UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA

ANA LETICIA DE ARAÚJO

Efeitos da radiação gama do Cobalto-60 em sementes de algodão, milho e soja para estimular a germinação

Piracicaba

2015

ANA LETICIA DE ARAUJO

Efeitos da radiação gama do Cobalto-60 em sementes de algodão, milho e soja para estimular a germinação

Versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Dissertação apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo para obtenção de título de Mestre em Ciências

Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Valter Arthur

Piracicaba

2015

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP

Araújo, Ana Leticia de

Efeitos da radiação gama do Cobalto-60 em sementes de algodão, milho e soja para estimular a germinação / Ana Leticia de Araújo; orientador Valter Arthur. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2015.

90 p. : il.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Armazenagem de alimentos 2. Germinação de sementes 3. Grãos 4. Irradiação de alimentos I. Título

CDU 581.48 : 54-78

DEDICO

Aos meus pais, Welington Gonzaga de Araújo e Iraci Teresinha Castilho de Araújo que me apoiaram e apoiam em todas as fases da minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Valter Arthur por toda a orientação durante a realização da graduação e do mestrado;

Ao Prof. Dr. Ederaldo José Chiavegatto por todo o suporte desde a graduação e por ceder espaço na casa de vegetação da ESALQ;

Ao meu tio Lécio Aparecido Castilho por todo o apoio durante a realização dos experimentos;

A Cleusa Pereira Cabral por tornar a realização dos experimentos mais fácil;

A Lúcia Cristina Aparecida Santos Silva por auxiliar na realização dos experimentos;

Ao Paulo Cassieri Neto por sempre estar de prontidão para ajudar;

Ao Prof. Dr. Luiz Henrique Carvalho por gentilmente ceder sementes de algodão para a realização do experimento;

Ao Prof. Dr. Isaías Olívio Geraldi por cordialmente fornecer sementes de soja;

Ao Luís Anselmo Lopes por auxiliar na aquisição de sementes de algodão;

A minha família por me apoiar nessa empreitada;

Aos meus amigos que estiveram presentes em todos os momentos da minha vida;

E ao meu namorado, Sergio Schiavuzzo Júnior por me dar suporte e colaborar durante realização dos experimentos.

RESUMO

ARAUJO, A. L. de. **Efeitos da radiação gama do Cobalto-60 em sementes de algodão, milho e soja para estimular a germinação**. 2015. 90 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

Esse trabalho teve como objetivo avaliar por quanto tempo as sementes das três grandes culturas (algodão, milho e soja) mantém os efeitos radiohorméticos induzidos pela radiação gama do Cobalto-60, avaliando-se o poder germinativo das sementes em cada tratamento de acordo com o decorrer do tempo de armazenamento até o plantio. Para determinar se os efeitos benéficos da radiação gama se mantêm até quanto tempo nas sementes irradiadas das três culturas estudadas. As sementes foram irradiadas no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP) num irradiador de Cobalto-60, tipo Gammacell 220. As doses utilizadas foram 0 Gy (testemunha), 25 Gy, 50 Gy, 75 Gy, 100 Gy e 125 Gy. Utilizou-se 4 repetições de 50 sementes nos experimentos de milho e soja e 3 repetições de 50 sementes no experimento de algodão. As sementes foram alocadas em bandejas de 200 células com vermiculita expandida em quatro dias diferentes: 0, 3, 6 e 9 dias após a irradiação. Foram avaliados: Índice de velocidade de germinação (IVE), Tempo médio de germinação (TMG), Germinação final, Comprimento radicular, altura de inserção cotiledonar (soja), altura de inserção da primeira folha (milho), altura aérea total e peso de 20 plântulas. Os resultados foram analisados pelo teste de Tukey a 5% de significância. Pelos resultados obtidos concluiu-se que a data de plantio pós processamento de irradiação não influenciou no desenvolvimento inicial das três culturas, com exceção das sementes de milho nas quais verificou-se a influência das doses de radiação no aumento do vigor e desenvolvimento.

Palavras-chave: Irradiação. Sementes. Algodão. Soja. Milho.

ABSTRACT

ARAUJO, A. L. de. **Effects of gamma radiation from Cobalt-60 in seeds of cotton, corn and soybean to stimulate germination**. 2015. 90 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015.

This work aimed to evaluate for how long the seeds of three major crops (cotton, corn and soybean) keep the radiohormetic effects induced by gamma radiation Cobalt-60, evaluating the germinative power of the seeds in each treatment according to the course of the storage time before planting. To determinate if the beneficial effects of gamma radiation remain until how long the irradiated seeds of the three studied. The seeds were irradiated at the Center of Nuclear Energy in Agriculture (CENA – USP) with a irradiator of Cobalt-60, Gammacell 220. The used doses were 0 Gy (test.), 25 Gy, 50 Gy, 75 Gy, 100 Gy and 125 Gy. Were used 4 repetitions of 50 seeds in the experiments of corn and soybean and 3 repetitions of 50 seeds in the cotton experiment. The seeds were allocated in trays of 200 cell with expanded vermiculite in four different days: 0, 3, 6 and 9 days after the irradiation. Were evaluated: germination rate index (GRI), germination medium time (GMT), final germination, radicular length, cotyledonal insertion height (soybean), first leaf insertion height (corn), overground total height and 20 seedlings weight. Results were analyzed for Tukey test at 5% significance. From the obtained results, it was concluded that the planting date post irradiation processing did not affect the initial development of the three cultures, with exception of the maize seed, which occurred influence of radiation doses in increased vigor and development.

Keywords: Irradiation. Seeds. Cotton. Corn. Soybean.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resultados de índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e porcentagem de germinação ao se comparar estatisticamente as doses com nível de significância de 5% no teste de Tukey para algodão.....40

Tabela 2- Resultados de índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e porcentagem de germinação ao se comparar estatisticamente os dias com nível de significância de 5% no teste de Tukey para algodão.....40

Tabela 3- Resultados de comprimento radicular (cm), altura de inserção do cotilédone (cm) e peso de 20 plântulas (g) ao se comparar estatisticamente as doses com nível de significância de 5% no teste de Tukey para algodão 41

Tabela 4- Resultados de comprimento radicular (cm), altura de inserção do cotilédone (cm) e peso de 20 plântulas (g) ao se comparar estatisticamente os dias com nível de significância de 5% no teste de Tukey para algodão.....41

Tabela 5- Resultados de índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e porcentagem de germinação ao se comparar estatisticamente as doses com nível de significância de 5% no teste de Tukey para milho 43

Tabela 6- Resultados de índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e porcentagem de germinação ao se comparar estatisticamente os dias com nível de significância de 5% no teste de Tukey para milho 44

Tabela 7- Interação entre doses e dias ao se avaliar o índice de velocidade de germinação do milho.....44

Tabela 8- Resultados de comprimento radicular (cm), altura de inserção da primeira folha (cm), altura aérea total (cm) e peso de 20 plântulas (g) ao se comparar estatisticamente as doses com nível de significância de 5% no teste de Tukey para milho 45

Tabela 9- Resultados de comprimento radicular (cm), altura de inserção da primeira folha (cm), altura aérea total (cm) e peso de 20 plântulas (g) ao se comparar estatisticamente os dias com nível de significância de 5% no teste de Tukey para milho 45
Tabela 10- Interação entre as doses e os dias para o comprimento radicular expresso em centímetros para o milho 46
Tabela 11- Interação entre as doses e os dias para a altura final média dos 24 tratamentos do experimento de milho 46
Tabela 12- Resultados de índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e porcentagem de germinação ao se comparar estatisticamente as doses com nível de significância de 5% no teste de Tukey para soja 48
Tabela 13- Resultados de índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e porcentagem de germinação ao se comparar estatisticamente os dias com nível de significância de 5% no teste de Tukey para soja 48
Tabela 14- Resultados de comprimento radicular (cm), altura de inserção do cotilédone (cm), altura aérea total (cm) e peso de 20 plântulas (g) ao se comparar estatisticamente as doses com nível de significância de 5% no teste de Tukey para soja 49
Tabela 15- Resultados de comprimento radicular (cm), altura de inserção do cotilédone (cm), altura aérea total (cm) e peso de 20 plântulas (g) ao se comparar estatisticamente os dias com nível de significância de 5% no teste de Tukey para soja 50
Tabela 16- Interação entre as doses e os dias para a altura final (expressa em cm) dos 24 tratamentos utilizados em sementes de soja 51

LISTA DE SÍMBOLOS

m - metros

cm - centímetros

mm - milímetros

kg - quilogramas

g – gramas

% - porcento

ºC – graus centígrados

kg/ha – quilogramas por hectare

^{60}Co – Cobalto-60

^{137}Cs – Césio-137

^{192}Ir – Irídio-192

^{241}Am – Amerício-241

Gy – Grays

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Alt. Cot. – Altura de Inserção Cotiledonar

Alt. Total – Altura Aérea Total

CENA – Centro de Energia Nuclear na Agricultura

CDNT – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

Comp. Rad. – Comprimento radicular

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento

DNA – Ácido Desoxirribonucleico

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ESALQ – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations

GF – Germinação Final

IEAE – International Atomic Energy Agency

IVE – Índice de Germinação Final

TMG – Tempo Médio de Germinação

UC – Unidades de calor

USP – Universidade de São Paulo

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 19
1.1 Algodão 19
1.2 Milho 19
1.3 Soja 20
1.4 Irradiação 21
2. REVISÃO DA LITERATURA 23
2.1 Algodão 23
2.1.1 Morfologia 23
2.1.2 História da cotonicultura no Brasil 23
2.1.3 Necessidades edafoclimáticas 24
2.1.4 Fatores limitantes 24
2.1.5 Perspectivas econômicas 25
2.2 Milho 25
2.2.1 Morfologia e classificação botânica 25
2.2.2 Histórico da cultura 26
2.2.3 Utilizações do milho 26
2.2.4 Exigências edafoclimáticas da cultura 27
2.2.5 Dificuldades encontradas 27
2.2.6 Perspectivas econômicas 27
2.3 Soja 28
2.3.1 Morfologia e classificação botânica 28
2.3.2 Histórico da cultura 28
2.3.3 Principais usos 29
2.3.4 Exigências edafoclimáticas 30
2.3.5 Perspectivas econômicas 30
2.4 Irradiação 31
3. MATERIAIS E MÉTODOS 34
3.1 Local de irradiação e plantio 34
3.2 Irradiação das sementes 34
3.3 Doses 34
3.4 Algodão 34
3.4.1 Material vegetal 34
3.4.2 Plantio 35

3.5 Milho 35
3.5.1 Material vegetal 35
3.5.2 Plantio 35
3.6 Soja 35
3.6.1 Material vegetal 35
3.6.2 Plantio 36
3.7 Testes realizados: 36
3.7.1 Índice de Velocidade de Germinação 36
3.7.2 Tempo Médio de Germinação 36
3.7.3 Germinação final 37
3.7.4 Altura de inserção cotiledonar 37
3.7.5 Altura de inserção da primeira folha 37
3.7.6 Altura aérea total das plantas 37
3.7.7 Comprimento radicular 37
3.7.8 Peso de 20 plântulas 38
3.7.9 Amostras e repetições 38
3.7.10 Análises estatísticas 38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO 39
4.1 Algodão 39
4.2 Milho 42
4.3 Soja 47
5. Conclusões 52
REFERÊNCIAS 53
ANEXOS 61

1. INTRODUÇÃO

1.1 Algodão

A importância da cultura do algodão remonta tempos longínquos. Desde a antiguidade é possível encontrar relatos de seu uso nos mais diversos centros de origem.

O algodoeiro (*Gossypium spp*.), da família das Malváceas já era cultivado na antiguidade, tendo-se encontrado na Índia, nas Américas há evidencias de que civilizações incas utilizavam-no para o artesanato têxtil devido a fragmentos de tecidos feitos com sua fibra encontrados no Peru que se calculavam respectivamente, a 4000 e 2500 a.C. No Brasil, à época do descobrimento os indígenas já cultivavam o algodoeiro utilizando a fibra para a confecção de tecidos, o caroço amassado e cozido na alimentação e o sumo das folhas como remédio (CARVALHO, 1996; COSTA; OLIVEIRA, 1982; REZENDE; MOURA, 1990). A fibra é o principal produto do algodoeiro e sua pluma, é a fibra vegetal mais cultivada pelo homem, representando cerca de 74% das fibras naturais utilizadas pela indústria têxtil.

Existem diversas espécies de algodoeiro (*Gossypium spp*.). No Brasil, a mais cultivada atualmente é a *Gossypium hirsutum* L. *r. latifolium Hutch*, que possui fibra média, porte herbáceo e é cultivado como planta anual apesar de possuir características de planta perene. Até a década de 80, a variedade Gossypium hirsutum L., var. Maria Galante (Watt), originária do semiárido brasileiro, apresentando fibra longa e de grande importância, cultivada de forma perene, a partir da entrada do Bicudo (*Anthonomus grandis*) no país, foi perdendo espaço para as variedades de fibra média e cultivadas como anuais.

Os principais centros produtores até esse momento, eram o Nordeste (Semiárido) e o Sudeste, totalizando cerca de 4 milhões de hectares. Após a entrada do bicudo, essa área diminuiu consideravelmente e foi realocada para as novas fronteiras agrícolas, como o Centro-Oeste e mais recentemente, o Norte do país.

1.2 Milho

O milho (*Zea mays* L.) é provavelmente uma das espécies cultivadas com maior diversidade genética (PATERNIANI et al., 2000). Há grande variabilidade genética tanto para caracteres relacionados a adaptação ambiental, quanto para aqueles que não influenciam na vantagem adaptativa. A diversidade genética existente no milho permite o seu cultivo nos mais diversos ambientes. O milho é cultivado desde a latitude 58°N até 40°S, desenvolvendo-se desde o nível do mar até 3.800 m de altitude (HALLAUER; MIRANDA FILHO, 1988).

Além disso, o milho é a espécie vegetal geneticamente mais estudada e, consequentemente, a herança de inúmeros caracteres e o seu genoma são bem conhecidos. A importância econômica, a sua estrutura genética, o número de cromossomos, o tipo de reprodução, a facilidade para realizar polinizações manuais e a possibilidade de gerar diferentes tipos de progênies, são fatores que muito contribuíram no sentido de tornar este cereal um modelo para as espécies alógamas (NASS; PATERNIANI, 2000). Já foram identificadas cerca de 300 raças e milhares de variedades que são cultivadas em diferentes condições ambientais (TEIXEIRA et al., 2005). Nessa cultura há grande variabilidade genética tanto para caracteres relacionados à adaptação ambiental, quanto para aqueles que não têm influência na vantagem adaptativa (TEIXEIRA et al., 2002).

