

EFEITOS DE BAIXAS DOSES DE RADIAÇÃO GAMA E DO USO DE ALGINATO DE SÓDIO IRRADIADO E NÃO IRRADIADO NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE SEMENTES DE FEIJÃO (PHASEOLUS VULGARIS L.)

Anderson de Oliveira Melo Silva

TESE SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA NUCLEAR.

Aprovada por:

---

Prof. Edgar Francisco de Oliveira de Jesus, D. Sc.

---

Prof. Regina Cely Rodrigues Barroso Silva, D. Sc.

---

Prof. Delson Braz, D. Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ – BRASIL

ABRIL DE 2005

Efeitos de baixas doses de radiação gama e do uso de alginato de sódio irradiado e não-irradiado na germinação e crescimento de sementes de feijão (*Phaseolus Vulgaris L.*) [Rio de Janeiro] 2005

XII, 100 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, M. Sc.,

Engenharia Nuclear, 2005)

Tese – Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE

1. Irradiação de Sementes

I. COPPE/UFRJ    II. Título (série)

A Deus, inteligência suprema e causa primária de todas as coisas

Por permitir a realização deste trabalho;

Aos meus pais Ivan e Nerly

Pelo o amor, exemplo de vida e o incentivo ao estudo

A minha mulher e minha filha Débora e Andressa

Pela compreensão de minha ausência em vários momentos.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Edgar Francisco Oliveira de Jesus pela orientação, confiança e oportunidade de desenvolver este trabalho.

Aos amigos Marcelo Oliveira, Cristiane Calzas e José Cláudio pela amizade e estímulo à conclusão do trabalho.

Resumo da Tese apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre (M.Sc.)

EFEITOS DE BAIXAS DOSES DE RADIAÇÃO GAMA E DO USO DE ALGINATO DE SÓDIO IRRADIADO E NÃO IRRADIADO NA GERMINAÇÃO E CRESCIMENTO DE SEMENTES DE FEIJÃO (PHASEOLUS VULGARIS L.)

Anderson de Oliveira Melo Silva

Abril/2005

Orientador: Edgar Francisco Oliveira de Jesus

Programa: Engenharia Nuclear

A produção de alimentos, sua conservação e distribuição são, de longa data, problemas estratégicos a serem resolvidos com a máxima urgência. A conservação de alimentos, mantendo da melhor maneira possível suas condições naturais, tem sido uma preocupação constante dos pesquisadores.

A irradiação é uma técnica eficiente na conservação dos alimentos, pois reduz as perdas naturais causadas por processos fisiológicos (brotamento, maturação e envelhecimento) além de eliminar ou reduzir microrganismos, parasitas e pragas, sem causar qualquer prejuízo ao alimento, tornando-os mais seguros ao consumidor. O processo consiste em submetê-los, já embalados ou a granel, a uma quantidade controlada de radiação, por um tempo prefixado e com objetivos determinados. Sob o ponto de vista tecnológico, a irradiação satisfaz plenamente o objetivo de proporcionar aos alimentos estabilidade química e microbiológica, condições de sanidade e longo período de armazenamento.

O objetivo deste trabalho é aplicar a técnica de irradiação para verificar o estímulo e/ou inibição do crescimento de sementes (feijão preto). A técnica é aplicada em um agente acelerador de crescimento (alginato de sódio) e diretamente nas sementes; cujo cultivo foi feito em sistema hidropônico por um período de 14 (quatorze) dias.

Inicialmente, irradiou-se as sementes com doses de 0, 50, 100, 150, 250, 350 e 450 Gy a fim de observar qual foi a faixa de dose que apresentou o maior crescimento.

Observou-se um maior crescimento quando as sementes foram irradiadas com doses até 150 Gy. Novas doses foram definidas (refinamento das doses) com o objetivo de encontrar a dose ótima (dose que promove maior crescimento); as sementes seriam irradiadas com essa dose e durante seu cultivo seria aplicado o alginato (irradiado e não-irradiado) em várias concentrações a fim de observar seus efeitos nos crescimento das sementes. As novas doses escolhidas foram 0, 50, 75, 100, 125 e 150 Gy e a dose de 75 Gy foi considerado a dose ótima.

Finalmente, foi feita uma estatística que mostra: que doses mais baixas de radiação não estimulam o crescimento dessas sementes; que doses mais altas inibem o seu crescimento; que tanto o alginato irradiado como o alginato não-irradiado também não estimulam esse crescimento e que, ainda, existe diferença significativa entre o tratamento com o alginato irradiado e o não-irradiado.

Abstract of Thesis presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements or the degree of Master (M.Sc.)

EFFECT OF LOW DOSES OF GAMMA RADIATION AND THE USE OF RADIATED AND NOT RADIATED SODIUM ALGINATE IN THE GERMINATION AND GROWTH OF BEANS SEEDS (PHASEOLUS VULGARIS L.)

Anderson de Oliveira Melo Silva

April/2005

Advisor: Edgar Francisco Oliveira de Jesus

Department: Nuclear Engineering

The food production, its conservation and distribution are, of long date, strategical problems to be decided with the maximum urgency. The food conservation, keeping in the best possible way its natural conditions, has been a constant concern of the researchers.

The irradiation is one efficient technique in the conservation of foods, therefore it reduces the natural losses caused by physiological processes (maturation and aging) besides eliminating or reducing parasites and plagues, without causing any damage to the food, becoming them safer the consumer. The process consists of submitting them, already packed or in bulk, to a controlled amount of radiation, for a predetermined time and with definitive objectives. Under the technological point of view fully, the irradiation satisfies the objective to provide to foods chemical and microbiological stability, conditions of health and long period of storage.

The objective of this work is to apply the irradiation technique to verify the stimulation and/or inhibition of the growth of seeds (black beans); The technique is applied in an accelerating agent of growth (sodium alginate) and directly in the seeds; whose culture was made in hydroponic system for a period of 14 (fourteen) days.

Initially, the seeds were radiated with doses of 0, 50, 100, 150, 250, 350 and 450 Gy in order to observe which was the dose band that presented the biggest growth.

It was observed a bigger growth when the seeds had been radiated with doses up to 150 Gy. New doses had been defined (refinement doses) with the objective to find the optimum one (dose that promotes greater growth); the seeds would be radiated with this dose and during its culture the alginate (radiated and not radiated) in some concentrations would be applied in order to observe its effect in the growth of the seeds. The new chosen doses had been 0, 50, 75, 100, 125 and 150 Gy and 75 Gy were considered the optimum dose.

Finally, a statistics was made that it shows: that lower doses of radiation do not stimulate the growth of these seeds; that higher doses inhibit its growth; that as much the radiated alginate as the not radiated alginate also does not stimulate this growth and that still exists significant difference between the treatment with the radiated alginate and the not radiated one.

## ÍNDICE

I – Introdução .....	13
I.1 – Hormesis.....	13
I.2 – Objetivo.....	14
II – Fundamentos Teóricos.....	16
II.1 – Radiações Ionizantes .....	16
II.2 – Unidades e Definições.....	17
II.2.1 – Decaimento e Constante de decaimento.....	17
II.2.2 – Radioatividade .....	18
II.2.3 – Irradiação .....	18
II.2.4 – Exposição: X .....	18
II.2.5 – Dose.....	19
II.6 – Hidroponia.....	20
II.6.1 – Histórico .....	20
II.6.2 – Processo Nutritivo.....	22
II.6.3 – Fatores que Influenciam o crescimento da Planta.....	23
II.6.3.1 – Luz.....	23
II.6.3.2 – Ar .....	24
II.6.3.3 – Temperatura.....	24
II.6.3.4 – Limpeza.....	25
II.6.4 – Tipos de Cultura.....	25
II.6.4.1 – Cultura em água ou em solução nutritiva.....	25

II.6.4.2 – Fluxo Contínuo .....	26
II.6.4.3 – Gotejamento.....	27
II.6.4.4 – Técnica Suíça (ou Plantanova).....	27
II.6.4.5 – Mechas.....	27
II.7 – Efeitos da Irradiação nos Alimentos.....	28
II.7.1 – Radurização (Inibição de germinação).....	28
II.7.2 – Desinfestação.....	29
II.7.3 – Pasteurização.....	30
II.7.4 – Preparo de vacinas.....	31
II.8 – Efeitos de baixas doses de radiação no crescimento de sementes .....	32
II.9 – Carboidratos.....	32
II.9.1 – Monossacarídeos.....	33
II.9.2 – Oligossacarídeos.....	33
II.9.3 – Polissacarídeos.....	34
II.10 – O Alginato.....	35
II.11 – Alginato Degradado.....	36
II.12 – Definições Estatísticas .....	36
II.12.1 – Média e Desvio Padrão.....	36
II.12.2 – Estatísticas Paramétricas e Não-paramétricas.....	37
II.12.3 – Probabilidade, não-significância e significância estatística .....	37
III – Materiais e Métodos.....	39
III.1 – Sementes utilizadas.....	39
III.2 – O Irradiador.....	39

III.3 – Sistema Hidropônico.....	40
III.4 – Solução hidropônica.....	41
III.5 – Método Experimental.....	43
III.6 – Procedimento experimental.....	43
III.6.1 – Germinação .....	43
III.6.2 – Crescimento e Medição.. ..	44
III.6.3 – Alginato: Preparação e Utilização.....	47
IV – Resultados e Discussões.....	49
IV.1 – Doses Iniciais .....	49
IV.2 – Doses Refinadas.....	53
IV.3 – Efeitos do Alginato Não-Irradiado.....	56
IV.4 – Efeitos do Alginato Irradiado.....	61
IV.5 – Análise Estatística.....	66
IV.5.1 – Doses Iniciais.....	66
IV.5.2 – Doses Refinadas.....	68
IV.5.3 – Alginato Não-Irradiado.....	69
IV.5.4 – Alginato Irradiado .....	71
IV.5.5 – Avaliação entre as duas amostras (alginato não-irradiado e irradiado) .....	73
V – Conclusões e Sugestões .....	75
V.1 – Conclusões.....	75
V.1.1 – Influência da radiação de baixas doses no crescimento de sementes.....	75
V.1.2 – Influência da radiação de altas doses no crescimento de sementes .....	76
V.1.3 – Influência do alginato não-irradiado no crescimento de plantas .....	76

V.1.4 – Influência do alginato irradiado	
no crescimento de plantas .....	77
V.1.5 – Análise comparativa entre as	
duas amostras de alginato .....	77
V.2 – Sugestões .....	78
Referências Bibliográficas .....	79
Anexo A .....	83
Anexo B .....	86
Anexo C.....	89
Anexo D .....	95

# CAPÍTULO I

## INTRODUÇÃO

---

### I.1 – Hormesis

Hormesis é o nome dado ao fenômeno que resulta no aumento do crescimento (de plantas, bactérias, fungos, e alguns insetos) devido a aplicação de uma dose muito baixa de um agente radioativo ou químico [1]. Apesar do fenômeno ter sido inicialmente observado no século XIX, este termo foi empregado pela primeira vez em uma publicação de 1942, que descrevia que o crescimento de fungos submetidos a um tratamento com um antibiótico natural (encontrado em casca de tronco de árvore) que era estimulado com baixas concentração, e suprimido sob altas concentrações [2].

As primeiras observações e experimentos realizados nesta área ocorreram por volta de 1880 na Alemanha, onde o professor Hugo Schulz da Universidade de Greifswald expôs bactérias a várias doses de medicamentos (agentes químicos) [3]. O estímulo ao crescimento através do uso de baixas doses de radiação surgiu poucos anos mais tarde, após a descoberta dos raios X por Roentgen em 1895, do urânio por Becquerel em 1896 e do rádio pelo casal Curie em 1898 [4].

Durante as primeiras décadas do século XX, alguns pesquisadores investigaram a capacidade dos raios X em estimular a germinação e o crescimento de sementes de arroz (*Oryza sativa*). Na época, seis estudos foram citados como suporte para o conceito de hormesis [5-10]. Outros autores também investigaram a capacidade dos raios gama e do rádio, para tal estimulação.

O fenômeno da hormesis foi analisado e discutido por vários autores que faziam trabalhos similares em várias áreas de aplicação. Todos acreditavam que baixas doses de radiação ionizante estimulam a divisão celular, crescimento e

desenvolvimento de vários organismos incluindo animais e plantas (principalmente a germinação de sementes, altura, e a produção). Porém, a maneira efetiva pela qual a radiação influencia no crescimento permanece desconhecida até hoje.

## **I.2 – Objetivo**

O objetivo deste trabalho é verificar a efetividade do fenômeno de hormesis em sua atuação sobre sementes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). Para este fim são utilizados dois agentes: um químico (alginato de sódio irradiado e não-irradiado) e outro radioativo ( $\text{Co}^{60}$  – emissor de raios gama), aplicados à sementes de feijão, cultivadas em laboratório. Será utilizada a cultura hidropônica onde a semente é colocada para germinar e em seguida acondicionada em um recipiente onde são adicionados os nutrientes necessários ao seu crescimento em meio aquoso. Para comparação foram realizadas as seguintes etapas:

- Sementes de feijão não-irradiadas;
- Sementes de feijão irradiadas;
- Sementes de feijão irradiadas e cultivadas com alginato não-irradiado;
- Sementes de feijão irradiadas e cultivadas com alginato irradiado.

Para comprovar os efeitos da radiação, e do alginato, no crescimento das plantas, são feitas duas análises: uma comparando os resultados obtidos entre sementes irradiadas e não-irradiadas e outra comparando os resultados obtidos entre o alginato irradiado e o alginato não-irradiado.

No capítulo II são apresentadas as definições sobre cultura hidropônica, os principais tipos de radiação ionizantes, o irradiador utilizado, os efeitos da radiação nos alimentos, os efeitos da radiação nas sementes, as aplicações da radiação na agricultura, a forma de cultivo das sementes, o conceito de alginato e como se verifica os efeitos da radiação.

No capítulo III é feita a descrição do preparo das sementes, das condições experimentais e dos materiais utilizados para o cultivo.

No capítulo IV é feita uma análise dos resultados obtidos referente à semente não-irradiada e irradiada e outra referente à utilização do alginato (irradiado e não-irradiado).

No capítulo V são apresentadas conclusões e sugestões.

Nos anexos encontram-se tabelas contendo a altura e massa de cada planta em cada um dos experimentos realizados.

## CAPÍTULO II

### FUNDAMENTOS TEÓRICOS

---

#### II.1 – Radiações Ionizantes

As radiações se originam de processos de ajustes que ocorrem no núcleo ou nas camadas eletrônicas, ou pela interação de outras radiações ou partículas com o núcleo ou com o átomo [11].

Para que uma radiação retire ou desloque um elétron de sua órbita, seu nível de energia deve ser igual ou maior que a energia de ligação desse elétron. Radiações com esse nível de energia são chamadas de radiações ionizantes [12].

A tabela II.1 mostra os tipos de radiações ionizantes classificando-as em grupos e subgrupos:

**Tabela II.1:** Classificação das radiações em grupos e subgrupos [13].

Radiações			
Partículas			Eletromagnética
Carregadas		Não-Carregadas	- Raios X - Raios Gama
Elétrons Rápidos	Partículas Pesadas	- Nêutrons	
Partículas Beta	- Partículas Alfa - Prótons - Produtos de Fissão		

A radiação alfa é semelhante a átomos de hélio, sem os dois elétrons na camada externa, possui baixo poder de penetração. A radiação beta é basicamente formada por elétrons rápidos e um pouco mais penetrantes, enquanto que a radiação gama é altamente penetrante, podendo atravessar um bloco de chumbo de pequena espessura. Os nêutrons de alta energia possuem um grande poder de penetração,

podendo inclusive produzir elementos radioativos em um processo denominado de ativação e por este motivo não são utilizados na irradiação de alimentos[14].

Os raios X e Gama são ondas eletromagnéticas de alta frequência. Os raios X são relativamente menos penetrantes que a radiação gama, tendo como inconveniente o baixo rendimento em sua produção, pois somente de 3 a 5% da energia utilizada em sua geração é efetivamente convertida em raios X [14].

A unidade tradicional utilizada para medir a energia da radiação é o elétron-volt (eV), que é definida como a energia cinética ganha por um elétron quando acelerado através de uma diferença de potencial de 1 volt [13].

## **II.2 – Unidades e Definições**

### **II.2.1 – Decaimento e constante de decaimento**

Os núcleos instáveis para conseguir estabilidade emitem energia em forma de partículas ou radiação eletromagnética. Esse processo é conhecido como desintegração ou decaimento nuclear.

Não se pode prever o momento em que um determinado núcleo irá se transformar por decaimento, entretanto, para uma quantidade grande de átomos, o número de transformações por segundo é proporcional ao número de átomos que estão por se transformar naquele instante. Isto significa que a probabilidade de decaimento por átomo por segundo deve ser constante, independente de quanto tempo de existência ele tenha. Esta probabilidade de decaimento por átomo por segundo é denominada Constante de decaimento ( $\lambda$ ) e é característica de cada radionuclídeo [11].

## II.2.2 – Radioatividade

A atividade de uma fonte radioativa é definida como sua taxa de decaimento, e é dada pela lei fundamental do decaimento radioativo:

$$\left. \frac{dN}{dt} \right|_{\text{decaimento}} = -\lambda N$$

onde  $N$  é o número de núcleos radioativos e  $\lambda$  é a constante de decaimento. A unidade histórica de decaimento tem sido o *Curie* (Ci), definida como  $3,7 \cdot 10^{10}$  desintegrações por segundo.

Embora ainda seja amplamente usada na literatura, o Curie foi substituído pelo Becquerel (Bq) no Sistema Internacional de Medidas em 1975 através de uma resolução da Conferência Geral de Pesos e Medidas (General Conference of Weights and Measures – GCPM). O Becquerel é definido como uma desintegração por segundo e tornou-se a unidade padrão de atividade. Logo:

$$1\text{Bq} = 2,703 \cdot 10^{-11} \text{ Ci}$$

Deve-se enfatizar que atividade mede a razão da desintegração de uma fonte, que não é sinônimo de taxa de emissão de radiação produzida no seu decaimento[13].

## II.2.3 – Irradiação

Irradiação é a exposição de um objeto ou um corpo à radiação, o que pode ocorrer à distância, sem necessidade de contato [11].

## II.2.4 – Exposição: X

É o quociente entre  $dQ$  e  $dm$ , onde  $dQ$  é o valor absoluto da carga total de íons de um dado sinal, produzidos no ar, quando todas os íons, negativos e positivos produzidos pelos fótons no ar, em uma massa  $dm$ , são completamente frenados no ar, ou seja:

$$X = dQ/dm [ \text{C kg}^{-1} ]$$

A unidade de Exposição (X) é o Röntgen, que é definida como sendo a quantidade de radiação X ou gama tal que, a emissão corpuscular a ela associada, em um cm<sup>3</sup> de ar, produz no mesmo, íons transportando uma u.e.s (unidade eletrostática de carga) de cada sinal, nas condições normais de temperatura e pressão (CNTP = 0°C e 760mmHg) [11].

A Unidade Especial: RÖNGTEN (R) está relacionada com a unidade do SI pela relação:

$$1 \text{ R} = 2.58 \cdot 10^{-4} \text{ [ C kg}^{-1}\text{ ]}$$

### II.2.5 – Dose

Outro efeito da interação da radiação com a matéria é a transferência de energia. Esta nem sempre é toda absorvida, devido à variedade de modos de interação e à natureza do material. Assim, por exemplo, uma quantidade da energia transferida pode ser captada no processo de excitação dos átomos, ou perdida por radiação de freamento (raios X), cujos fótons podem escapar do material.

