radiosensitividade, foram iguais para as duas linhagens.

Pode-se dizer portanto, que se as respostas das linhagens fossem diferentes para as mesmas doses, tais diferenças seriam devidas à própria natureza das linhagens envolvidas. Assim é, que os resultados da Tabela 2, demonstraram que as linhagens diferem quanto à radiosensitividade. De fato, os resultados da germinação, sobrevivência e, principalmente, da altura das plântulas, indicaram que a linhagem de milho dentado, foi a que se mostrou mais sensível à ação dos raios-gama.

As linhagens foram irradiadas com 3,7 KR, dose que causou 5% de decréscimo na altura das plântulas da linhagem de milho dentado. Adotou-se este critério, porque a dose que causa este decréscimo, pode ser considerada como relativamente baixa, o que vem de encontro com os objetivos do presente trabalho. Isto porque, ultimamente, diversos pesquisadores têm recomendado o uso de baixas doses, para que um número maior de micromutações possa ser obtido (ANDO, em comunicação pessoal). Deve-se recordar também, alguns trabalhos citados (item 2.2) que demonstraram que mesmo doses baixas, podem provocar determinados efeitos fisiológicos, na primeira geração de plantas provenientes de sementes irradiadas.

5.2 - ANÁLISE DO LÁTICE QUADRADO BALANCEADO

Era esperado, que os valores de F obtidos para os tratamentos ajustados, para todos os caracteres, fossem significativos, o que de fato, ocorreu. Isto porque, estavam competindo no experimento, linhagens e híbridos simples.

Os resultados dos coeficientes de variação, podem ser considerados como bastante aceitáveis para as condições do presente experimento, uma vez que eles foram bastante baixos.

As estimativas dos erros, que foram bastante baixas, as altas eficiências obtidas e os valores de F significativos para linhas e colunas, indicaram a conveniência do emprego do látice utilizado.

5.3 - EFEITOS MATERNAL E RECÍPROCO

Os resultados da Tabela 13, para alguns caracteres indicaram a presença de efeitos maternal e recíproco. Para a maioria dos casos, não foi observado efeito recíproco. Especificamente para a produção e caracteres diretamente relacionados a ela, como o número de espigas, número de fileiras, peso de 100 grãos, e número de grãos, não houve este efeito. Já para o efeito maternal, embora cinco dos nove casos se mostrassem não significativos, para caracteres como produção, peso de 100 grãos, número de fileiras e número de grãos, este tipo de efeito foi observado. Julgou-se de interesse, saber-se da existência destes dois tipos de efeitos. Isto porque através destas informações, poderia se ter idéia se os híbridos apresentariam ou não diferenças, conforme as linhagens fossem utilizadas como genitores maternos ou paternos. Se existissem diferenças, uma das razões, poderia ser devido a características próprias das linhagens, a outra, devido a influências da irradiação, nas linhagens parentais.

Em um trabalho com variedades e híbridos de milho, ZINSKY e VENCOVSKY (1968) demonstraram que conforme o tamanho das sementes (grandes, médias ou pequenas) havia diferença na sobrevivência e produção das plantas descendentes. Isto é, por exemplo, a produção por parcelas de híbridos provenientes de sementes pequenas ou médias, foi menor do que a produção do mesmo híbrido, porém proveniente de sementes grandes. Portanto, a diferença no tamanho das sementes de um mesmo genótipo, explicaria os resultados obtidos.

No presente experimento, trabalhou-se com linhagens de milho dentado e duro. Por simples inspeção visual e pelo peso de 100 grãos (Tabela 11), pôde-se constatar que as sementes das linhagens de milho dentado, foram maiores que as de milho duro. Havia híbridos que se originaram de linhagem materna de milho dentado, e outros de linhagem materna de milho duro. O efeito maternal observado, pode ter sido devido a diferença no tamanho das sementes, que é uma característica própria de cada linhagem.

Por outro lado, a irradiação pode ter influido na existência de efeitos recíprocos. Por exemplo, a irradiação pode ter produzido algum efeito no citoplasma de determinada linhagem. Em todos os cruzamentos em que esta linhagem participasse como genitor materno, devido a quantidade de citoplasma no

óvulo, a descendência iria manifestar êste efeito. Quando esta mesma linhagem fôsse utilizada como genitor paterno, devido a praticamente ausência de citoplasma no pólen, êstes efeitos não iriam se manifestar nos descendentes. Desta maneira, os cruzamentos recíprocos poderiam apresentar diferenças.

5.4 - EFEITOS DA IRRADIAÇÃO NA VARIÂNCIA DOS CARACTERES

Muitos trabalhos têm demonstrado que ocorre um aumento na variância genética, nas gerações (principalmente na segunda) de populações provenientes de sementes irradiadas. Êste aumento pode ter interêsse para o melhoramento, desde que êle afete a variância genética aditiva, que é um pré-requisito para o progresso da seleção. De acôrdo com o tipo de material empregado e com a natureza do presente trabalho, não houve a preocupação em se estudar a influência da irradiação nos diversos componentes da variância genética. Mas, julgou-se de interêsse verificar, se houve ou não, um aumento na variância genética, como um todo, na segunda geração de populações provenientes de tratamentos com irradiação. Isto porque um aumento na variância genética poderia indicar, que houve mudanças genéticas induzidas por irradiação, nos caracteres quantitativos estudados.

Observou-se que dos 28 valores de F obtidos, sete foram significativos. Três dêles para os caracteres altura das plantas, comprimento de espiga e diâmetro, na comparação entre as variâncias de D_R e D_0 , e para o diâmetro na comparação $\overline{D_R D_0}$ vs D_0 . Outros dois valores significativos foram obtidos, para o comprimento de espiga, nas comparações $\overline{D_R F_R}$ vs $\overline{D_0 F_0}$ e $\overline{D_R F_0}$ vs $\overline{D_0 F_0}$, e o último, para o número de fileiras, na comparação $\overline{D_0 F_R}$ vs $\overline{D_0 F_0}$.

Deve-se notar que nas comparações envolvendo a linhagem de milho duro (F_R vs F_0 e $\overline{F_R F_0}$ vs F_0) não se observou valor significativo algum. Já para as comparações envolvendo as linhagens de milho dentado (D_R vs D_0 e $\overline{D_R D_0}$) quatro valores significativos, citados anteriormente, foram obtidos. Deve-se recordar que a linhagem de milho dentado foi a que se mostrou mais sensível à ação de irradiação, quanto aos danos fisiológicos na primeira geração, proveniente de sementes irradiadas (Tabela 2).

Quanto aos híbridos, houve três casos significativos: um em híbridos provenientes de duas linhagens irradiadas ($\overline{D_R F_R}$) outro em híbridos em que apenas a linhagem dentada foi irradiada ($\overline{D_R F_0}$) e o último em que os híbridos foram provenientes de apenas a linhagem de milho duro com irradiação ($\overline{D_0 F_R}$).

Pode-se concluir portanto, de uma maneira geral, que a irradiação não alterou, ou aumentou a variância média dentro das parcelas. Dentre as linhagens, a dentada foi a que apresentou casos de aumento. Para os híbridos, houve casos de aumento, ao que parece, independentes do fato deles serem provenientes de linhagem de milho dentado ou duro com irradiação. Estas conclusões entretanto, não podem ser generalizadas sendo restritas aos quatro caracteres analisados.

Portanto, para estes caracteres quantitativos onde a irradiação aumentou a variância, pode-se dizer que houve mudanças genéticas induzidas por irradiação, embora a natureza desta nova variação não possa ser determinada por este experimento.

5.5 - COMPARAÇÕES ENTRE AS MÉDIAS DOS DIVERSOS TRATAMENTOS

Os resultados da Tabela 15, mostraram que nos tratamentos com irradiação, a média dos diversos caracteres analisados, não foi alterada, foi maior ou menor que a média dos tratamentos sem irradiação.

Especificamente para as comparações D_0 vs D_R e F_0 vs F_R , com exceção do número de fileiras para o tratamento F_R , os resultados indicaram que a irradiação não provocou alteração, ou diminuiu a média da segunda geração de plantas provenientes de sementes irradiadas. Estes resultados indicaram que a linhagem de milho duro foi a que apresentou maiores influências da irradiação, na média dos caracteres analisados.

Deve-se recordar o fato de que a média não ser alterada, não significa que micromutações não possam ter ocorrido. De fato, entre os diversos trabalhos citados, referentes aos efeitos da irradiação nos caracteres quantitativos (ítem 2.1) observou-se que a média destes caracteres, foi ou não alterada. Quando havia aumento na variância e a média não era alterada, os autores sugeriram que micromutações que produziram efeitos favoráveis e desfavoráveis haviam ocorrido com iguais frequências. Se a média diminuía, é que as mutações com efeitos desfavoráveis haviam ocorrido com maior frequência, e se a média aumentava, as mutações com efeitos favoráveis é que teriam prevalecido.

Como no presente trabalho não se dispõe da alteração da variância para a maioria dos caracteres, deve-se ficar com a idéia acima, de que mesmo que a média não seja alterada, micromutações podem ter sido induzidas.

Quanto às comparações envolvendo as médias dos híbridos, observaram-se tendências opostas às das linhagens. Uma delas foi que, a maioria dos resultados indicou que nas médias dos híbridos provenientes de linhagens irradiadas, a irradiação não provocou alteração ou aumentou a média dos diversos caracteres analisados. Outra, foi que na média dos híbridos em que somente a linhagem de milho duro foi irradiada ($\overline{D_0F_R}$) não foram observados valores significativos, quando comparadas com a média dos híbridos $\overline{D_0F_0}$. Já para os híbridos em que somente a linhagem dentada foi irradiada ($\overline{D_RF_0}$), foram obtidos valores significativos.