De acordo com a Embrapa (2015a), o milho é provavelmente a planta comercial mais importante com origem nas Américas. É uma das culturas mais antigas do mundo, havendo provas, através de escavações arqueológicas e através de medições por desintegração radioativa, de que é cultivado há pelo menos cinco mil anos. Logo após seu descobrimento na América pelos colonizadores, o milho foi levado para o continente Europeu, onde era cultivado em jardins até que seu valor alimentício se tornou conhecido. Passou então a ser plantado em escala comercial e se espalhou desde a latitude de 58º Norte até 40º Sul.

Ainda de acordo com a Embrapa (2015a), sua importância econômica é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde alimentação animal até indústria de alta tecnologia. Na realidade, o uso do milho em grão como alimentação representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo.

Apesar de não ter uma participação muito grande no uso de milho em grão, a alimentação humana, com seus derivados, constitui fator importante do uso desse cereal em regiões de baixa renda (EMBRAPA, 2015b).

1.3 Soja

A soja foi responsável pela formação de uma complexa estrutura de produção, armazenamento, processamento e de comercialização em todos os países onde é cultivada em larga escala. A grande demanda no mercado internacional proporcionou rápida expansão dessa cultura no Brasil. (REZENDE; CARVALHO, 2007).

De acordo com Hymowitz (2004), evidências linguísticas, geográficas e históricas sugerem que a soja (*Glycine max* (L.) Merrill) emergiu como domesticada durante a dinastia Zhou na região nordeste China. De acordo com uma lenda chinesa, o Imperador Shen Nong,

considerado o pai da agricultura e da medicina, reportou os primeiros usos da soja no compêndio “Ben Cao Gang Mu”. Seis diferentes datas de 2838 a.C. a 2383 d.C foram consideradas como a data de publicação do livro de Shen Nong.

Sua importância na dieta alimentar da antiga civilização chinesa era tal que a soja, juntamente com o trigo, o arroz, o centeio e o milheto, era considerada um grão sagrado, com direito a cerimoniais ritualísticos na época da semeadura e da colheita. Apesar de conhecida e explorada no Oriente há mais de cinco mil anos, o Ocidente ignorou seu cultivo até a segunda década do século vinte, quando os Estados Unidos iniciaram sua exploração comercial (EMBRAPA, 2015a).

Ainda de acordo com a Embrapa (2015a), a revolução socioeconômica e tecnológica protagonizada pela soja no Brasil moderno, pode ser comparada ao fenômeno ocorrido com a cana-de-açúcar no Brasil Colônia, e com o café no Brasil Império/ República, que em épocas diferentes, comandou o comércio exterior do país. Abrindo fronteiras e semeando cidades, a soja liderou a implantação de uma nova civilização no Brasil Central, levando o progresso e o desenvolvimento para uma região despovoada e desvalorizada, fazendo brotar cidades no vazio dos Cerrados e transformando pequenos conglomerados urbanos existentes, em metrópoles.

A receita proveniente das exportações do complexo agroindustrial brasileiro de soja supera os dez bilhões de dólares, representando cerca de 8% do total exportado pelo País. Todavia, mais importante do que os benefícios diretos provenientes das exportações são os benefícios indiretos derivados da sua extensa cadeia produtiva, que superam em mais de cinco vezes esse montante (EMBRAPA, 2015b).

1.4 Irradiação

A técnica de irradiação ionizante é um processo físico que surge como prática promissora para manter por mais tempo os grãos e as sementes ao longo da armazenagem, conferindo-lhe segurança, em virtude do controle dos micro-organismos, em especial os insetos e fungos (TOLEDO et al., 2007; BRAGHINI et al., 2009)

Quando uma célula sensível a radiação é atingida, não significa necessariamente, a morte desta uma vez que o organismo possui vários mecanismos de controle e recuperação aos danos. Mecanismos que variam inclusive, de acordo com o tipo e a intensidade da radiação.

Luckey (1980) realizou um estudo de revisão sobre efeitos estimulantes das radiações ionizantes e apresentou conceitos, definições, hipóteses e mecanismos que ocorreriam para que o fenômeno se manifestasse sobre os organismos vivos. Segundo Luckey, a radioestimulação é uma área de estudo denominada “Hormese”, baixas doses de irradiação não danificam o organismo com as alterações produzidas e, somente com altas doses se manifestariam como funções que não fazem parte da rotina do sistema biológico.

A irradiação de plantas feita por vários pesquisadores em vários estágios de desenvolvimento após a germinação das sementes induziu estimulação avaliada por diversos parâmetros. Concluíram que os resultados das irradiações dependem do estágio em que o vegetal foi irradiado, da variedade e das condições de cultivo.

Vários trabalhos vêm demonstrando que a irradiação ionizante pode aumentar a produção de plantas, surgindo assim como um método alternativo para aumentar a produção de culturas de importância econômica. Porém o tempo de viabilidade das sementes após a irradiação raramente foi estudado

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Algodão

2.1.1 Morfologia

O algodão é uma angiosperma da classe das dicotiledôneas, pertencente à ordem Malvales, família Malvaceae, tribo hibisceae, gênero *Gossypium*. (BELTRÃO, 2006). O gênero Gossypium é constituído de 55 espécies, sendo que apenas quatro são cultivadas. O *Gossypium hirsutum* L. contribui com a maioria da fibra produzida mundialmente, em torno de 90% (CARVALHO, 1999).

O algodoeiro é uma planta ereta, anual ou perene, dotada de raiz principal cônica, pivotante, profunda e com pequeno número de raízes secundárias grossas e superficiais. O caule herbáceo ou lenhoso, tem altura variável e é dotado de ramos vegetativos (4 a 5 intraxilares, na parte de baixo), e ramos frutíferos (extraxilares, na parte superior). As folhas são pecioladas, geralmente cordiforme, de consistência coriácea ou não e inteiras ou recortadas (3 a 9 lóbulos).

As flores são hermafroditas, axilares, isoladas ou não, cor creme nas recém-abertas com ou sem mancha purpúrea na base interna. Elas se abrem a cada 3-6 dias entre 9-10 horas da manhã. Os frutos (chamados “maçãs” quando verdes e “capulhos” pós-abertura) são capsulas de deiscência longitudinal, com 3 a 5 lojas cada uma, encerrando 6 a 10 sementes. As sementes são revestidas de pelos mais ou menos longo, de cor variável que são fibras e línter (FUZZATO, 1999).

2.1.2 História da cotonicultura no Brasil

De acordo com Gonçalves (1994), o complexo cotonícola tem sido estratégico no desenvolvimento econômico das nações. Assim ocorreu com a Inglaterra no século XIX que tinha nessa indústria sua principal força competitiva e com o Japão, que no período posterior a Segunda Guerra Mundial, teve nas exportações têxteis a base de sustentação de sua recuperação econômica.

No cenário brasileiro o algodão contribui juntamente com outras matérias primas agrícolas para a geração de divisas desde a época colonial. Naquele período sua importância resumia-se ao produto in natura. A partir da implantação do parque industrial na década de 30, o algodoeiro passou a sustentar uma expressiva atividade econômica seja pela exportação de produtos manufaturados têxteis como de outros subprodutos (MORAES, 1997).

Dentre as culturas anuais, o algodoeiro é a cultura que permite maiores taxas de retorno, mesmo sendo considerada de alto risco e exigente em tecnologia. O investimento na cultura do algodoeiro é recuperado em um período próximo a 5 anos, pois segundo a metodologia de fluxo de caixa, o algodão pode proporcionar uma taxa interna de retorno (TIR) superior a 20% (NEHMI et al., 2001).

2.1.3 Necessidades edafoclimáticas

A cultura necessita de um período de 140 a 160 dias predominantemente ensolarados, com média de temperatura superior a 20ºC e temperaturas do ar entre 25 e 30ºC (REDDY et al., 1992; OOSTERHUIS, 1992; MARUR, 1993). A planta de algodão tem seu crescimento e desenvolvimento fortemente influenciados pela temperatura. De acordo com Rosolem (2001), no Brasil a exigência de temperatura para as cultivares ITA 90 e Antares no Mato Grosso, da emergência até o primeiro capulho é de 1287 UC (Unidades de calor obtidas pela média entre a temperatura máxima e mínima e subtraída a temperatura base).

Para a obtenção de produtividade elevada é necessária uma quantidade de água da ordem de 700 mm durante o ciclo da cultura (GRIMES; EL-ZIC**,** 1990) sendo que após cerca de 130 dias a umidade relativa do ar deve ser relativamente baixa para garantir a abertura dos frutos e qualidade do algodão colhido (ROSOLEM**,** 2007). O algodoeiro é uma cultura que exige boa fertilidade dos solos, ou seja, para manter a produtividade em níveis economicamente competitivos, associados a boa qualidade do produto, o algodoeiro precisa ser cultivado sob solos férteis, ou corrigidos e adubados de forma adequada (SILVA, 1999).

2.1.4 Fatores limitantes

Um dos diversos fatores limitantes para o sucesso da cultura do algodoeiro é a dificuldade de se obter sementes com qualidade sanitária, física e fisiológica, capazes de proporcionar um estande inicial constituído de plântulas uniformes e vigorosas. Segundo Kikuti et al. (2002), os agricultores vêm exigindo cada vez mais sementes de alta qualidade, que possibilitem uma emergência mais rápida e um estande uniforme no campo.

2.1.5 Perspectivas econômicas

Em um levantamento realizado para safra 2014/2015 pela Conab (Companhia Nacional de Abastecimento), foi estimado um recuo de 12,9% da área plantada de algodão no Brasil com relação à safra anterior, atingindo um total de 976,9 mil hectares. Sendo, portanto, a diminuição de 144,7 mil hectares. As reduções observadas na área plantada foram influenciadas pela conjuntura adversa, tanto interna quanto externa, com estoques elevados e queda no preço da pluma.

A produção nacional de algodão em caroço está estimada em 3.834,7 mil toneladas, 12,9% menor que a safra passada. O Mato Grosso é responsável por 60% deste total da produção e a Bahia outros 26% da produção. A produção nacional do algodão em pluma está estimada atingir 1.509,1 mil toneladas, representando uma diminuição de 13% quando comparada com a produção do ano anterior, que totalizou 1.734 mil toneladas.

2.2 Milho

2.2.1 Morfologia e classificação botânica

O milho é uma Angiosperma pertencente a divisão Anthophta; classe Monocotiledonae; ordem Poales; família Poaceae (Gramineae), gênero *Zea*; espécie *Zea mays*. O gênero *Zea* é composto por um grupo de gramíneas, algumas perenes e outras anuais, nativas do México e da américa central (DOEBLEY, 1990).

O milho é uma gramínea anual, monóica, alógama, que segue o caminho fotossintético C4, desenvolve grandes folhas alternadas e pode atingir, dependendo da raça, de 50 a 500 cm de altura. O grão do milho é uma cariopse, ou fruto seco, que contém uma única semente dentro do invólucro do fruto (BARGHINI, 2004). A planta de milho, estruturalmente, é constituída por uma haste cilíndrica com nós e entrenós compactos. Cada nó abaixo do solo produz raízes, e os nós, no nível do solo ou imediatamente acima, podem produzir perfilhos e raízes suporte (esporões). As folhas e as ramificações que podem permanecer no estado rudimentar ou desenvolverem-se para formar as inflorescências femininas (espigas) são produzidas a partir do nível do solo. O colmo compacto termina na inflorescência masculina (pendão). As folhas são gradualmente expostas, à medida que o colmo se alonga, contudo, o crescimento ocorre em sua maior parte quando as folhas estão fechadas. Estas estão arranjadas alternadamente e suportadas pelas suas bainhas que envolvem o colmo (FORNASIERI FILHO, 2007).

O milho apresenta um sistema radicular complexo formado por diferentes tipos de raízes. Durante a embriogênese, a raiz primária é originada do núcleo polar basal do embrião enquanto um número variável de raízes seminais é formado no escutelo. Estas raízes são relevantes apenas durante os estágios inicias do desenvolvimento da plântula (HOCHHOLDINGER et al., 2004). Nos estágios posteriores, um extenso sistema de raízes pós-embriônicas desenvolvidas a partir do broto formam a maior parte das raízes da planta adulta.

É uma planta de ciclo vegetativo variado, evidenciando desde genótipos extremamente precoces, cuja polinização pode ocorrer 30 dias após a emergência, até mesmo aqueles cujo ciclo vital pode alcançar 300 dias (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

2.2.2 Histórico da cultura

Originado aproximadamente de sete a dez mil anos atrás no México e na América Central. É considerado uma das plantas cultivadas mais antigas e um dos vegetais superiores mais estudados, possuindo caracterização genética mais detalhada dentre as espécies cultivadas.

O gênero inclui tanto a planta cultivada, o milho, como os parentes selvagens, conhecidos comumente pelo nome de Teosinte. O Teosinte só passou a figurar entre as espécies reconhecidas pelos europeus em 1832, através de um botânico alemão, Schrader, denomeando aquela determinada planta de ciclo anual com o nome científico de *Euchlaena mexicana*. Em 1910, Hitchock descobre um novo parente desta planta, perene, a qual identificou como *Euchlaena perennis* (DOEBLEY, 1990).

2.2.3 Utilizações do milho

A importância econômica do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. O uso do milho em grão na alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo. No Brasil, varia de 60 a 80%, dependendo da fonte da estimativa e de ano para ano. Apesar de não ter uma participação muito grande no uso de milho em grão, a alimentação humana, com derivados de milho, constitui fator importante de uso desse cereal em regiões com baixa renda. Em algumas situações, o milho constitui a ração diária de alimentação. Por exemplo, no Nordeste do Brasil o milho é a fonte de energia para muitas pessoas que vivem no Semiárido; outro exemplo está na população mexicana, que tem no milho o ingrediente básico para sua culinária. Embora seja versátil em seu uso, a produção de

milho tem acompanhado basicamente o crescimento da produção de suínos e aves, tanto no Brasil como no mundo (DUARTE, 2015).

2.2.4 Exigências edafoclimáticas da cultura

Para um eficiente manejo de irrigação, de nutrientes e de outras práticas culturais, é fundamental o conhecimento das diferentes fases de crescimento do milho com suas diferentes demandas (MAGALHÃES et al., 2002), sendo possível adequar o período de realização destas práticas ao período de desenvolvimento mais indicado (VIEIRA, 2007).