A relação entre a energia absorvida e a massa do volume de material atingido é a base da definição da grandeza Dose absorvida. Entretanto, para especificar melhor as variações espaciais e evitar a variação da quantidade de energia absorvida em diferentes pontos do volume do material, a Dose absorvida é definida como uma função num ponto P, de interesse, ou seja,

$$D = dE/dm \text{ [ J kg}^{-1}\text{ ]}$$

onde dE é a energia média depositada pela radiação no ponto P de interesse, num meio de massa dm [11].

A unidade antiga de dose absorvida, é o *rad* (*radiation absorbed dose*), que em relação à unidade atual, o Gray (Gy), vale:

$$1 \text{ Gy} = 100 \text{ rad}$$

## **II.6 - Hidroponia**

O termo hidroponia deriva de duas palavras gregas: *hydro*, que significa água e *ponos*, trabalho. A combinação dessas palavras significa “trabalhar com a água” e, implicitamente, o uso de soluções químicas de adubos para a criação de plantas sem terra.

A hidroponia propicia algumas vantagens importantes, tais como: plantas de melhor qualidade, crescimento mais rápido, economia de tempo e trabalho (com eliminação de tarefas cansativas como covear, carpir e esterocar), custos menores, ausência de sujeira e odores e resultados consistentes.

Há, atualmente, um grande número de diferentes métodos hidropônicos. A escolha de qual utilizar depende das necessidades e das condições locais. Todos, entretanto, têm em comum os mesmos princípios básicos e o mesmo objetivo: cultivar plantas na ausência de terra e matéria orgânica. Desde que se disponha de um pequeno suprimento de água, as unidades hidropônicas, tanto pequena quanto de grande porte, podem ser montadas em qualquer local. Assim, terrenos em solos de baixa fertilidade, como desertos ou em terras áridas, poderão ser utilizados para criar plantas saudáveis e em grande quantidade [15].

### **II.6.1 – Histórico**

O cultivo hidropônico é bastante antigo. Começou há cerca de três séculos com John Woodward, professor de medicina inglês, que iniciou seus experimentos a fim de descobrir como as plantas conseguiam captar os nutrientes de que necessitam. Em recipientes de mesmo tamanho instalou plantas de menta em diferentes tipos de água: de chuva, de rio, de enxurrada e esgoto diluído. Observou que onde a quantidade de

material sólido era maior a produtividade foi melhor e concluiu que era o material sólido do solo que nutriam as plantas e não a água [16].

Até o começo do século XIX seu progresso, e de seus sucessores, foi limitado devido a falta de equipamento adequado. A partir daí, com o avanço da Química, foi possível decompor compostos e preparar uma lista provisória de nutrientes que influem no crescimento das plantas. Nicolas Saussure publicou em 1804 alguns resultados de suas pesquisas e mostrou que as plantas necessitavam de substâncias minerais para atingir um crescimento satisfatório. Mais tarde, o cientista francês Jean Boussingault, conseguiu cultivar plantas em vasos com areia e carvão acrescido de soluções de composição conhecida.

Entre 1859 e 1865 Julius Von Sachs, professor de Botânica da Universidade de Würzburg, na Alemanha adicionou proporções balanceadas de adubos químicos à água e verificou que poderia criar plantas na ausência total de terra ou de esterco e sob condições cuidadosamente controladas. Em pouco tempo, vários outros cientistas, em diversos países, passaram a utilizar esta técnica em seus laboratórios e em 1920 ela passou a ser aceita universalmente para trabalhos desta natureza.

Dez anos depois Willian F. Gericke Professor Doutor da Universidade da Califórnia transformou esta técnica, até então de laboratório, em uma técnica prática e geral. Gericke começou com unidades de crescimento instaladas ao ar livre; aproveitando-se das condições favoráveis de insolação da Califórnia ele cultivou tomateiros que atingiram até 8m. Gericke batizou essa nova técnica de hidroponia e cultivou uma grande variedade de outras plantas tais como flores, cereais, tubérculos e frutas [15].

A Hidroponia recebeu um grande impulso durante a segunda Guerra Mundial, a partir de 1939, quando o governo norte-americano adotou a técnica em bases militares cultivando vegetais para a alimentação de suas tropas e obtendo milhares de toneladas de legumes e verduras que foram consumidos pelos soldados aliados [15].

Atualmente são encontrados em todos os continentes jardins, canteiros e fazendas hidropônicas e poucos são os países que demonstram não ter conhecimento sobre algum dos vários métodos para a criação de plantas sem terra.

## II.6.2 – Processo Nutritivo

Para o perfeito crescimento das plantas é necessário: água, luz, ar, sais minerais e suporte para as raízes. Os três primeiros itens são encontrados facilmente em qualquer ambiente. Os dois últimos podem ser providenciados como itens extras.

As plantas necessitam em média de dezessete elementos para um crescimento e nutrição normal: carbono, oxigênio, hidrogênio, nitrogênio, potássio, fósforo, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, zinco, cobre, manganês, boro, molibdênio, cloro e níquel. Carbono e o oxigênio são fornecidos pelo ar, o hidrogênio pela água e os demais, no caso de hidroponia, por adubos químicos. Cada elemento é misturado em suas devidas proporções e após a aplicação a solução é imediatamente absorvida através dos pêlos das raízes.

Quanto ao suporte para as raízes, os mais utilizados são os *grânulos*. Os grânulos contêm várias substâncias são praticamente inertes, não podem ser alterados por elementos naturais e não estão sujeitos à rápida erosão. Sua função é dar suporte fornecendo um ponto de apoio às raízes e agir como reservatório para a solução nutritiva [15].

## **II.6.3 – Fatores que Influenciam o Crescimento da Planta**

### **II.6.3.1 – Luz**

A luz é vital para o crescimento das plantas. Mas diferentes espécies variam quanto à exigência de iluminação. Recomenda-se que as unidades hidropônicas sejam colocadas em local onde recebam a maior quantidade de luz possível, de preferência junto ou próximo a janelas, no caso da cultura estar sendo conduzida em ambiente fechado. Essa prática é essencial nos meses mais frios do ano, quando a iluminação natural é menor. Em cômodos que recebem pouca luz do sol, o aproveitamento é menor e as paredes e o teto devem ser pintadas com cores claras (branco ou gelo) [15].

Normalmente, os ramos e as folhas das plantas irão se inclinar na direção de onde vem a maior quantidade de luz. Esse fenômeno é denominado fototropismo e causa um crescimento deformado das plantas. Para evitar esse efeito, deve-se girar o recipiente periodicamente. As plantas novas devem ser expostas à luz direta do sol durante períodos muito longos. Em ambientes mais escuros a falta de iluminação pode ser suprida por uma lâmpada fluorescente de 40 W, do tipo “luz do dia”. Um refletor, feito com folha de alumínio, ajudará a dirigir o foco na direção das plantas, suplementando a luz que já exista no local. Os tubos fluorescentes não geram tanto calor quanto as lâmpadas comuns de filamento, portanto não há perigo de queimadura nas folhas. A lâmpada fluorescente pode ser colocada a uma distância de 30 cm a 60 cm das plantas, e as de filamento devem ser mantidas a distâncias maiores [15].

### **II.6.3.2 – Ar**

O teor de água no ar é expresso como “umidade relativa do ar” em termos percentuais e seus valores são classificados como alto (acima de 70%), moderado (entre 50% e 70%) e baixo (menor que 50%). A umidade no ar deve ser considerada juntamente com o ar, sua falta ou excesso é prejudicial pois favorece a propagação de doenças provocadas por fungos e bactérias. O ar muito seco pode causar a morte das plantas cultivadas em ambientes fechados, nesse caso a ventilação é muito importante. Deve haver livre circulação de ar. Correntes de ar, gases, poeira e fumaça devem ser evitados pois causam danos às plantas. Fogo e geradores de calor em geral provocam a desidratação do ar. É necessário, nestes casos, elevar a umidade relativa do ar, o que se consegue facilmente colocando-se um recipiente com água perto das plantas, pulverizando as folhas com água ou então as umedecendo diretamente com um pano ou esponja úmidos. Pode também ser utilizado um umidificador elétrico para ambiente do tipo vaporizador encontrado em farmácias [15].

### **II.6.3.3 – Temperatura**

A maioria das plantas prefere temperaturas amenas sem grandes variações. Uma amplitude de variação de 10°C a 24°C é satisfatória para a maior parte das espécies cultivadas. Para as espécies cultivadas na região tropical, esses valores são ligeiramente mais elevados. Em regiões frias, as quantidades de luz e de umidade no ar são excessivas, o mesmo se pode dizer com relação a lugares quentes e secos. Temperaturas muito altas associadas a iluminação deficiente e umidade muito baixa geralmente resultam em crescimento deficiente das plantas e folhas ressequidas e enrugadas. O crescimento das plantas pode ser melhorado com o aumento da temperatura até um valor ótimo. A redução da temperatura normalmente reduz o

crescimento, culminando com a morte das plantas se a temperatura se aproxima ou atinge o ponto de congelamento. A temperatura da própria planta tende a acompanhar a do ambiente, mas pode ser ligeiramente mais alta ou mais baixa devido ao fato de o vegetal responder mais lentamente do que o ar às variações de calor. As alterações diárias são freqüentes e comuns, mas devem ser também consideradas as alterações provocadas pelo vento, nuvens e variações sazonais, as quais podem ser responsáveis por mudanças significativas nas condições de temperatura ambiente. Para a maioria das plantas originadas de clima temperado a amplitude ideal situa-se entre 15,5°C e 21°C, enquanto para as espécies tropicais a faixa ideal está entre 24°C e 32°C. As amplitudes de temperatura podem ser classificadas assim: quente (acima de 27°C), tépida (18°C a 27°C), moderada (10°C a 18°C) e fria (abaixo de 10°C) [15].

#### **II.6.3.4 – Limpeza**

A limpeza rigorosa de uma unidade hidropônica é essencial, a poeira pode ser um problema. O pó depositado sobre as folhas bloqueia os poros e interfere na sua respiração. Isso pode ser evitado aspergindo-se as folhas periodicamente com água. Folhas mortas, ramos, frutos estragados e flores murchas devem ser removidos e o exterior dos vasos e recipientes devem ser regularmente limpo [15].

#### **II.6.4 – Tipos de Cultura**

##### **II.6.4.1 – Cultura em água ou solução nutritiva**

Esse método tem sido utilizado há muitos anos em testes de laboratório e experimentos para estudar a nutrição das plantas. Plantas de todos os tipos têm sido cultivadas com esta técnica e dado bons resultados quando empregada em operações de larga escala com finalidade comercial.

O sistema é facilmente instalado e utiliza recipiente individual. Qualquer tipo de vaso pode ser usado, porém, os melhores são os frascos de boca larga, de 0,5 l ou 1 litro. Tampões de cortiça com um orifício no centro, ou outro material não absorvente deve ser colocado na abertura do recipiente para manter as plantas na posição ereta. As raízes ficam submersas na solução nutritiva que enche a jarra até aproximadamente 5 cm da borda, deixando assim, um espaço livre para o ar. Recipientes transparentes e incolores devem ser revestidos por fora com papel escuro para impedir que as raízes recebam luz. Para promover a aeração das raízes, é preciso remover as plantas da solução, regularmente, a cada dois dias. Nessa ocasião a solução é agitada vigorosamente, ou então ar deve ser insuflado na solução por meio de uma bomba manual de bicicleta. Na falta de outro recurso, pode-se soprar ar com a boca por meio de um tubo [15].

#### **II.6.4.2 – Fluxo Contínuo**

Este método consiste em colocar a solução em um vaso ligado a um pequeno reservatório por meio de um tubo-sifão. Uma tubulação de saída, funcionando como um segundo sifão, vai de um ponto próximo ao fundo do recipiente até um segundo recipiente, estabelecendo assim um fluxo contínuo em todo o sistema. Elevando ou abaixando a ponta da tubulação de saída, é possível regular o nível da solução nutritiva em torno das raízes. Para promover a aeração das raízes deve-se borbulhar ar na solução a intervalos regulares [15].

### **II.6.4.3 – Gotejamento**

Este método utiliza basicamente o mesmo sistema descrito acima para fluxo contínuo. Entretanto, para eliminar a necessidade de bombear ou borbulhar ar na solução, deixa-se um intervalo de cerca de 10 cm entre o final do sifão, que leva a solução nutritiva do reservatório para o recipiente, e os funis, que recebem a solução na parte superior do recipiente. Ajustando-se cuidadosamente a posição do sifão, consegue-se que a solução goteje de um ponto a outro do intervalo deixado. O resultado é que a gota capta ar durante o trajeto. O ar dissolvido na água é levado juntamente com a gota de solução para a região das raízes contidas no vaso e imersas na solução nutritiva [15].

### **II.6.4.4 – Técnica Suíça (ou Plantanova)**

O recipiente utilizado tem forma oval. No quarto superior do vaso há uma pequena bandeja móvel, cheia de lascas de pedra, colocadas sobre uma grelha de arame. O sistema radicular da planta se apoia nessa grelha, enquanto o caule cresce verticalmente para cima. A tampa desses recipientes tem um buraco no centro e é removível. As raízes crescem através da grelha e mergulham na solução nutritiva colocada no recipiente [15].

### **II.6.4.5 – Mechas**

Pavios cilíndricos de lâmpadas ou mechas preparadas com lã de vidro são utilizados no sistema de cultivo hidropônico para irrigar as raízes das plantas que crescem em bandejas colocadas acima de um recipiente cheio de solução nutritiva. Neste caso, as raízes não passam normalmente através da grelha para retirar seu

alimento da solução nutritiva. Pelo contrário, a solução nutritiva sobe pelo pavio até as raízes mantendo-as úmidas e nutridas [15]

## **II.7 – Efeitos da Irradiação nos Alimentos**

Os alimentos irradiados podem ter sua vida útil ou de prateleira prolongada. Em geral, o processo de irradiação acarreta mínimas alterações químicas nos alimentos. Nenhuma das alterações conhecidas são nocivas ou perigosas, motivo pelo qual a Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda a aplicação e o uso da irradiação de alimentos. Nos últimos 30 anos foram realizadas inúmeras pesquisas científicas utilizando técnicas analíticas, altamente precisas, com o objetivo de se isolar e detectar os produtos formados pela irradiação. Até o momento não foi detectada nenhuma substância que seja produzida exclusivamente nos alimentos irradiados. As substâncias detectadas são as mesmas, e, em menor quantidade, daquelas verificadas nos demais processos de conservação (calor, frio, defumação etc.) [17].

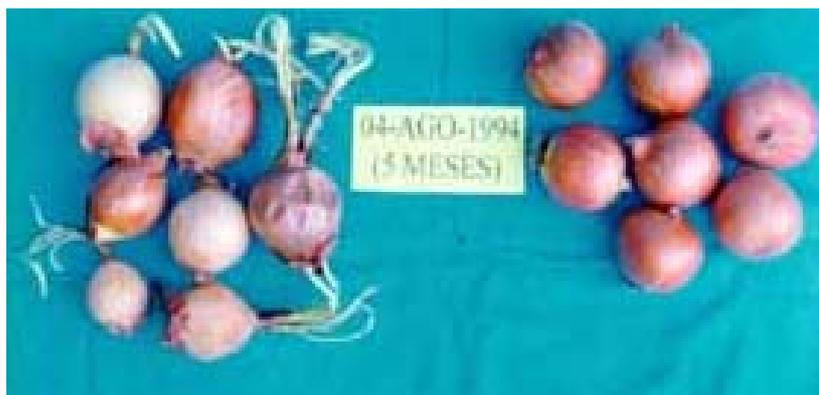
As seguintes técnicas podem ser utilizadas nos alimentos através do uso da irradiação [18, 19]:

### **II.7.1 – Radurização (Inibição de germinação)**

O aparecimento do broto nos tubérculos e em outras raízes nutritivas após um determinado período de armazenagem é um fator importante na deterioração desses alimentos e causa grandes prejuízos.

Doses relativamente baixas de radiação (50 Gy a 100 Gy) são suficientes para inibir definitivamente a germinação possibilitando prolongar o período de armazenagem desses produtos, sem perda da qualidade e dispensando o uso de inibidores químicos [18].

A figura II.1 mostra cebolas não-irradiadas e irradiadas armazenadas por um período de 5 meses. As cebolas do lado esquerdo da figura foram armazenadas sem que tenham sido irradiadas; pode-se notar em algumas o aparecimento de raízes (brotamento) e em outras apodrecimento. As cebolas do lado direito da figura foram irradiadas antes de serem armazenadas; observa-se, nesse caso, sua conservação.

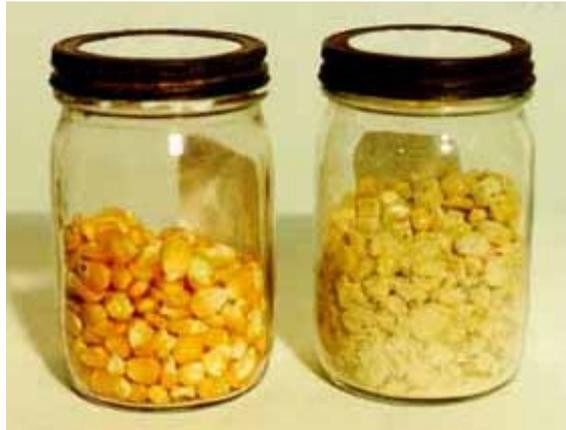


**Figura II.1** Cebolas não-irradiadas e irradiadas armazenadas por um período de 5 meses [20].

### II.7.2 – Desinfestação

Este termo é utilizado para designar o processo de controle de insetos e parasitas, que podem infestar os alimentos. A radiação aplicada em doses relativamente baixas (30 Gy a 200 Gy) é capaz de controlar a população de insetos em produtos a granel, não só causando a morte ou inibindo a reprodução dos insetos adultos como também impedindo que larvas e ovos completem o seu ciclo. Utiliza-se esta técnica para a preservação, principalmente, de frutas, grãos, farinhas e legumes [18].

A figura II.2 mostra o armazenamento de grãos de milho, irradiado e não irradiado, por um período de 5 anos. Pode-se notar a conservação das sementes irradiadas (lado esquerdo da figura) e o apodrecimento dos grãos não-irradiados.



**Figura II.2:** Grãos de milho, irradiado e não irradiado, armazenados por 5 anos [20].

Na figura II.3 tem-se sementes de feijão armazenadas, também, por 5 anos. Também observa-se a conservação das sementes irradiadas (a esquerda) e o



apodrecimento das não-irradiadas. (a direita).

**Figura II.3:** Sementes de feijão, irradiado e não-irradiado, estocadas por 5 anos [20].

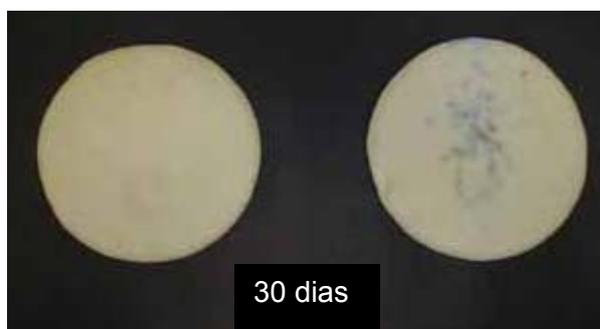
### II.7.3 – Pasteurização

O período em que um alimento permanece apto para o consumo, é afetado sensivelmente pelo controle inicial de bactérias e fungos (incluindo mofo e levedos) presentes no produto.