Quando se compara a média de híbridos provenientes de linhagens irradiadas, com híbridos provenientes de linhagens não irradiadas, se houver diferenças significativas, é claro que isto se deve a mudanças produzidas pela irradiação, nas linhagens parentais. Estas mudanças, como já se viu anteriormente (item 2.1) seriam as micromutações. Sabe-se através da literatura, que a maioria das mutações induzidas por irradiação, são recessivas. Mesmo que as mutações fossem recessivas, uma série de trabalhos (item 2.3) demonstrou que podem surgir efeitos heteróticos em caracteres quantitativos, quando do cruzamento de plantas mutadas, com plantas normais. Portanto, as razões das mudanças nas médias de híbridos provenientes de linhagens irradiadas, seriam devidas a alterações na capacidade de combinação das linhagens, devido a micromutações, recessivas ou não, induzidas nestas linhagens.

Pode-se notar que resultados de grande interesse foram observados nos híbridos provenientes de linhagens irradiadas. Assim é que foram obtidos resultados significativos na comparação de médias de caracteres de alta importância, como número de espigas, comprimento de espiga, número de fileiras, produção, peso de 100 grãos e número de grãos.

Uma das maneiras de se explicar estes resultados, seria tentar explicar a modificação de vários caracteres, a partir da modificação de apenas um ou dois. Assim é que por exemplo, pôde-se notar um aumento na média do número de espigas (5,19%), número de fileiras (1,41%), produção (11,25%) e número de grãos (12,42%) e uma diminuição do comprimento das espigas (1,26%), dos híbridos $\overline{D_RF_R}$, em relação aos $\overline{D_0F_0}$. Deve-se frisar que estes dados foram obtidos em plantas onde a competição foi controlada, não podendo portanto serem explicadas por problemas de "stand". Como os híbridos $\overline{D_RF_R}$ apresentaram um número de espigas significativamente maior, esta poderia ser a razão de apresentarem maior produção e maior número de grãos. Isto poderia explicar também o menor comprimento de espigas observado nêstes híbridos, admitindo-se

que um aumento no número de espigas por planta, provoque uma diminuição no comprimento das espigas. Desta maneira, todos êstes fatores, associados também ao maior número de fileiras notado, poderiam explicar o aumento de produção observado.

Para a comparação $\overline{D_{O^F O}}$ vs $\overline{D_{R^F O}}$ também se observou maior média de produção para o híbrido $\overline{D_{R^F O}}$, e a explicação poderia ser a mesma citada. Somente que para êste caso, o menor comprimento da espiga, e o maior número de fileiras observados para o híbrido $\overline{D_{R^F O}}$, não apresentaram significância estatística.

A comparação das médias de produção de $\overline{D_{O^F O}}$ vs $\overline{D_{O^F R}}$ não apresentou resultados significativos. Isto poderia ser explicado porque as médias do número de espigas também não diferiram neste caso.

Finalmente, outro ponto importante a se destacar, para aplicações futuras, é que os híbridos apresentaram ou não, diferenças nas médias, conforme o tipo de linhagem parental que havia sido irradiado. Isto é, o híbrido $\overline{D_{O^F R}}$ em que a linhagem de milho duro havia sido irradiada, não apresentou diferenças quando comparado com o híbrido $\overline{D_{O^F O}}$, em que as linhagens parentais não sofreram irradiação. Porém, o híbrido $\overline{D_{R^F O}}$, em que a linhagem de milho dentado foi irradiada apresentou diferenças nas médias quando comparadas com o híbrido $\overline{D_{O^F O}}$. Levando-se em conta êstes resultados, pode-se sugerir para aplicações práticas, em projetos semelhantes, que ambos os pais devem ser irradiados antes do cruzamento. Isto porque para se poder saber qual das duas linhagens é que deveria ser irradiada, haveria a necessidade de um experimento preliminar. Pode-se portanto dispensar tal experimento, irradiando-se as duas linhagens, havendo por consequência, economia de tempo e trabalho.

5.6 - REGRESSÃO LINEAR E QUADRÁTICA

Os resultados da regressão entre a média de um caráter e o nível de irradiação, vistos na Tabela 16, mostraram que tanto as linhagens como os híbridos, apresentaram tendência linear ou quadrática, conforme o caráter em questão.

Quanto às duas linhagens, os resultados indicaram que na linhagem de milho duro é que foi observado o maior número de casos de resultados significativos. Assim é que os caracteres altura, comprimento, número de fileiras, diâmetro, peso de 100 grãos e número de grãos, mostraram resultados significativos. Quanto a linhagem de milho dentado, só para os caracteres diâmetro e peso de 100 grãos é que êstes resultados foram notados. Os resultados significati-

vos nas linhagens indicaram que houve uma tendência (linear ou quadrática) de se aumentar ou diminuir a média do caráter, à medida que aumentou o número de pais irradiados.

Resultados significativos na regressão, de grande interesse, foram observados nos híbridos. Estes resultados puderam ser vistos na Tabela 16 e na Figura 2. Por exemplo, pôde-se observar que houve uma tendência linear em se aumentar o número de espigas, à medida que se aumentava o número de linhagens parentais irradiadas. Quanto ao comprimento, houve uma tendência linear, porém neste caso, ocorreu uma diminuição no comprimento das espigas, conforme se aumentava o número de linhagens parentais irradiadas. Também houve uma tendência linear em se aumentar o número de fileiras com o aumento do número de linhagens parentais irradiadas. Na produção, igualmente se observou uma tendência linear em se aumentar a produção dos híbridos, conforme aumentasse o número de linhagens parentais irradiadas. Para o caráter peso de 100 grãos, houve uma tendência quadrática explicando uma aparente diminuição, em híbridos provenientes de apenas uma linhagem parental irradiada. Para o número de grãos, observou-se significância tanto para a regressão linear como quadrática. Estes resultados indicam portanto, que o aumento no número de grãos, à medida que aumentou o número de linhagens irradiadas, não obedeceu a uma tendência linear, mas sim, quadrática.

A partir destes resultados, podem-se tirar conclusões importantes. Uma delas, é que confirmou-se a hipótese levantada anteriormente (item 5.6) para explicar a maior média de produção, obtida por híbridos provenientes de linhagens parentais irradiadas. De fato, observou-se uma tendência linear em se aumentar o número de espigas, e diminuir o comprimento das espigas, à medida que se aumentava o número de linhagens parentais irradiadas. Pode-se esperar que, se aumenta o número de espigas, diminui o comprimento destas espigas. Deve-se notar também, que o número de fileiras aumentou linearmente. Desta maneira, o aumento na produção em híbridos provenientes de linhagens parentais irradiadas, seria explicado pelo maior número de espigas por plantas (que acarretaria uma diminuição no comprimento das espigas), associado com um maior número de fileiras. Desta maneira, o maior número de grãos encontrado nêstes híbridos, seria também explicado.

Outra conclusão que os resultados indicam, confirmam a apresentada anteriormente (item 5.5). É que devido às significâncias encontradas para a regressão linear, pode-se recomendar que, em trabalhos semelhantes, ambos os pais sejam irradiados antes de serem cruzados. Isto porque, para caracteres

importantes como o número de espigas, por exemplo, a regressão linear indicou que houve vantagens em se irradiarem as duas linhagens, em lugar de apenas uma.

5.7 - EFEITOS DA IRRADIAÇÃO NA HETEROSE

Observando-se os valores significativos obtidos nas comparações entre as heteroses (Tabela 17), nota-se que houve resultados que podem ser considerados de importância. Por exemplo, para a comparação $\overline{D_{R^F R}}$ vs $\overline{D_{O^F O}}$, o tratamento $\overline{D_{R^F R}}$, apresentou um aumento na heterose, para o número de espigas, produção e número de grãos, e uma diminuição quanto ao comprimento das espigas. Se forem observadas as heteroses para estes mesmos caracteres, mas agora utilizando-se as comparações $\overline{D_{O^F R}}$ vs $\overline{D_{O^F O}}$ e $\overline{D_{R^F O}}$ vs $\overline{D_{O^F O}}$, nota-se que existem resultados que diferem do primeiro caso apresentado. Reforça-se assim, ainda mais, a sugestão apresentada, baseada nos presentes resultados, que em trabalhos semelhantes, ambas as linhagens parentais devem ser irradiadas.

Outra conclusão, julgada importante, é que a heterose em caracteres de expressão econômica, como a produção, pôde ser aumentada em híbridos, pela irradiação das linhagens parentais. Este aumento foi de 17,07% nos híbridos $\overline{D_{R^F R}}$ e de 19,82% nos híbridos $\overline{D_{R^F O}}$.

Ao longo da discussão do presente trabalho, tem-se procurado explicar que o aumento na produção, pode ser devido a um aumento no número de espigas, que acarretaria também um maior número de grãos e uma diminuição no comprimento das espigas. As heteroses encontradas para o tratamento $\overline{D_{R^F R}}$, estão de acordo com esta hipótese. Isto porque para este tratamento, houve um aumento na heterose, quanto ao número de espigas e número de grãos, e uma diminuição quanto ao comprimento das espigas.

Restariam as explicações das razões no aumento da heterose, quanto ao número de espigas. Para isto, pode-se fazer uso dos diferentes trabalhos descritos na revisão da literatura. Por exemplo, foram citados alguns trabalhos (item 2.3) em que os autores demonstraram que mesmo que as mutações fossem deletérias, havia um efeito heterótico. A heterose manifestava-se nos indivíduos heterozigóticos para a mutação ou naquêles obtidos de cruzamentos entre um mutante e outras plantas, mutadas ou não. Por outro lado, outro tipo de trabalho (item 2.4) demonstrou que no cruzamento interespecífico, em que os pais haviam sido irradiados, poderia ser quebrada a barreira de hibridação. Neste caso, portanto, a irradiação iria produzir algum efeito nos pais. Quando os pais fossem cruzados, este efeito iria se manifestar, por exemplo, com a presença de sementes, que antes, sem irradiação dos pais, não aconteceria.

A sugestão para se tentar explicar o aumento na heterose do número de espigas nos híbridos provenientes de linhagens irradiadas, é que micromutações teriam sido induzidas nestas linhagens. Ao serem cruzadas, estas linhagens apresentariam a heterose própria do cruzamento e também um efeito heterótico adicional devido às micromutações induzidas. A soma destas duas heteroses, resultaria numa heterose significativamente maior, para o número de espigas, que a heterose em híbridos provenientes de pais não irradiados.