A necessidade de adequado suprimento hídrico para o pleno desenvolvimento dos vegetais decorre das múltiplas funções que a água desempenha na fisiologia das plantas, pois praticamente todos os processos metabólicos são influenciados pela sua presença (FANCELLI; DOURADO NETO, 2000).

Estudos teóricos mostram que o potencial de produtividade de milho nas condições do cinturão do milho nos EUA (“Corn belt”) é da ordem de 31.400 kg/ha (YAMADA, 1997). Citando vários autores, Coelho et al. (2003) relatam produtividades de 24.700 kg/ha, obtida no estado de Iowa, EUA, em 1999. No Brasil, estes autores relataram rendimento de 16.800 kg/ha, obtidos no município de Virginópolis, MG em 1994.

2.2.5 Dificuldades encontradas

A baixa produtividade média de milho no Brasil não reflete o bom nível tecnológico alcançado por parte dos produtores, já que as médias são obtidas nas mais diferentes regiões, em lavouras com diferentes sistemas de cultivos e finalidade da produção (DUARTE; PATERNIANI, 1998).

2.2.6 Perspectivas econômicas

No último relatório realizado para safra 2014/2015 pela Conab (Companhia Nacional de Abastecimento), foi estimado um decréscimo de 1,3% em relação a produção passada, que atingiu 80052 mil toneladas, sendo que o volume alcançado reunindo a primeira e segunda safras deverá atingir nesta temporada 78985,2 mil toneladas.

De acordo com o último relatório de oferta e demanda publicado pelo USDA (Departamento de Agricultura dos Estados Unidos), a situação de disponibilidade de milho no cenário mundial é bastante confortável. Isto porque, a produção mundial do cereal para a safra 2014/2015 deve ficar em 989,7 milhões de toneladas e o consumo em torno de 972,5 milhões.

2.3 Soja

2.3.1 Morfologia e classificação botânica

O gênero Glycine pertence à divisão Magnoliophyta, classe Magnoliopsida, Subclasse Rosidae, ordem Fabales, família Fabaceae e tribo Phaseolae (CAPELLARI JUNIOR et al., 2007). Está dividido em dois subgêneros: o subgênero Soja no qual está a soja anual cultivada (*Glycine max* (L.) *Merrill*) junto a seu antecessor silvestre (*Glycine* soja *Sieb. And Zucc*.), e o subgênero Glycine com mais de 20 espécies de soja perenes.

A soja cultivada comercialmente hoje (*Glycine max* (L.) *Merrill*), é uma planta herbácea, que varia de 60 cm a 1,5m de altura, anual, ereta, pubescente, de pelos brancos, pardo-queimada e tostados. O seu sistema radicular consta de uma raiz principal pivotante, com ramificações ricas em nódulos de bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico. As folhas são alternadas, de pecíolos longos e compostas de três folíolos grandes, geralmente ovais. As flores são axilares ou terminais, do tipo papilionada, brancas, amarelas ou violáceas, segundo a variedade. Os frutos são do tipo vagem, achatados, curtos de cor cinzenta, amarelo-palha ou preta e encerram de duas a cinco sementes (BORÉM, 2005). Estas são, geralmente elípticas e achatadas, de cor amarela, verde ou preta nas variedades cultivadas (MISSÃO, 2006).

2.3.2 Histórico da cultura

A primeira referência encontrada na literatura sobre a soja no Brasil data de 1882. Nesse ano, D'utra (1882) relatou os resultados dos primeiros testes feitos com algumas variedades no Estado da Bahia. A partir de então, diversos estudos foram feitos em diferentes pontos do País. Estas tentativas foram de fundamental importância para o estabelecimento da cultura em nosso meio. Até o início da década de 50, a produção esteve concentrada no Oriente. Destacavam-se, como os principais produtores, a China, a Manchúria, o Japão e a Coréia. A partir de 1940, a produção começou a crescer em ritmo mais acelerado no Ocidente, especialmente nos Estados Unidos. Em 1942, os Estados Unidos passaram a ocupar o primeiro lugar.

A soja encontrou no Brasil excelentes condições para uma rápida expansão. Diversos fatores contribuíram para a sua fixação e o seu desenvolvimento. Entre muitos, podem ser destacados:

· fácil adaptação das variedades e das técnicas de cultivo oriundas do sul dos Estados Unidos;

· cultura utilizada em sucessão ao trigo, possibilitando o aproveitamento da mesma área, das máquinas e equipamentos, dos armazéns e da mão-de-obra;

· política de autossuficiência do trigo, o que possibilitou uma melhor capitalização do produtor;

· possibilidades de mecanização total da cultura;

· condições favoráveis de mercado, especialmente do externo;

· carência de óleos vegetais comestíveis para substituir a gordura animal;

. desenvolvimento rápido do parque de processamento, garantindo a total absorção da matéria-prima;

· participação de cooperativas nos processos de produção e comercialização; e geração de tecnologias adaptadas às diferentes condições do país, possibilitando ganhos em produtividade e expansão para novas regiões (EMBRAPA, 1987).

2.3.3 Principais usos

A produção nacional de soja (*Glycine max* L. *Merrill*) destina-se, em sua maior parte, à obtenção de óleo e farelo. No Brasil, o consumo do farelo de soja está restrito às indústrias de ração para animais (MONTEIRO et al., 2003). O óleo e o farelo resultante do processamento da soja atendem a demanda do mercado interno e externo. O óleo é empregado em margarinas, gorduras, óleos para cozinha e salada, e o farelo é empregado na fabricação de tofu, molho de soja, produtos que simulam leite e carne, além da utilização na fabricação de rações para a alimentação principalmente de suínos e aves, devido seu alto teor de proteína (EMBRAPA, 2008).

O Brasil é o país que possui maior potencial de expansão da área cultivada, podendo duplicar sua atual produção dependendo da necessidade de consumo do mercado de farelo e de óleo (EMBRAPA, 2008).

A soja constitui uma fonte alimentar proteica de grande importância mundial, representando a maior porcentagem de concentrados proteicos destinados para a alimentação animal e humana (CARRÃO-PANIZZI, 1988).

2.3.4 Exigências edafoclimáticas

A planta de soja está sujeita a uma gama de alterações fisiológicas e morfológicas, quando as suas exigências não são satisfeitas (BONATO et al., 1998; EMBRAPA, 2003).

A sensibilidade da soja ao fotoperíodo, por exemplo, ainda é uma importante restrição para ampliar a adaptação para o cultivo. Devido ao fato da planta de soja ser termo e fotossensível, está sujeita a uma gama de alterações fisiológicas e morfológicas. Existe variabilidade entre os cultivares com relação à sensibilidade à época de semeadura e as mudanças na região de cultivo (latitudes).

No entanto, por ser uma planta que apresenta características de plasticidade, a soja mostra respostas adaptativas às condições de ambiente e de manejo em que se desenvolve (MELGES et al., 1989).

Os dois períodos mais sensíveis da soja à falta de água no solo são germinação e enchimento de grãos porque envolvem diretamente a formação dos componentes do rendimento (CUNHA; BERGAMASCHI, 1992; CASAGRANDE, 2001; EMBRAPA, 2002). Uma melhor distribuição do arranjo de plantas na área resulta em acréscimo do rendimento de grãos (THOMAS et al., 1998; PIRES et al., 2000) e está associada a vários fatores, como o melhor uso da água devido ao fechamento mais rápido do dossel vegetativo, o maior sombreamento do solo, a melhor distribuição de raízes, a redução da competição intraespecífica, a maior habilidade na competição com plantas daninhas, a exploração uniforme da fertilidade do solo e a maior e mais rápida interceptação da radiação solar (RAMBO et al., 2004).

2.3.5 Perspectivas econômicas

De uma maneira geral, o desenvolvimento das lavouras foi afetado pelo comportamento errático do clima de acordo com pesquisa de campo realizada pela Conab (22 a 28 de março). As variedades de ciclo médio e tardio foram beneficiadas, quando comparadas com as de ciclo precoce que foram prejudicadas pela escassez das chuvas. O desempenho das lavouras de soja nas diversas regiões produtoras do país aponta para uma expectativa de produção na temporada 2014/2015 de 94280,5 mil toneladas, representando um incremento de 9,5% em relação ao produzido no ano passado. Com a produção estimada em 94,28 milhões de toneladas, o estoque final brasileiro de soja deverá ser de 5,79 milhões de toneladas de soja em grãos; o maior estoque de passagem praticado nos últimos dez anos.

Em virtude do elevado custo de produção, alternativas para a elevação da produtividade devem ser pesquisadas. O uso de métodos físicos, como a irradiação para o incremento da produção podem melhorar significativamente o retorno econômico da cultura, sem efeitos secundários como os danos ao homem e ao ambiente.

2.4 Irradiação

A radiação ionizante refere-se a energia radiante que se move através do espaço na forma de ondas eletromagnéticas, enquanto irradiação é um processo no qual uma faixa de energia eletromagnética conhecida como radiação ionizante penetra o produto exposto às fontes de radiação. Assim, radiações ionizantes são partículas ou fótons com energia suficiente para produzir íons nos materiais com os quais entram em contato (SOUZA, 2006).

De acordo com Ferraz (1976), para a radiação gama, são utilizadas fontes radioativas, como cobalto 60 (^{60}Co), césio 137 (^{137}Cs), irídio 192 (^{192}Ir) e amerício 241 (^{241}Am).

Devido ao fato de os organismos serem compostos na sua maior parte por água, esta molécula é a mais atingida pelas radiações, e com isso, ocorre o surgimento de hidroxilas e peróxidos que danificarão o DNA, através de reações químicas. Estes danos secundários são em geral, muito maiores que aqueles causados de maneira direta (ROTH; FEINENDEGEN, 1996).

Sendo assim, algumas das aplicações das radiações ionizantes são a esterilização de materiais, melhoramento genético, preservação de alimentos, prevenção de brotação (CDTN 1999).

Hormese é um fenômeno de dose resposta que é caracterizado por estímulos com baixas doses e inibição a altas doses (CALABRESE, 2008). Esse termo foi primeiramente utilizado em 1942 para descrever o estímulo ao crescimento de um fungo, a baixas concentrações de um antibiótico natural, que em altas concentrações, suprimia o desenvolvimento deste mesmo fungo (OKAZAKI, 1995).

A dose de radiação é a quantidade de energia absorvida que passa através do material durante o tratamento (FAO/IEAE, 1999; MAHAPATRA**,** 2005).

A dose é medida em Grays (Gy ou quilograys (kGy), onde 1 Gray = 0,001 kGy = 1 joule de energia absorvida por quilograma de alimento irradiado (CENA, 2015).

Os efeitos da radiação são influenciados por diversos fatores, dentre os quais se citam a dose de radiação (SANTOS, 1993), as condições de armazenamento depois da irradiação (BROCK; FRANLIN, 1996), o teor de água do material a ser submetido a irradiação (CONGER; CARABIA, 1972) e nível de oxigênio (BUMP et al., 1982).

Alguns pesquisadores observaram que baixas doses de irradiação causam efeitos estimulantes em vegetais não afetando a germinação de sementes e nem induzindo mutações. Sax (1963) e Simonis (1966), levantaram a hipótese de que poderiam ocorrer modificações nos níveis de auxina em plantas irradiadas. Tavcar (1966) concluiu que a estimulação de vegetais não era um fenômeno hereditário, Süess (1966) observou que uma transferência de estimulo entre gerações cessaram após três anos, eliminando assim, a possibilidade de ter havido mutação.

Por meio da irradiação de plantas e sementes, houve um aumento da produção de batata (SÜESS, 1966; DAVIES, 1973), tomate (SIDRAK; SÜESS, 1973) arroz (IQBAL; ZAHUR, 1975), beterraba (WIENDL, 1993), cebola (WIENDL et al., 1994). O brotamento foi acelerado em batata (FISCHNICH et al., 1961) e obtiveram um maior número de brotos em trigo (DAVIES, 1968) e cevada (DAVIES, 1970). Arthur et al. (1998) observaram uma melhora na homogeneidade e diminuição no tempo de produção quando sementes de rabanete foram irradiadas. De Oliveira Franco (2013), observou que a radiação gama em baixas doses induziu uma melhora na emergência das plantas de urucum.

Alguns pesquisadores estudaram os efeitos da taxa de exposição em plantas irradiadas de soja (KILLION et al., 1971), trigo (KILLION; CONSTANTIN, 1971) e milho (KILLION; CONSTANTIN, 1972). Verificaram um aumento na produção de milho e no caso do trigo obtiveram uma correlação entre a diminuição da altura da planta e menor produção de grãos, conforme a dose de radiação aumentava.

Stan e Croitoru (1970) relataram que em sementes de soja tratadas houve estímulo na germinação, florescimento e maturação precoce assim como aumento na produção. Sementes expostas a 146 Gy e 195 Gy tiveram aumento na quantidade de proteínas, mas não na de lipídeos. Micronutrientes tiveram seu aumento em dois picos com máximos quando sementes foram irradiadas com 97 e 243 Gy (STAN; CROITURU, 1971).

Al-Safadi e Simon (1996) conseguiram através da radiação ionizante aumentar o rendimento de cenouras de 10 a 35%.

Franco (1999), quando trabalhou com milho no Brasil, relatou que houve um aumento na produção quando as sementes foram expostas a radiações gama do ^{60}Co antes do plantio. O trabalho foi conduzido em condições comerciais para produção de milho, constatou ainda que o tratamento com irradiação não induziu a susceptibilidade nas sementes ao ataque de pragas e doenças. As doses com melhores respostas no aumento de produção foram as de 5; 7,5 e 10 Gy, onde o aumento na produção chegou até 13%.