A redução da população de agentes corruptores se faz normalmente com a pasteurização térmica seguida em geral, pela conservação sob refrigeração. A maioria dos alimentos frescos, porém, não pode ser submetida à pasteurização térmica porque perderiam a condição de frescura.

A utilização de doses médias de radiação (em torno de 2.000 Gy) pode prolongar o período de vida de carne, pescado, mariscos, aves etc, através do controle da contagem de microorganismos que podem levar o alimento à deterioração [18].

A figura II.4 mostra a conservação de massa de pizza, através da irradiação. Após 30 dias a massa irradiada permanece apta ao consumo e na não-irradiada observa-se início de apodrecimento.



**Figura II.4:** Massa de pizza irradiada e não-irradiada, após por 30 dias [20].

#### **II.7.4 – Preparo de vacinas**

Os bovinos, principalmente bezerros, são suscetíveis a uma doença causada por vermes (nemátodos) chamada bronquite parasitária. As larvas dos vermes alojam-se nos pulmões dos animais levando a distúrbios respiratórios e muitas vezes causando a morte.

Uma vacina é preparada com suspensão de larvas do verme que são inativadas quando irradiadas com radiação gama. Esta suspensão de larvas inativadas (vacina) é fornecida via oral ao gado e o organismo do animal é estimulado a produzir uma resposta imunogênica [18].

## **II.8 – Efeitos de baixas doses de radiação no crescimento de sementes**

Com o uso da radiação ionizante, pode-se induzir mutações em sementes criando variedades de plantas capazes de produzir mais, num período de tempo mais curto. Feijão, arroz, trigo, batata, tomate, cana-de-açúcar, mamão, laranja e outros vegetais já foram tratados com raios gama e através de mutações foi possível obter plantas mais resistentes às doenças. Em alguns casos, o valor nutritivo do alimento pode ser melhorado através da variação no teor de proteínas.

A variação do crescimento das plantas em função da dose está relacionada a muitos fatores que incluem a espécie de planta, o estágio em que os tecidos das plantas foram irradiados e as condições ambientais em que foram feitas as irradiações [21]. A radiação interage com a água e cria um grande número de radicais com curta meias-vidas, dos quais os óxidos e peróxidos são normalmente os elementos finais. Óxidos e peróxidos atuam na matéria biológica provocando alterações, dentre as quais podemos destacar: iniciam a síntese de proteínas [22-23] e modificam o funcionamento da membrana [24]. Baseando-se nestes conceitos e na literatura existente, conclui-se que este fenômeno pode ocorrer em qualquer espécie de planta ou cultivar e que a resposta ao estímulo de crescimento é detectada imediatamente após a irradiação (na germinação) [25].

## **II.9 – Carboidratos**

Os carboidratos são as mais abundantes biomoléculas na terra. A cada ano, a fotossíntese das plantas e algas é responsável pela conversão de mais de 100 bilhões de toneladas de CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O em celulose e outros produtos das plantas. Certos carboidratos (açúcares e amido) são a base da dieta humana em muitas partes do mundo e a oxidação dos carboidratos é a via central de obtenção de energia em muitas células não-fotossintéticas.

Existem três principais classes de carboidratos diferenciados pelo número de unidade de açúcar: monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos [26].

### II.9.1 – Monossacarídeos

Os mais simples dos carboidratos são os monossacarídeos. Consistem de uma única unidade de açúcar que não pode ser convertido em outro açúcar pela hidrólise com ácido. Existem duas famílias de monossacarídeos. Se o açúcar contém um grupo aldeído, o monossacarídeo é chamado de aldose. Se ele contém um grupo cetona, o monossacarídeo é chamado de cetose [27].

Quando dois monossacarídeos são ligados covalentemente, eles formam um Dissacarídeo. Os dissacarídeos mais abundantes na natureza são maltose, lactose e sacarose. Suas funções estão descritas na tabela II.2 [28]:

**Tabela II.2:** Nome e funções de alguns dissacarídeos [28].

<b>NOME</b>	<b>FONTE</b>	<b>FUNÇÃO</b>	<b>UNIDADES DE MONOSSACARÍDEOS</b>
Maltose	Hidrólise de amido	Fonte de energia	D-glicose
Lactose	Leite	Fonte de energia	D-galactose D-glicose
Sacarose	Açúcar	Forma pela qual o açúcar é transportado nas plantas	D-frutose D-glicose

### II.9.2 – Oligossacarídeos

Consistem de cadeias curtas de unidades de monossacarídeos. Os mais abundantes são os dissacarídeos, com duas unidades monossacarídicas. Tipicamente temos a sacarose, ou cana-de-açúcar, no qual consiste de açúcares de seis carbonos como D-glicose e D-frutose, ligados covalentemente [26].

### II.9.3 – Polissacarídeos

Consistem de cadeia longas tendo centenas ou milhares de unidades de monossacarídeos. Alguns, tais como celulose, ocorrem em cadeias lineares, enquanto outros, como glicogênio e amido, possuem cadeias ramificadas. Os mais abundantes polissacarídeos são amido e celulose feito pelas plantas, consistindo de unidades de D-glicose [26].

Polissacarídeos compostos por um único tipo de resíduo de açúcar são chamados de homopolissacarídeos, enquanto que aqueles compostos por dois ou mais diferentes tipos de resíduos de açúcar são chamados de heteropolissacarídeos.

Os polissacarídeos desempenham duas principais funções [25]:

- São uma forma de estocar combustível celular;
- São os elementos estruturais das paredes celulares e plantas.

A tabela II.3 mostra alguns dos principais polissacarídeos, suas funções e onde são encontrados.

**Tabela II.3:** Principais polissacarídeos [28].

Nome	Fonte	Função	Unidades de monossacarídeos
Amido ( $\alpha$ -amilase)	Células de plantas	Estoque de energia	D-glicose
Amido (amilopectina)	Células de plantas	Estoque de energia	D-glicose
Glicogênio	Células animais	Estoque de energia	D-glicose
Celulose	Parede celular de plantas	estrutural	D-glicose

## II.10 – O Alginato

É um polissacarídeo bastante encontrado na natureza, composto por três tipos de blocos polímeros: o primeiro é chamado poliglucuronato (Poli-G), o segundo polimanuronato (Poli-M) e o terceiro, um co-polímero de Poli-G e Poli-M formando uma seqüência aleatória [29].

O alginato possui muitas aplicações, principalmente na indústria. A tabela II.4 mostra algumas de suas principais aplicações industriais.

**Tabela II.4** Algumas das principais aplicações do alginato [30].

<b>Área de aplicação</b>	<b>Função</b>
Indústria de Bebidas	Estabilizador de Espuma (cerveja)
Indústria de Alimentos	Retardador de separação de fase (sorvete)
	Suspensão de polpa de frutas
	Engrossar molhos, milk shakes etc.
	Reconstituição de alimentos (frutas sem caroço, anel de cebolas)
Indústria Farmacêutica	Emulsão na preparação de cosméticos
	Moldes para impressão dental
	Compostos anti-ácidos e anti-úlcera

Além dessas aplicações, alguns oligossacarídeos derivados da depolimerização do alginato também pode desempenhar um papel de estimulante na germinação e crescimento de algumas plantas.

## **II.11 – Alginato Degradado**

Oligossacarídeos gerados pela digestão de polissacarídeos nas paredes das células de plantas geralmente induzem a uma proliferação incomum de suas células em uma concentração bem menor que as produzidas por seus hormônios. Os oligossacarídeos que têm essa função são chamados de oligossacarina ou oligoalginato [31], que é obtido pela hidrólise de ácidos ou pela degradação enzimática do alginato de sódio.

Também pode-se obter a degradação de diferentes polímeros (incluindo o alginato, polissacarídeos naturais) através da utilização de técnicas de radiação. A radiação ionizante causa na molécula de alginato uma redução do peso molecular e uma mudança de cor na solução aquosa (escurecimento) com o aumento da dose [32].

## **II.12 – Definições Estatísticas**

### **II.12.1 – Média e Desvio Padrão**

O valor médio (ou média) de qualquer conjunto de medidas é um valor descritivo que representa aquele conjunto através de um único valor. Ele é calculado a partir da média aritmética das medidas desse conjunto [33].

O desvio padrão indica a extensão da variação dentro do conjunto de medidas associada a média. São eles em número de dois e simétricos em relação à média da distribuição [33].

## **II.12.2 – Estatísticas paramétricas e não-paramétricas**

Os testes estatísticos são usados para analisar informações e fazer comparações apropriadas entre diferentes amostras. Podem ser divididos em dois grandes grupos, conforme fundamentem ou não os seus cálculos na premissa de que a distribuição de frequência dos erros amostrais é normal, as variâncias são homogêneas, os efeitos dos fatores de variação são aditivos e os erros independentes. Seja qual for o teste existem aqueles especificamente destinados a amostras em que há independência entre os fatores de variação e existem outros para amostras em que existe dependência entre eles. Da mesma forma, o número de comparações a serem realizadas pelo teste também é importante. Existem testes que comparam apenas duas amostras e existem aqueles que fazem comparações múltiplas (mais que duas), que são chamados testes de análise multivariada [34].

Os Testes estatísticos que requerem que as informações sejam retiradas de uma distribuição normal de população são denominados testes paramétricos; como por exemplo o teste t e a análise de variância ANOVA [33].

É comum encontrar situações em que a aplicação desses testes não é possível ou torna-se muito complicada, seja pela falta de informações a respeito da forma da distribuição da população, seja pela dificuldade de obtenção de estimativas confiáveis dos parâmetros populacionais. Nesses casos, são utilizados os testes não-paramétricos, que são relacionados ao desenvolvimento de procedimentos estatísticos que não fazem qualquer suposição explícita sobre a forma da distribuição [35].

## **II.12.3 – Probabilidade, não-significância e significância estatística**

A partir de dois conjuntos diferentes de medidas podemos ter médias idênticas, ou também podemos ter médias que são numericamente diferentes. A mera observação de médias diferentes não é suficiente para concluir que ambos os

conjuntos de medidas são diferentes. Toda a diferença observada (média e desvio padrão por exemplo) pode ser devido à possibilidade. Quando um conjunto de medidas nunca for absolutamente certo, é possível calcular a probabilidade de obter uma diferença entre eles que seja grande se ambas as amostras forem realmente iguais. Esta probabilidade é indicada como valor  $p$  e é expressa como frações entre 0 e 1. Por exemplo, quando um evento é mais provável a probabilidade é mais perto de 1; um evento que não possa ocorrer tem uma probabilidade de 0 [33].

A probabilidade pode ser calculada através de métodos estatísticos. Os valores numéricos calculados pelos teste são confrontado com valores críticos, que constam em tabelas apropriadas. O nível de probabilidades usualmente 5 % [ $p = 0,05$ ], ou 1 % [ $p = 0,01$ ] permite localizar o valor crítico tabelado. Valores menores que o tabelado indicam que ele não pode ser considerado diferente do que se obteria se as amostras comparadas fossem iguais. Assim, estaria configurado o que se chama de não-significância estatística, ou de aceitação da hipótese zero (ou hipótese nula). Porém, se o valor calculado for igual ou maior que o tabelado, aceita-se a chamada hipótese alternativa, ou seja, a hipótese de que as amostras comparadas não podem ser consideradas iguais. No caso de o valor calculado ser maior do que o valor tabelado, diz-se que há significância estatística, que pode ser ao nível de 5 %, se o valor calculado for maior que o valor tabelado para 5 %, porém menor que o tabelado para 1 %. Ou ao nível de 1 %, caso o valor calculado seja igual ou maior que o valor tabelado para 1 % [34].

## **CAPÍTULO III**

### **MATERIAIS E MÉTODOS**

---

#### **III.1 – Sementes utilizadas**

O feijão é uma leguminosa que constitui alimento de elevado valor nutritivo, pois são ricos em carboidratos, aminoácidos, substâncias protéicas, vitaminas do complexo B e sais minerais, sendo que os encontrados em maior quantidade são o potássio, o sódio, o cálcio, o magnésio, o ferro e, principalmente, o manganês, além de fibras solúveis em abundância.

Existem centenas de espécies que variam em função do tamanho da planta, do grão, de sabores e cores. A espécie utilizada neste trabalho foi o feijão preto.

Com o objetivo de reduzir a diferença genética entre as futuras plantas, todas as sementes utilizadas foram provenientes da mesma colheita realizada na cidade de Nova Friburgo. Tais sementes foram colhidas de plantas que cresceram sob as mesmas condições de clima, solo, e ainda foram cultivadas sem qualquer tipo de agrotóxico.

#### **III.2 – O irradiador**

Para irradiar as sementes, utilizou-se o irradiador modelo Gammacell 220 Excel, fabricado pela Nordion do Canadá.

O irradiador está equipado com uma fonte de cobalto 60 que emite radiação gama com uma atividade de  $4,4 \cdot 10^8$  MBq (12000 Ci), aferida em dezembro de 1999.

A taxa de dose empregada neste trabalho foi de 70 Gy/min, que foi verificada com o uso de dosímetro Fricke. A dose fornecida às sementes foi calculada em função do tempo de exposição e o controle de tempo realizado pelo próprio irradiador automaticamente.

As irradiações foram realizadas a temperatura ambiente e foram colocadas, em média, doze sementes em pequenos recipientes de plásticos de forma cilíndrica, com cerca de 1,5 cm de altura e 3,5 cm de diâmetro, durante cada irradiação.

### **III.3 – Sistema hidropônico**

As sementes foram cultivadas em um sistema hidropônico, onde as plantas cresceram e se desenvolveram no período de duas semanas.

O sistema utilizado foi o de Cultura em água ou solução nutritiva (citado no capítulo II) pois o material necessário para a construção deste sistema é simples e de fácil aquisição, tendo cada um com uma função específica.

A escolha do cultivo hidropônico deve-se, principalmente, a falta de espaço pois, as plantas foram cultivadas num laboratório em que não havia a possibilidade de construção de um canteiro.

A tabela III.1 mostra os materiais necessários, e suas respectivas funções, para a construção de um sistema hidropônico.

**Tabela III.1:** Materiais utilizados para a confecção do sistema hidropônico.

<b>Material</b>	<b>Função</b>
Garrafas de refrigerante	Condicionar a solução hidropônica, onde cresceram as plantas. Foram utilizadas sete garrafas com capacidade para 700 ml da solução. Em cada garrafa foram colocadas seis plantas.
Papel alumínio	Revestir as garrafas evitando a entrada de luz até as raízes, pois a luz limita o seu crescimento.
Bomba e mangueira de aquário	Oxigenar a solução hidropônica e as raízes.
Agulhas	Produzir micro-bolhas na solução.
Isopor	Evitar a entrada de luz até as raízes. Para isto, foi cortado em placas circulares com o mesmo diâmetro das garrafas. Em seu interior foram feitos seis buracos retangulares em que se encontravam as plantas.

#### **III.4 – Solução Hidropônica**

A solução hidropônica consiste em uma solução de nutrientes e água, em quantidades suficiente e necessária, para a alimentação da planta através de subirrigação. Elas contêm os “nutrientes das plantas”, ou seja, os elementos essenciais que sem os quais as plantas não completam o ciclo de vida. São aqueles que exercem uma função ou participam de compostos vitais que garantem o crescimento saudável por toda a vida do vegetal.

Dos elementos essenciais para a sobrevivência das plantas verdes, carbono, hidrogênio e oxigênio são obtidos através da atmosfera e da água, os demais são fornecidos pelo solo e são classificados em [12]:

- **Macronutrientes:** são os elementos absorvidos em grandes quantidades pelas plantas. Os elementos macronutrientes são: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre.

- Micronutrientes: são os elementos absorvidos em pequenas quantidades pelas plantas. Os elementos micronutrientes são: boro, cobre, cloro, ferro, manganês e enxofre.

Para a obtenção dos nutrientes foram utilizados alguns compostos químicos com quantidades bem definidas. Na tabela III.2 se encontram os compostos e as concentrações necessárias para a obtenção da solução hidropônica utilizada.

**Tabela III.2:** Elementos componentes da solução hidropônica.

<b>Compostos</b>	<b>Quantidade em g a adicionar em 100 ml de água para uma solução de 1 M</b>	<b>Quantidade a ser retirada da solução para diluir em 10 l de água (ml)</b>
MnSO <sub>4</sub> .H <sub>2</sub> O	16,901	4
ZnSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	28,746	1,6
CuSO <sub>4</sub> .5H <sub>2</sub> O	24,962	0,4
FeNaEDTA	7,1	50
NaO <sub>3</sub>	7,1	5
CoSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	28,1	0,4
CaCl <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	14,668	8
MgSO <sub>4</sub> .7H <sub>2</sub> O	24,638	0,8
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	17,427	10
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	13,209	5
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	13,797	1

Para preparar as concentrações de cada um dos compostos foi utilizada água destilada. Após o seu preparo, estes compostos foram armazenadas em geladeira para conservação.

Para preparar a solução-estoque utilizou-se água duplamente filtrada. A solução foi feita sempre em estoque, sendo o volume preparado de 10 litros.

Para o cultivo das plantas, cada recipiente (garrafas de refrigerante) recebeu 700 ml de solução que foram trocados a cada três dias.

### **III.5 – Método Experimental**

Inicialmente foram escolhidas, aleatoriamente, seis doses de irradiação: 50; 100; 150; 250; 350 e 450 Gy. As sementes foram irradiadas com estas doses e passaram pelos processos de germinação, crescimento e medição (que serão descritos nos itens III.6.1 e III.6.2), juntamente com um grupo de sementes não-irradiadas. Como a cada cultivo cresceram, para cada dose, seis plantas por recipiente, foram realizados cinco cultivos e para cada um foi obtida uma média para altura e para massa.

O objetivo inicial foi observar o limite de dose em que as plantas apresentariam um maior crescimento e uma maior massa seca. Para isto, o processo foi repetido cinco vezes a fim de se poder fazer uma estatística da massa e altura das plantas.

As plantas apresentaram um maior crescimento para doses de até 150 Gy, por isso, novas doses foram escolhidas: 25; 50; 75; 100; 125 e 150 Gy. O processo foi repetido a fim de se obter uma única dose que fosse considerada mais eficaz e utilizá-la para verificar a influência do alginato (irradiado e não-irradiado) no crescimento de plantas.

### **III.6 – Procedimento experimental**

#### **III.6.1 – Germinação**

As sementes (irradiadas e não-irradiadas) germinaram em recipientes plásticos. Cada recipiente teve o fundo forrado com toalha de papel e foram colocadas, em média, doze sementes, que foram molhadas com 50 ml de água destilada. Os recipientes foram quase totalmente vedados com filmes de PVC, a fim de isolar as sementes da umidade do ar, ficando apenas uma pequena abertura em uma de suas bordas para sua oxigenação.

Cada grupo de doze sementes foi irradiado com doses diferentes e foi utilizado um recipiente para grupo.

A figura III.1 mostra o recipiente utilizado e as condições de germinação das sementes.



**Figura III.1:** Condição de germinação das sementes.

### **III.6.2 – Crescimento e medição**

As sementes (irradiadas e não-irradiadas) permaneceram por três dias (período de germinação do feijão) nos recipientes e após este período, dentre as doze sementes escolhidas para germinação, as seis sementes mais desenvolvidas (as que apresentaram raízes maiores) de cada grupo foram separadas para serem cultivadas no sistema hidropônico.

A figura III.2 mostra sementes não-irradiadas após o período de germinação (três dias).



**Figura III.2:** Sementes não-irradiadas após período de germinação (três dias).

Durante o cultivo, a solução hidropônica foi trocada a cada três dias. O tempo total de cultivo foi de duas semanas.