É evidente que podem ser postas dúvidas, nesta e nas outras interpretações discutidas até agora. Vale a pena portanto, relembrar uma frase de ELLIOTT, já citada no início, ao comentar as dificuldades da interpretação da natureza genética de certos resultados obtidos através de mutação induzida. Diz êle que se as mutações induzidas causarem efeitos favoráveis, a natureza genética de tais mutações, cede lugar às suas aplicações práticas.

A continuação desta linha de pesquisa, poderá ser de interesse. Isto porque se poderá analisar os efeitos das irradiações na heterose nos híbridos duplos, que são os híbridos comerciais. Estes efeitos também poderão ser determinados em plantas que além de reprodução sexual, tenham também reprodução assexual. Neste caso, uma vez feito o cruzamento entre os pais provenientes de sementes irradiadas, uma eventual alteração da heterose observada através dos descendentes, poderá ser mantida por propagação vegetativa, sem a necessidade de nova irradiação. Nestes, e em outros casos, se os efeitos da irradiação na heterose forem favoráveis, poderá haver grande aplicação prática, ainda que possam ser discutidas as causas destes efeitos.

6 - RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo principal do presente trabalho foi o de analisar os efeitos dos raios-gama na heterose em híbridos simples de milho.

Sementes de duas linhagens homozigóticas, uma de milho dentado, e a outra de milho duro, foram utilizadas. A dose aplicada foi de 3,7 KR com uma intensidade de dose de 0,116 KR por minuto. O material irradiado e não irradiado foi plantado no campo, e foram feitos todos os cruzamentos e autofecundações possíveis entre êles, resultando num total de 16 tratamentos. Sementes resultantes destes tratamentos foram plantadas no campo, em um delineamento em látice quadrado balanceado, 4 x 4 com 10 repetições.

Os efeitos maternal e recíproco, efeitos da irradiação gama na variância média, a média dos vários tratamentos e a regressão entre a média e o nível de irradiação foram analisados, e além destes, os efeitos da irradiação gama na heterose foram também estimados nos vários caracteres quantitativos.

Dos resultados obtidos, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

- 1 - Embora possa ser considerada muito baixa, a dose de 3,7 KR de raios-gama, foi suficiente para causar efeitos em alguns caracteres e para aumentar a variabilidade genética de híbridos simples de milho que foram provenientes do cruzamento entre duas linhagens irradiadas.
- 2 - A análise dos efeitos maternal e recíproco indicaram que alguns caracteres apresentaram, de fato, tais efeitos. Foram sugeridas algumas razões para se tentar explicar a presença destes efeitos.
- 3 - As comparações entre as médias dos caracteres, revelaram que as médias dos tratamentos provenientes de linhagens irradiadas, permaneceram inalteradas, aumentaram ou diminuíram, dependendo do caráter e do tratamento, quando comparadas com as médias dos tratamentos provenientes de linhagens não irradiadas.
- 4 - De uma maneira geral, pode-se concluir que a irradiação das linhagens parentais com baixa dose de raios-grama foi vantajosa. Porque, em muitos casos, as médias dos caracteres dos híbridos entre as linhagens irradiadas permaneceram inalteradas ou aumentaram. Tal aumento foi observado em caracteres de importância, tal como a produção das espigas, o número

de espigas por planta , o número de grãos , etc. Por exemplo, um aumento de 11,25% foi observado na produção, em híbrido proveniente de duas linhagens parentais irradiadas quando comparado com o híbrido entre duas linhagens não irradiadas.

- 5 - A regressão entre a média de um caráter e o nível de irradiação foi linear ou quadrática, tanto para as linhagens como nos híbridos. Vários resultados de interesse foram observados. Por exemplo, nos híbridos , observou-se uma tendência linear em se aumentar o número de espigas e a produção, à medida que se aumentou o número de linhagens parentais irradiadas.
- 6 - A heterose foi modificada pela irradiação das linhagens parentais. Esta alteração, com exceção de dois casos, foi sempre no sentido de se provocar um aumento na heterose, em caracteres de alta importância. Assim é que por exemplo, para a produção, observou-se um aumento de 17,07% , na heterose de híbridos provenientes de ambas as linhagens parentais irradiadas.
- 7 - Uma série de razões foi apresentada, baseada nos presentes resultados , para que em trabalhos semelhantes, se faça a irradiação de ambas as linhagens parentais em lugar da irradiação de apenas uma.

7 - SUMMARY AND CONCLUSIONS

The principal objective of the present work was to analyse the effects of gamma-rays on heterosis in single hybrid corn.

Seeds of two homozygous inbred lines, one of dent and another of flint corn, were the material used. The dose applied was 3.7 KR with a dose rate of 0.116 KR per minute. The irradiated and non-irradiated material were sown in the field, with self-fertilization and all the possible combinations of crosses between these two, resulting in 16 treatments in total were realized. Seeds derived from these treatments were sown again in the field with lattice square balanced design, 4 x 4, with 10 replications.

Maternal and reciprocal effects, irradiation effects on the mean variance, mean of the various treatments and regression between the mean and irradiation level were analysed, and besides these, effects of gamma-irradiation on heterosis were also estimated on various quantitative characters.

From the results the following conclusions were drawn:

- 1 - 3.7 KR of gamma-rays, though this is considered to be very low, was sufficient to cause effects on some characters and to increase genetic variability of the single hybrid corn which was originated from the cross between irradiated inbred lines.
- 2 - Analysis of maternal and reciprocal effects indicated that some characters show, in fact, such an effects. Some approaches were made tentatively to explain these effects.
- 3 - Comparison of the means of the characters revealed that the mean value of the treatments originated from the irradiated inbred lines remained unchanged or increased or decreased, depending on the character and the treatment, when compared with the means of the treatments originated from non-irradiated inbred lines.
- 4 - Generally speaking, it can be concluded that gamma-irradiation with low dose to the parental inbred lines is advantageous. Because, in many cases, the mean values of the characters of the hybrids between the irradiated lines remained unchanged or increased. Such increase was observed in the characters of importance, such as ear production, ear number per plant, grain number, etc. For example, an increase of

11.25% in ear production was observed in the hybrid between two irradiated parental lines when compared with the hybrid between two non-irradiated lines.

- 5 - Regression between the mean of a character and the irradiation level was linear or quadratic in the inbred lines as well as in the hybrids. Various interesting results were observed. For example, in the hybrids, a linear regression was observed between ear production or ear number and the number of the parental irradiated lines.
- 6 - Heterosis was modified by the irradiation of the parental lines. This change was positive in many cases, especially in the characters of high importance. For example, in ear production, an increase of 17.07 % was observed in the heterosis of the hybrids between two parental irradiated lines.
- 7 - Several reasons were presented in order to justify the irradiation of both parental lines, instead of the irradiation of only one parental line, in the present or similar work.

8 - BIBLIOGRAFIA

- BURDICK, A. B. , and MUKAI, T. - 1958 - Experimental Consideration of the Genetic Effect of Low Doses of Irradiation on Viability in Drosophila melanogaster. In Second United Nations, International Conference on Peaceful Uses of Atomic Energy , Vol. 22: 325-329 .
- COCHRAN, W. G. , and COX, G. M. - 1957 - Lattice Squares. In Experimental Designs , ed. por J. Wiley , New York : 483-506 .
- COCKERHAM, C. C. - 1963 - Estimation of Genetic Variances. In Statistical Genetics and Plant Breeding , ed. por W. D. Hanson e H. F. Robinson. National Academy of Sciences - National Research Council. Publication 982 Washington : 53-94 .
- DAVIES, D. R. , and WALL, E. T. - 1961 - Gamma Radiation and Interspecific Incompatibility in Plants. In Effects of Ionizing Radiations on Seeds. International Atomic Energy. Agency - Vienna : 83-101 .
- ELLIOTT, F. C. - 1967 - El Papel de las Mutaciones en el Mejoramiento de Plantas. En Mejoramiento de Plantas - Citogenética : 121-166 .
- EMERY, D. A. , GREGORY, W. C. , and LOESCH, P. J. J. - 1964 - Breeding Value of the X-ray Induced Macro-mutant. I. Variations Among Normal Appearing F₂ Families Segregated from Crosses Between Macro-mutants of Peanuts (Arachis hypogaea L.) . Crop Science 1: 87-90 .
- GAUL, H. - 1961 - Use of Induced Mutants in Seed - Propagated Species. In Mutation and Plant Breeding. National Academy of Science - National Research Council. Publication 891: 206-251 .
- - 1965 - The Concept of Macro- and Micro-mutations and Results on Induced Micro-mutations in Barley. In The Use of Induced Mutation in Plant Breeding. Report of the FAO/IAEA Technical Meeting, Held in Rome. Pergamon Press : 407-428 .
- GOTTSCHALK, W. - 1970 - Combination of Mutated Genes as an Additional Tool in Plant Breeding. In Latin America Study Group Meeting on Induced Mutations and Plant Improvement - Buenos Aires.

- GREGORY, W. C. - 1955 - X-ray Breeding of Peanuts (Arachis hypogaea L.) .
Agron. Journ. 17: 396-399 .
- GUSTAFSSON, A. - 1946 - The Effect of Heterozygosity on Variability and Vigour.
Hereditas 22: 263-286 .
- - 1947 - The Advantageous Effect of Deleterious Mutations. Hereditas 23: 574-575 .
- HULL, F. H. - 1945 - Recurrent Selection for Specific Combining Ability in Corn. Journ. of the Amer. Soc. of Agron. 37: 134-145 .
- JOHNSON, E. L. - 1939 - Growth of Wheat Plants from Dry and Soaked Irradiated Grains. Plant Physiology 14: 493-516 .
- JONES, D. F. - 1917 - Dominance of Linked Factors as a Means of Accounting for Heterosis. Genetics 2: 466-479 .
- - 1945 - Heterosis Resulting from Degenerative Changes. Genetics 30: 527-543 .
- KARPER, R. E. - 1930 - The Effect of a Single Gene Upon Development in the Heterozygots in Sorghum. The Journal of Heredity 21: 187-192 .
- MIAH, M. A. J. , and YAMAGUCHI, H. - 1965 - Variation in Quantitative Characters of X_2 Plant After Hybridization and Irradiation in Rice. Jap. J. Breeding 15: 19-24 .
- MULLER, I. , and JAMES, A. P. - 1961 - The Influence of Genetic Background on the Frequency and the Direction of Radiation - Induced Mutation Affecting a Quantitative Character. Genetics 12: 1721-1733 .
- MULLER, H. J. - 1927 - Artificial Transmutation of the Gene. Science 66: 84-87 .
- OKA, H. I. , HAYASHI, J. , and SHIOJIRI, I. - 1958 - Induced Mutation of Polygenes for Quantitative Characters in Rice. J. Hered. 49: 11-14 .