A exposição do alimento à irradiação ionizante pode resultar em alterações nas características organolépticas e funcionais. Em feijões, a irradiação pode causar aumento na disponibilidade de ferro, diminuição e aumento nos teores de taninos e fitatos, respectivamente (BRIGIDE, 2002). Em soja, os radicais livres formados pela irradiação podem atacar a estrutura aromática das isoflavonas, diminuindo o conteúdo total destes compostos em produtos de soja. Recentemente, Ascheri et al. (2005) constataram que o aumento na dosagem da irradiação por raios X diminui a qualidade fisiológica dos grãos de soja e afeta as propriedades de adsorção de água destes grãos, aumentando o teor de água de equilíbrio com o acréscimo da kilovoltagem de raios X (ASCHERI et al., 2005). Já Oliveira et al. (2012) concluíram quem a interação dos níveis de irradiação de raios X e o período de armazenamento alteram os teores de água, óleo e proteína dos grãos de soja do cultivar Emgopa 302. Os teores de água e proteína diminuem e o teor de óleo aumenta com o aumento do nível de raios X e período de armazenamento.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local de irradiação e plantio

A pesquisa foi conduzida no Estado de São Paulo, no município de Piracicaba, onde foi feita a irradiação das sementes no laboratório de Radiobiologia e Ambiente do Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP; além de casa de vegetação localizada nesse mesmo centro, onde foram conduzidos os experimentos de algodão e soja e em uma casa de vegetação no Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" – ESALQ/USP, onde foi conduzido o experimento de milho

O clima na região do plantio, que tem como características Latitude 22º25'; Longitude 47º 22'; altitude 554 metros, é considerado Cwa (que é caracterizado por um clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22ºC) de acordo com a classificação Köppen-Geiger.

3.2 Irradiação das sementes

As sementes de algodão foram irradiadas no dia 01/12/2014, as de milho no dia 24/02/2015 e as de soja no dia 21/10/2014 todas no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP) num irradiador de Cobalto-60, tipo Gammacell 220, da Atomic Energy of Canada Ltd, Otawa, Canada.

3.3 Doses

As sementes das três espécies foram irradiadas nas doses de 0; 25; 50; 75; 100 e 125 Gy, sob taxas de dose de: 0,247 KGy/h para algodão, 0,239 KGy/h para milho e 0,250 KGy/h para soja.

3.4 Algodão

3.4.1 Material vegetal

Foram utilizadas sementes de algodão do cultivar FMT 701 da Fundação Mato Grosso que tem como características alta rusticidade, tolerância ao nematoide e ao apodrecimento de maçã, resistência a virose, bacteriose e tolerante a ramulária e a ramulose, de desenvolvimento tardio, recomendado para abertura de plantio, boa qualidade de fibra.

3.4.2 Plantio

As sementes foram alocadas em bandejas de 200 células com vermiculita expandida em quatro dias diferentes: 01/12, 04/12, 07/12 e 10/12. As bandejas foram alocadas em uma casa de vegetação no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP) de localização 22º42’ 26” S; Longitude 47º 38’ 41” W.

3.5 Milho

3.5.1 Material vegetal

Foram utilizadas sementes de milho do cultivar AG 4051 VT PRO da Agroceres que tem como características: Ciclo semiprecoce, porte de planta alto, inserção da espiga alta, stay green bom, sistema radicular bom, qualidade do colmo boa, empalhamento excelente, tipo de grão dentado amarelo creme e finalidade de uso milho verde e silagem de planta inteira. Sendo a época de plantio recomendada Safrinha e Verão, população de plantas tanto na safrinha como verão: 45000-50000 plantas/ha. Tendo como vantagens padrão de espiga de excelente visual, grande e uniforme; alto potencial de produção de matéria seca e de proteína para silagem; flexibilidade quanto ao seu uso: silagem, pamonha ou milho-verde profissional

3.5.2 Plantio

As sementes foram alocadas em bandejas de 200 células com vermiculita expandida em quatro dias diferentes: 24/02, 27/02, 02/03, 05/03 dias após a irradiação. As bandejas foram alocadas em uma casa de vegetação localizada na latitude 22º 42’ 13”S e longitude 47º 38’ W do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiros” (ESALQ-USP).

3.6 Soja

3.6.1 Material vegetal

Foram utilizadas sementes de soja do cultivar EMGOPA 315 da Multigen Sementes, cedidas pelo Professor Doutor Isaías do Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ-USP) que tem como características: Porte (cm): 76; Hábito de crescimento determinado, coloração do hipocótilo verde, cor da pubescência marrom, 56 dias para início do florescimento, cor da flor branca, cor do hilo preto, peso médio de 100 sementes 15 gramas, não consta ciclo médio em função da altitude, fertilidade do solo média a alta, região indicada: GO, MG, MT, BA, DF e SP, época de semeadura: 01 de novembro a 15 de dezembro, Moderadamente resistente ao oídio.

3.6.2 Plantio

As sementes foram alocadas em bandejas de 200 células com vermiculita expandida em quatro dias diferentes: 21/10, 24/10, 27/10 e 30/10. As bandejas foram alocadas em uma casa de vegetação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA-USP) de localização geográfica 22º42’ 26” S; Longitude 47º 38’ 41” W.

3.7 Testes realizados:

3.7.1 Índice de Velocidade de Germinação

Calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação, de acordo com a fórmula de Maguire (1962).

$IVG = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + (G_3/N_3) + ... + (G_n/N_n)$, em que:

IVG = índice de velocidade de germinação,

G_1, G_2, G_3, ..., G_n = Número de plântulas computadas na primeira, segunda, terceira, enésima contagem;

N_1, N_2, N_3, ..., N_n = número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira, enésima contagem.

3.7.2 Tempo Médio de Germinação

Obtido através de contagens diárias das sementes germinadas até o décimo dia após a semeadura e calculado através da fórmula abaixo, proposta por Labouriau (1983), sendo os resultados expressos em dias.

$TMG = \sum (ni\ ti) / \sum ni$, em que:

TMG = Tempo médio de germinação (dias),

ni = número de sementes germinadas no intervalo entre cada contagem.

3.7.3 Germinação final

A germinação final foi calculada após o número máximo de plantas emergir. O percentual de plantas germinadas foi calculado com o uso da seguinte expressão:

$GF = \frac{NPG}{NSS}.100$, em que:

GF = germinação final

NPG = número de plantas germinadas

NSS = número de sementes semeadas

3.7.4 Altura de inserção cotiledonar

A altura de inserção cotiledonar, medida em centímetros, foi determinada assim que o processo de germinação terminou. Foi utilizada régua graduada em centímetros, tendo como referência o colo da planta. A altura de inserção cotiledonar foi determinada pela média de seis plantas amostradas aleatoriamente durante a colheita do experimento.

3.7.5 Altura de inserção da primeira folha

Devido ao fato de o milho apresentar a estrutura vegetativa de forma diferente das duas dicotiledôneas estudadas, foi medida a altura de inserção da primeira folha ao invés da altura de inserção cotiledonar. A altura foi medida em centímetros, determinada assim que o processo de germinação cessou. A altura de inserção da primeira folha foi determinada pela média de seis plantas amostradas aleatoriamente durante a colheita do experimento.

3.7.6 Altura aérea total das plantas

Exceto para o algodão em que a altura da inserção cotiledonar era a mesma da altura aérea total. A altura aérea total foi determinada a partir da altura do colo da planta até a altura do meristema apical assim que o processo de germinação terminou. A altura aérea total foi determinada pela média de seis amostras escolhidas aleatoriamente durante a colheita do experimento.

3.7.7 Comprimento radicular

O comprimento radicular, expresso em centímetros, foi determinado tendo como referência o colo da planta e a extremidade final da raiz principal com auxílio de uma régua graduada assim que o processo de germinação sessou. Para sua obtenção foram avaliadas de forma aleatória seis plântulas por repetição e realizado o cálculo da média.

3.7.8 Peso de 20 plântulas

Após a contagem final e medição de alturas, uma alíquota de 20 plântulas por repetição foi acondicionada em sacos de papel devidamente identificados e alocadas em estufa a 60ºC por 3 dias. Após esse período foi medido o peso de cada amostra, subtraído o peso médio de três sacos de papel, e dividido pelo número de plântulas presentes neste.

3.7.9 Amostras e repetições

Foram utilizados 24 tratamentos, sendo eles: 0 dias/0 Gy; 0 dias/25 Gy; 0 dias/50 Gy; 0 dias/75 Gy; 0 dias/100 Gy; 0 dias/125 Gy; 3 dias/0 Gy; 3 dias/25 Gy; 3 dias/50 Gy; 3 dias/75 Gy; 3 dias/100 Gy; 3 dias/125 Gy; 6 dias/0 Gy; 6 dias/25 Gy; 6 dias/50 Gy; 6 dias/75 Gy; 6 dias/100 Gy; 6 dias/125 Gy; 9 dias/0 Gy; 9 dias/25 Gy; 9 dias/50 Gy; 9 dias/75 Gy; 9 dias/100 Gy; 9 dias/125 Gy.

No experimento de algodão, devido a um problema com uma das bandejas do terceiro dia de plantio, foram utilizadas apenas 3 repetições por tratamento. Nos experimentos de soja e de milho foram utilizadas 4 repetições por tratamento. Sendo que nos três experimentos a repetição contou com 50 sementes.

3.7.10 Análises estatísticas

O delineamento utilizado nos três experimentos foi o de parcelas subdivididas, onde o primeiro fator analisado era a dose de irradiação e o segundo, o número de dias decorrentes da irradiação até o plantio. Sendo assim, considerado n= 6 e n_1=4, totalizando 24 tratamentos diferentes. Todos os resultados foram analisados pelo teste de Tukey a nível de significância de 5%. Para obtenção dos resultados foi utilizado o programa de distribuição gratuita Assistat, produzido pela Universidade Federal de Campina Grande.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Algodão

A irradiação e plantio das sementes ocorreram no período recomendado para o cultivar e para a região em que o experimento foi realizado. Durante a realização do experimento com sementes de algodão, ocorreram alguns problemas com a ventilação da casa de vegetação, o que colaborou com o desenvolvimento de fungo nas bandejas. Devido a este problema, foi necessário realizar ajustes na irrigação, aumentando o espaçamento entre os dias em que as bandejas eram molhadas.

Mesmo assim, houve prejuízo nos últimos dias, onde boa parte das bandejas haviam sido tomadas por fungo, gerando assim, parcelas desuniformes. Outro fator curioso observado foi o de que algumas sementes ao germinarem emitiram suas radículas para cima, logo em seguida definhando.

Devido à dificuldade de obtenção de sementes na região, não foi possível realizar mais uma repetição do experimento. Além disso, houve um problema com uma das bandejas, sendo necessário realizar o ajuste para três repetições por tratamento. Para isso, foi realizado um sorteio onde foram selecionadas as repetições que seriam excluídas das análises.

Como é possível observar nas Tabelas 1 e 2 (página seguinte), o índice de velocidade de germinação se mostrou o mesmo estatisticamente em todas as doses de irradiação utilizadas. Quanto as diferenças entre as quatro datas, o que ocorreu foi que, devido ao problema com fungo citado anteriormente, a germinação decaiu nos últimos dias, gerando assim, essa diferença estatística.

O mesmo efeito pode ser observado no tempo médio de germinação (Tabela 1 e Tabela 2 na página seguinte), onde somente a diferença de dias após irradiação influenciou estatisticamente, havendo um acréscimo no tempo médio de germinação quando comparados com os primeiros. Devido a inexistência de diferença entre as doses de irradiação utilizadas, pode-se concluir que não houve nenhum tipo de influência positiva ou negativa no vigor das sementes, uma vez que ambas as análises são utilizadas para avaliar de forma indireta o vigor.

Tabela 1- Resultados de índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e porcentagem de germinação ao se comparar estatisticamente as doses com nível de significância de 5% no teste de Tukey para algodão

Doses	**IVE**	**TMG**	**%Germinação**
0 Gy	31,24 a	4,86 a1	79,67 a2
25 Gy	29,85 a	4,95 a1	76,67 a2
50 Gy	30,03 a	4,77 a1	75,83 a2
75 Gy	30,06 a	4,81 a1	75,33 a2
100 Gy	32,29 a	4,65 a1	74,83 a2
125 Gy	31,25 a	4,78 a1	78,00 a2
Média	30,79	4,80	76,72
dms	5,53	0,32	16,47
C. V.	13,10	4,86	15,66

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente quando avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 2- Resultados de índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e porcentagem de germinação ao se comparar estatisticamente os dias com nível de significância de 5% no teste de Tukey para algodão

Dias	**IVE**	**TMG**	**%Germinação**
0 dias	32,93 a	4,72 b1c1	76,22 b2
3 dias	30,88 a	4,42 c1	81,56 a2b2
6 dias	34,65 a	4,93 a1b1	85,66 a2
9 dias	24,69 b	5,14 a1	63,44 c2
Média	30,79	4,80	76,72
dms	4,06	0,39	7,53
C.V.	14,17	9,02	10,94

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente quando avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância

Devido à falta de diferença ao se compararem as médias das doses utilizadas ao se analisar a porcentagem de germinação final e somente haver diferença entre os dias de plantio, novamente é demonstrada a falta de influência da irradiação no desenvolvimento inicial. Uma das hipóteses para num primeiro momento a germinação ser inferior, sofrer um

aumento e depois decair novamente, pode ser devido à ocorrência de fungo desde um primeiro momento na irrigação. Sendo que nas parcelas plantadas logo após a irradiação, houve irrigação diária durante os 5 primeiros dias, depois da constatação do aparecimento de fungo, essa irrigação foi ajustada para dois dias com e um dia sem. E o decréscimo no final também foi devido ao alastramento rápido do fungo pelas bandejas.

Tabela 3- Resultados de comprimento radicular (cm), altura de inserção do cotilédone (cm) e peso de 20 plântulas (g) ao se comparar estatisticamente as doses com nível de significância de 5% no teste de Tukey para algodão

Doses	**Comp. Rad. (cm)**	**Altura (cm)**	**Peso (g)**
0 Gy	4,00 a	5,33 a1	2,30 a2
25 Gy	3,99 a	5,34 a1	2,32 a2
50 Gy	4,18 a	5,43 a1	2,46 a2
75 Gy	4,10 a	5,125 a1	2,41 a2
100 Gy	4,06 a	5,16 a1	2,33 a2
125 Gy	4,13 a	5,225 a1	2,34 a2
Média	4,08	5,27	2,36
dms	0,79	0,63647	0,25
C. V.	14,10	8,81	7,67

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente quando avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância

Tabela 4- Resultados de comprimento radicular (cm), altura de inserção do cotilédone (cm) e peso de 20 plântulas (g) ao se comparar estatisticamente os dias com nível de significância de 5% no teste de Tukey para algodão

Dias	**Comp. Rad. (cm)**	**Altura (cm)**	**Peso (g)**
0 dias	4,26 a	5,875 a1	2,48 a2
3 dias	4,22 a	5,45 a1b1	2,24 b2
6 dias	3,57 b	4,58 c1	2,20 b2
9 dias	4,26 a	5,17 b1	2,52 a2
Média	4,08	5,27	2,36
dms	0,53	0,43	0,18
C. V.	14,49	9,10	8,54

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente quando avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Não houve diferença com relação ao comprimento radicular nem no desenvolvimento aéreo ao analisar as diferentes doses (Tabelas 3 e 4 na página anterior). Porém isso se deve também ao efeito fúngico uma vez que os tratamentos plantados nesse dia foram os que mais sofreram efeitos pelo aparecimento do fungo e sua proliferação rápida. Além disso, devido ao tipo de bandeja, a raiz pivotante do algodoeiro não conseguiu se desenvolver além de certo ponto. Sendo para esta cultura, imprescindível espaço para desenvolvimento radicular, sendo que normalmente a altura aérea da planta é igual ao comprimento da raiz principal.