A figuras III.3 mostra o desenvolvimento da sementes não-irradiada, após a primeira troca da solução hidropônica (três dias).



**Figura III.3:** Planta após 3 dias na solução hidropônica.

A figura III.4 apresenta o desenvolvimento das plantas, originadas por sementes não-irradiadas, após seis dias na solução hidropônica.



**Figura III.4:** Planta após 6 dias na solução hidropônica (segunda troca de solução).

A figura III.5 mostra o desenvolvimento da planta após nove dias de cultivo, período que representa a terceira troca de solução hidropônica.



**Figura III.5:** Planta após 9 dias na solução hidropônica (terceira troca de solução).

Após os quatorze dias de cultivo, as plantas tiveram suas raízes separadas e suas alturas foram medidas através de uma régua comum (graduada em cm). Após a medição da altura e da raiz foram colocadas numa estufa a uma temperatura média de 70°C. Durante a secagem as plantas foram retiradas periodicamente da estufa e sua massa foi medida por uma balança de precisão. O período de secagem considerado ideal foi entre 8 e 9 horas.

Durante a última semana de cada cultivo, novos grupos de sementes foram irradiados para posterior germinação, determinando assim um intervalo de duas semanas entre cada medição.

### **III.6.3 – Alginato: Preparação e Utilização**

Para a utilização do alginato, uma solução com uma concentração de 4% foi preparada, ou seja:

Para uma solução de alginato 4% com um volume ( $v$ ) de 50 ml foram necessários 2 g de alginato e 48 ml de água deionizada (admitindo-se que 1 l = 1 kg).

Durante a preparação, estas quantidades foram colocadas em um becker e misturadas manualmente com um bastão de vidro, até que fossem diluídas praticamente todas as partículas sólidas do alginato. Ao final da misturas a solução apresentou-se como um líquido de alta viscosidade e de cor clara. Este volume foi dividido em duas partes iguais. Uma das metades foi irradiada, com uma dose de 100 kGy [29], o que provocou perda de parte da viscosidade e escurecimento [32]. Enquanto estas duas quantidades de alginato não eram utilizadas, elas foram armazenadas sob refrigeração.

O alginato foi misturado, aos 700 ml da solução hidropônica, através de uma pipeta e as concentrações usadas foram: 50; 100; 200; 300; 400 e 500 ppm. Vale ressaltar que cada 50 ppm corresponde a aproximadamente 37,5  $\mu$ l.

Foram feitos sete novos testes de crescimento com a dose de 75 Gy (considerada mais regular) e com a utilização, primeiramente, do alginato irradiado e depois com o não-irradiado nas mesmas condições anteriormente descritas. A fim de melhorar a comparação dos seus efeitos, desta vez, um novo parâmetro de comparação foi utilizado: o comprimento da raiz.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

---

Este trabalho pode ser dividido em duas etapas: A primeira consiste na obtenção da relação crescimento da planta x dose. A cada dose usada obtém-se um valor de comprimento da planta e de sua massa. O objetivo é encontrar o valor de dose ótimo que provoca o maior crescimento da planta.

A segunda etapa é fazer um estudo do efeito da irradiação do alginato o crescimento da planta. Para isso utilizou-se a dose de 75 Gy. Diferentes concentrações de alginato foram incorporadas à solução hidropônica. O objetivo desta etapa foi verificar a influência do uso do alginato irradiado no crescimento da planta.

#### **IV.1 – Dose Iniciais**

As sementes foram irradiadas, inicialmente, com doses de 50; 100; 150; 250; 350 e 450 Gy; a fim de se observar uma faixa de dose que gerasse um maior desenvolvimento da planta. Para isto, os fatores analisados foram a massa e a altura das plantas.

No apêndice A encontram-se as tabelas com as massas e alturas obtidas para estas doses iniciais e as tabelas abaixo mostram as médias das massas e das alturas obtidas para cada doses aplicada.

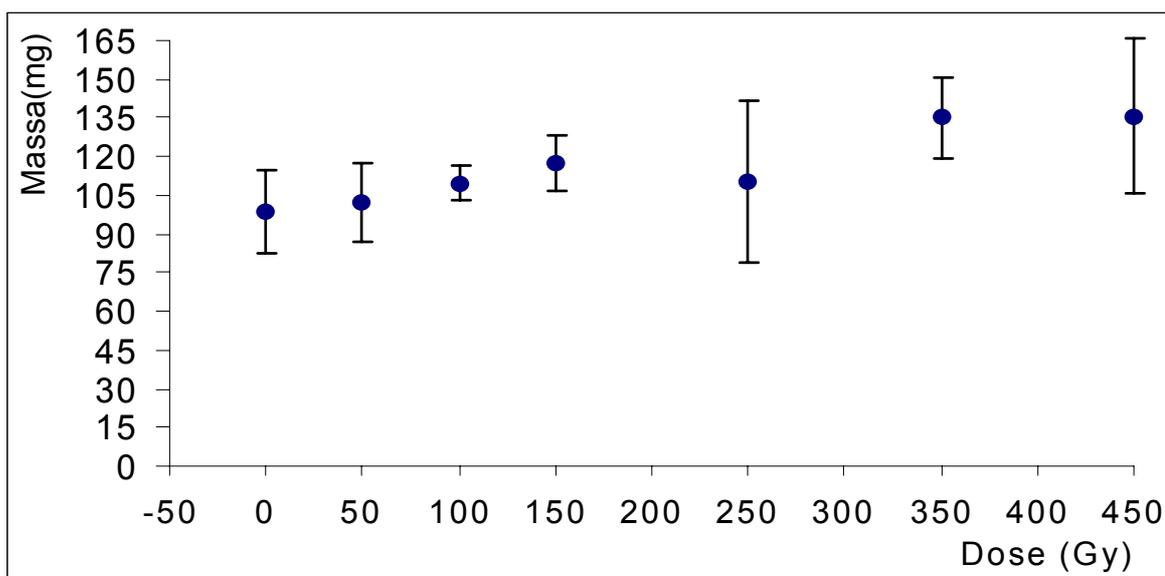
A tabela 4.1 mostra as médias das alturas e das massas obtidas, em cada cultivo, para as sementes irradiadas e não-irradiadas (representadas como 0 Gy).

**Tabela 4.1:** Análise da média das massa das plantas de sementes não-irradiadas e irradiadas com doses iniciais (50; 100; 150; 250; 350 e 450 Gy).

<b>Massa (mg)</b>							
<b>Gy</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>250</b>	<b>350</b>	<b>450</b>
<b>Média 1</b>	80,35	83,32	101,78	98,73	59,54	116,73	91,90
<b>Média 2</b>	88,03	97,77	106,82	123,93	111,28	119,03	121,82
<b>Média 3</b>	123,75	100,67	117,68	127,23	136,83	146,07	167,12
<b>Média 4</b>	100,06	125,30	112,97	117,75	136,12	145,43	156,85
<b>Média 5</b>	100,88	104,98	Não germinada	119,52	108,05	148,53	140,88
<b>Média Geral</b>	<b>98,614</b>	<b>102,408</b>	<b>109,812</b>	<b>117,432</b>	<b>110,364</b>	<b>135,158</b>	<b>135,714</b>
<b>Variância</b>	271,156	229,886	48,448	123,113	988,273	250,774	893,116
<b>Desvio Padrão</b>	16,467	15,162	6,961	11,096	31,437	15,836	29,885

No primeiro cultivo, para as sementes irradiadas com dose de 250 Gy, houve um número baixo de germinações (menos que as seis esperadas) e ainda pouco desenvolvimento de algumas plantas, o que interferiu na média da e da altura. Durante o quinto cultivo não houve germinação de nenhuma das doze sementes irradiadas com 100 Gy. Como todas as outras sementes germinaram e cresceram sob as mesmas condições, é provável que a diferença não tenha sido no tratamento e sim nestas sementes que não germinaram.

A figura 4.1 mostra um gráfico de referente a média das massas destas plantas. Nele consideraremos a dose 0 como sendo das sementes não-irradiadas.



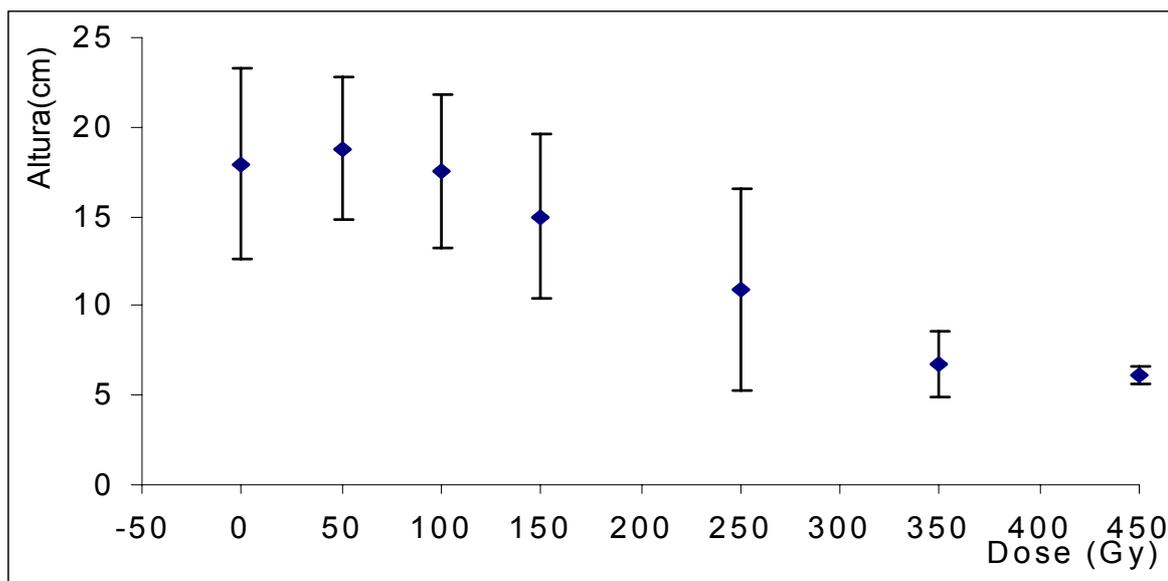
**Figura 4.1:** Massa média das plantas em função da dose aplicada.

Na tabela 4.2 estão as médias obtidas para as alturas das plantas em cada um dos cinco cultivos iniciais.

**Tabela 4.2:** Análise da média das alturas das plantas de sementes não-irradiadas e irradiadas com doses iniciais (50; 100; 150; 250; 350 e 450 Gy).

Gy	Altura (cm)						
	0	50	100	150	250	350	450
<b>Média 1</b>	11,63	13,97	19,7	11,32	4,48	4,5	6,9
<b>Média 2</b>	13,85	17,0	11,66	11,0	6,93	9,62	5,95
<b>Média 3</b>	20,28	21,78	21,57	13,63	18,75	6,88	5,6
<b>Média 4</b>	18,82	17,33	17,05	16,82	10,77	6,28	6,1
<b>Média 5</b>	25,08	23,83	Não Germinada	22,08	13,53	6,65	5,98
<b>Média Geral</b>	<b>17,932</b>	<b>18,782</b>	<b>17,495</b>	<b>14,97</b>	<b>10,892</b>	<b>6,786</b>	<b>6,106</b>
<b>Variância</b>	28,443	15,727	19,968	21,213	31,383	3,385	0,232
<b>Desvio Padrão</b>	5,330	3,966	3,737	4,606	5,602	1,840	0,481

A figura 4.2 mostra, através de um gráfico, o comportamento da média das alturas das plantas, em cada cultivo, em função da dose aplicada.



**Figura 4.2:** Altura média das plantas em função da dose aplicada.

Quanto ao número de germinações, a dose de 100 Gy foi a que apresentou menor número pois, no quinto cultivo não houve germinações. Como a dose de 350 Gy foi a que apresentou maior número de germinações, o baixo número de germinações não ocorridas nas sementes irradiadas com doses inferiores é justificado pela qualidade da própria semente e não pelo efeito da radiação. A dose de 450 Gy foi a que provocou o segundo menor índice de germinações. Este índice pode ser justificado pelo efeito da radiação ou, também, pela qualidade da semente.

Quanto ao desenvolvimento, as plantas cujas sementes foram irradiadas com 450 Gy apresentaram pouca altura e massa maior, o que pode ser explicado pela presença do grão. O grão representa reserva nutritiva para o embrião da planta e é consumido a medida que a planta se desenvolve e, como as plantas não se desenvolveram totalmente, durante o período observado, sua presença justifica o aumento da massa.

As doses com melhor desenvolvimento de alturas e massa foram obtidas entre 0 e 150 Gy. A partir desses resultados, uma nova série de testes foi feita com doses intermediárias a esses valores.

## IV.2 – Doses Refinadas

Uma nova faixa de dose foi escolhida (25; 50; 75; 100; 125 e 150 Gy) e todo processo de acompanhamento das sementes foi repetido. O objetivo foi encontrar uma dose entre estes valores, que gerasse um melhor crescimento da planta, em termos de altura e massa, a fim de ser utilizada posteriormente para a verificação da eficácia dos efeitos do alginato (não-irradiado e irradiado) no crescimento das plantas.

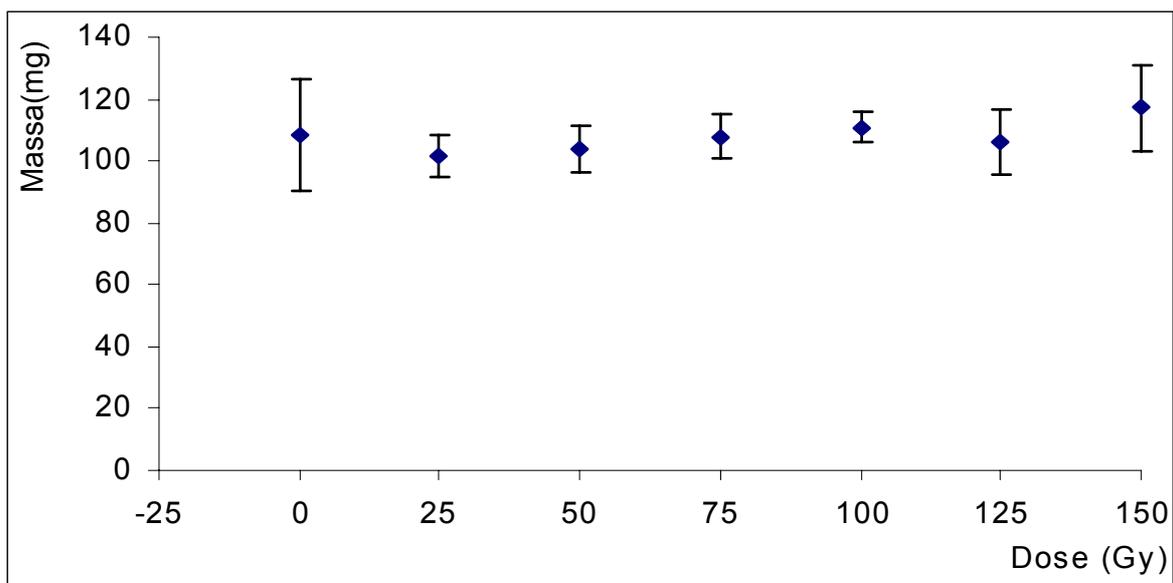
No apêndice B estão as medidas obtidas para as massas e alturas de cada planta deste experimento. Abaixo, estão as tabelas que contêm as médias das massas e das alturas encontradas.

A tabela 4.3 apresenta as médias das massas das plantas em cada um dos cinco cultivos em que as sementes foram irradiadas com as novas doses e o tratamento realizado com sementes não-irradiadas está representado pela dose de 0 Gy.

**Tabela 4.3:** Análise da média das massa das plantas de sementes não-irradiadas e irradiadas com doses redefinidas (25; 50; 75; 100; 125 e 150 Gy).

<b>Massa (mg)</b>							
<b>Gy</b>	<b>0</b>	<b>25</b>	<b>50</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>125</b>	<b>150</b>
<b>Média 1</b>	135,17	104,88	106,75	114,97	114,04	98,60	127,92
<b>Média 2</b>	89,73	94,13	94,9	115,06	103,58	94,61	93,33
<b>Média 3</b>	115,23	96,5	114,87	97,57	109,05	109,07	126,33
<b>Média 4</b>	107,37	102,07	99,97	105,13	115,6	107,25	119,07
<b>Média 5</b>	93,82	110,7	103,97	106,68	112,26	122,08	119,02
<b>Média Geral</b>	<b>108,264</b>	<b>101,656</b>	<b>104,092</b>	<b>107,882</b>	<b>110,906</b>	<b>106,322</b>	<b>117,134</b>
<b>Variância</b>	331,349	43,896	56,182	54,280	22,701	113,382	193,710
<b>Desvio Padrão</b>	18,203	6,625	7,495	7,367	4,764	10,648	13,918

A figura 4.3 apresenta um gráfico referente a média das massas destas plantas em função da dose utilizada.



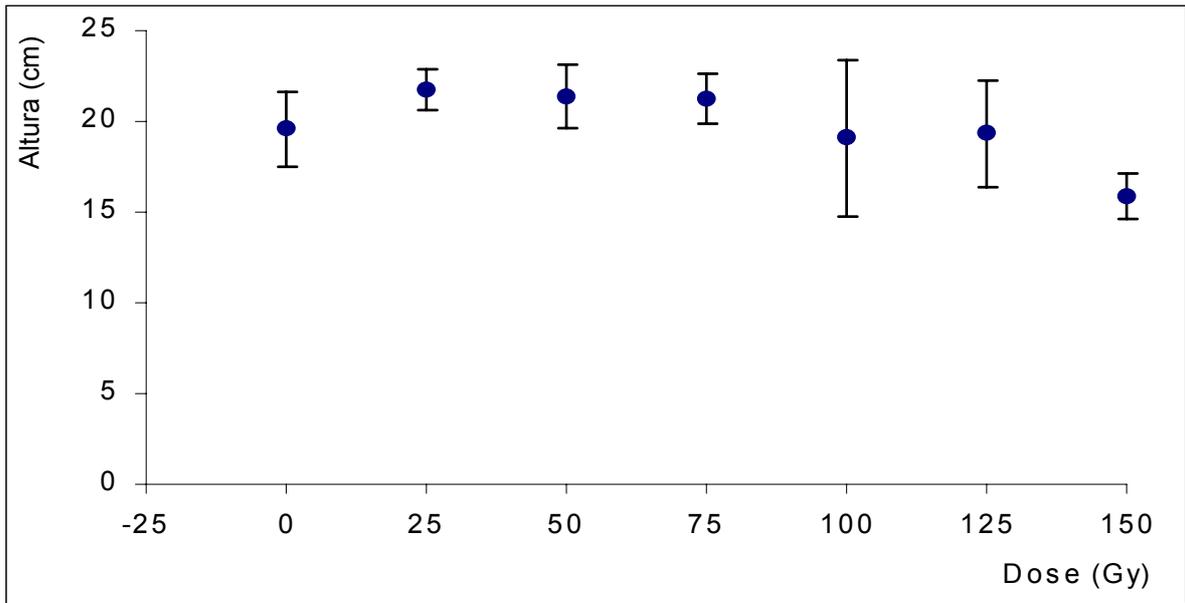
**Figura 4.3:** Massa média das plantas em função da dose aplicada.

Com relação a altura, a tabela 4.4 mostra os resultados obtidos para as plantas de sementes irradiadas com estas novas doses.

**Tabela 4.4:** Análise da média das alturas das plantas de sementes não-irradiadas e irradiadas com novas doses (0, 25; 50; 75; 100; 125 e 150 Gy).