- RAWLINGS, J. O. , HANWAY, D. G. , and GARDNER, C. O. - 1958 - Variation in Quantitative Characters of Soybeans After Seed Irradiation. Agron. Journ. 50: 524-528 .
- REUSCH, J. D. H. - 1960 - The Effects of Gamma-radiation on Crosses Between Lolium perenne and Festuca pratensis. Heredity 14: 51-60 .
- SAX, K. - 1955 - The Effect of Ionizing Radiation on Plant Growth. American Journal of Botany 42: 360-364 .
- SCHULER, J. F. - 1954 - Natural Mutations in Inbred Lines of Maize and their Heterotic Effect. I - Comparison of Parent Mutant and their F_1 Hybrid in a Highly Inbred Background. Genetics 39: 908-922 .
- , SPRAGUE, G. F. - 1956 - Natural Mutations in Inbred Lines of Maize and their Heterotic Effect. II - Comparison of Mother Line vs. Mutant when Outcrossed to Unrelated Inbreds. Genetics 41: 281-291 .
- SCOSSIROLI, R. E. , PALENZONA, D. L. , and SCOSSIROLI-PELLEGRINI, S. - 1966 - Studies on the Induction of New Genetic Variability for Quantitative Traits by Seed Irradiation and its Use for Wheat Improvement. In Mutation in Plant Breeding. Proceedings of a Panel , Vienna : 197-229.
- SINGLETON, W. R. - 1943 - Breeding Behavior of a Diminutive P_{39} Mutant Whose Hybrids Show Increased Vigour. Genetics (Abstracts) 28: 89 .
- - 1947 - Mutations in Maize Inbreds. Genetics (Abstracts) 32: 104 .
- SMITH, G. F. , and KERSTEN, H. - 1942 - Root Modifications Induced in Zea mays Seedlings by Irradiating Dry Seeds With Soft X-Rays. Plant Physiology 17: 455-464 .
- SUSS, A. - 1966 - Effects of Low Doses of Seed Irradiation on Plant Growth. In Effects of Low Doses of Radiation on Crop Plants. Technical Report Series n^o 64 , International Atomic Energy Agency , Vienna : 1-11 .
- TANAKA, M. - 1957 - The Influence of X-Irradiated Pollen on Nicotiana crosses (1) . Jap. J. Breeding 7: 39-44 .

- TAVCAR, A. - 1966 - Stimulating Effects of Low Doses of Radiation. In Effects of Low Doses of Radiation on Crop Plants. Technical Report Series n. 64, International Atomic Energy Agency, Vienna: 16-25.
- TULMANN, A. N. e ANDO, A. - 1969 - Experimento Preliminar com Relação aos Efeitos de Raios-Gama no Vigor de Híbrido em Milho. Ciência e Cultura 21: 278.
- WILLIAMS, J. H., and HANWAY, D. G. - 1961 - Genetic Variation in Oil and Protein Content of Soybeans Induced by Seed Irradiation. Crop Science 1: 34-36.
- YOUNIS, A. E., HAMMOUDA, M. A., and HEGAZI, A. T. - 1962 - Effect of X-Radiation of Soaked Cotton Seeds Upon Growth, Fruiting and Yield. Plant and Soil 17: 131-137.
- ZINSLY, J. R. e VENCOVSKY, R. - 1968 - Influência do Tamanho da Semente do Milho sobre a Produtividade e Sobrevivência das Plantas. Anais da VII Reunião Brasileira do Milho e I Simpósio Sobre Milho Opaco, Viçosa Minas Gerais : 111-113.

9 - T A B L A S

TABELA 1 - Esquema geral do experimento. Delimitamento em látice quadrado balanceado, 4 x 4, com 10 repetições.

Repetição 1		Repetição 2		Repetição 3		Repetição 4		Repetição 5											
10	12	9	11	5	12	15	2	10	15	8	1	16	12	8	1	3	16	5	10
2	4	1	3	10	7	4	13	9	16	7	2	11	15	3	7	6	9	4	15
14	16	13	15	16	1	6	11	12	13	6	3	1	5	9	13	12	7	14	1
6	8	5	7	3	14	9	8	11	14	5	4	6	2	14	10	13	2	11	8

Repetição 6		Repetição 7		Repetição 8		Repetição 9		Repetição 10											
10	2	14	6	5	10	16	3	10	9	12	11	16	11	1	6	3	6	12	13
12	4	16	8	12	7	1	14	15	16	13	14	12	15	5	2	16	9	7	2
9	1	13	5	15	4	6	9	8	7	6	5	8	3	9	14	5	4	14	11
11	3	15	7	2	13	11	8	1	2	3	4	4	7	13	10	10	15	1	8

Número	Tratamentos	Número	Tratamentos	Número	Tratamentos	Número	Tratamentos
1	D _O F _R	5	F _R	9	F _R D _O	13	F _O D _O
2	F _O D _R	6	F _O F _R	10	D _R F _O	14	D _O D _R
3	F _R D _R	7	F _O	11	F _R F _O	15	D _O
4	D _R D _O	8	D _R	12	D _R F _R	16	D _O F _O

D_O : Linhagem de milho dentado não irradiada F_O : Linhagem de milho duro não irradiada
 D_R : Linhagem de milho dentado irradiada F_R : Linhagem de milho duro irradiada

TABELA 2 - Germinação, sobrevivência e altura das plantinhas das linhagens irradiadas com diversas doses de raios-gama tomando-se o controle como 100,0 .

Linhagem de milho	Número de sementes semeadas	Dose (KR)	Germinação	Sobrevivência	Altura
Duro	99	0	100,0	100,0	100,0
	100	0,5	122,6	95,0	94,3
	100	1	119,7	94,8	96,2
	100	2	124,1	96,2	100,0
	100	5	121,1	94,9	100,0
	100	10	116,7	102,4	94,9
	100	15	115,2	102,4	80,4
Dentado	100	0	100,0	100,0	100,0
	100	0,5	104,1	100,0	106,4
	100	1	110,8	100,0	102,1
	100	2	91,9	100,0	94,3
	100	5	100,0	100,0	95,7
	100	10	100,0	100,0	75,0
	99	15	94,2	85,5	51,4

TABELA 3 - Número de polinizações feitas, número de espigas colhidas, número de sementes e número médio de sementes, dos híbridos simples e linhagens.

Tratamentos	Número de Polinizações	Número de espigas	Número de sementes	Número médio
D _O F _O	25	22	2143	97
F _O D _O	18	13	3106	239
D _O F _R	23	19	3298	174
F _R D _O	20	6	1241	207
D _R F _O	21	19	3493	184
F _O D _R	25	17	4914	289
D _R F _R	23	15	3000	200
F _R D _R	20	15	4121	275
D _O	20	7	2027	290
D _R	20	14	3525	252
D _R D _O	21	8	1822	228
D _O D _R	21	17	4147	244
F _O	21	14	2715	194
F _R	21	11	3135	285
F _R F _O	20	20	3974	199
F _O F _R	20	18	4223	235

TABELA 4 - Análise da variância e médias ajustadas da sobrevivência (%) em relação ao "stand" de 48 plantas, transformadas em arc sen $\sqrt{\text{porcentagem}}$. Experimento em látice quadrado balanceado, 4 x 4, com 10 repetições.

Causa de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Repetições	9	306,7597		
Tratamentos (não ajustado)	15	3.799,6689		
Resíduo (blocos ao acaso)	(135)	4.408,0001	32,6519	1,13 ns
Colunas	30	1.074,4088	35,8136	
Componente a	15	579,0339		
Componente b (aj. tratamento e linha)	15	495,3749		
Linhas	30	980,2332	32,6744	1,03 ns
Componente a	15	377,8114		
Componente b (aj. tratamento e coluna)	15	602,4218		
Erro	75	2.380,1776	31,7357	
Total	159	8.514,4287		
Tratamentos (ajustados)	15	3.803,9506	253,5967	8,00 ***

Média Geral 76,90 ± 0,4452
 C. V. (látice) 7,32 %
 Eficiência (látice) 102,97 %

(***) significativo ao nível de 0,1%
 (ns) não significativo

Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média
D _O F _O	79,82 ± 1,78	D _R F _O	79,73 ± 1,78	D _O	77,87 ± 1,78
F _O D _O	82,06 ± 1,78	F _O D _R	78,82 ± 1,78	D _R	75,28 ± 1,78
D _O F _R	82,53 ± 1,78	D _R F _R	80,94 ± 1,78	D _R D _O	72,62 ± 1,78
F _R D _O	84,39 ± 1,78	F _R D _R	80,31 ± 1,78	D _O D _R	74,94 ± 1,78
				F _O	70,89 ± 1,78
				F _R	71,54 ± 1,78
				F _R F _O	66,89 ± 1,78
				F _O F _R	71,70 ± 1,78

TABELA 5 - Análise da variância e médias ajustadas da altura (m) das plantas competitivas.
Experimento em látice quadrado balanceado, 4 x 4, com 10 repetições.