Devido a elevada exigência nutricional do algodoeiro, não houve desenvolvimento da parte aérea além da folha cotiledonar, caracterizada por utilizar as reservas presentes na semente para se desenvolver. Com isto fica demonstrada a importância da nutrição adequada na cultura. Não sendo possível avaliar a altura aérea total como nas outras duas culturas.

O peso de 20 amostras também se mostrou indiferente. Cabe ressaltar que devido ao período em que as amostras foram coletadas (na segunda metade do mês de dezembro, quando ocorre o recesso de fim de ano na unidade), fez-se necessário armazená-las em câmara fria com temperatura de cerca de 5ºC conforme eram coletadas até o retorno das atividades, para então realizar a secagem em estufa com ventilação forçada por 72 horas a uma temperatura de 60ºC.

Apesar de não haver diferença entre as doses no tanger da germinação e desenvolvimento inicial, estudo realizado anteriormente pela autora comprovou a eficiência das doses de 25, 50, 75 e 100 Gy na irradiação de sementes de algodoeiro semeadas logo após a irradiação para aumento da produtividade. Para avaliar a eficiência ou não no aumento da produtividade depois de determinado período, mais estudos são necessários.

4.2 Milho

Em comparação com os resultados obtidos com o experimento do algodoeiro, o milho apresentou bons resultados. Podendo estes talvez, serem creditados a mudança de casa de vegetação, num formato mais aberto, onde ocorria ventilação passiva.

É importante salientar a dificuldade em se encontrar cultivares tradicionais. Sendo assim, foi necessária a utilização de um cultivar transgênico. O experimento foi realizado na época recomendada de plantio, em uma latitude recomendada.

De acordo com os resultados das Tabelas 5 e 6 (página seguinte), obtidos durante o período de germinação do milho, observa-se que houve um maior vigor as sementes irradiadas com baixas doses de radiações ionizantes. Havendo inclusive, interação entre os dois fatores analisados, como é possível se observar Tabela 7 (página seguinte), onde é comprovado estatisticamente que os tratamentos 100 Gy/0dias; 125 Gy/0dias; todas as doses no terceiro dia menos a testemunha, a dose de 75 Gy/6dias e a dose de 100 Gy/9dias foram melhores quando comparados com a testemunha. Quanto a porcentagem final de sementes germinadas demonstrada nas Tabelas 5 e 6, devido a elevada taxa de germinação da variedade utilizada, não foi possível verificar diferença entre os diversos tratamentos.

Tabela 5- Resultados de índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e porcentagem de germinação ao se comparar estatisticamente as doses com nível de significância de 5% no teste de Tukey para milho

Doses	**IVE**	**TMG**	**% Germinação**
0 Gy	38,75 c	5,34 a1	98,00 a2
25 Gy	42,61 b	5,00 b1	98,37 a2
50 Gy	43,28 ab	4,92 b1c1	97,50 a2
75 Gy	45,73 a	4,78 b1c1	98,75 a2
100 Gy	45,87 a	4,77 c1	98,12 a2
125 Gy	44,13 ab	4,84 b1c1	97,50 a2
Média	43,39	4,94	98,04
dms	2,64	0,22	2,70
C. V.	5,43	4,02	2,46

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente quando avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 6- Resultados de índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e porcentagem de germinação ao se comparar estatisticamente os dias com nível de significância de 5% no teste de Tukey para milho

Dias	**IVE**	**TMG**	**% Germinação**
0 dias	42,43 a	5,02 a1	98,33 a2
3 dias	43,64 a	4,90 a1	97,50 a2
6 dias	43,88 a	4,91 a1	97,58 a2
9 dias	43,62 a	4,93 a1	98,75 a2
Média	43,39	4,94	98,04
dms	1,66	0,19	1,57
C. V.	5,01	4,91	2,09

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente quando avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 7- Interação entre doses e dias ao se avaliar o índice de velocidade de germinação do milho

Doses/Gy	**Dias**				Média
	0 dias	**3 dias**	**6 dias**	**9 dias**	
0 Gy	36,86 cA	38,55 bA	40,48 bA	39,09 cA	38,75
25 Gy	39,26 cB	45,17 aA	43,76 abA	42,25 bcAB	42,61
50 Gy	40,66 bcB	45,19 aA	43,175 bAB	44,09 abAB	43,28
75 Gy	45,02 abA	44,10 aA	47,92 aA	45,87 abA	45,73
100 Gy	47,33 aA	44,32 aA	44,67 abA	47,15 aA	45,87
125 Gy	45,45 aA	44,52 aA	43,30 bA	43,24 abcA	44,13
Média	42,43	43,64	43,88	43,62	

dms colunas = 4,60 (minusculas)

dms para linhas = 4,0761 (maiusculas)

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente quando avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Apesar de não haver diferença estatística quando as diferentes doses e dias são comparados separadamente, existe uma correlação entre as doses e os dias, fazendo com que alguns tratamentos difiram dos outros. Com isso é possível verificar o incremento no desenvolvimento vegetativo do milho ao se utilizar baixas doses de irradiação. Na avaliação total de altura, ficou demonstrado que os tratamentos mais efetivos foram os de 75 Gy/3dias e

125 Gy/6dias. O aumento na altura está de acordo com os resultados obtidos por outros autores (FRANCO, 1999; TAVCAR, 1966) quando analisaram sementes de milho irradiadas.

Tabela 8- Resultados de comprimento radicular (cm), altura de inserção da primeira folha (cm), altura aérea total (cm) e peso de 20 plântulas (g) ao se comparar estatisticamente as doses com nível de significância de 5% no teste de Tukey para milho

Doses	**Comp. Rad. (cm)**	**Alt. 1ª folha(cm)**	**Alt. Total(cm)**	**Peso (g)**
0 Gy	6,33 a	2,07 a1	4,22 a2	6,58 a3
25 Gy	6,11 a	2,15 a1	4,57 a2	6,33 a3
50 Gy	5,64 a	2,11 a1	4,33 a2	6,46 a3
75 Gy	6,31 a	2,06 a1	4,36 a2	6,30 a3
100 Gy	5,88 a	2,17 a1	4,38 a2	6,39 a3
125 Gy	5,85 a	2,22 a1	4,50 a2	6,41 a3
Média	6,02	2,13	4,39	6,41
	dms = 1,26	dms = 0,21	dms = 0,49	dms = 0,54
C. V.	18,65	8,70	10,04	7,45

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente quando avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 9- Resultados de comprimento radicular (cm), altura de inserção da primeira folha (cm), altura aérea total (cm) e peso de 20 plântulas (g) ao se comparar estatisticamente os dias com nível de significância de 5% no teste de Tukey para milho

Dias	**Comp. Rad. (cm)**	**Alt. 1ª folha(cm)**	**Alt. Total (cm)**	**Peso (g)**
0 dias	5,86 a	1,76 c1	3,82 d2	6,94 a3
3 dias	5,63 a	2,15 b1	4,65 b2	6,80 a3
6 dias	6,34 a	2,41 a1	4,99 a2	5,79 b3
9 dias	6,25 a	2,19 b1	4,10 c2	6,11 b3
Média	6,02	2,13	4,39	6,41
dms	0,90	0,15	0,28	0,40
C. V.	19,43	9,02	8,24	8,08

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente quando avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 10- Interação entre as doses e os dias para o comprimento radicular expresso em centímetros para o milho

Doses/Gy	**Dias**				Média
	0 dias	**3 dias**	**6 dias**	**9 dias**	
0 Gy	6,26 aAB	4,81 abB	6,97 aAB	7,29 aA	6,33
25 Gy	5,87 aAB	5,12 abB	6,09 aAB	7,34 aA	6,11
50 Gy	6,21 aA	4,65 bA	6,42 aA	5,26 aA	5,64
75 Gy	5,97 aA	6,27 abA	6,52 aA	6,45 aA	6,31
100 Gy	5,61 aA	5,74 abA	6,77 aA	5,40 aA	5,88
125 Gy	5,21 aA	7,19 aA	5,26 aA	5,74 aA	5,85
Média	5,86	5,63	6,34	6,25	

dms colunas = 2,40 (minusculas)

dms para linhas = 2,19 (maiusculas)

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente quando avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 11- Interação entre as doses e os dias para a altura final média dos 24 tratamentos do experimento de milho

Doses/Gy	**Dias**				Média
	0 dias	**3 dias**	**6 dias**	**9 dias**	
0 Gy	3,79 aB	4,59 aA	4,36 bAB	4,15 aAB	4,22
25 Gy	4,22 aB	4,77 aAB	5,07 abA	4,19 aB	4,57
50 Gy	3,67 aC	4,57 aAB	4,91 abA	4,15 aBC	4,33
75 Gy	3,85 aB	4,84 aA	4,92 abA	3,82 aB	4,36
100 Gy	3,80 aC	4,49 aAB	5,00 abA	4,25 aBC	4,38
125 Gy	3,59 aC	4,65 aB	5,66 aA	4,09 aBC	4,50
Média	3,82	4,65	4,99	4,10	

dms colunas = 0,79 (minusculas)

dms para linhas = 0,68 (maiusculas)

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente quando avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Houve um decréscimo na matéria seca (gramas) de 20 amostras nos últimos dias, isso provavelmente ocorreu devido a diferenças de temperatura e irradiação solar entre o começo e o final do experimento. Sendo que no começo ocorreram períodos nublados mais espaçados e dias mais quentes. Já mais para o final do experimento as chuvas eram quase diárias, o que afeta o desenvolvimento da cultura.

No milho, os efeitos da irradiação foram benéficos. Mostrando que, mesmo por períodos curtos de tempo, é possível armazenar as sementes após a irradiação e manter os efeitos horméticos descritos por Luckey (1980) anteriormente.

Porém, esses resultados não bastam. Uma vez que o principal fator comercial do milho é a espiga, que não foi estudada neste trabalho. Fazendo-se assim necessário realizar mais estudos sobre datas diferentes de plantio após irradiação e doses para chegar a uma conclusão definitiva sobre o assunto.

4.3 Soja

O experimento foi escolhido para ser realizado primeiro na casa de vegetação devido a suas características agronômicas. Como este foi realizado no mesmo local que o de soja, também apresentou, em menor grau, infestação fúngica devido a problemas com a ventilação e elevação de temperatura. Apesar disso, a germinação ocorreu de forma uniforme. O desenvolvimento foi relativamente rápido mesmo a data de plantio sendo 15 dias antes do recomendado para este cultivar na latitude local (fator determinante para a cultura da soja).

Como pode ser visto na página seguinte nas Tabelas 12 e 13, a única análise de dados que diferiu estatisticamente foi a comparação entre os dias do tempo médio de germinação, o que pode ser explicado pelas variações de temperatura e umidade do local em que foi realizado o experimento.

Tabela 12- Resultados de índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e porcentagem de germinação ao se comparar estatisticamente as doses com nível de significância de 5% no teste de Tukey para soja

Doses	**IVE**	**TMG**	**% Germinação**
0 Gy	30,29 a	7,25 a	92,37 a
25 Gy	30,33 a	7,34 a	94,37 a
50 Gy	29,54 a	7,24 a	91,00 a
75 Gy	27,76 a	7,63 a	93,00 a
100 Gy	30,35 a	7,33 a	93,25 a
125 Gy	28,24 a	7,59 a	96,00 a
Médias	29,42	7,395	93,33
dms	4,56	0,54	5,82
C. V.	13,81	6,50	5,56

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente quando avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 13- Resultados de índice de velocidade de germinação, tempo médio de germinação e porcentagem de germinação ao se comparar estatisticamente os dias com nível de significância de 5% no teste de Tukey para soja

Dias	**IVE**	**TMG**	**% Germinação**
0 dias	29,96 a	7,46 a1b1	92,50 a2
3 dias	31,84 a	7,22 b1	93,33 a2
6 dias	31,39 a	7,25 a1b1	93,83 a2
9 dias	24,48 b	7,65 a1	93,67 a2
Médias	29,42	7,395	93,33
dms	3,72	0,41	3,70
C. V.	16,51	7,16	5,18

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente quando avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Durante as observações notou-se que o diminuto volume das células dificultou o desenvolvimento radicular, pois ao crescerem para fora das células da bandeja, secaram devido à baixa umidade relativa do ar assim como pela exposição a luz. Sendo assim, acredita-se serem estes os principais fatores que influenciaram no comprimento radicular nos diferentes tratamentos.

Ao se analisar a matéria seca (Tabelas 14 e 15) não foi observada nenhuma diferença estatística entre as doses utilizadas. Somente entre os dias de plantio após o processamento das sementes. Esses resultados podem ter ocorrido por diversos fatores, entre eles a variação de temperatura e umidade, que tem efeito direto no desenvolvimento das plântulas.

Quanto à altura de inserção cotiledonar, houve uma diminuição desta com o aumento das doses, faz-se necessário realizar estudos para definir se este fator é algo que deve ser considerado negativo ou positivo, de acordo com os interesses agronômicos da cultura.