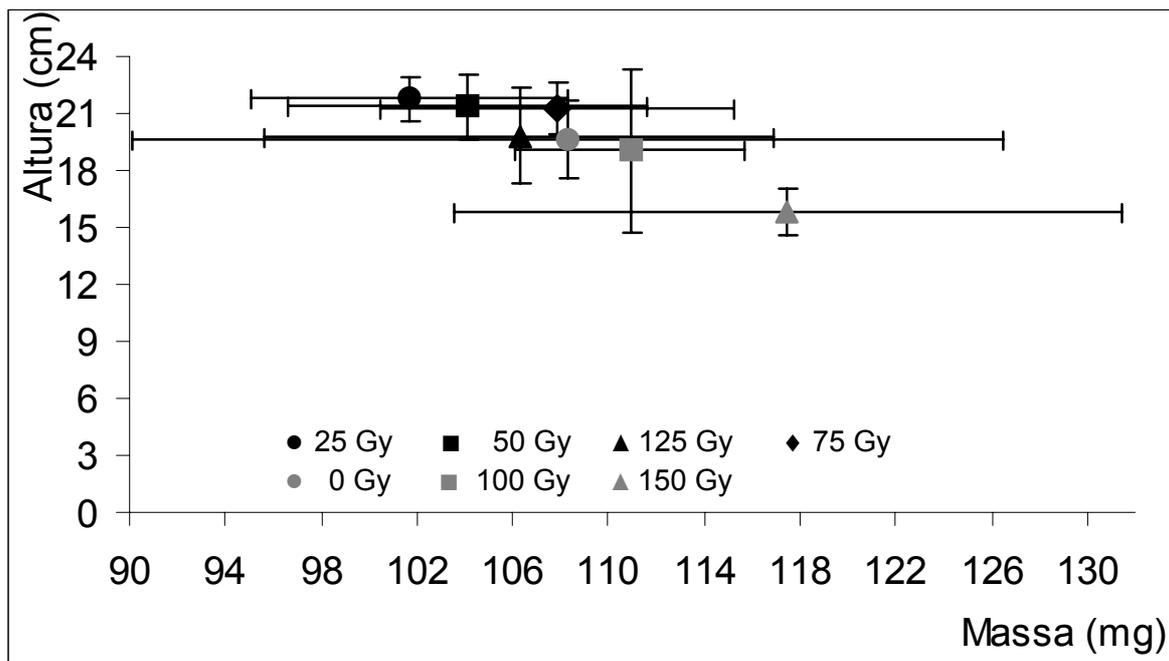
Gy	Altura (cm)						
	0	25	50	75	100	125	150
<b>Medição 1</b>	20,30	23,64	21,32	20,65	19,72	22,03	14,05
<b>Medição 2</b>	22,40	21,83	23,2	23,3	25,1	22,57	15,93
<b>Medição 3</b>	16,87	21,00	18,53	20,48	17,68	18,92	15,5
<b>Medição 4</b>	19,97	20,57	22,15	21,98	19,67	16,32	17,25
<b>Medição 5</b>	18,50	21,83	21,63	19,85	13,17	16,77	16,63
<b>Média Geral</b>	<b>19,608</b>	<b>21,774</b>	<b>21,366</b>	<b>21,252</b>	<b>19,068</b>	<b>19,322</b>	<b>15,872</b>
<b>Variância</b>	4,282	1,384	3,023	1,912	18,471	8,39227	1,484
<b>Desvio Padrão</b>	2,069	1,176	1,739	1,383	4,298	2,89694	1,218

A figura 4.4 mostra a média das alturas destas plantas em função da dose utilizada.



**Figura 4.4:** Altura média em função da dose aplicada.

Após a obtenção dos valores, de massa e altura, provocados por cada dose, apenas uma deve ser escolhida para ser utilizada no tratamento com o alginato. Esta dose deve ser a que gerou melhor desenvolvimento no crescimento das plantas. Esta análise foi feita através da construção de um gráfico de massa em função da altura das plantas, que é apresentado abaixo, na figura 4.5.



**Figura 4.5:** Massa em função da altura.

De acordo com o gráfico da figura 4.5, a dose de 150 Gy provocou o maior aumento de massa porém, as plantas obtiveram o menor estímulo com relação ao crescimento. Já a dose de 25 Gy provocou o maior crescimento porém, a menor massa média.

As sementes irradiadas com doses de 75, 100, 125 Gy, e as não-irradiadas (0 Gy), tiveram um desenvolvimento bem próximo. Como praticamente não existe diferença entre esses tratamentos, qualquer uma dessas doses poderia ser utilizada no tratamento com o alginato, tendo sido escolhida a de 75 Gy.

### **IV.3 – Efeitos do Alginato Não-Irradiado**

Como a quantidade de sementes disponíveis para a realização dos testes ainda era grande, os testes foram feitos, desta vez, em sete repetições, sendo que o alginato (não-irradiado) foi introduzido na solução hidropônica em seis concentrações diferentes com 50; 100; 200; 300; 400 e 500 ppm. As sementes utilizadas receberam uma única dose (75 Gy) e um novo parâmetro de avaliação foi utilizado para a verificação da eficácia do alginato: o comprimento da raiz.

Para verificar a eficiência do tratamento com alginato (não-irradiado), seus resultados foram comparados com o tratamento das sementes irradiadas com a dose de 75 Gy obtidas no item IV.2. Este foi considerado como concentração de 0 ppm.

As tabelas contendo as medidas de massa e altura de cada experimento, referente a utilização do alginato (não-irradiado), encontram-se no Apêndice C. A tabela 4.5 apresenta os resultados obtidos para as massas das sementes cultivadas com alginato não-irradiado e daquelas cultivadas sem o alginato (que foram cultivadas em cinco repetições, no item IV.2). Estas são consideradas, na tabela, como concentração de 0 ppm.

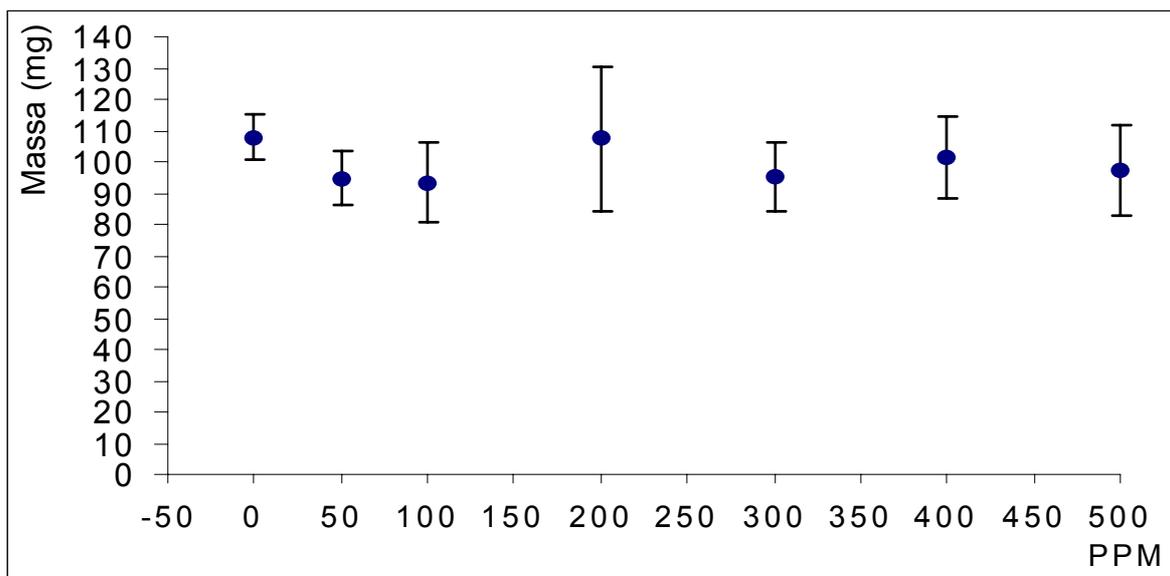
**Tabela 4.5:** Análise da média das massas das plantas cujas sementes foram irradiadas com 75 Gy e cresceram em concentrações de 0; 50; 100; 200; 300; 400 e 500 ppm de alginato não-irradiado.

<b>Massa (mg)</b>							
<b>Concentração de alginato (ppm)</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>300</b>	<b>400</b>	<b>500</b>
<b>Média 1</b>	114,97	<b>104,77</b>	<b>116,93</b>	<b>110,97</b>	<b>113,25</b>	<b>104,05</b>	<b>114,32</b>
<b>Média 2</b>	115,06	106,2	104,13	113,87	96,72	115,25	117,05
<b>Média 3</b>	97,57	94,66	89,58	104,66	91,74	102,16	94,5
<b>Média 4</b>	105,13	95,84	84,125	152,85	98,86	95,275	102,42
<b>Média 5</b>	106,68	86,08	89,38	100,28	85,83	112,25	82,52
<b>Média 6</b>		92,43	86,1	84,23	100,75	103,8	85,83
<b>Média 7</b>		82,66	81,96	83,94	79,32	75,76	83,88
<b>Média Geral</b>	<b>107,882</b>	<b>97,656</b>	<b>96,514</b>	<b>110,427</b>	<b>98,446</b>	<b>104,194</b>	<b>100,483</b>
<b>Variância</b>	54,280	209,843	424,950	642,070	330,200	251,092	412,287
<b>Desvio Padrão</b>	7,367	14,486	20,614	25,339	18,171	15,846	20,305

OBS.: Não existem valores para as médias 6 e 7, da concentração 0 ppm, pois as médias utilizadas para esta concentração provém do item IV.2 (Doses Refinadas) que foram em total de 5 (cinco).

A figura 4.6 apresenta um gráfico referente a média das massas em função da concentração (ppm) de alginato não-irradiado. Nele, a concentração 0 ppm representa o tratamento sem alginato.

Neste tratamento, em relação a média das alturas, os valores obtidos estão na tabela 4.6. Nela, o tratamento com a ausência de alginato (não-irradiado) está representado como a concentração de 0 ppm.



**Figura 4.6:** Massa média em função da concentração (ppm) de alginato não-irradiado.

A tabela 4.6 apresenta os resultados obtidos para a média das alturas das plantas cujas sementes foram irradiadas com 75 Gy e foram cultivadas em solução hidropônica com concentrações de alginato (não-irradiado) de 0; 50; 100; 200; 300; 400; 500 ppm, onde a concentração de 0 ppm representa o cultivo sem a utilização de alginato (não-irradiado).

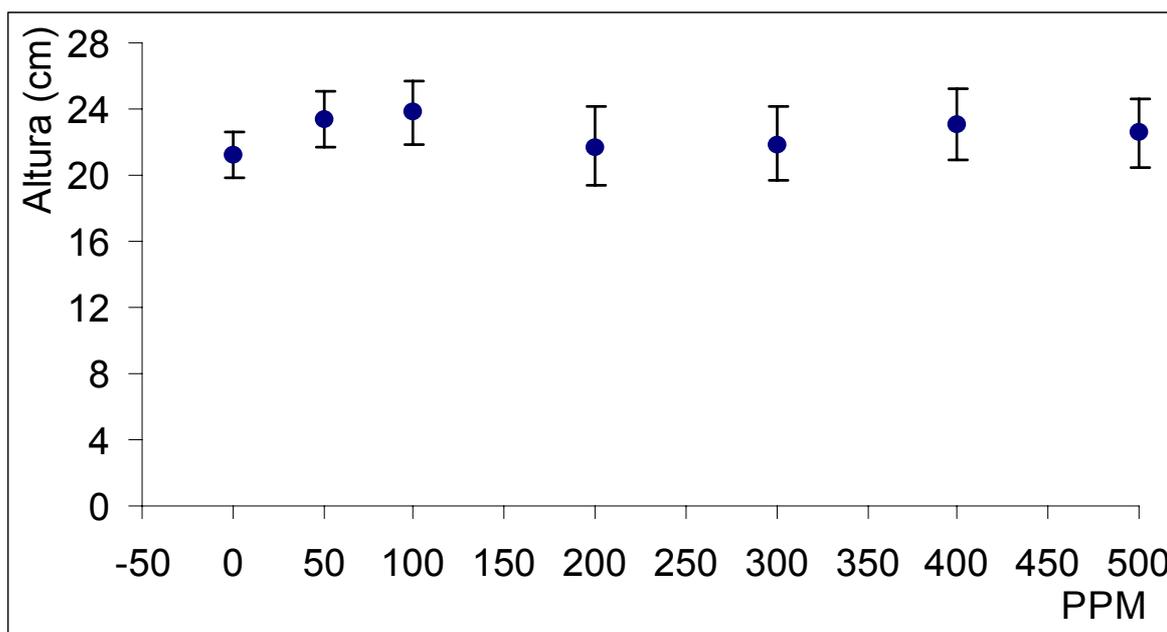
**Tabela 4.6:** Análise da média das alturas das plantas cujas sementes foram irradiadas com 75 Gy e cultivadas em concentrações de 0, 50; 100; 200; 300; 400 e 500 ppm de alginato não-irradiado.

Altura (cm)							
Concentração de alginato (ppm)	0	50	100	200	300	400	500
Média 1	20,65	25,17	22,52	23,18	24,27	22,48	26,03
Média 2	23,3	24,13	26	25,33	23,82	23,32	22,58
Média 3	20,48	25,56	21,18	20,66	20,3	21,14	21,32
Média 4	21,98	22,88	25,02	22,88	20,42	27,18	21,14
Média 5	19,85	20,42	25,82	17,58	19,05	23,77	19,77
Média 6		22,93	21,9	21,17	21,08	20,58	23,5
Média 7		22,86	24,16	21,46	24,42	23,26	23,84
<b>Média Geral</b>	<b>21,252</b>	<b>23,421</b>	<b>23,8</b>	<b>21,751</b>	<b>21,908</b>	<b>23,104</b>	<b>22,597</b>
<b>Variância</b>	<b>1,912</b>	<b>2,998</b>	<b>3,775</b>	<b>5,856</b>	<b>4,866</b>	<b>4,624</b>	<b>4,315</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>1,383</b>	<b>1,732</b>	<b>1,943</b>	<b>2,42</b>	<b>2,206</b>	<b>2,15</b>	<b>2,077</b>

Obs.: Não existem valores para as médias 6 e 7, da concentração 0 ppm, pois as médias utilizadas para esta concentração provém do item IV.2 (Doses Refinadas) que foram em total de 5 (cinco).

Os valores referentes à concentração 0 ppm são relativos ao cultivo das doses redefinidas (item IV.2), que foi realizado com apenas 5 repetições. Por isso, na coluna que representa o cultivo 0 ppm estão ausentes a sexta e a sétima média.

A figura 4.7 apresenta um gráfico referente a média das alturas em função da concentração (ppm) de alginato não-irradiado. Neste gráfico, a concentração 0 ppm representa o tratamento sem alginato.



**Figura 4.7:** Altura média em função da concentração (ppm) de alginato não-irradiado.

O comprimento da raiz é um novo parâmetro que será utilizado somente na comparação entre os resultados obtidos para o alginato não-irradiado e para o alginato irradiado, por isso, somente as plantas que foram cultivadas sob concentrações

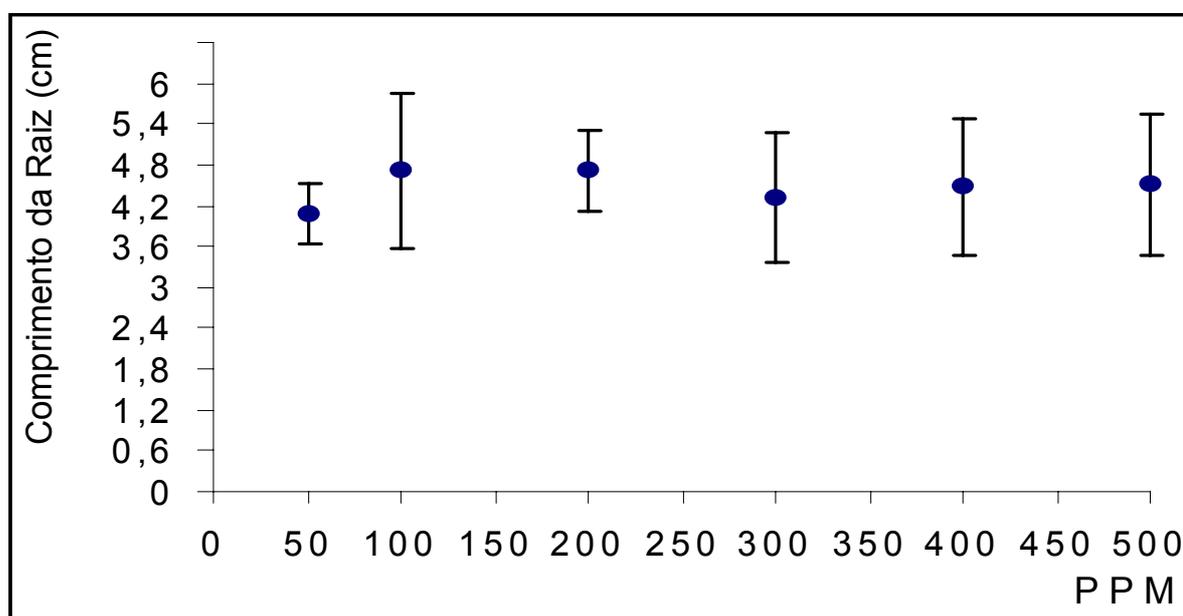
de alginato não-irradiado (e irradiado) tiveram suas raízes medidas.

A tabela 4.7 apresenta os resultados obtidos para o comprimento das raízes que foram cultivadas com as concentrações de alginato não-irradiado. Como esta comparação será feita somente em função do alginato irradiado, não consta nesta tabela a concentração 0 ppm (tratamento realizado com as doses refinadas).

**Tabela 4.7:** Análise da média dos comprimentos das raízes das plantas cujas sementes foram irradiadas com 75 Gy e cresceram em concentrações de 50; 100; 200; 300; 400 e 500 ppm de alginato não-irradiado.