Causa de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Repetições	9	0,2083		
Tramentos (não ajustado)	15	29,8465		
Resíduo (blocos ao acaso)	(135)	0,9039	0,0067	
Colunas	30	0,3161	0,0105	4,04 ***
Componente a	15	0,1947		
Componente b (aj. tratamento e linha)	15	0,1214		
Linhas	30	0,3989	0,0133	5,16 ***
Componente a	15	0,2409		
Componente b (aj. tratamento e coluna)	15	0,1580		
Erro	75	0,2012	0,0026	
Total	159	30,9587		
Tratamentos (ajustados)	15	31,1560	2,0770	865,42 ***

Média geral $2,41 \pm 0,0039$

C. V. (látice) $2,03 \%$

Eficiência (látice) $279,17 \%$

(***) significativo ao nível de 0,1%

Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média
D_{0}^{F0}	$2,86 \pm 0,02$	D_{R}^{F0}	$2,80 \pm 0,02$	D_0	$2,22 \pm 0,02$
F_{0}^{D0}	$2,80 \pm 0,02$	$F_{0}^{D_R}$	$2,81 \pm 0,02$	D_R	$2,22 \pm 0,02$
$D_{0}^{F_R}$	$2,83 \pm 0,02$	$D_{R}^{F_R}$	$2,80 \pm 0,02$	$D_{R}^{D_0}$	$2,22 \pm 0,02$
$F_{0}^{D_R}$	$2,84 \pm 0,02$	$F_{R}^{D_R}$	$2,81 \pm 0,02$	$D_{0}^{D_R}$	$2,24 \pm 0,02$
				F_0	$1,77 \pm 0,02$
				F_R	$1,72 \pm 0,02$
				$F_{R}^{F_0}$	$1,76 \pm 0,02$
				$F_{0}^{F_R}$	$1,83 \pm 0,02$

TABELA 6 - Análise da variância e médias ajustadas do número de espigas para um "stand" de 50 plantas, transformados em \sqrt{N} . Experimento em látice quadrado balanceado, 4 x 4, com 10 repetições.

Causa de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Repetições	9	5,2120		
Tratamentos (não ajustado)	15	58,5626		
Resíduo (blocos ao acaso)	(135)	31,8179	0,2357	
Colunas	30	8,5563	0,2852	1,44 ns
Componente a	15	3,7947		
Componente b (aj. tratamento e linha)	15	4,7616		
Linhas	30	7,9786	0,2660	
Componente a	15	5,9071		
Componente b (aj. tratamento e coluna)	15	2,0715		
Erro	75	14,9010	0,1987	1,34 ns
Total	159	95,5925		
Tratamentos (ajustados)	15	60,7819	4,0521	23,21 ***

Média geral $8,82 \pm 0,0330$

C. V. (látice) 4,74 %

Eficiência (látice) 134,99 %

(***) significativo ao nível de 0,1%

(ns) não significativo

Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média
D_0^F	$8,65 \pm 0,13$	$D_{R^F}^F$	$9,16 \pm 0,13$	D_0	$9,57 \pm 0,13$	F_0	$7,90 \pm 0,13$
F_0^D	$8,68 \pm 0,13$	$F_{0^D}^D$	$9,04 \pm 0,13$	D_R	$9,44 \pm 0,13$	F_R	$7,73 \pm 0,13$
D_0^F	$9,08 \pm 0,13$	$D_{R^F}^F$	$8,99 \pm 0,13$	$D_{R^D}^D$	$9,47 \pm 0,13$	$F_{R^F}^F$	$7,94 \pm 0,13$
F_0^D	$8,49 \pm 0,13$	$F_{0^D}^D$	$9,24 \pm 0,13$	$D_{0^R}^D$	$9,68 \pm 0,13$	$F_{0^R}^F$	$8,07 \pm 0,13$

TABELA 8 - Análise da variância e médias ajustadas do número de fileiras da primeira espiga.
Experimento em látice quadrado balanceado, 4 x 4 com 10 repetições.

Causa de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Repetições	9	0,4743		
Tratamentos (não ajustado)	15	38,0655		
Resíduo (blocos ao acaso)	(135)	7,6770	0,0568	
Colunas	30	1,6294	0,0543	1,15 ns
Componente a	15	0,5289		
Componente b (aj. tratamento e linha)	15	1,1005		
Linhas	30	2,4041	0,0801	1,70 *
Componente a	15	1,4061		
Componente b (aj. tratamento e coluna)	15	0,9980		
Erro	75	3,5413	0,0472	
Total	159	46,2118		
Tratamentos (ajustados)	15	34,4295	2,2953	64,47 ***

Média geral 13,36 ± 0,01 (*) significativo ao nível de 5%
 C. V. (látice) 1,41% (***) significativo ao nível de 0,1%
 Eficiência (látice) 159,55% (ns) não significativo

Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média
D _O F _O	13,40 ± 0,06	D _R F _O	13,52 ± 0,06	D _O	13,74 ± 0,06
F _O D _O	13,55 ± 0,06	F _O D _R	13,65 ± 0,06	D _R	13,84 ± 0,06
D _O F _R	13,48 ± 0,06	D _R F _R	13,59 ± 0,06	D _R D _O	13,72 ± 0,06
F _R D _O	13,55 ± 0,06	F _R D _R	13,74 ± 0,06	D _O D _R	13,68 ± 0,06
				F _O	12,39 ± 0,06
				F _R	12,68 ± 0,06
				F _R F _O	12,74 ± 0,06
				F _O F _R	12,55 ± 0,06

TABELA 9 -- Análise da variância e médias ajustadas do diâmetro (cm) da primeira espiga. Experimento em látice quadrado balanceado, 4 x 4 com 10 repetições.

Causa de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Repetições	9	0,1369		
Tratamentos (não ajustado)	15	32,9165		
Resíduo (blocos ao acaso)	(135)	0,5541	0,0041	
Colunas	30	0,1037	0,0035	1,03 ns
Componente a	15	0,0652		
Componente b (aj. tratamento e linha)	15	0,0385		
Linhas	30	0,1940	0,0065	1,91 *
Componente a	15	0,0990		
Componente b (aj. tratamento e coluna)	15	0,0950		
Erro	75	0,2590	0,0034	
Total	159	33,6075		
Tratamentos (ajustados)	15	33,1048	2,2069	959,52 ***

Média geral $4,0 \pm 0,0037$ (*) significativo ao nível de 5%
 C. V. (látice) 1,20% (***) significativo ao nível de 0,1%
 Eficiência (látice) 178,26% (ns) não significativo

Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média
D_0^F	$4,4 \pm 0,02$	D_0^D	$4,0 \pm 0,02$	F_0^F	$3,2 \pm 0,02$
F_0^D	$4,3 \pm 0,02$	D_R^D	$3,9 \pm 0,02$	F_R^F	$3,2 \pm 0,02$
D_0^R	$4,3 \pm 0,02$	D_R^D	$4,0 \pm 0,02$	F_R^F	$3,3 \pm 0,02$
F_0^R	$4,4 \pm 0,02$	D_0^D	$4,0 \pm 0,02$	F_0^R	$3,2 \pm 0,02$

TABELA 10 - Análise da variância e médias ajustadas da produção, em gramas, ajustadas para 15,5 % de umidade, e para um "stand" de 50 plantas. Experimento em látex quadrado balanceado, 4 x 4, com 10 repetições.

Causa de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Repetições	9	18.489.216,02		
Tratamentos (não ajustado)	15	1.718.649.576,99		
Resíduo (blocos ao acaso)	(135)	112.875.816,48	836.117,16	
Colunas	30	23.581.425,01	786.047,50	1,55 ns
Componente a	15	12.563.707,40		
Componente b (aj. tratamento e linha)	15	11.017.717,61		
Linhas	30	50.224.522,94	1.674.150,76	3,30 ***
Componente a	15	39.583.485,22		
Componente b (aj. tratamento e coluna)	15	10.641.037,72		
Erro	75	38.056.179,23	507.415,72	
Total	159	1.850.014.609,49		
Tratamentos (ajustados)	15	1.691.883.398,17	112.792.226,54	295,28 ***

Média geral 6906 ± 49

C. V. (látex) 8,95%

Eficiência (látex) 218,89%

(***) significativo ao nível de 0,1%

(ns) não significativo

Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média
D ₀ F ₀	9540 ± 195	D _R F ₀	10426 ± 195	D ₀	4436 ± 195
F ₀ D ₀	9414 ± 195	F ₀ D _R	10887 ± 195	D _R	4494 ± 195
D ₀ F _R	9883 ± 195	D _R F _R	10443 ± 195	D _R D ₀	4395 ± 195
F _R D ₀	9460 ± 195	F _R D _R	10642 ± 195	D ₀ D _R	4647 ± 195
				F ₀	2907 ± 195
				F _R	3000 ± 195
				F _R F ₀	2641 ± 195
				F ₀ F _R	3285 ± 195

TABELA 11 - Análise da variância e médias ajustadas do peso (gr) de 100 grãos, ajustado para 15,5% de unidade. Experimento em látice quadrado balanceado, 4 x 4 com 10 repetições.

Causa de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Repetições	9	59,2895		
Tratamentos (não ajustado)	15	659,2981		
Resíduo (blocos ao acaso)	(135)	249,4759	1,8480	
Colunas	30	36,9511	1,2317	0,90 ns
Componente a	15	19,9220		
Componente b (aj. tratamento e linha)	15	17,0291		
Linhas	30	111,4637	3,7155	2,71 ***
Componente a	15	84,1571		
Componente b (aj. tratamento e coluna)	15	27,3066		
Erro	75	102,9776	1,3730	
Total	159	968,0635		
Tratamentos (ajustados)	15	764,3381	50,9558	65,43 ***

Média geral 23,32 ± 0,07

C. V. (látice) 3,79%

Eficiência (látice) 237,29%

(***) significativo ao nível de 0,1%

(ns) não significativo

Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média
D ₀ F ₀	25,71 ± 0,28	D _R F ₀	24,64 ± 0,28	D ₀	21,26 ± 0,28	F ₀	20,90 ± 0,28
F ₀ D ₀	25,66 ± 0,28	F ₀ D _R	24,49 ± 0,28	D _R	21,82 ± 0,28	F _R	18,83 ± 0,28
D ₀ F _R	25,05 ± 0,28	D _R F _R	25,29 ± 0,28	D _R D ₀	22,74 ± 0,28	F _R F ₀	21,30 ± 0,28
F _R D ₀	25,96 ± 0,28	F _R D _R	25,54 ± 0,28	D ₀ D _R	23,16 ± 0,28	F ₀ F _R	20,79 ± 0,28

TABELA 12 - Análise da variância e médias ajustadas do número de grãos. Experimento em látice quadrado balanceado, 4 x 4 com 10 repetições.