Tabela 14- Resultados de comprimento radicular (cm), altura de inserção do cotilédone (cm), altura aérea total (cm) e peso de 20 plântulas (g) ao se comparar estatisticamente as doses com nível de significância de 5% no teste de Tukey para soja

Doses	**Comp. Rad. (cm)**	**Alt. Cotil. (cm)**	**Alt. Total (cm)**	**Peso (g)**
0 Gy	6,48 a	4,19 a1	10,46 a2	2,51 a3
25 Gy	6,32 a	4,11 a1	9,96 a2b2	2,41 a3
50 Gy	5,70 a	3,96 a1b1	10,27 a2b2	2,42 a3
75 Gy	6,11 a	3,88 a1b1	9,95 a2b2	2,40 a3
100 Gy	5,86 a	3,86 a1b1	9,95 a2b2	2,41 a3
125 Gy	5,64 a	3,70 b1	8,88 b2	2,33 a3
Médias	6,02	3,95	9,91	2,41
dms	1,34	0,38	1,42	0,19
C. V.	19,82	8,54	12,73	7,14

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente quando avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Tabela 15- Resultados de comprimento radicular (cm), altura de inserção do cotilédone (cm), altura aérea total (cm) e peso de 20 plântulas (g) ao se comparar estatisticamente os dias com nível de significância de 5% no teste de Tukey para soja

Dias	**Comp. Rad. (cm)**	**Alt. Cotil. (cm)**	**Alt. Total (cm)**	**Peso (g)**
0 dias	5,99 a	3,68 b1	9,50 b2c2	2,35 b3
3 dias	6,11 a	4,08 a1	11,43 a2	2,51 a3
6 dias	6,47 a	4,04 a1	8,77 c2	2,14 c3
9 dias	5,50 a	4,00 a1	9,95 b2	2,65 a3
Médias	6,02	3,95	9,91	2,41
dms	1,05	0,31	1,14	0,14
C. V.	22,79	10,45	14,95	7,53

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente quando avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Os resultados obtidos ao se analisar a altura aérea total vão de encontro com o estudo realizado por Borzouei et al. (2010), onde observou-se um incremento no desenvolvimento inicial da soja ao se utilizar baixas doses de irradiação (até 100 Gy) e a medida que as doses de irradiação aumentaram (>200 Gy), ocorreu uma queda em todos os fatores analisados bastante significativa.

A Tabela 16 (página seguinte) mostra a interação entre as doses e os dias para a altura final. Nela fica evidente que apesar de haver diferença entre os dias e os tratamentos, não houve interação entre esses fatores estatisticamente.

Tabela 16- Interação entre as doses e os dias para a altura final (expressa em cm) dos 24 tratamentos utilizados em sementes de soja

Doses/Gy	**Dias**				Médias
	0 dias	**3 dias**	**6 dias**	**9 dias**	
0 Gy	3,85 aA	4,42 aA	4,24 aA	4,26 aA	4,19
25 Gy	3,89 aA	4,15 aA	4,21 aA	4,20 aA	4,11
50 Gy	3,62 aA	4,11 aA	4,11 aA	4,00 aA	3,96
75 Gy	3,59 aA	3,92 aA	4,11 aA	3,89 aA	3,88
100 Gy	3,42 aA	4,16 aA	3,96 aA	3,90 aA	3,86
125 Gy	3,70 aA	3,71 aA	3,60 aA	3,77 aA	3,69
Médias	3,68	4,08	4,04	4,00	

dms colunas = 0,82 (minusculas)

dms para linhas = 0,77 (maiusculas)

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente quando avaliadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

5. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos podemos concluir que as doses de radiação gama de um modo geral não influenciaram nos resultados, mesmo quando as sementes irradiadas foram plantadas após 9 dias. Os efeitos da radiação gama foram mais eficientes nas sementes de milho.

REFERÊNCIAS

AL-SAFADI, B.; SIMON, P.W. Gamma irradiation-induced variation in carrots (Daucus carota L.). **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v.121, n.4, p.599–603, 1996.

ARTHUR, V.; ALMEIDA, E.; ELIAS, E. A.; FUKUMA, H. T.; MACACINI, J. F.; WIENDL, F. M. **Efeitos da radiação gama sobre sementes de rabanetes**. Piracicaba: CENA-USP, 1998. 6p.

ASCHERI, D. P. R.; OLIVEIRA NETO, M. C.; DEVILLA, I. A. Qualidade fisiológica de sementes de soja irradiadas por Raios X e armazenadas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 192-197, 2005

BARGHINI, A. **O milho na América do Sul pré-colombiana**: uma história natural. São Leopoldo: UNISINOS, 2004. 170 p. (Antropologia, 61).

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G. **Fisiologia e ecofisiologia do algodoeiro**. Dourados: Embrapa Algodão, 2006. p. 54-75.

BONATO, E. R.; BERTAGNOLLI, P. F.; IGNACZAK, J. C.; TRAGNAGO, J. L.; RUBIN, S. A. L. Desempenho de cultivares de soja em três épocas de semeadura, no Rio Grande do Sul. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 33, n. 6, p. 879-884, 1998.

BORÉM, A. Melhoramento de espécies cultivadas. 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2005. 969 p.

BORZOUEI, A.; KAFI, M.; KHAZAEI, H.; NASERIYAN, B.; MAJDABADI, A. Effects of gamma radiation on germination and physiological aspects of wheat (Triticum aestivum L.) seedlings. **Pakistan Journal of Botani**, Karachi, v. 42, p. 2281-2290, 2010.

BRAGHINI R.; POZZI, C. R.; AQUINO, S.; ROCHL, O.; CORRÊA, B. Effects of y-radiation on the fungus Alternaria alternata in artificially inoculated cereal samples. **Applied Radiation and Isotopes**, Oxford, v. 67, p. 1622-1628, 2009.

BRIGIDE, P. **Disponibilidade de ferro em grãos de feijão comum *(Phaseolus vulgaris* L.) irradiados**. 2002. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

BROCK, R. D.; FRANKLIN, I. R. The effect of desiccation, storage and radiation intensity on mutation rate in tomato pollen. **Radiation Botany**, Amsterdam, v. 6, p. 171-179, 1966.

BUMP, E. A.; YU, N. Y.; BROWN, J. M. Radiosensitization of hypoxic tumor cells by depletion of intracellular glutathione. Science, Washington, v. 217, p. 544-545, 1982.

CALABRESE, E. J. Hormesis why it is important to toxicology and toxicologists. **Environmental Toxicology and Chemistry**, Pensacola, v. 27, p. 1451-1474, 2008.

CAPELLARI JUNIOR, L.; RODRIGUES, R. R.; SOUZA, V. C. **Botânica sistemática aplicada aos cursos de engenharia agronômica e engenharia florestal**. Piracicaba: ESALQ-LCB, 2007. 103 p.

CARRÃO-PANIZZI, M. C. **Valor nutritivo da soja e potencial de utilização na dieta Brasileira**. Londrina: Embrapa-CNPSo, 1988. 13p. (CNPSo. Documentos, 29).

CARVALHO, P.P. **Manual do algodoeiro**. Lisboa: Instituto de Investigação Científica Tropical, 1996. 282p.

CARVALHO, L. P. O gênero Gossypium e suas espécies cultivadas e silvestres. In: BELTRÃO, N. E. M. **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. v.1, p.231-247.

CASAGRANDE, E. C.; FARIAS, J. R. B.; NEUMAIER, N.; OYA, T.; PEDROSO, J.; MARTINS, P. K.; BRETON, M. C.; NEPOMUCENO, A. L. Expressão gênica diferencial durante déficit hídrico em soja. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.13, n.2, p.168-184, 2001.

CENTRO DE DESENVOLVIMENTO DA TECNOLOGIA NUCLEAR. **Fator sobre irradiação de alimentos:** série de fichas descritas do grupo consultivo internacional sobre irradiação de alimentos (ICGFI). Belo Horizonte: CDTN, 1999. 465p.

CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA (CENA). Disponível em <http://www.cena.usp.br/irradiacao/principios.htm>. Acesso em 22 abr. 2015.

COELHO, A. M.; CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A. Rendimento do milho no Brasil: chegamos ao máximo? **Informações Agronômicas**. Piracicaba. n. 101, mar. 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos:** safra 2014/15, sétimo Levantamento. Brasília: Conab, 2015.

CONGER, B. V.; CARABIA, J. V. Modification of the effectiveness of fission neutrons versus 60Co gamma radiation in barley seeds by oxygen and seed water content. **Radiation Botany**, Amsterdam, v.12, p.411-420, 1972.

COSTA, M.T.P.M.; OLIVEIRA, A.C.S. Aspectos econômicos da cultura do algodão. **Informe Agropecuário**, v.8, n.92, p. 3-7, 1982.

CUNHA, G.R.; BERGAMASCHI, H. Efeitos da disponibilidade hídrica sobre o rendimento das culturas. In: BERGAMASCHI, H. et al. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. Cap.6, p.85-97.

DAVIES, C.R. Effects of gamma radiation on growth and yield of agricultural crops I. Spring sown wheat. **Radiation Botany**, Amsterdam, v. 8, p. 17-30, 1968.

DAVIES, C.R. Effects of gamma radiation on growth and yield of agricultural crops II. Spring sown barley and other cereals. **Radiation Botany**, Amsterdam, v. 10, p. 19-27, 1970.

DAVIES, C.R. Effects of gamma radiation on growth and yield of agricultural crops III. Root Crops, legumes and grasses. **Radiation Botany**, Amsterdam, v. 13, p. 127, 1973.

DE OLIVEIRA FRANCO, C. F. **Efeitos das radiações gama na quebra de dormência de sementes de urucum**. 2013. 87 f. (Pós-Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2013.

DOEBLEY, J. F. Molecular evidence for gene flow among Zea species. **BioScience**, Oxford, v. 40, p. 443-448, 1990.

DUARTE, J. O. Importância econômica. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html>. Acesso em: 22 abr. 2015.

DUARTE, A.P.; FREITAS, J.G.; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.; CANTARELLA, H. Eficiência e resposta de genótipos de milho ao nitrogênio em cobertura. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., Recife, 1998. **Resumos**... Recife: ABMS, 1998. p.184.

DUTRA, G. Soja. **Jornal do Agricultor**, Vargem Grande do Sul, v.4, n.168, p.185-186, 1882.

EMBRAPA. **A soja no Brasil**: história e estatística. Londrina, Embrapa-CNPSo, 1987. 61p.

EMBRAPA. Exigências climáticas. In: Embrapa. **Tecnologias de produção de soja** - Paraná - 2003. Londrina: Embrapa Soja, 2002. Cap.1, p.28-30. (Sistemas de Produção, 2).

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja** – Paraná – 2003/04. Londrina: Embrapa-CNPSo, 2003. 218 p. (Sistemas de Produção, 3).

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja** - região central do Brasil. Londrina: Embrapa Soja, 2008. (Sistemas de Produção, 12).

EMBRAPA. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_8_168200511157.html>. Acesso em 01 jul. 2015.

EMBRAPAa. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/producaosoja/SojanoBrasil.htm> acessado em 03 jul. 2015.

EMBRAPAb. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONTAG01_12_271020069131.html>. Acesso em 03 jul. 2015.

FANCELI, A. L.; DOURADO NETO, D. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

FAO. **Production year book, 50**. Washington: USDA-ERS, 1998.

FERRAZ, E. S. B. Determinação da densidade de madeiras por atenuação de radiação gama de baixa energia. **Scientia Florestalis,** Piracicaba, n. 12, p. 61-68, jun. 1976.

FISCHNICH, O.; PATZOLD, C.; HEILINGER, F. Influence of low doses of irradiation (X-rays and gamma rays of Cobalto-60) on potato seed. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY/ FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Effects of ionizing radiations on seeds and their significance for crop improvement. Karlsruhe, 1960. **Proceedings...** Vienna: IAEA, 1961. p.553-564

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 576 p.

FRANCO, S. S. H. **Inter-relação de radiohormese e a incidência de insetos pragas na cultura de milho Zea mays L**. 1999. Tese (Doutorado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

FUZZATO, M.G. Melhoramento genético do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. (Eds.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. p. 15-34.

GRIMES, D.W.; EL-ZIK, K.M. Cotton. In: STEWART, B.A.; NIELSEN, D.R. **Irrigation of agricultural crops**. Madison: American Society of Agronomy. 1990. p. 741-773.

GONÇALVES, J.S. Proposta de diretrizes básicas para a intervenção governamental no desenvolvimento do complexo têxtil brasileiro. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.24, n.4, p. 9-26, 1994

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa University Press, 1988. 468p.

HYMOWITZ, T. Speciation and cytogenetics. p. 97-136. In: BOERMA, H. R.; SPECHT, J. E. **Soybeans**: improvement, production and uses. 3. ed. Madison: American Society of Agronomy, 2004.

HOCHHOLDINGER, F.; WOLL, K.; SAUER, M.; DEMBINSKY, D. Genetic dissection of root formation in maize (Zea mays) reveals root-type specific development programmes. **Annals of Botany**, Oxford, v. 93, p. 359-368, 2004.

IQBAL, J.; ZAHUR, M.S. Effects of acute gamma irradiation and developmental stages on growth and yield of rice plants. **Radiation Botany**, Amsterdam, v.15, p.231-240, 1975.

KILLION, D.D.; CONSTANTIN, M.J.; Acute gamma irradiation on the wheat plant: effects of exposure, exposure rate and developmental stage on survival, height and grain yield. **Radiation Botany**, Amsterdam, v. 11, p. 367-373, 1971.

KILLION, D.D.; CONSTANTIN, M.J.; Gamma irradiation on corn plants: effects of exposure, exposure rate and developmental stage on survival height and grain yield of two cultivars. **Radiation Botany**, Amsterdam, v. 12, p. 159-164, 1972.

KILLION, D.D.; CONSTANTIN, M.J.; SIEMER, E.G. Acutte gamma radiation on the soybean plant: effects of exposure, exposure rate and developmental stage on growth and yield. **Radiation Botany**, Amsterdam, v.11, p. 255-232, 1971.

KIKUTI, A.L.P.; OLIVEIRA, J.A.; MEDEIROS FILHO, S.; FRAGA, A.C. Armazenamento e qualidade fisiológica de sementes de algodão submetidas ao condicionamento osmótico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.2, p.439-443, 2002.

LABOURIAU, L.G. **A germinação das sementes.** Washington: Secretaria Geral da Organização dos Estados Americanos, 1983. 174p.

LUCKEY, T.D. **Hormesis with ionizing radiation**. Boca Raton: CRC Press, 1980. 200p.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. **Fisiologia do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2002. 23 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 22).

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedlig emergence and vigor. **Crop Science**, Madison, v.2, n.1, p.176-177, 1962

MAHAPATRA, A. K.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; JULSON, J. L. Applications of Ozone, Bacteriocins and Irradiation in Food Processing: a Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition,** London, v. 45, n. 6, p. 447-461, 2005.

MARUR, C.J. Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro. In: INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ. **Recomendações para cultura do algodoeiro no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1993. p.2-7. (Circular, 107).

MELGES, E.; LOPES, N. F.; OLIVA, M. A. Crescimento e conversão da energia solar em soja cultivada sob quatro níveis de radiação solar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.24, n.9, p.1065-1072, 1989.