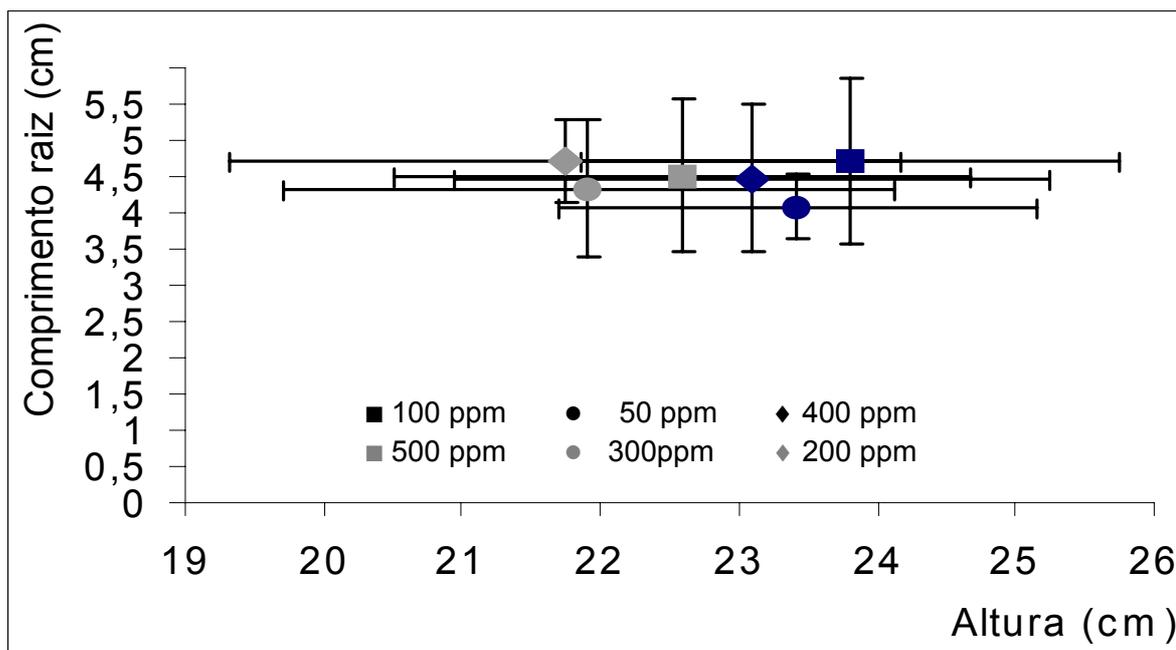
Comprimento das raízes (cm)						
Concentração de alginato (ppm)	50	100	200	300	400	500
Medição 1	4,17	5,11	5,38	5,42	4,82	4,80
Medição 2	4,38	6,83	3,72	5,57	4,73	4,63
Medição 3	3,92	3,84	4,56	4,96	4,68	3,86
Medição 4	4,16	4,84	4,96	3,7	3,52	3,8
Medição 5	3,68	3,83	4,30	3,62	3,28	4,0
Medição 6	3,65	3,58	4,78	3,50	3,48	3,80
Medição 7	3,96	4,62	5,22	3,52	6,3	6,70
<b>Média Geral</b>	<b>4,074</b>	<b>4,712</b>	<b>4,72</b>	<b>4,326</b>	<b>4,474</b>	<b>4,513</b>
<b>Variância</b>	<b>0,201</b>	<b>1,308</b>	<b>0,339</b>	<b>0,893</b>	<b>1,027</b>	<b>1,098</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,448</b>	<b>1,144</b>	<b>0,581</b>	<b>0,945</b>	<b>1,013</b>	<b>1,048</b>

A figura 4.8 mostra, através de um gráfico, o comportamento do comprimento da raiz em função da concentração de alginato não-irradiado.



**Figura 4.8:** Comprimento da raiz em função da concentração de alginato (ppm) não-irradiado.

A figura 4.9 mostra o comportamento da altura em função do comprimento das raízes das plantas que foram cultivadas com concentrações diferentes de alginato não- irradiado.



**Figura 4.9:** Altura em função do comprimento da raiz.

Pode-se observar, na figura 4.9, que as plantas cultivadas com as diferentes concentrações de alginato não-irradiado (50, 100, 200, 300, 400 e 500 ppm) tiveram praticamente o mesmo desenvolvimento, de suas alturas em função de suas raízes. Portanto, não existe diferença no tratamento entre essas concentrações de alginato não-irradiado.

#### IV.4 – Efeitos do Alginato Irradiado

Os testes com o alginato irradiado também foram refeitos sete vezes e as concentrações introduzidas na solução hidropônica foram as mesmas utilizadas para o alginato não-irradiado (50; 100; 200; 300; 400 e 500 ppm). As sementes utilizadas também foram irradiadas com 75 Gy.

As tabelas contendo as medidas de massa e altura de cada experimento, referente a utilização do alginato irradiado, encontram-se no Apêndice D; abaixo estão os resultados referentes a média da massa, da altura e do comprimento da raiz:

A tabela 4.8 mostra os resultados obtidos referente a média das massas das plantas cujas sementes foram irradiadas com 75 Gy e foram cultivadas em solução hidropônica com concentrações de 0; 50; 100; 200; 300; 400; 500 PPM de alginato irradiado. A concentração 0 ppm representa o cultivo sem a utilização de alginato.

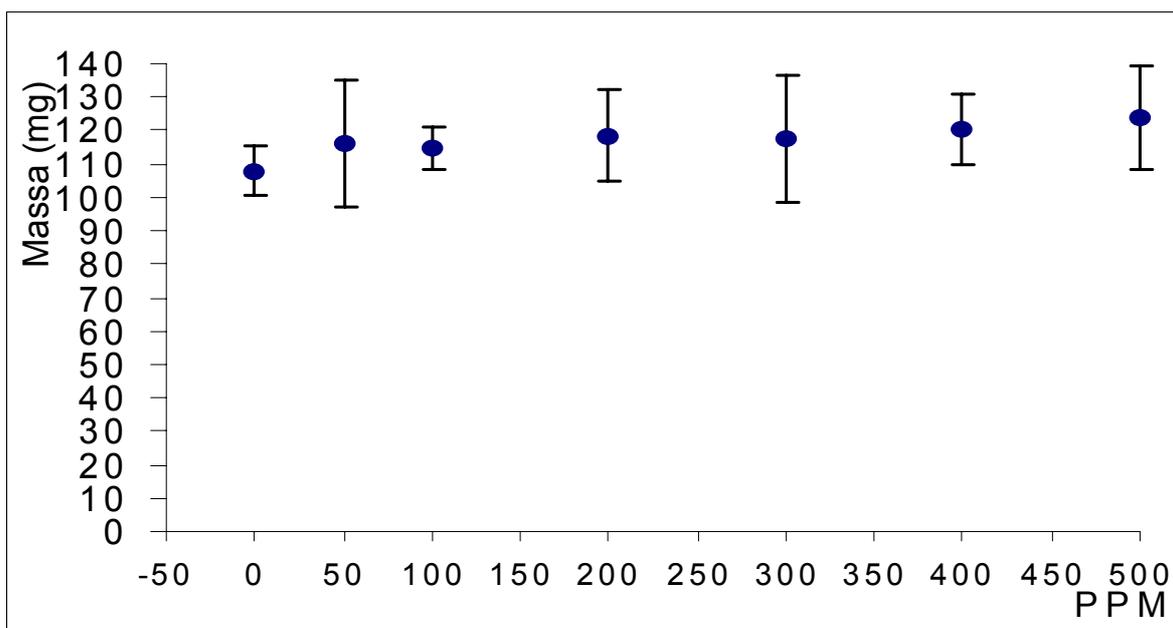
**Tabela 4.8:** Análise da média das massas das plantas cujas sementes foram irradiadas com 75 Gy e cresceram em concentrações de 50; 100; 200; 300; 400 e 500 ppm de alginato irradiado.

<b>Massa (mg)</b>							
<b>Concentração de alginato (ppm)</b>	<b>0</b>	<b>50</b>	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>300</b>	<b>400</b>	<b>500</b>
<b>Média 1</b>	114,97	122,04	107,20	114,68	95,26	122,40	132,04
<b>Média 2</b>	115,06	154,017	124,467	139,85	149,083	137,033	146,64
<b>Média 3</b>	97,57	118,183	118,233	132,933	134,383	124,717	127,117
<b>Média 4</b>	105,13	112,80	114,20	119,383	118,467	122,433	128,433
<b>Média 5</b>	106,68	98,133	119,517	106,183	115,10	116,167	124,733
<b>Média 6</b>		<b>104,367</b>	<b>114,067</b>	<b>114,60</b>	<b>104,533</b>	<b>102,50</b>	<b>109,10</b>
<b>Média 7</b>		102,16	107,20	101,76	104,62	115,30	98,46
<b>Média Geral</b>	<b>107,882</b>	<b>115,957</b>	<b>114,983</b>	<b>118,484</b>	<b>117,349</b>	<b>120,079</b>	<b>123,789</b>
<b>Variância</b>	54,280	357,144	40,6113	187,775	352,952	111,174	246,851
<b>Desvio Padrão</b>	7,367	18,898	6,373	13,703	18,787	10,544	15,711

Obs.: Não existem valores para as médias 6 e 7, da concentração 0 ppm, pois as médias utilizadas para esta concentração provém do item IV.2 (Doses Refinadas) que foram em total de 5 (cinco).

Os valores obtidos para a concentração 0 ppm são referentes ao cultivo das doses redefinidas (item IV.2), que foi realizado com apenas 5 repetições. Por isso, na coluna que representa o cultivo 0 ppm estão ausentes a sexta e a sétima média.

A figura 4.10 mostra o comportamento da massa dessas plantas em função da concentração (ppm) de alginato irradiado.



**Figura 4.10:** Gráfico de massa média raiz em função da concentração de alginato (ppm) irradiado.

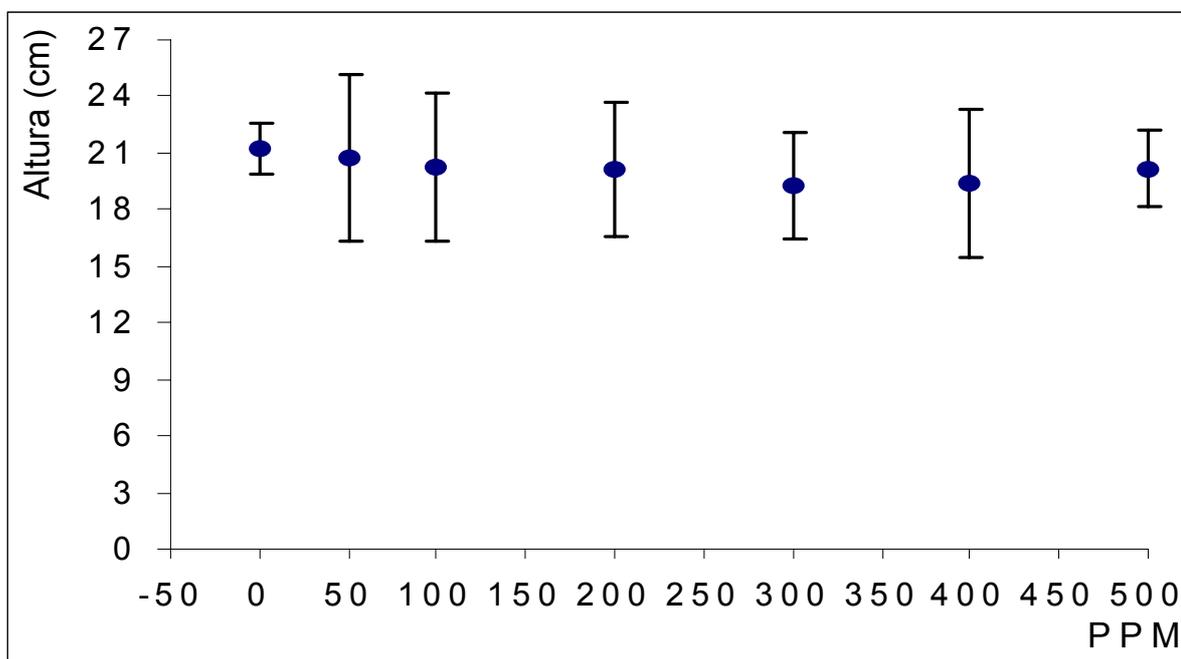
Os resultados obtidos para a média das alturas de cada planta cultivada com as diferentes concentrações (50, 100, 200, 300, 400, 500 ppm) de alginato irradiado estão na tabela 4.9 mostra. Os valores referentes a concentração 0 ppm foram os obtidos para a média das alturas das doses redefinidas (item IV.2).

**Tabela 4.9:** Análise da média das alturas das plantas cujas sementes foram irradiadas com 75 Gy e cresceram em concentrações de 50; 100; 200; 300; 400 e 500 ppm de alginato irradiado.

Altura (cm)							
Concentração de alginato (ppm)	0	50	100	200	300	400	500
<b>Média 1</b>	20,65	19,30	17,68	17,34	16,20	20,52	19,68
<b>Média 2</b>	23,3	20,733	18,983	19,683	17,90	17,60	19,35
<b>Média 3</b>	20,48	14,583	14,417	14,917	17,017	13,90	16,55
<b>Média 4</b>	21,98	21,017	21,50	23,45	22,35	20,867	19,55
<b>Média 5</b>	19,85	16,85	19,967	18,133	17,10	16,60	21,567
<b>Média 6</b>		26,717	22,017	23,383	21,75	20,317	22,283
<b>Média 7</b>		25,80	26,96	23,98	22,66	26,20	22,14
<b>Média Geral</b>	<b>21,252</b>	<b>20,714</b>	<b>20,218</b>	<b>20,127</b>	<b>19,282</b>	<b>19,429</b>	<b>20,16</b>
<b>Variância</b>	1,912	19,419	15,336	12,596	8,036	15,302	4,116
<b>Desvio Padrão</b>	1,383	4,407	3,916	3,549	2,835	3,912	2,029

Obs.: Não existem valores para as médias 6 e 7, da concentração 0 ppm, pois as médias utilizadas para esta concentração provém do item IV.2 (Doses Refinadas) que foram em total de 5 (cinco).

O comportamento da altura em função da concentração de alginato irradiado está representado na figura 4.11.



**Figura 4.11:** Altura média em função da concentração (ppm) de alginato irradiado.

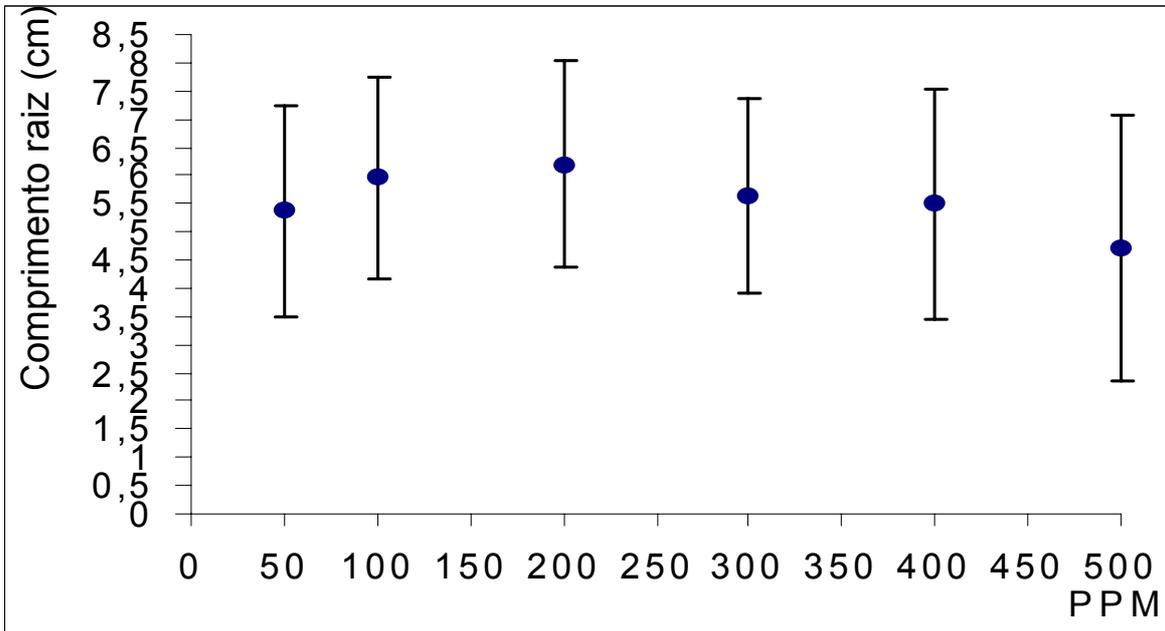
Os resultados obtidos para o comprimento da raiz estão na tabela 4.10. Nela não estão os valores referentes a concentração 0 ppm pois, o comprimento da raiz foi um novo parâmetro utilizado somente na comparação com o alginato não-irradiado.

**Tabela 4.10:** Análise da média dos comprimentos das raízes das plantas cujas sementes foram irradiadas com 75 Gy e cresceram em concentrações de 50; 100; 200; 300; 400 e 500 ppm de alginato irradiado.

Comprimento da raiz (cm)						
PPM	50	100	200	300	400	500
<b>Medição 1</b>	5,08	6,22	8,18	6,00	4,32	2,44
<b>Medição 2</b>	5,95	7,567	7,983	7,683	5,00	4,20
<b>Medição 3</b>	7,567	7,233	6,683	8,133	7,783	8,533
<b>Medição 4</b>	7,967	8,133	7,033	5,317	8,917	7,467
<b>Medição 5</b>	3,483	3,90	3,817	3,717	3,983	3,133
<b>Medição 6</b>	3,867	4,80	5,983	4,133	5,05	4,4
<b>Medição 7</b>	3,66	3,84	3,68	4,48	3,42	2,88
<b>Média Geral</b>	<b>5,368</b>	<b>5,956</b>	<b>6,194</b>	<b>5,638</b>	<b>5,496</b>	<b>4,722</b>
<b>Variância</b>	3,456	3,179	3,35	2,99	4,227	5,593
<b>Desvio Padrão</b>	1,859	1,783	1,83	1,729	2,056	2,365

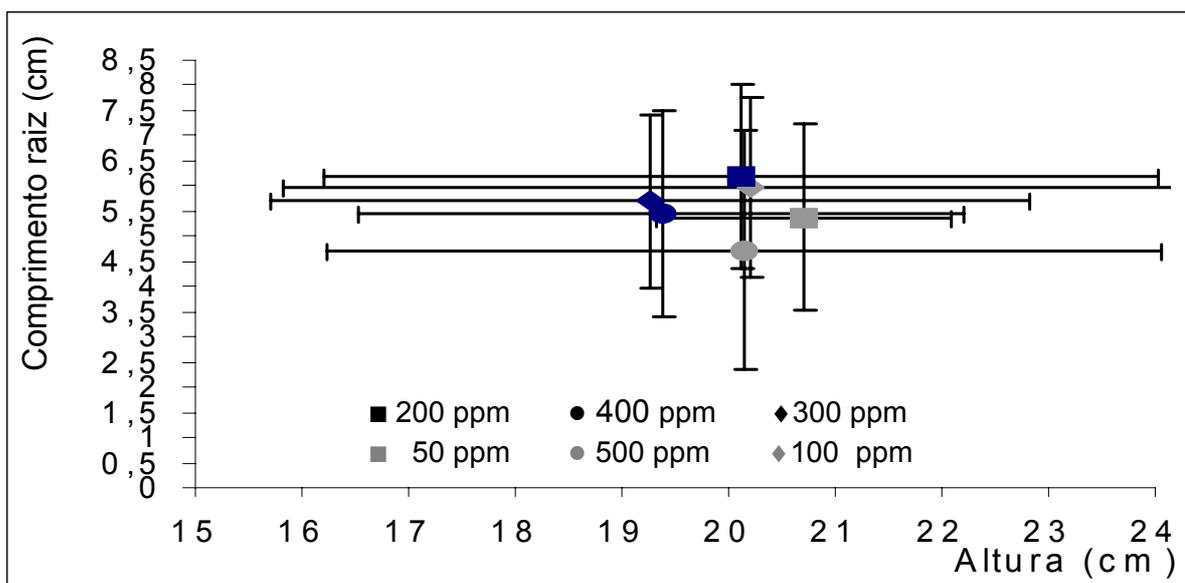
Obs.: Não existem valores para as médias 6 e 7, da concentração 0 ppm, pois as médias utilizadas para esta concentração provém do item IV.2 (Doses Refinadas) que foram em total de 5 (cinco).

A figura 4.12 mostra os resultados obtidos para o comprimento das raízes, em função da concentração de alginato irradiado.



**Figura 4.12:** Comprimento da raiz em função da concentração (ppm) de alginato irradiado.

A figura 4.13 mostra o comportamento da altura em função do comprimento das raízes das plantas que foram cultivadas com concentrações diferentes de alginato irradiado.