Causa de Variação	G. L.	S. Q.	Q. M.	F
Repetições	9	401.688.768,00		
Tratamentos (não ajustado)	15	22.755.819.791,00		
Resíduo (blocos ao acaso)	(135)	2.348.301.376,00	17.394.825,01	
Colunas	30	465.324.021,00	15.510.800,70	1,26 ns
Componente a	15	206.418.710,00		
Componente b (aj. tratamento e linha)	15	258.905.311,00		
Linhas	30	950.361.429,00	31.678.714,30	2,58 ***
Componente a	15	725.434.260,00		
Componente b (aj. tratamento e coluna)	15	224.927.169,00		
Erro	75	922.381.696,00	12.298.422,61	
Total	159	25.505.809.935,00		
Tratamentos (ajustados)	15	22.023.479.288,00	1.468.231.952,53	163,62 ***

Média geral 28.767 ± 237

C. V. (látice) 10,41%

Eficiência (látice) 193,85%

(***) significativo ao nível de 0,1%

(ns) não significativo

Tratamento	Média	Tratamento	Média	Tratamento	Média
D ₀ F ₀	37.286 ± 947	D _R F ₀	42.588 ± 947	D ₀	21.170 ± 947
F ₀ D ₀	36.768 ± 947	F ₀ D _R	44.575 ± 947	D _R	20.423 ± 947
D ₀ F _R	39.631 ± 947	D _R F _R	41.544 ± 947	D _R D ₀	19.396 ± 947
F _R D ₀	37.059 ± 947	F _R D _R	41.706 ± 947	D ₀ D _R	19.759 ± 947
				F ₀	18.867 ± 947
				F _R	16.136 ± 947
				F _R F ₀	12.765 ± 947
				F ₀ F _R	15.596 ± 947

TABELA 13 - Valores de F da análise da variância das médias dos diversos caracteres, para o efeito maternal e recíproco, de acordo com o método exposto por COCKREHAM (1963) .

Caráter	Efeito maternal	Efeito recíproco
Sobrevivência	0,71 ns	0,13 ns
Altura	1,50 ns	5,50 **
Número de espigas	2,22 ns	2,44 ns
Comprimento	0,54 ns	4,05 *
Número de fileiras	3,50 *	0,19 ns
Diâmetro	29,00 ***	12,50 ***
Produção	3,47 *	0,56 ns
Pêso de 100 grãos	2,01 ns	0,88 ns
Número de grãos	2,98 *	0,55 ns

(*) : significativo ao nível de 5% de probabilidade

(**) : significativo ao nível de 1% de probabilidade

(***) : significativo ao nível de 0,1% de probabilidade

(ns) : não significativo.

TABELA 14 - Estimativa das variâncias médias dentro das parcelas e das suas comparações pelo teste F. Experimento em látice quadrado balanceado, 4 x 4, com 10 repetições.

Var. média com irradiação	Altura	F	Comprimento	F	Número de fileiras	F	Diâmetro	F
$\frac{D_F}{R_R}$	$\frac{0,0167}{0,0152}$	1,10 ns	$\frac{2,8954}{2,2909}$	1,26 **	$\frac{0,0176}{0,0229}$	0,77 ns	$\frac{0,0416}{0,0431}$	0,97 ns
$\frac{D_F}{O_O}$	$\frac{0,0154}{0,0152}$	1,01 ns	$\frac{2,9089}{2,2909}$	1,27 **	$\frac{0,0201}{0,0229}$	0,88 ns.	$\frac{0,0420}{0,0431}$	0,97 ns
$\frac{D_F}{O_R}$	$\frac{0,0125}{0,0152}$	0,82 ns	$\frac{2,4662}{2,2909}$	1,08 ns	$\frac{0,0265}{0,0229}$	1,16 *	$\frac{0,0371}{0,0431}$	0,86 ns
$\frac{D_R}{D_O}$	$\frac{0,0230}{0,0129}$	1,78 **	$\frac{1,6411}{1,3084}$	1,25 *	$\frac{0,0190}{0,0251}$	0,76 ns	$\frac{0,0748}{0,0541}$	1,38 **
$\frac{D_D}{D_O}$	$\frac{0,0144}{0,0129}$	1,12 ns	$\frac{1,3147}{1,3084}$	1,00 ns	$\frac{0,0232}{0,0251}$	0,92 ns	$\frac{0,0640}{0,0541}$	1,18 *
$\frac{F_R}{F_O}$	$\frac{0,0201}{0,0417}$	0,48 ns	$\frac{3,1664}{3,9146}$	0,81 ns	$\frac{0,0305}{0,0383}$	0,80 ns	$\frac{0,0260}{0,0395}$	0,66 ns
$\frac{F_R}{F_O}$	$\frac{0,0320}{0,0417}$	0,77 ns	$\frac{3,7867}{3,9146}$	0,97 ns	$\frac{0,0344}{0,0383}$	0,90 ns	$\frac{0,0335}{0,0395}$	0,85 ns

(ns) = não significativo (*) = significativo ao nível de 5%
 (**) = Significativo ao nível de 1%

TABELA 15 - Valores da smédias e significâncias das diversas comparações efetuadas, pelo teste t .
 Experimento em látice quadrado balanceado, 4 x 4, com 10 repetições.

Comparação	Sobrevivência	Altura	Nº de espigas	Comprimento	Número de fileiras
D_0 vs D_R	77,87 vs 75,28 $t = 1,03$ ns	2,22 vs 2,22 $t = 0,00$ ns	9,57 vs 9,44 $t = 0,70$ ns	10,8 vs 10,8 $t = 0,00$ ns	13,74 vs 13,84 $t = 1,18$ ns
F_0 vs F_R	70,89 vs 71,54 $t = 0,26$ ns	1,77 vs 1,72 $t = 2,5$ *	7,90 vs 7,73 $t = 0,91$ ns	14,6 vs 14,7 $t = 0,81$ ns	12,39 vs 12,68 $t = 3,42$ **
$\frac{D_0 F_0}{D_R F_R}$	80,94 vs 80,63 $t = 0,17$ ns	2,83 vs 2,81 $t = 1,42$ ns	8,67 vs 9,12 $t = 3,41$ **	15,9 vs 15,7 $t = 2,30$ *	13,48 vs 13,67 $t = 3,17$ **
$\frac{D_0 F_0}{D_0 F_R}$	80,94 vs 83,46 $t = 1,42$ ns	2,83 vs 2,84 $t = 0,71$ ns	8,67 vs 8,79 $t = 0,91$ ns	15,9 vs 15,8 $t = 1,15$ ns	13,48 vs 13,52 $t = 0,67$ ns
$\frac{D_0 F_0}{D_R F_0}$	80,94 vs 79,28 $t = 0,93$ ns	2,83 vs 2,81 $t = 1,42$ ns	8,67 vs 9,10 $t = 3,26$ **	15,9 vs 15,8 $t = 1,15$ ns	13,48 vs 13,52 $t = 1,83$ ns

(continua ...)

TABELA 15 - (continuação)

Comparação	Diâmetro	Produção	Peso de 100 grãos	Número de grãos
D_0 vs D_R	4,0 vs 3,9 t = 5,00 **	4.436 vs 4.494 t = 0,21 ns	21,26 vs 21,82 t = 1,42 ns	21.170 vs 20.423 t = 0,56 ns
F_0 vs F_R	3,2 vs 3,2 t = 0,00 ns	2.907 vs 3.000 t = 0,34 ns	20,90 vs 18,83 t = 5,24 **	18.867 vs 16.136 t = 2,04 *
$\frac{D_0 F_0}{D_R F_R}$	4,4 vs 4,4 t = 0,00 ns	9.477 vs 10.543 t = 5,45 **	25,69 vs 25,42 t = 0,97 ns	30.027 vs 41.625 t = 4,85 **
$\frac{D_0 F_0}{D_0 R}$	4,4 vs 4,4 t = 0,00 ns	9.477 vs 9.672 t = 1,00 ns	25,69 vs 25,51 t = 0,64 ns	37.027 vs 38.345 t = 1,39 ns
$\frac{D_0 F_0}{D_R F_0}$	4,4 vs 4,4 t = 0,00 ns	9.477 vs 10.657 t = 6,04 **	25,69 vs 24,57 t = 4,01 **	37.027 vs 43.582 t = 6,92 **

(ns) = não significativo

(*) = significativo ao nível de 5%

(**) = significativo ao nível de 1%

TABELA 16 - Valores de t e respectivas significâncias para a regressão linear e quadrática. Experimento em látice quadrado balanceado, 4 x 4, com 10 repetições.

Caráter	Linhagem de milho dentado			t R L	t R Q
	pais não irradiados	um pai irradiado	dois pais irradiados		
Sobrevivência	77,87	73,78	75,28	1,03 ns	1,57 ns
Altura	2,22	2,23	2,22	0,00 ns	0,71 ns
Número de espigas	9,57	9,58	9,44	0,70 ns	0,57 ns
Comprimento	10,80	10,90	10,80	0,00 ns	1,15 ns
Número de fileiras	13,74	13,70	13,84	1,18 ns	1,50 ns
Diâmetro	4,00	4,00	3,90	5,00 **	3,55 **
Produção	4.436	4.521	4.494	0,21 ns	0,29 ns
Pêso de 100 grãos	21,26	22,94	21,82	1,42 ns	5,05 **
Número de grãos	21.170	19.578	20.423	0,56 ns	1,29 ns

Caráter	Linhagem de milho duro			t R L	t R Q
	pais não irradiados	um pai irradiado	dois pais irradiados		
Sobrevivência	70,89	69,30	71,54	0,26 ns	1,08 ns
Altura	1,77	1,80	1,72	2,50 *	3,90 **
Número de espigas	7,90	8,01	7,73	0,91 ns	1,48 ns
Comprimento	14,6	14,9	14,7	0,81 ns	2,87 **
Número de fileiras	12,39	12,65	12,68	3,42 **	1,92 ns
Diâmetro	3,2	3,3	3,2	0,00 ns	7,09 **
Produção	2.907	2.963	3.000	0,34 ns	0,05 ns
Pêso de 100 grãos	20,90	21,05	18,83	5,24 **	5,14 **
Número de grãos	18.867	14.181	16.136	2,04 *	3,51 **

(continua ...)