MISSÃO, M. R. Soja: origem, classificação e uma visão abrangente do mercado. **Maringá Management**: Revista de Ciências Empresariais, Maringá, v.3, n.1, p.7-15, 2006.

MONTEIRO, M. R. P.; MOREIRA, M. A.; COSTA, N. M. B.; OLIVEIRA, M. G. A.; PIRES, C. V. Avaliação da digestibilidade protéica de genótipos de soja com ausência e presença do inibidor de tripsina Kunitz e lipoxigenases. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 6, n. 1, p. 99-107, 2003.

MORAES, N.C. **Competitividade do algodão Brasileiro no mercado internacional e implicações da integração ao Mercosul**. 1997. 68 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

NASS, L.L.; PATERNIANI, E. Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, p.581-587, 2000.

NEHMI, I. M. D.; FERRAZ, J. U.; NEHMI FILHO, U. A.; SILVA, M. L. M.. (Coords.). **Agrianual 2001**: anuário da agricultura Brasileira. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 2001. 514p.

OKAZAKI, K. **Efeitos das radiações ionizantes em células: noções básicas**. São Paulo: IPEN, 1995. 20 p. (Publicação 399).

OLIVEIRA, H. F.; VASCONCELOS, F. G.; ALVARENGA, J. C.; BASTOS, S. M. C.; ASCHERI, D. P. R. Desempenho de dois sistemas distribuidores de sementes utilizados em semeadoras de milho. **Revista Agrotecnologia**, Anápolis, v. 3, n. 2, p.73-88, 2012.

OOSTERHUIS, D.M. **Growth and development of a cotton plant.** Faytteville: University of Arkansas, 1992. 24p.

PATERNIANI, E.; NASS, L.N.; SANTOS, M.X. O valor dos recursos genéticos de milho para o Brasil: uma abordagem histórica da utilização de germoplasma. In: UDRY, C.V.; DUARTE, W.F. (Orgs.). **Uma história brasileira do milho**: o valor de recursos genéticos. Brasília: Paralelo 15, 2000. p.11-41.

PIRES, J. L. F.; COSTA, J. A.; THOMAS, A. L.; MAEHLER, A. R. Efeito de populações e espaçamentos sobre o potencial de rendimento da soja durante a ontogenia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.8, p.1541-1547, 2000.

RAMBO, L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. F.; PARCIANELLO, G.; FERREIRA, F. G. Estimativa do potencial de rendimento por estrato do dossel da soja, em diferentes arranjos de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.1, p.33-40, 2004.

REDDY, K.R.; HODGES, H.F.; McKINION, J.M.; WALL, G.W. Temperature effects on Pima cotton growth and development. **Agronomy Journal**, Madison, v.84, p.237-243, 1992.

RESENDE, L.M.A.; MOURA, P.A.M. Aspectos econômicos da cultura do algodoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.15, n.166, p. 5-12, 1990.

REZENDE, P. M.; CARVALHO, E. de A. Avaliação de cultivares de soja [Glycine max (L.) MERRILL] para o Sul de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1616-1623, 2007.

ROSOLEM, C. A. Ecofisiologia e manejo na cultura do algodoeiro. In: Freire, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: ABRAPA, 2007. p.649-688.

ROSOLEM, C. A. Fenologia e ecofisiologia no manejo do algodoeiro. Rondonópolis: Fundação MT, 2001, p. 147-160. (Fundação MT. Boletim, 4).

ROTH, E.; FEINENDEGEN, L.E. Gute Strahlung? **Jahrbuch der Atomwirtschaft**, Berlin, p. 74-82, 1996.

SANTOS, M. V. F. D. L. **Resposta à radiação gama em sementes de milho (Zea mays L.) sob a influência de agentes físicos e químicos**. 1993. 131 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

SAX, K. The stimulation of plant growth by ionizing radiation. **Radiation Botany**, Amsterdam, v.3, p.179-186, 1963.

SIDRAK, G.H.; SUESS, A. Effects of low doses of gamma radiation on the growth and yield of two varieties of tomato. **Radiation Botany**, Amsterdam, v. 13, p. 309-314, 1973.

SILVA, N.M. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In: CIA, E.; FREIRE, E.C.; SANTOS, W.J. (Eds.) **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: POTAFOS, 1999. p.57-92.

SIMONIS, W. Physiological problems related to the effects of small doses of radiation on plants. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Effects of low doses of radiation on crop plants**. Vienna: IAEA, 1966. p.39-46. (Technical Reports Series, 64).

SOUZA, A. S**. Efeitos da irradiação na composição e propriedades funcionais da soja**. 2006. 99 f. Tese (Doutorado em Alimentos e Nutrição) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 2006.

STAN, S.; CROITORU, A. Effects of low, moderate and high levels of gamma radiations (Co-60) on soybean plants. I. Analysis of growth and yield. **Stim. Newsletter**, v.1, p.23, 1970.

STAN, S.; CROITORU, A. Effects of low, moderate and high levels of gamma radiations (Co-60) on soybean plants, II. Changes in protein, oil and micronutrient content, **Stim. Newsletter**, v.2, p.11, 1971.

SÜESS, A. Effects of low doses of seed irradiation on plants growth. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Effects of low doses of radiation on crop plants**. Vienna: IAEA, 1966. p. 1-11. (Technical Reports Series, 64).

TAVCAR, A. Stimulating effects of low doses of radiation. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Effects of low doses of radiation on crop plants**. Vienna: IAEA, 1966. p. 16-25. (Technical reports series, 64).

TEIXEIRA, F. F.; ANDRADE, R. V. de; OLIVEIRA, A. C. de; FERREIRA, A. da S.; SANTOS, M. X. dos. Diversidade no germoplasma de milho coletado na região Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.1, n.3, p.59-67, 2002.

TEIXEIRA, F. F.; SOUZA, B. O.; ANDRADE, R. V.; PADILHA, L. **Boas práticas na manutenção de germoplasma e variedades crioulas de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2005. 8 p. (Comunicado Técnico, 113).

THOMAS, A.L.; COSTA, J. A.; PIRES, J. L. Rendimento de grãos de soja afetado pelo espaçamento entre linhas e fertilidade do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.28, n.4, p.543-546, 1998.

TOLEDO, T. C. F.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V.; PIEDADE, S. M. S. Composição, digestibilidade protéica e desaminação em cultivares Brasileiras de soja submetidas à radiação gama. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.27, p.812-815, 2007.

VIEIRA, M. A. **Cultivares e população de plantas na produção de milho-verde**. 2007.78f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

WIENDL, F.M.; WIENDL, F.W.; WIENDL, J.A.; VEDOVATTO, A.; ARTHUR, V. Increase of onion yield through low dose of gamma irradiation of its seeds. In: International Meeting on Radiation, 9., Ankara, 1994. **Proceedings...** Ankara, 1994

WIENDL, F.M. Radiohormesis em beterrabas vermelhas Beta vulgaris (L.). In: Encontro Nacional de Aplicações Nucleares, 2., Caxambu, 1993. **Anais...** Belo Horizonte, 1993.

YAMADA, T. Nitrogênio e potássio na adubação da cultura do milho. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n.78, p. 1-4, 1997.

ANEXOS

Tabela 17: Resultados médios de Índice de velocidade de germinação obtidos para os 24 tratamentos no algodoeiro.

Dias após irradiação	**Doses/Gy**					
	0 Gy	**25 Gy**	**50 Gy**	**75 Gy**	**100 Gy**	**125 Gy**
0	34,99	36,84	31,91	33,32	30,03	34,17
3	33,26	29,49	30,21	29,05	31,19	32,27
6	34,56	35,23	34,74	34,20	40,16	33,73
9	26,01	16,04	28,18	24,96	27,44	24,74

Tabela 18: Tempo médio de germinação das médias dos 24 tratamentos realizados para sementes de algodoeiro.

Dias após a irradiação	**Doses/Gy**					
	0 Gy	**25 Gy**	**50 Gy**	**75 Gy**	**100 Gy**	**125 Gy**
0	4,61	4,70	4,75	4,34	4,82	4,45
3	4,31	4,40	4,44	4,49	4,35	4,18
6	4,78	4,85	4,98	4,89	4,61	5,00
9	5,03	6,24	4,54	4,76	4,70	5,49

Tabela 19: Germinação final média (expressa em %) de cada um dos 24 tratamentos realizados para as sementes de algodoeiro.

Dias após a irradiação	**Doses/Gy**					
	0 Gy	**25 Gy**	**50 Gy**	**75 Gy**	**100 Gy**	**125 Gy**
0	78	84	72	82	68	78
3	84	76	84	84	84	84
6	90	86	88	84	94	84
9	66	64	70	58	60	68

Tabela 20: Comprimento radicular médio (expresso em centímetros) de cada um dos 24 tratamentos realizados para as sementes de algodoeiro.

Dias após irradiação	**Doses/Gy**					
	0 Gy	**25 Gy**	**50 Gy**	**75 Gy**	**100 Gy**	**125 Gy**
0	4,1	4,3	4,85	4,1	4,45	4,15
3	3,75	3,85	4	4,55	3,95	4,4
6	3,45	3,55	4,1	3,6	3,15	3,7
9	4,45	4,4	4,5	3,9	4,5	4,4

Tabela 21: Altura de inserção cotiledonar média/altura aérea total média (expressa em centímetros) de cada um dos 24 tratamentos realizados para as sementes de algodoeiro.

Dias após irradiação	**Doses/Gy**					
	0 Gy	**25 Gy**	**50 Gy**	**75 Gy**	**100 Gy**	**125 Gy**
0	5,75	6,55	5,5	5,95	5,7	5,9
3	5,65	5,45	5,65	5,8	5,15	5,5
6	4,75	4,4	4,8	4,2	4,6	4,6
9	5,05	5,55	5,85	4,9	4,9	4,85

Tabela 22: Peso de 20 plântulas médio (expresso em gramas) após a secagem dos 24 tratamentos utilizados nas sementes de algodoeiro.

Dias após irradiação	**Doses/Gy**					
	0 Gy	**25 Gy**	**50 Gy**	**75 Gy**	**100 Gy**	**125 Gy**
0	2,39	2,38	2,44	2,47	2,66	2,38
3	2,15	2,25	2,33	2,23	2,23	2,27
6	2,23	2,12	2,10	2,17	2,10	2,18
9	2,39	2,52	2,46	2,64	2,47	2,47

Milho

Tabela 23: Resultados médios de Índice de velocidade de germinação obtidos para os 24 tratamentos no milho.

Dias após irradiação	Doses/Gy					
	0 Gy	**25 Gy**	**50 Gy**	**75 Gy**	**100 Gy**	**125 Gy**
0	37,04	39,37	40,62	45,06	47,56	45,48
3	38,41	45,16	45,54	44,22	43,73	44,69
6	41,40	43,66	42,88	46,91	44,61	43,53
9	39,06	42,10	44,09	45,60	47,23	43,34

Tabela 24: Tempo médio de germinação das médias dos 24 tratamentos realizados para sementes de milho.

Dias após irradiação	Doses/Gy					
	0 Gy	**25 Gy**	**50 Gy**	**75 Gy**	**100 Gy**	**125 Gy**
0	5,51	5,31	5,15	4,84	4,61	4,78
3	5,37	4,85	4,76	4,82	4,97	4,79
6	5,17	4,92	4,87	4,73	4,80	4,80
9	5,35	5,04	4,87	4,76	4,62	4,95

Tabela 25: Germinação final média (expressa em %) de cada um dos 24 tratamentos realizados para as sementes de milho.

Dias após irradiação	Doses/Gy					
	0 Gy	**25 Gy**	**50 Gy**	**75 Gy**	**100 Gy**	**125 Gy**
0	98	98	97	100	99	99
3	97	99	98	97	98	96
6	100	98	96	99	97	98
9	99	98	99	100	100	98

Tabela 26: Comprimento radicular médio (expresso em centímetros) de cada um dos 24 tratamentos realizados para as sementes de milho.

Dias após irradiação	**Doses/Gy**					
	0 Gy	**25 Gy**	**50 Gy**	**75 Gy**	**100 Gy**	**125 Gy**
0	6,3	5,85	5,75	5,925	5,475	5,125
3	4,8	4,95	4,65	6,4	5,75	7,2
6	6,93	5,45	6,725	5,9	6,275	4,7
9	7,45	7,7	5,3	6,375	5,25	5,7

Tabela 27: Altura de inserção cotiledonar média (expressa em centímetros) de cada um dos 24 tratamentos realizados para as sementes de milho.

Dias após irradiação	**Doses/Gy**					
	0 Gy	**25 Gy**	**50 Gy**	**75 Gy**	**100 Gy**	**125 Gy**
0	1,675	1,725	1,625	1,725	1,9	1,875
3	2,15	2,225	2,3	2,05	2,15	2,25
6	2,225	2,525	2,4	2,3	2,425	2,55
9	2,275	2,125	2,225	2,1	2,325	2,25

Tabela 28: Altura aérea total média (expressa em centímetros) de cada um dos 24 tratamentos realizados para as sementes de milho.

Dias após irradiação	**Doses/Gy**					
	0 Gy	**25 Gy**	**50 Gy**	**75 Gy**	**100 Gy**	**125 Gy**
0	3,75	4,225	3,625	3,875	3,825	3,675
3	4,48	4,775	4,55	4,825	4,475	4,675
6	4,28	4,875	4,825	4,775	4,825	5,6
9	4,13	4,075	4,15	3,7	4,3	4,075

Tabela 29: Comprimento radicular médio (expresso em centímetros) de cada um dos 24 tratamentos realizados para as sementes de milho.

Dias após irradiação	Doses/Gy					
	0 Gy	25 Gy	50 Gy	75 Gy	100 Gy	125 Gy
0	6,87	6,72	7,06	7,18	7,06	6,89
3	6,86	7,25	6,62	6,49	6,77	6,74
6	6,26	5,58	5,82	5,46	5,89	6,21
9	6,32	6,14	6,08	6,03	5,96	5,96

Tabela 30: Peso de 20 plântulas médio (expresso em gramas) após a secagem dos 24 tratamentos utilizados nas sementes de milho.

Dias após irradiação	Doses/Gy					
	0 Gy	25 Gy	50 Gy	75 Gy	100 Gy	125 Gy
0	6,87	6,72	7,06	7,18	7,06	6,89
3	6,86	7,25	6,62	6,49	6,77	6,74
6	6,26	5,58	5,82	5,46	5,89	6,21
9	6,32	6,14	6,08	6,03	5,96	5,96

Soja

Tabela 31: Resultados médios de Índice de velocidade de germinação obtidos para os 24 tratamentos na soja.