**Figura 4.13:** Altura em função do comprimento da raiz.

Pode-se observar, na figura 4.13, que as plantas cultivadas com as diferentes concentrações de alginato irradiado (50, 100, 200, 300, 400 e 500 ppm) também tiveram praticamente o mesmo desenvolvimento, de suas alturas em função de suas raízes. Portanto, também não existe diferença no tratamento entre essas concentrações de alginato irradiado.

#### **IV.5 – Análise Estatística**

A análise estatística foi feita através do programa SAS que utiliza o teste de Friedman, que é um método estatístico não-paramétrico de análise multivariada. Neste teste a hipótese a ser testada é a de que não há nenhuma diferença entre os efeitos de tratamentos contra a hipótese alternativa de que existe pelo menos um par de tratamentos diferentes entre si. Na análise, os resultados considerados significativamente iguais são representados com letras iguais e com letras diferentes quando significativamente diferentes.

O teste verificou se existe diferença significativa em relação à massa e a altura das plantas cujas sementes foram irradiadas com doses iniciais e com doses refinadas, das plantas cultivadas com alginato irradiado e não-irradiado e, ainda, se houve diferença entre as duas modalidades de alginato.

##### **IV.5.1 - Doses iniciais**

A tabela 4.11 mostra a média das alturas das plantas cujas sementes foram irradiadas com doses iniciais (0; 50; 100; 150; 250; 350 e 450 Gy).e o resultado da análise estatística realizada, representando por letras iguais os resultados

significativamente iguais e por letras diferentes os resultados significativamente diferentes.

**Tabela 4.11:** Resultado do teste estatístico para a altura das plantas irradiadas com doses iniciais.

<b>Média das alturas</b>		
<b>Dose (Gy)</b>	<b>Altura Média (cm)</b>	<b>Comparação</b>
<b>0</b>	17,93	a / c
<b>50</b>	18,78	a
<b>100</b>	17,50	a / c
<b>150</b>	14,97	a / c
<b>250</b>	10,89	c
<b>350</b>	6,79	b / c
<b>450</b>	6,11	b

Em relação à altura: as doses 0, 50, 100 e 150 Gy (representadas pela letra a) não promoveram diferença significativa em relação a altura, Isto significa que não existe diferença entre irradiar as sementes, com doses de até 150 Gy, ou não irradiá-las; as doses 0, 100, 150, 250 e 350 Gy (representadas pela letra c) também não promoveram diferença significativa e também não houve diferença significativa entre as doses de 350 e 450 Gy (representadas pela letra c), porém, considerando que não houve diferença entre as doses de 250 e 350 Gy, e que a diferença existe entre 250 e 450 Gy, é possível que doses maiores que 450 Gy prejudique o crescimento dessas plantas.

A tabela 4.12 mostra a média das massas dessas plantas e o resultado da análise estatística realizada.

**Tabela 4.12:** Resultado do teste estatístico para a massa das plantas irradiadas com doses iniciais.

<b>Média das Massas</b>		
<b>Dose (Gy)</b>	<b>Massa Média (mg)</b>	<b>Comparação</b>
<b>0</b>	98,61	a
<b>50</b>	102,41	a
<b>100</b>	109,81	a
<b>150</b>	117,43	a
<b>250</b>	110,36	a
<b>350</b>	135,16	a
<b>450</b>	135,71	a

Quanto à massa, não houve diferença estatística entre qualquer um dos tratamentos.

#### **IV.5.2 - Doses Refinadas**

A estatística foi realizada com as médias das alturas e das massas das plantas cujas sementes foram irradiadas com doses de 0; 25; 50; 75; 100; 125 e 150 Gy. A tabela 4.13 mostra a média das alturas o resultado da estatística.

**Tabela 4.13:** Estatística das alturas das plantas irradiadas com doses refinadas.

<b>Média das alturas</b>		
<b>Dose (Gy)</b>	<b>Altura Média (cm)</b>	<b>Comparação</b>
<b>0</b>	19,61	a / b
<b>25</b>	21,77	a
<b>50</b>	21,37	a
<b>75</b>	21,25	a
<b>100</b>	19,07	a / b
<b>125</b>	19,83	a
<b>150</b>	15,87	b

Em relação à altura: não houve diferença estatística entre as doses 0, 25, 50, 75, 100 e 125 Gy; não houve diferença significativa entre as doses 0, 100 e 150 Gy.

Portanto, podemos dizer que não existe diferença significativa entre os tratamentos realizados com essas doses.

A tabela 4.14 mostra a média das massas dessas plantas e o resultado da análise estatística realizada.

**Tabela 4.14:** Estatística das massas das plantas irradiadas com doses refinadas.

<b>Média das Massas</b>		
<b>Dose (Gy)</b>	<b>Massa Média (mg)</b>	<b>Comparação</b>
<b>0</b>	108,26	a
<b>25</b>	101,66	a
<b>50</b>	104,09	a
<b>75</b>	107,88	a
<b>100</b>	110,91	a
<b>125</b>	106,32	a
<b>150</b>	117,13	a

O tratamento estatístico mostra que, em relação à massa, também não houve diferença significativa entre as doses consideradas refinadas; o que está de acordo com o resultado estatístico obtido no item anterior já que as doses escolhidas para o refinamento são doses intermediárias às doses iniciais.

### **V.5.3 - Alginato Não-Irradiado**

A análise estatística foi realizada com as médias das alturas, das massas e do comprimento das raízes das plantas cujas sementes foram irradiadas com dose de 75 Gy e foram cultivadas com diferentes concentrações de alginato não-irradiado. A tabela 4.15 mostra a média das alturas e o resultado da estatística.

**Tabela 4.15:** Estatística das alturas das plantas cujas sementes foram irradiadas com dose de 75 Gy e foram cultivadas em concentrações de 50 à 500 ppm de alginato não-irradiado.

<b>Média das alturas (cm)</b>		
<b>Concentração (ppm)</b>	<b>Altura Média (cm)</b>	<b>Comparação</b>
<b>50</b>	23,42	a
<b>100</b>	23,05	a
<b>200</b>	21,77	a
<b>300</b>	21,91	a
<b>400</b>	23,50	a
<b>500</b>	22,60	a

De acordo com a análise, não existe diferença estatística no tratamento com estas concentrações de alginato não-irradiado.

A tabela 4.16 mostra a média das massas e a respectiva análise estatística.

**Tabela 4.16:** Estatística das massas das plantas cujas sementes foram irradiadas com dose de 75 Gy e foram cultivadas em concentrações de 50 à 500 ppm de alginato não-irradiado.

<b>Média das massas (mg)</b>		
<b>Concentração (ppm)</b>	<b>Massa Média (mg)</b>	<b>Comparação</b>
<b>50</b>	97,66	a
<b>100</b>	96,51	a
<b>200</b>	110,43	a
<b>300</b>	98,45	a
<b>400</b>	104,19	a
<b>500</b>	100,48	a

Também não houve diferença estatística em relação à massa.

A tabela 4.17 mostra a análise estatística feita para as médias dos comprimentos das raízes.

**Tabela 4.17:** Estatística do comprimento das raízes das plantas cujas sementes foram irradiadas com dose de 75 Gy e foram cultivadas em concentrações de 50 à 500 ppm de alginato não-irradiado.

<b>Média do comprimento das raízes (cm)</b>		
<b>Concentração (ppm)</b>	<b>Comprimento (cm)</b>	<b>Comparação</b>
<b>50</b>	3,99	a
<b>100</b>	4,66	a
<b>200</b>	4,70	a
<b>300</b>	4,33	a
<b>400</b>	4,40	a
<b>500</b>	4,51	a

De acordo com a estatística, não houve diferença significativa.

#### **IV.5.4 - Alginato Irradiado**

Foi realizada a estatística com as medidas das médias das alturas, das massas e do comprimento das raízes das plantas cujas sementes foram irradiadas com dose de 75 Gy e foram cultivadas com diferentes concentrações de alginato irradiado. A tabela 4.18 Estatísticas obtidas para as diferentes concentrações de alginato irradiado.

**Tabela 4.18:** Estatística das alturas das plantas cujas sementes foram irradiadas com dose de 75 Gy e foram cultivadas em concentrações de 50 à 500 ppm de alginato irradiado.

<b>Média das alturas (cm)</b>		
<b>Concentração (ppm)</b>	<b>Altura Média (cm)</b>	<b>Comparação</b>
<b>50</b>	20,71	a
<b>100</b>	20,22	a
<b>200</b>	20,13	a
<b>300</b>	19,28	a
<b>400</b>	19,43	a
<b>500</b>	20,16	a

De acordo com a estatística, não houve diferença significativa, em relação à massa, no tratamento com alginato irradiado.

A tabela 4.19 mostra a análise estatística realizada para a média das massas.

**Tabela 4.19:** Estatística das massas das plantas cujas sementes foram irradiadas com dose de 75 Gy e foram cultivadas em concentrações de 50 à 500 ppm de alginato irradiado.

<b>Média das massas (mg)</b>		
<b>Concentração (ppm)</b>	<b>Massa Média (mg)</b>	<b>Comparação</b>
<b>50</b>	115,96	a
<b>100</b>	114,98	a
<b>200</b>	118,48	a
<b>300</b>	117,35	a
<b>400</b>	120,08	a
<b>500</b>	123,79	a

Em relação à massa, também não houve diferença significativa.

A tabela 4.16 mostra a estatística realizada para a média do comprimento das raízes.

**Tabela 4.20:** Estatística do comprimento das raízes das plantas cujas sementes foram irradiadas com dose de 75 Gy e foram cultivadas em concentrações de 50 à 500 ppm de alginato irradiado.

<b>Média do comprimento das raízes (cm)</b>		
<b>Concentração (ppm)</b>	<b>Comprimento (cm)</b>	<b>Comparação</b>
<b>50</b>	5,37	a
<b>100</b>	5,96	a
<b>200</b>	6,19	a
<b>300</b>	5,58	a
<b>400</b>	5,50	a
<b>500</b>	4,72	a

Também não houve diferença estatística.

#### IV.5.5 – Avaliação entre as duas amostras (alginato não-irradiado e irradiado)

Este teste foi realizado para comparar a eficiência entre as duas amostras de alginato. O teste foi feito comparando-se os resultados referentes a mesma concentração das duas qualidades de alginato para massa, altura e comprimento da raiz.

A tabela 4.21 mostra a comparação estatística entre o tratamento com alginato irradiado e alginato não-irradiado, em relação à altura das plantas.

**Tabela 4.21:** Comparação entre os efeitos do alginato irradiado (AI) e não-irradiado (ANI), tendo como parâmetro a altura.

<b>AI × ANI: altura</b>	
<b>PPM</b>	<b>Resultado</b>
<b>50</b>	Não significativo
<b>100</b>	Não significativo
<b>200</b>	Não significativo
<b>300</b>	Não significativo
<b>400</b>	<b>Significativo em 5%</b>
<b>500</b>	Não significativo

De acordo com a estatística realizada houve diferença significativa, em relação à altura, em nível de 5 % (cinco por cento) no tratamento realizado com concentração de 400 ppm.

A tabela 4.22 mostra a comparação estatística entre o tratamento com alginato irradiado e alginato não-irradiado, em relação à massa das plantas.

**Tabela 4.22:** Comparação entre os efeitos do alginato irradiado (AI) e não-irradiado (ANI), tendo como parâmetro a massa.

<b>AI × ANI: massa</b>	
<b>PPM</b>	<b>Resultado</b>
<b>50</b>	Não significativo
<b>100</b>	Não significativo
<b>200</b>	Não significativo
<b>300</b>	Não significativo
<b>400</b>	<b>Significativo em 5%</b>
<b>500</b>	<b>Significativo em 5%</b>

Houve diferença significativa, em relação à massa, em nível de 5 % (cinco por cento) no tratamento realizado com concentração de 400 e 500 ppm.

A tabela 4.23 mostra a comparação estatística entre o tratamento com alginato irradiado e alginato não-irradiado, em relação ao comprimento das raízes das plantas.

**Tabela 4.23:** Comparação entre os efeitos do alginato irradiado (AI) e não-irradiado (ANI), tendo como parâmetro o comprimento das raízes.

<b>AI × ANI: comprimento da raiz</b>	
<b>PPM</b>	<b>Resultado</b>
<b>50</b>	Não significativo
<b>100</b>	Não significativo
<b>200</b>	Não significativo
<b>300</b>	Não significativo
<b>400</b>	Não significativo
<b>500</b>	Não significativo

Em relação ao comprimento das raízes, também não houve diferença significativa entre nenhum dos tratamentos. Com isso, conclui-se que comprimento da raiz não é um bom parâmetro de comparação para o desenvolvimento das plantas.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSÕES E SUGESTÕES

---

Neste trabalho mostrou-se a utilização da radiação na agricultura; em particular no crescimento de sementes de feijão preto. As plantas foram cultivadas por um período de 14 (quatorze) dias num sistema hidropônico montado em laboratório (LIN – Laboratório de Instrumentação Nuclear – COPPE/ UFRJ).

#### **V.1 – Conclusões**

De acordo com os resultados, a conclusão deste trabalho pode ser dividida em cinco partes:

- Influências da radiação de baixas doses no crescimento de sementes;
- Influências das doses mais altas de radiação no crescimento de sementes;
- Influência do alginato não-irradiado no crescimento de sementes;
- Influência alginato irradiado no crescimento de sementes;
- Análise comparativa entre as duas amostras de alginato.

#### **V.1.1 – Influência da radiação de baixas doses no crescimento de sementes**

Acredita-se que aplicando baixas doses de radiação em sementes o seu crescimento seria estimulado (conforme exposto no item II.2.3) e que as plantas cresceriam mais fortes e mais resistentes.

Através dos testes realizados foi observado que as baixas doses de radiação não promoveram um maior crescimento nestas sementes. As plantas cujas

sementes foram irradiadas com baixas doses tiveram uma média de crescimento, e uma massa seca, bem próxima das plantas cujas sementes não foram irradiadas (item IV.2).

Este fato pode ser observado pela estatística obtida no item IV.5.2, onde as sementes não irradiadas não tiveram um crescimento significativo. Portanto, não há diferença entre irradiar as sementes com estas doses e não irradiá-las.

### **V.1.2 – Influência da radiação de altas doses no crescimento de sementes**

No caso de doses mais altas de radiação aplicadas à sementes, as referências mostram que tais doses retardam o seu crescimento e podem até esterilizar as sementes (item II.2.2.1).

As doses mais altas de radiação utilizadas neste trabalho foram 350 e 450 Gy (item IV.1 – Doses iniciais). A partir dos resultados obtidos nesta seção podemos observar (item IV.5.1) que existe diferença entre as duas doses distintas: 50 Gy e 450 Gy. Portanto, é possível concluir que a partir de 450Gy as sementes têm sua germinação comprometida ou até tornam-se estéreis.

### **V.1.3 – Influência do alginato não-irradiado no crescimento de plantas**

Na seção II.4 vimos as propriedades do alginato; uma delas é que este material comporta-se como acelerador de crescimento de plantas.

Na estatística realizada na seção IV.5.3 vimos que não existe diferença no crescimento, quando utilizamos aquelas concentrações. Portanto, podemos concluir, quanto aos efeitos da utilização do alginato não-irradiado neste experimento, que:

- O alginato não-irradiado não promove um maior crescimento em sementes (de feijão preto);
- O alginato não-irradiado faz efeito, a partir de concentrações maiores que 500 ppm aplicadas a 700 ml de solução hidropônica;

#### **V.4 – Influência do alginato irradiado no crescimento de plantas;**

Uma característica do alginato degradado por radiação é a de provocar um aumento do número de células das plantas (seção II.5).

A seção IV.5.3 mostra que também não existe diferença no crescimento, quando utilizamos aquelas concentrações. Portanto, sobre os efeitos da utilização do alginato irradiado podemos obter as mesmas conclusões citadas na seção anterior.

#### **V.1.5 – Análise comparativa entre as duas amostras de alginato**

Dentro da mesma concentração, comparando-se os resultados referentes as duas amostras de alginato, irradiado e não-irradiado (seção IV.5.5), podemos notar que existe uma concentração que torna a comparação significativamente diferente ao nível de 5% (cinco por cento). Portanto, podemos concluir que existe diferença entre a utilização dessas duas qualidades de alginato para a concentração de 400 ppm.

## V.2 – Sugestões

A seguir apresenta-se algumas sugestões de estudos que podem ser levados adiante e dão continuidade ao trabalho realizado, em relação às modalidades de alginato:

1) Para verificar se as duas modalidades de alginato promovem um maior crescimento em plantas, seria necessário que se utilizasse concentrações maiores que 500 ppm nos 700 ml de solução hidropônica.

2) Para verificar se o alginato (irradiado e não-irradiado) apenas acelera a germinação da semente, seria necessário que se cultivasse algumas sementes em solução pura pelo mesmo período de 14 (quatorze) dias e outras em solução com várias concentrações alginato por períodos menores que este. Por fim seria utilizado o teste de Friedman para verificação de diferença significativa.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- [1] PARSONS, P. A., “Radiation Hormesis: an Evolutionary Expectation and the Evidence”, *Appl. Radiat. Isot.*, v. 41, n. 9, pp. 857 – 860, 1990.
- [2] SAGAN, L. A., “Radiation hormesis: evidence for radiation stimulation and speculation speculation regarding mechanisms”, *Radiation Physics Chemistry*, v. 37, n. 2, pp. 313 – 317, 1991.
- [3] CALABRESE, E. J., “Hormesis: changing view of the dose-response, a personal account of the history and current status”, *Mutation Research*, v. 511, pp. 181 – 189, 2002.
- [4] CALABRESE, E. J., Baldwin, L. A., “Radiation hormesis: Its historical foundations as biological hypotesis”. Disponível na INTERNET via [www.belleonline.com/n2v82.html](http://www.belleonline.com/n2v82.html). Arquivo consultado em 2004.
- [5] YAMADA, M., “On the effect of Roentgen rays upon seeds of *Oryza sativa*”, *Journal of the College of Agriculture*, v. 8, n. 2, Tokyo, 1917.
- [6] NAKAMURA, S., “Comparative experiments of the effect of X rays”, *Journal of the College of Agriculture*, v. 8, n. 2, Tokyo, 1923.
- [7] SIERP, A., ROBBERS, F., “Über die Wirkung der Rontgenstrahlen auf das Wachsum der Pflanzen”, *Strahlentherapie*, v. 14, n. 3, pp. 538 – 557, 1923.
- [8] KOMURO, H., “Studies in the effect of Rontgen rays upon the germination of *Vicia faba*”, *Journal of the College of Agriculture*, v. 8. pp. 253 – 292, Tokyo, 1923.
- [9] KOMURO, H., “Studies in the effect of Rontgen rays upon the germination of *Oryza sativa*”, *Botanical Magazine*, v. 38, pp. 1 – 21, Tokyo, 1924.