TABELA 16 - (continuação)

Caráter	H í b r i d o s			t R L	t T Q
	pais não irradiados	um pai irradiado	dois pais irradiados		
Sobrevivência	80,94	81,37	80,63	0,17 ns	0,46 ns
Altura	2,83	2,82	2,81	1,42 ns	0,00 ns
Número de espigas	8,67	8,94	9,12	3,41 **	0,48 ns
Comprimento	15,9	15,8	15,7	2,30 *	0,00 ns
Número de fileiras	13,48	13,55	13,67	3,17 **	0,59 ns
Diâmetro	4,4	4,4	4,4	0,00 ns	0,00 ns
Produção	9.477	10.164	10.543	5,45 **	1,11 ns
Pêso de 100 grãos	25,69	25,04	25,42	0,97 ns	2,61 *
Número de grãos	37.027	40.963	41.625	4,85 **	2,44 *

t R L = valor de t para a regressão linear

t R Q = valor de t para a regressão quadrática

(ns) = não significativo

(*) = significativo ao nível de 5% de probabilidade

(**) = significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 17 - Estimativas das heterosês e comparações entre as diversas heterosês pelo teste t . Experimento em látice quadrado balanceado, 4×4 , com 10 repetições.

Caráter	Comparações Efetuadas		
	$\overline{D_R F_R}$ vs $\overline{D_O F_O}$	$\overline{D_O F_R}$ vs $\overline{D_O F_O}$	$\overline{D_R F_O}$ vs $\overline{D_O F_O}$
Sobrevivência	7,22 vs 6,61 t = 0,24 ns	8,75 vs 6,61 t = 1,02 ns	6,19 vs 6,61 t = 0,17 ns
Altura (metro)	0,84 vs 0,83 t = 0,5 ns	0,87 vs 0,83 t = 2,00 *	0,81 vs 0,83 t = 1,00 ns
Número de espigas	0,53 vs - 0,07 t = 3,22 **	0,14 vs - 0,07 t = 1,12 ns	0,43 vs - 0,07 t = 2,68 **
Comprimento das espigas (cm.)	2,9 vs 3,2 t = 2,44 *	3,0 vs 3,2 t = 1,64 ns	3,1 vs 3,2 t = 0,82 ns
Número de fileiras	0,41 vs 0,41 t = 0,00 ns	0,31 vs 0,41 t = 1,18 ns	0,47 vs 0,41 0,71 ns
Diâmetro das espigas (cm.)	0,8 vs 0,8 t = 0,00 ns	0,8 vs 0,8 t = 0,00 ns	0,8 vs 0,8 t = 0,00 ns
Produção (gramas)	6.796 vs 5.805 t = 3,59 **	5.954 vs 5.805 t = 0,54 ns	6.956 vs 5.805 t = 4,16 **
Pêso de 100 grãos (gramas)	5,09 vs 4,61 t = 1,22 ns	5,46 vs 4,61 t = 2,15 *	3,21 vs 4,61 t = 3,55 **
Número de grãos	23.345 vs 17.008 t = 4,73 **	19.692 vs 17.008 t = 2,00 *	23.937 vs 17.008 t = 5,17 **

(*) = significativo ao nível de 5% de probabilidade

(**) = significativo ao nível de 1% de probabilidade

(ns) = não significativo

10 - FIGURAS

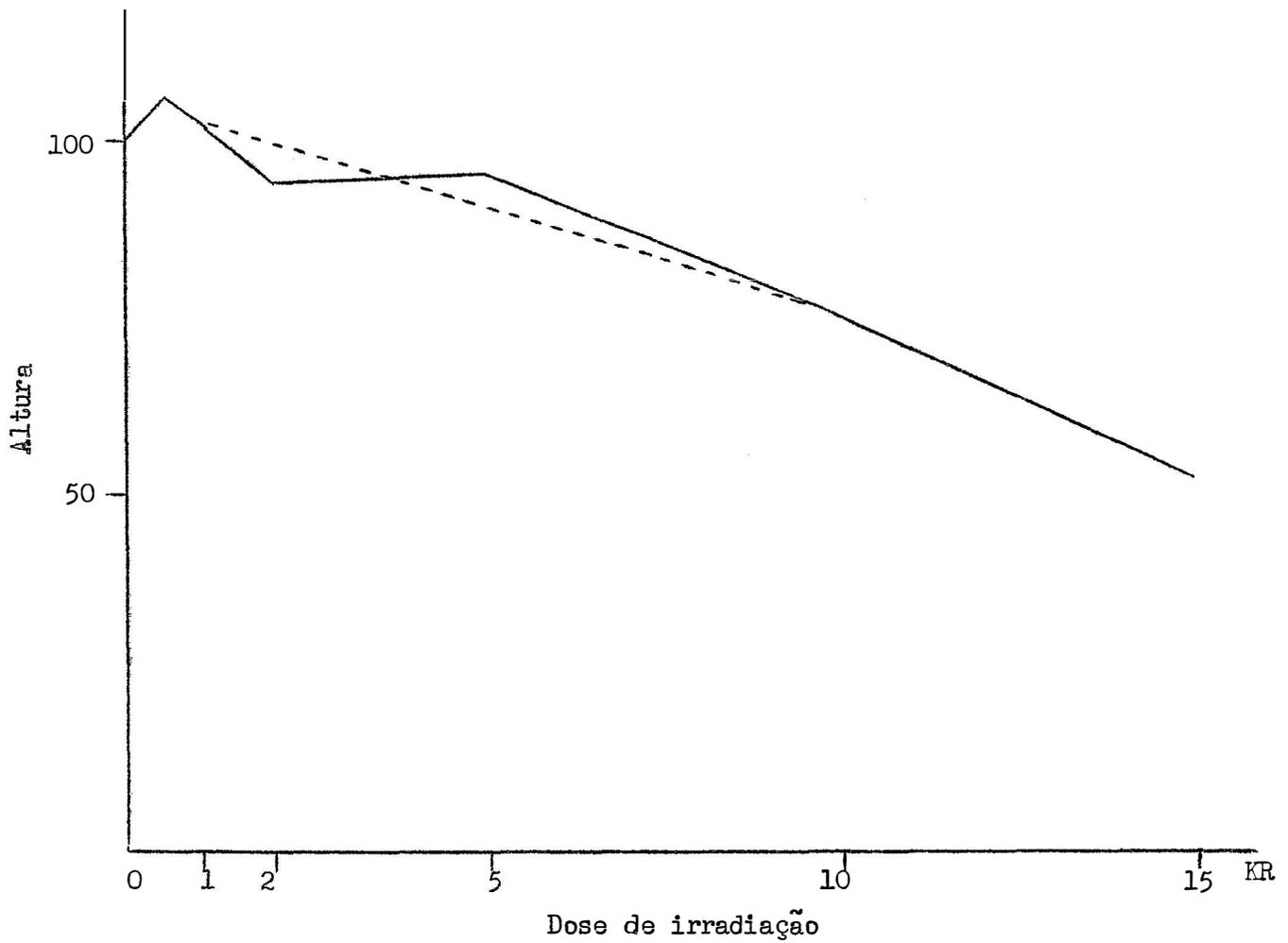


Figura 1 - Altura das plantinhas da linhagem de milho dentado

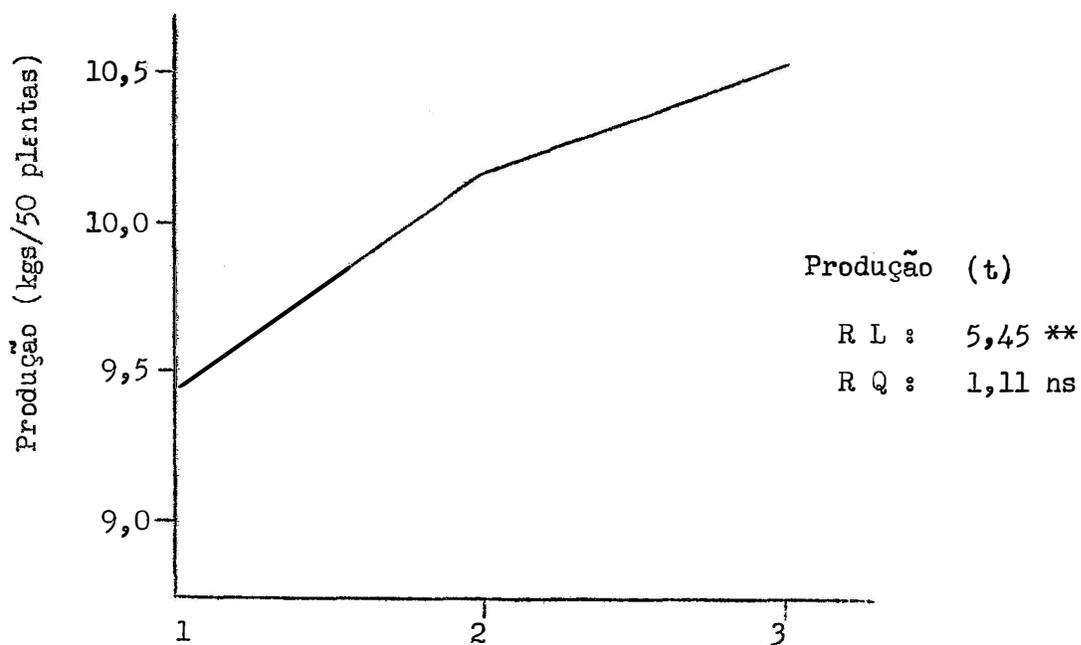
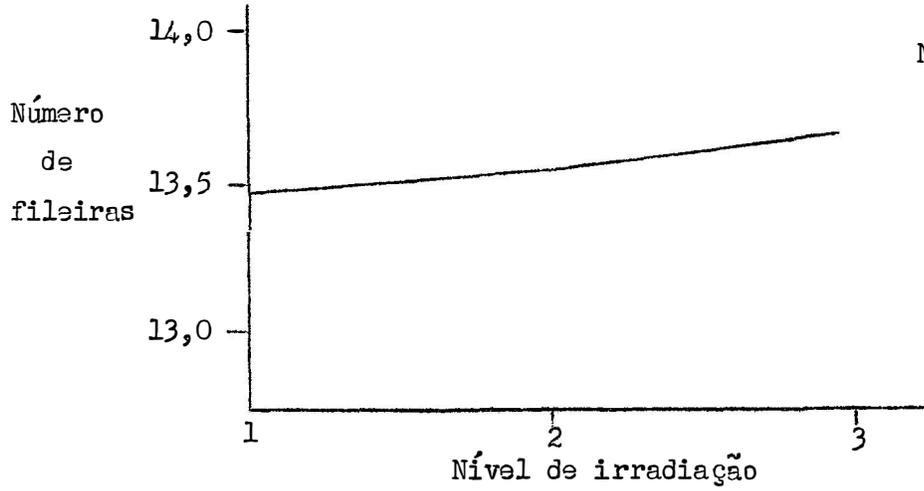


Figura 2 - Regressão entre a média e o nível de irradiação, para uma série de caracteres em híbridos simples.