Dias após irradiação	Doses/Gy					
	0 Gy	25 Gy	50 Gy	75 Gy	100 Gy	125 Gy
0	32,95	29,28	31,01	28,05	32,15	24,16
3	30,67	34,18	28,29	29,87	34,55	30,95
6	32,80	32,44	32,21	27,65	32,37	28,83
9	21,98	24,44	26,22	22,59	22,69	27,22

Tabela 32: Tempo médio de germinação das médias dos 24 tratamentos realizados para sementes de soja.

Dias após irradiação	Doses/Gy					
	0 Gy	25 Gy	50 Gy	75 Gy	100 Gy	125 Gy
0	7,20	7,63	7,25	7,54	7,44	7,84
3	7,33	6,82	7,29	7,42	7,05	7,52
6	6,96	7,27	6,95	7,72	7,04	7,78
9	7,93	7,71	7,24	7,95	7,74	7,22

Tabela 33: Germinação final média (expressa em %) de cada um dos 24 tratamentos realizados para as sementes de soja.

Dias após irradiação	Doses/Gy					
	0 Gy	25 Gy	50 Gy	75 Gy	100 Gy	125 Gy
0	94	92	91	94	95	95
3	95	98	92	88	90	99
6	89	91	93	97	96	95
9	94	95	91	95	94	97

Tabela 34: Comprimento radicular médio (expresso em centímetros) de cada um dos 24 tratamentos realizados para as sementes de soja.

Dias após irradiação	Doses/Gy					
	0 Gy	25 Gy	50 Gy	75 Gy	100 Gy	125 Gy
0	8,13	5,63	5,53	5,08	5,65	5,53
3	6,1	6,03	4,95	6,43	6,43	5,23
6	5,8	5,65	6,7	7,3	6,175	5,325
9	5,6	5,325	5,375	5,35	5,65	5,4

Tabela 35: Altura de inserção cotiledonar média (expressa em centímetros) de cada um dos 24 tratamentos realizados para as sementes de soja.

Dias após irradiação	**Doses/Gy**					
	0 Gy	**25 Gy**	**50 Gy**	**75 Gy**	**100 Gy**	**125 Gy**
0	3,95	3,93	3,6	3,6	3,5	3,68
3	4,6	3,98	4,13	3,93	4,28	3,7
6	4,425	4,075	4,05	4,025	3,9	3,625
9	4,275	4,275	4,125	3,875	4	3,75

Tabela 36: Altura aérea total média (expressa em centímetros) de cada um dos 24 tratamentos realizados para as sementes de soja.

Dias após irradiação	**Doses/Gy**					
	0 Gy	**25 Gy**	**50 Gy**	**75 Gy**	**100 Gy**	**125 Gy**
0	10,6	9,1	10,3	9,78	9,95	8,8
3	11,8	11,5	11,9	11,2	12,7	10,1
6	9,05	8,25	8,8	8,8	8,375	7,3
9	11,28	10,2	9,625	9,825	9,475	9,25

Tabela 37: Comprimento radicular médio (expresso em centímetros) de cada um dos 24 tratamentos realizados para as sementes de soja.

Dias após irradiação	**Doses/Gy**					
	0 Gy	**25 Gy**	**50 Gy**	**75 Gy**	**100 Gy**	**125 Gy**
0	2,38	2,26	2,48	2,36	2,25	2,32
3	2,54	2,55	2,44	2,49	2,61	2,42
6	2,30	2,18	2,17	2,12	2,16	2,05
9	2,78	2,63	2,68	2,54	2,66	2,48

Tabela 38: Peso de 20 plântulas médio (expresso em gramas) após a secagem dos 24 tratamentos utilizados nas sementes de soja.

Dias após irradiação	**Doses/Gy**					
	0 Gy	**25 Gy**	**50 Gy**	**75 Gy**	**100 Gy**	**125 Gy**
0	2,38	2,26	2,48	2,36	2,25	2,32
3	2,54	2,55	2,44	2,49	2,61	2,42
6	2,30	2,18	2,17	2,12	2,16	2,05
9	2,78	2,63	2,68	2,54	2,66	2,48

Quadros de análise de variância para o algodão

Tabela 39: Quadro de análise de variância para o índice de velocidade de germinação das sementes de algodão.

FV	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
Doses	5	56,22399	11,2448	0,6917 ns
Resíduo doses	12	195,0834	16,25695	
Parcelas	17	251,3074		
Dias	3	1020,955	340,3183	16,5958 **
Interação doses x dias	15	488,0702	32,53801	1,5867 ns
Resíduo dias	36	738,2266	20,50629	
Total	71	2498,559		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 40: Quadro de análise de variância para o tempo médio de germinação das sementes de algodão.

FV	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
Doses	5	0,63164	0,12633	2,3149 ns
Resíduo doses	12	0,65487	0,05457	
Parcelas	17	1,28651		
Dias	3	5,1673	1,72243	9,1668 **
Interação doses x dias	15	3,66457	0,2443	1,3002 ns
Resíduo dias	36	6,76433	0,1879	
Total	71	16,88271		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 41: Quadro de análise de variância para a germinação final das sementes de algodão.

FV	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
Doses	5	199,1111	39,82222	0,2760 ns
Resíduo doses	12	1731,333	144,2778	
Parcelas	17	1930,444		
Dias	3	5038,444	1679,481	23,8224 **
Interação doses x dias	15	1039,556	69,3037	0,9830 ns
Resíduo dias	36	2538	70,5	
Total	71	10546,44		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 42: Quadro de análise de variância para o comprimento radicular de algodão.

FV	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
Doses	5	0,32611	0,06522	0,1972 ns
Resíduo doses	12	3,96833	0,33069	
Parcelas	17	4,29444		
Dias	3	6,08972	2,02991	5,8182 **
Interação doses x dias	15	3,87028	0,25802	0,7395 ns
Resíduo dias	36	12,56	0,34889	
Total	71	26,81444		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 43: Quadro de análise de variância para a altura de inserção cotiledonar/altura aérea total de algodão.

FV	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
Doses	5	0,85611	0,17122	0,7947 ns
Resíduo doses	12	2,58542	0,21545	
Parcelas	17	3,44153		
Dias	3	15,92778	5,30926	23,1082 **
Interação doses x dias	15	1,68722	0,11248	0,4896 ns
Resíduo dias	36	8,27125	0,22976	
Total	71	29,32778		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 44: Quadro de análise de variância para o peso de 20 plântulas de algodão.

FV	GL	SQ	QM	F
Doses	5	0,22182	0,04436	1,3533 ns
Resíduo doses	12	0,39338	0,03278	
Parcelas	17	0,61521		
Dias	3	1,39562	0,46521	11,4451 **
Interação doses x dias	15	0,32953	0,02197	0,5405 ns
Resíduo dias	36	1,46328	0,04065	
Total	71	3,80363		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Quadros de análise de variância para o milho

Tabela 45: Quadro de análise de variância para o índice de velocidade de germinação das sementes de milho.

FV	GL	SQ	QM	F
Doses	5	549,4921	109,8984	19,8290 **
Resíduo doses	18	99,76172	5,54232	
Parcelas	23	649,2538		
Dias	3	30,65481	10,21827	2,1635 ns
Interação doses x dias	15	193,5563	12,90375	2,732
Resíduo dias	54	255,0494	4,72314	
Total	95	1128,514		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 46: Quadro de análise de variância para o tempo médio de germinação das sementes de milho.

FV	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
Doses	5	3,72297	0,74459	18,8324 **
Resíduo doses	18	0,71168	0,03954	
Parcelas	23	4,43465		
Dias	3	0,2297	0,07657	1,3019 ns
Interação doses x dias	15	1,59828	0,10655	1,8117 ns
Resíduo dias	54	3,17589	0,05881	
Total	95	9,43852		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 47: Quadro de análise de variância para a germinação final das sementes de milho.

FV	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
Doses	5	19,33333	3,86667	0,6660 ns
Resíduo doses	18	104,5	5,80556	
Parcelas	23	123,8333		
Dias	3	26,16667	8,72222	2,0703 ns
Interação doses x dias	15	30,33333	2,02222	0,4800 ns
Resíduo dias	54	227,5	4,21296	
Total	95	407,8333		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 48: Quadro de análise de variância para o comprimento radicular de milho.

FV	GL	SQ	QM	F
Doses	5	6,12263	1,22453	0,9713 ns
Resíduo doses	18	22,69234	1,26069	
Parcelas	23	28,81497		
Dias	3	7,96154	2,65385	1,9394 ns
Interação doses x dias	15	40,41831	2,69455	1,9692*
Resíduo dias	54	73,89203	1,36837	
Total	95	151,0869		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 49: Quadro de análise de variância para a altura de inserção da primeira folha de milho.

FV	GL	SQ	QM	F
Doses	5	0,29638	0,05928	1,7301 ns
Resíduo doses	18	0,61672	0,03426	
Parcelas	23	0,9131		
Dias	3	5,28591	1,76197	47,8085**
Interação dosesxdias	15	0,38956	0,02597	0,7047 ns
Resíduo dias	54	1,99016	0,03685	
Total	95	8,57872		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 50: Quadro de análise de variância para a altura aérea total de milho.

FV	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
Doses	5	1,20458	0,24092	1,2384 ns
Resíduo doses	18	3,50156	0,19453	
Parcelas	23	4,70615		
Dias	3	19,95469	6,65156	50,7345**
Interação dosesxdias	15	4,00437	0,26696	2,0362*
Resíduo dias	54	7,07967	0,13111	
Total	95	35,7449		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 51: Quadro de análise de variância para o peso de 20 plântulas de milho.

FV	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
Doses	5	0,79898	0,1598	0,7002 ns
Resíduo doses	18	4,10804	0,22822	
Parcelas	23	4,90702		
Dias	3	21,98902	7,32967	27,2967**
Interação doses x dias	15	3,24277	0,21618	0,8051 ns
Resíduo dias	54	14,49998	0,26852	
Total	95	44,6388		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Soja

Tabela 52: Quadro de análise de variância para o índice de velocidade de germinação das sementes de soja.

FV	GL	SQ	QM	F
Doses	5	105,6201	21,12402	1,2798 ns
Resíduo doses	18	297,0982	16,50545	
Parcelas	23	402,7183		
Dias	3	823,7674	275,9225	11,7041 **
Interação doses x dias	15	243,2663	16,21776	0,6879 ns
Resíduo dias	54	1273,047	23,57494	
Total	95	2746,798		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 53: Quadro de análise de variância para o tempo médio de germinação das sementes de soja.

FV	GL	SQ	QM	F
Doses	5	2,39354	0,47871	2,0724 ns
Resíduo doses	18	4,15793	0,231	
Parcelas	23	6,55146		
Dias	3	2,89164	0,96388	3,4398 *
Interação doses x dias	15	2,55374	0,17025	0,6076 ns
Resíduo dias	54	15,13132	0,28021	
Total	95	27,12816		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 54: Quadro de análise de variância para a germinação final das sementes de soja.

FV	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
Doses	5	234,8333	46,96667	1,7449 ns
Resíduo doses	18	484,5	26,91667	
Parcelas	23	719,3333		
Dias	3	25,33333	8,44444	0,3615 ns
Interação doses x dias	15	407,1667	27,14444	1,1620 ns
Resíduo dias	54	1261,5	23,36111	
Total	95	2413,333		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 55: Quadro de análise de variância para o comprimento radicular da soja.

FV	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
Doses	5	9,39732	1,87946	1,3216 ns
Resíduo doses	18	25,59891	1,42216	
Parcelas	23	34,99622		
Dias	3	11,54695	3,84898	2,0466 ns
Interação doses x dias	15	17,37195	1,15813	0,6158 ns
Resíduo dias	54	101,5555	1,88066	
Total	95	165,4706		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 56: Quadro de análise de variância para a altura de inserção cotiledonar da soja.

FV	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
Doses	5	2,60583	0,52117	4,5726 **
Resíduo doses	18	2,05156	0,11398	
Parcelas	23	4,6574		
Dias	3	2,43677	0,81226	4,7684 **
Interação doses x dias	15	0,99729	0,06649	0,3903 *
Resíduo dias	54	9,19844	0,17034	
Total	95	17,2899		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 57: Quadro de análise de variância para a altura aérea total da soja.

FV	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
Doses	5	24,16927	4,83385	3,0337 *
Resíduo doses	18	28,68063	1,59337	
Parcelas	23	52,8499		
Dias	3	90,98531	30,32844	13,7989 **
Interação doses x dias	15	13,28156	0,88544	0,4029 ns
Resíduo dias	54	118,6856	2,19788	
Total	95	275,8024		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Tabela 58: Quadro de análise de variância para o peso de 20 plântulas da soja.

FV	**GL**	**SQ**	**QM**	**F**
Doses	5	0,25155	0,05031	1,6927 ns
Resíduo doses	18	0,535	0,2972	
Parcelas	23	0,78655		
Dias	3	3,37656	1,12552	34,0341 **
Interação doses x dias	15	0,39494	0,02633	0,7962 ns
Resíduo dias	54	1,7858	0,03307	
Total	95	6,34385		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)

* significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)

ns não significativo (p >= .05)

Imagem 1: Local de realização do experimento de algodão

Imagem 2: Problema com bandeja desaparecida do experimento de algodão.

Imagem 3: Problema com o surgimento de fungo no experimento de algodão.

Imagem 4: Desenvolvimento desuniforme devido ao fungo no experimento de algodão.

Imagem 5: Avaliação das plântulas de algodão.

Imagem 6: Semente de algodão que germinou mas não se desenvolveu.

Imagem 7: Germinação diminuindo com o passar dos dias no experimento de algodão.

Imagem 8: análise das últimas amostras de algodão (nota-se o sistema radicular prejudicado).

Imagem 9: Local de realização do experimento de milho

Imagem 10: Desenvolvimento do experimento de milho.

Imagem 11: Desenvolvimento do experimento de milho.

Imagem 12: Diferentes dias de plantio do experimento de milho.

Imagem 13: Diferença de desenvolvimento entre a testemunha e os outros tratamentos no experimento de milho.

Imagem 14: Análise das plântulas de milho.

Imagem 15: Local de realização do experimento de soja.

Imagem 16: Desenvolvimento do experimento de soja.

Imagem 17: Visão geral do desenvolvimento do experimento de soja.

Imagem 18: Análise das plântulas de soja.

Imagem 19: Desenvolvimento final das Plântulas de soja.