(continua...)

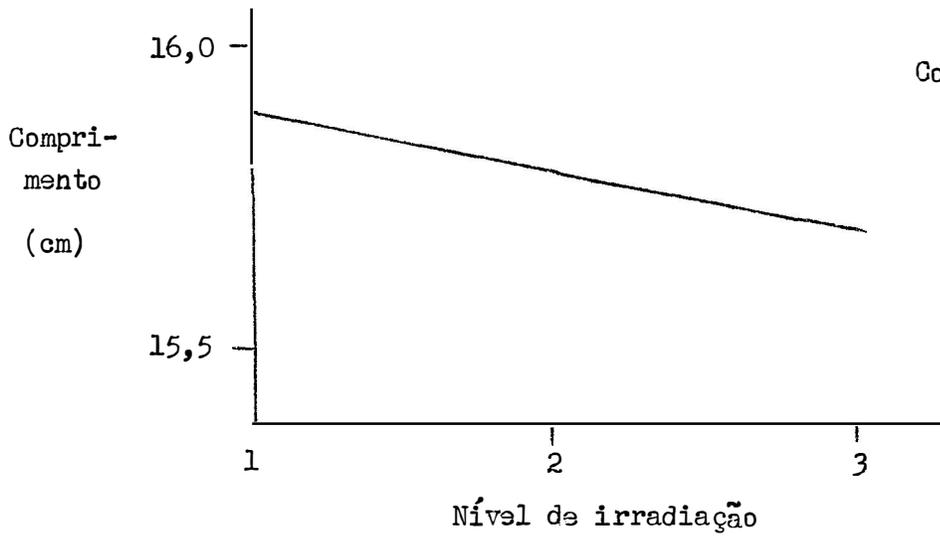
(continuação)



Número de fileiras (t)

R L : 3,17 **

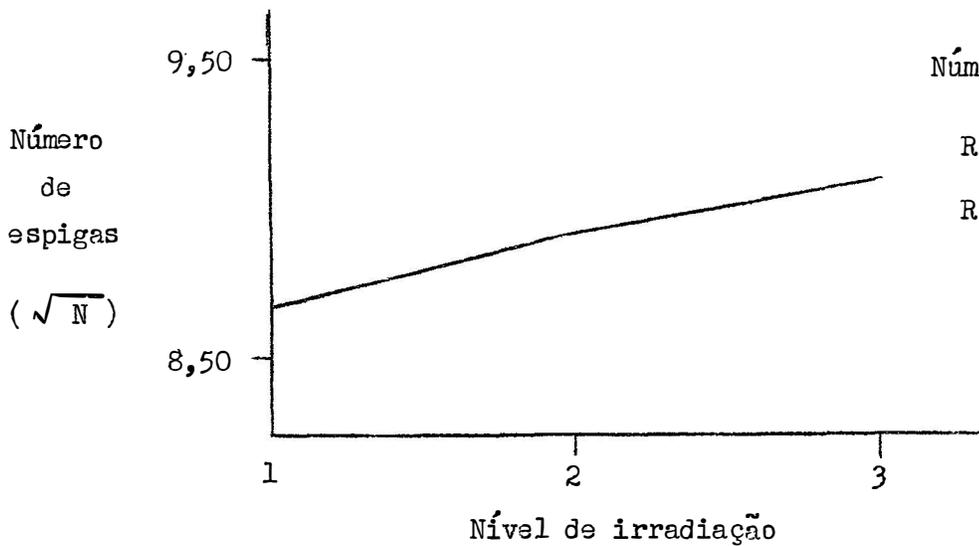
R Q : 0,59 ns



Comprimento (t)

R L : 2,30 *

R Q : 0,00 ns



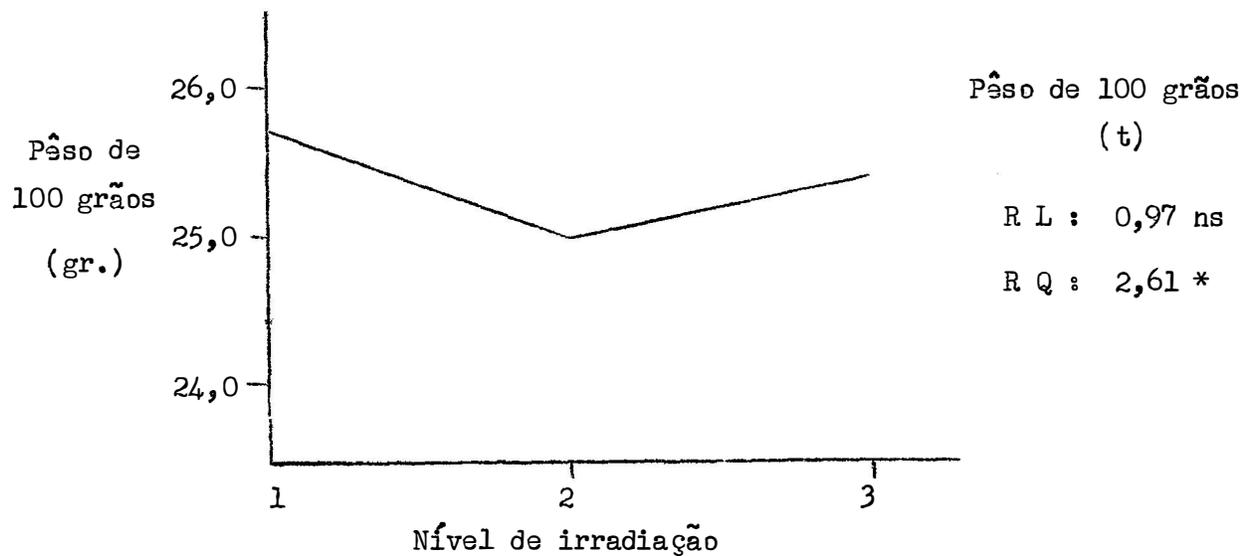
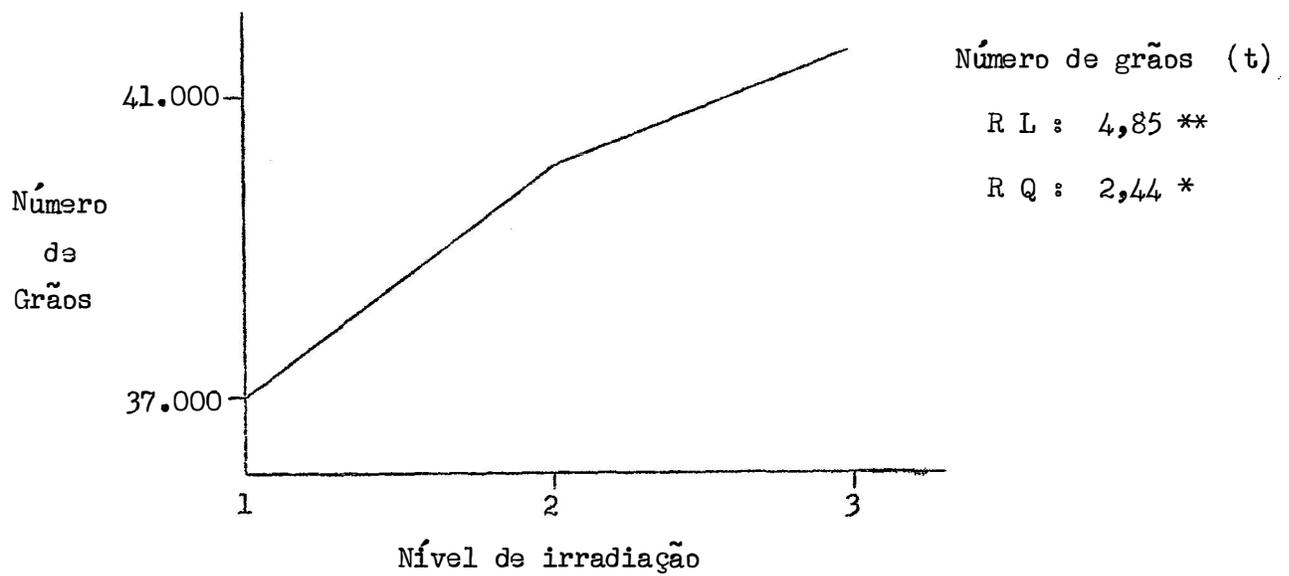
Número de espigas (t)

R L : 3,41 **

R Q : 0,48 ns

(continua ...)

(continuação)



- 1 - Híbridos provenientes de duas linhagens parentais não irradiadas.
- 2 - Híbridos provenientes de apenas uma linhagem parental irradiada.
- 3 - Híbridos provenientes de duas linhagens parentais irradiadas.

R L : regressão linear
R Q : regressão quadrática

** : t significativo a 1%
* : t significativo a 5%
ns : t não significativo