- [10] SAEKI, H., “Studies on the effects of X-ray radiation upon germination, growth and yield of rice plants”, *Journal of the Society of Tropical Agriculture*, v. 8, pp. 28 – 38, Taiwan, 1936.
- [11] Tahuata, L, et.al., “Radioproteção e Dosimetria: Fundamentos”, IRD-CNEN, 2003
- [12] IF/UFRJ – Instituto de Física UFRJ, “Radiações Ionizantes”, Disponível na INTERNET via <http://www.if.ufrj.br/teaching/radioatividade/reion.html>. Arquivo consultado em 2005.
- [13] knoll, G. F., “Radiation Detection and Measurements”, 3 ed, 1999.
- [14] CENA/USP - Centro de Energia Nuclear na Agricultura USP, “Irradiação de alimentos”, Disponível na INTERNET via <http://www.cena.usp.br/irradiacao/irradia%C3%A7aoalimentos.htm>. Arquivo consultado em 2004.
- [15] DOUGLAS, J. S., *Hidroponia, Cultura sem Terra*, 6 ed., São Paulo, SP, Nobel, 1987.
- [16] TEIXEIRA, N. T., *Hidroponia: uma alternativa para pequenas áreas*, 1 ed., Guaíba,RS, Agropecuária, 1996.
- [17] CENA/USP - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP, “Efeitos da Irradiação nos alimentos. Disponível na INTERNET via <http://www.cena.usp.br/irradiacao/efeitos.htm>. Arquivo consultado em 2004.
- [18] “Aplicações da Energia Nuclear”, Disponível na Internet via <http://quimica.fe.usp.br/graduacao/edm431e2/julia/aula8.html#agricultura>. Arquivo consultado em 2004.
- [19] “Aplicação da radiação na agricultura”, Disponível na INTERNET via [http://geocities.yahoo.com.br/radioativa\\_br/pagina7.htm](http://geocities.yahoo.com.br/radioativa_br/pagina7.htm). Arquivo consultado em 2004.

- [20] CENA/USP - Centro de Energia Nuclear na Agricultura USP, "Princípios da irradiação", Disponível na INTERNET na <http://www.cena.usp.br/irradiacao/principios.htm>. Arquivo consultado em 2005.
- [21] ZAKA, R., Chenal, C., Misset, M. T., "Effects of low doses of short-term gamma irradiation on growth and development through two generations of *Pisum sativum*", *Science of the Total Environment*, v. 320, pp. 121 – 129, 2004.
- [22] PUNTARULO, S., SANCHES, R. A., BOVERIS, A. "Hidrogen peroxide metabolism in soybean embryonic axes at the onset of germination", *Pl. Physiology*, v. 86, pp. 626 – 630, 1988.
- [23] MOON, J. W., "Theoretical physiological basis for radiation hormesis", *In: Conference on Radiation Hormesis*, pp. 14 – 16, Oakland, California, August 1985.
- [24] VERMA, S. P., "Low levels of irradiation modify lipid domains in model membranes", *Radiation Res.*, v. 107, pp. 183 – 193.
- [25] SHEPPARD, S. C., HAWKINS, J. L., "Radiation Hormesis of seedlings and seeds, simply elusive or an artifact?", *Environmental and Experimental Botany*, v. 30, n. 1, pp. 17 – 25, 1990.
- [26] "Carboidratos". Disponível na INTERNET via <http://www.usu.br/biog/carboidratos.htm>. Arquivo consultado em 2004.
- [27] "Monossacarídeos". Disponível na INTERNET via <http://www.fcav.unesp.br/lbmp/CARB%20MONOS.htm>. Arquivo consultado em 2004.
- [28] "Polissacarídeos". Disponível na INTERNET via <http://www.fcav.unesp.br/lbmp/CARB%20DI%20E%20POLISSAC.htm>. Arquivo consultado em 2004.em

- [29] HIEN, N. Q., NAGASAWA, N., THAM, L. X., et al., "Growth-promotion of plants with depolymerized alginates by irradiation", *Radiation Physics and Chemistry*, v. 59, pp. 97 – 101, 2000.
- [30] GACESA, P., "Alginates", *Carbohydrate Polymers*, v. 8, pp. 161-182, 1987.
- [31] YONEMOTO, Y., TANAKA, H., YAMASHITA, T., et al., "Promotion of Germination and Shoot Elongation of Some Plants by Alginate Oligomers Prepared with Bacterial Alginate Lyase", *Journal of Fermentation and Bioengineering* v. 75, n. 1, pp. 68 – 70, 1993.
- [32] NAGASAWA, N., MITOMO, H., YOSHII, F., et al., "Radiation-induced degradation of sodium alginate", *Polymer Degradation and Stability*, v. 69, pp. 279 – 285, 2000.
- [33] ETTARH, R., "Common descriptive and analytical statistics in investigative studies", The College of Radiographers, pp. 299 – 302, 2004.
- [34] CAMPOS, G. M., "Estatística Prática para Docentes e Pós-Graduandos: A escolha do teste mais adequado". Disponível na INTERNET via [www.fap.usp.br/restauradora/gmc/gmc\\_livro/gmc\\_livro\\_cap14.html](http://www.fap.usp.br/restauradora/gmc/gmc_livro/gmc_livro_cap14.html). Arquivo consultado em 2005.
- [35] PONTES, A. C. F., "Obtenção dos níveis de significância para os testes de Kruskal-Wallis, Friedman e comparações múltiplas não-paramétricas", Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba, SP, 2000.

## APÊNDICE A

---

Neste apêndice estão as tabelas que contêm as medidas das alturas e das massas de cada planta, em função da dose, em cada um dos cinco experimentos realizados com as sementes irradiadas com as doses de 0, 50, 100, 150, 250, 350 e 450 Gy.

Os recipientes utilizados em cada experimento poderiam acondicionar até seis plantas. Como em alguns experimentos não ocorreram todas as germinações previstas, as médias obtidas para massa e altura foram calculadas com as plantas existentes. Nas tabelas, os experimentos em que não houve germinação estão representadas por traços.

Tabela A.1: 1ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>							
<b>Doses (Gy)</b>	0	50	100	150	250	350	450
<b>Massa (mg)</b>	482,1	499,9	407,1	592,4	297,7	700,4	91,9
<b>Massa média (mg)</b>	<b>80,35</b>	<b>83,32</b>	<b>101,78</b>	<b>98,73</b>	<b>59,54</b>	<b>116,73</b>	<b>91,90</b>

Tabela A.2: 1ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>							
<b>Gy</b>	0	50	100	150	250	350	450
<b>Planta 1</b>	12,2	10	17,7	13,4	4,8	3,9	6,9
<b>Planta 2</b>	11,7	15,8	20,4	16,7	6,3	4,2	----
<b>Planta 3</b>	12,2	16,3	21,5	10	6,3	4,1	----
<b>Planta 4</b>	13,0	13,5	19,2	12,5	4	4,6	----
<b>Planta 5</b>	11,5	11,4	----	8,5	1	4,7	----
<b>Planta 6</b>	9,2	16,8	----	6,8	----	5,5	----
<b>Média</b>	<b>11,63</b>	<b>13,97</b>	<b>19,70</b>	<b>11,32</b>	<b>4,48</b>	<b>4,50</b>	<b>6,90</b>
<b>Variância</b>	1,69	7,87	2,66	12,96	4,77	0,33	----
<b>Desvio Padrão</b>	1,30	2,81	1,63	3,60	2,18	0,58	----

Tabela A.3: 2ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>							
<b>Doses (Gy)</b>	0	50	100	150	250	350	450
<b>Massa (mg)</b>	528,2	586,6	534,1	495,7	445,1	714,2	730,9
<b>Massa média (mg)</b>	<b>88,03</b>	<b>97,77</b>	<b>106,82</b>	<b>123,93</b>	<b>111,28</b>	<b>119,03</b>	<b>121,82</b>

Tabela A.4: 2ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>							
<b>Gy</b>	0	50	100	150	250	350	450
<b>Planta 1</b>	14,3	21,1	13,5	12,5	6,5	13,0	6,2
<b>Planta 2</b>	13,4	18,0	12,9	7,5	5,0	5,0	4,0
<b>Planta 3</b>	14,9	17,0	13,3	10,5	7,6	5,5	4,8
<b>Planta 4</b>	13,5	17,2	11,0	13,5	8,6	9,2	7,1
<b>Planta 5</b>	15,0	14,1	7,6	----	----	11,5	5,9
<b>Planta 6</b>	12,0	14,6	-----	----	----	13,5	7,7
<b>Média</b>	<b>13,85</b>	<b>17,00</b>	<b>11,66</b>	<b>11,00</b>	<b>6,93</b>	<b>9,62</b>	<b>5,95</b>
<b>Variância</b>	1,28	6,40	4,91	4,20	1,43	13,70	1,92
<b>Desvio Padrão</b>	1,13	2,48	4,12	3,68	1,39	11,03	1,90

Tabela A.5: 3ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>							
<b>Doses (Gy)</b>	0	50	100	150	250	350	450
<b>Massa (mg)</b>	742,5	604	706,1	508,9	821	876,4	1002,7
<b>Massa média (mg)</b>	<b>123,75</b>	<b>100,67</b>	<b>117,68</b>	<b>127,23</b>	<b>136,83</b>	<b>146,07</b>	<b>167,12</b>

Tabela A.6: 3ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>							
<b>Gy</b>	0	50	100	150	250	350	450
<b>Planta 1</b>	25,7	20,2	17	22	29,6	13,5	4,6
<b>Planta 2</b>	24	21	23,9	14	18,5	9,2	4
<b>Planta 3</b>	21,6	17	17,5	14	25	4,8	9,5
<b>Planta 4</b>	18,5	23,4	25	4,5	19,1	3,7	4
<b>Planta 5</b>	17,9	27,8	21	----	7,5	5,1	5
<b>Planta 6</b>	14	21,3	25	----	12,8	5	6,5
<b>Média</b>	<b>20,28</b>	<b>21,78</b>	<b>21,57</b>	<b>13,63</b>	<b>18,75</b>	<b>6,88</b>	<b>5,60</b>
<b>Variância</b>	18,65	13,01	13,35	30,74	63,79	14,07	4,5
<b>Desvio Padrão</b>	4,32	12,42	8,48	14,37	36,32	3,85	2,12

Tabela A.7: 4ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>							
<b>Doses (Gy)</b>	0	50	100	150	250	350	450
<b>Massa (mg)</b>	500,3	751,8	677,8	706,5	816,7	872,6	627,4
<b>Massa média (mg)</b>	<b>100,06</b>	<b>125,30</b>	<b>112,97</b>	<b>117,75</b>	<b>136,12</b>	<b>145,43</b>	<b>156,85</b>

Tabela A.8: 4ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>							
<b>Gy</b>	0	50	100	150	250	350	450
<b>Planta 1</b>	19,4	22,7	19,4	15,5	13,8	3,9	4,4
<b>Planta 2</b>	20,2	20,3	14,2	14,9	13,7	8,1	4,6
<b>Planta 3</b>	21,8	11,6	16	21,9	12,8	5,4	8,6
<b>Planta 4</b>	14,7	21,1	16,3	14,8	6,7	5,2	6,8
<b>Planta 5</b>	18	16,5	23	17,5	7,8	10,3	----
<b>Planta 6</b>	----	11,8	13,4	16,3	9,8	4,8	----
<b>Média</b>	<b>18,82</b>	<b>17,33</b>	<b>17,05</b>	<b>16,82</b>	<b>10,77</b>	<b>6,28</b>	<b>6,10</b>
<b>Variância</b>	5,75	16,05	12,81	7,21	9,65	5,85	2,38
<b>Desvio Padrão</b>	2,40	11,44	11,52	6,82	7,50	4,59	1,70

Tabela A.9: 5ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>							
<b>Doses (Gy)</b>	0	50	100	150	250	350	450
<b>Massa (mg)</b>	403,5	629,9	-----	717,1	648,3	891,2	845,3
<b>Massa média (mg)</b>	<b>100,88</b>	<b>104,98</b>	-----	<b>119,52</b>	<b>108,05</b>	<b>148,53</b>	<b>140,88</b>

Tabela A.10: 5ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>							
<b>Gy</b>	0	50	100	150	250	350	450
<b>Planta 1</b>	28,8	22,3	----	24,4	18	9,7	7,8
<b>Planta 2</b>	30,5	22,9	----	16,8	17,3	10,1	5
<b>Planta 3</b>	20,5	25,9	----	28,1	15,4	4,8	9,3
<b>Planta 4</b>	20,5	23,6	----	22,3	20,6	5,2	4,4
<b>Planta 5</b>	----	20,5	----	19,7	5,3	4,9	5
<b>Planta 6</b>	----	27,8	----	21,2	4,6	5,2	4,4
<b>Média</b>	<b>25,08</b>	<b>23,83</b>	----	<b>22,08</b>	<b>13,53</b>	<b>6,65</b>	<b>5,98</b>
<b>Variância</b>	17,03	6,88	----	15,20	47,03	6,38	4,25
<b>Desvio Padrão</b>	4,13	6,33	----	13,95	42,38	4,21	3,48

## APÊNDICE B

Neste apêndice estão as tabelas que contêm as medidas das alturas e das massas de cada planta, em cada um dos cinco experimentos realizados com as sementes irradiadas com as doses refinadas de 0, 25, 50, 75, 100, 125 e 150 Gy.

Os recipientes utilizados em cada experimento poderiam acondicionar até seis plantas. Como em alguns experimentos não ocorreram todas as germinações previstas, as médias obtidas para massa e altura foram calculadas com as plantas existentes. Nas tabelas, os experimentos em que não houve germinação estão representadas por traços.

Tabela B.1: 1ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>							
<b>Doses (Gy)</b>	0	25	50	75	100	125	150
<b>Massa (mg)</b>	405,5	524,4	640,5	689,8	570,2	591,6	767,5
<b>Massa média (mg)</b>	<b>135,17</b>	<b>104,88</b>	<b>106,75</b>	<b>114,97</b>	<b>114,04</b>	<b>98,60</b>	<b>127,92</b>

Tabela B.2: 1ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>							
<b>Gy</b>	0	25	50	75	100	125	150
<b>Planta 1</b>	21,3	24,6	24,9	21,1	18,7	12,9	20,2
<b>Planta 2</b>	22,3	25,3	27,9	25,8	19,5	22,4	17,3
<b>Planta 3</b>	17,3	16,5	18,9	20,2	18,2	21,7	8,4
<b>Planta 4</b>	----	25,3	20,9	19,7	25,1	18,6	11,4
<b>Planta 5</b>	----	26,5	23,6	22,9	17,1	32,2	13,3
<b>Planta 6</b>	----	----	11,7	14,2	----	24,2	13,7
<b>Média</b>	<b>20,30</b>	<b>23,64</b>	<b>21,32</b>	<b>20,65</b>	<b>19,72</b>	<b>22,00</b>	<b>14,05</b>
<b>Variância</b>	2,8	13,12	31,98	14,90	7,84	40,7	17,60
<b>Desvio Padrão</b>	1,67	3,62	5,65	3,86	2,80	6,38	4,20

Tabela B.3: 2ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>							
<b>Doses (Gy)</b>	0	25	50	75	100	125	150
<b>Massa (mg)</b>	269,2	564,8	569,4	575,3	621,5	567,7	280
<b>Massa média (mg)</b>	<b>89,73</b>	<b>94,13</b>	<b>94,9</b>	<b>115,06</b>	<b>103,58</b>	<b>94,61</b>	<b>93,33</b>

Tabela B.4: 2ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>							
<b>Gy</b>	0	25	50	75	100	125	150
<b>Planta 1</b>	22,9	25,5	18,1	27,7	32,8	29,6	16,6
<b>Planta 2</b>	20,8	23,9	38,8	21,1	25,2	30	20,3
<b>Planta 3</b>	23,5	21,3	16,5	24,3	21,4	22,3	10,9
<b>Planta 4</b>	----	26,1	21,5	20,7	25,4	23,3	----
<b>Planta 5</b>	----	17,4	23,2	22,7	25,3	17,6	----
<b>Planta 6</b>	----	16,8	21,1	----	20,5	12,6	----
<b>Média</b>	<b>22,40</b>	<b>21,83</b>	<b>23,20</b>	<b>23,30</b>	<b>25,10</b>	<b>22,67</b>	<b>15,93</b>
<b>Variância</b>	0,80	16,24	64,31	6,46	18,86	45,87	8,97
<b>Desvio Padrão</b>	0,90	4,03	8,02	2,54	4,34	6,77	2,99

Tabela B.5: 3ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>							
<b>Doses (Gy)</b>	0	25	50	75	100	125	150
<b>Massa (mg)</b>	691,4	579	689,2	585,4	654,3	654,4	758
<b>Massa média (mg)</b>	<b>115,23</b>	<b>96,50</b>	<b>114,87</b>	<b>97,57</b>	<b>109,05</b>	<b>109,07</b>	<b>126,33</b>

Tabela B.6: 3ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>							
<b>Gy</b>	0	25	50	75	100	125	150
<b>Planta 1</b>	13,8	20,3	16,1	21,9	21,4	24,3	14,8
<b>Planta 2</b>	17,3	25,3	26	18,8	12,5	16,3	12,9
<b>Planta 3</b>	15,9	21,1	20,4	18,1	22,7	25,5	16,7
<b>Planta 4</b>	13,7	20,2	21,2	24,1	14,7	18	13,5
<b>Planta 5</b>	17,9	19,7	6,5	19,4	19,9	10,9	10,8
<b>Planta 6</b>	22,6	19,4	21	20,6	14,9	18,5	24,3
<b>Média</b>	<b>16,87</b>	<b>21,00</b>	<b>18,53</b>	<b>20,48</b>	<b>17,68</b>	<b>18,92</b>	<b>15,50</b>
<b>Variância</b>	10,90	4,78	44,63	4,96	17,48	28,89	22,44
<b>Desvio Padrão</b>	3,30	2,19	6,68	2,23	4,18	5,37	4,74

Tabela B.7: 4ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>							
<b>Doses (Gy)</b>	0	25	50	75	100	125	150
<b>Massa (mg)</b>	644,2	612,4	599,8	630,8	693,6	643,5	714,4
<b>Massa média (mg)</b>	<b>107,37</b>	<b>102,07</b>	<b>99,97</b>	<b>105,13</b>	<b>115,6</b>	<b>107,25</b>	<b>119,07</b>

Tabela B.8: 4ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>							
<b>Gy</b>	0	25	50	75	100	125	150
<b>Planta 1</b>	13,5	23,9	23,2	15,8	17,7	23,1	21,5
<b>Planta 2</b>	26	23,9	23,6	25,1	19,9	16,5	21,2
<b>Planta 3</b>	23,5	24,4	20,0	24,4	20,5	18,4	20,1
<b>Planta 4</b>	19,9	15,1	24,8	20,2	19,5	15,9	15,3
<b>Planta 5</b>	18,4	14,4	23,3	23	19,9	16,7	15,2
<b>Planta 6</b>	18,5	21,7	18	23,4	20,5	7,3	10,2
<b>Média</b>	<b>19,97</b>	<b>20,57</b>	<b>22,15</b>	<b>21,98</b>	<b>19,67</b>	<b>16,32</b>	<b>17,25</b>
<b>Variância</b>	19,06	21,22	6,68	12,00	1,08	26,40	19,90
<b>Desvio Padrão</b>	4,37	4,61	2,58	3,46	1,04	5,14	4,46

Tabela B.9: 5ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>							
<b>Doses (Gy)</b>	0	25	50	75	100	125	150
<b>Massa (mg)</b>	469,1	664,2	623,8	640,1	336,8	732,5	714,1
<b>Massa média (mg)</b>	<b>93,82</b>	<b>110,7</b>	<b>103,97</b>	<b>106,68</b>	<b>112,26</b>	<b>122,08</b>	<b>119,02</b>

Tabela B.10: 5ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>							
<b>Gy</b>	0	25	50	75	100	125	150
<b>Planta 1</b>	18,3	22,9	17,6	19,7	17,8	18,5	14,1
<b>Planta 2</b>	28	21,5	21,5	19,1	11,8	13,1	27
<b>Planta 3</b>	17,7	24,7	24,4	23,2	9,9	16,5	23
<b>Planta 4</b>	15,1	25,8	20,4	21,3	----	20,9	9,4
<b>Planta 5</b>	13,4	20,5	25,4	18,6	----	18,3	12
<b>Planta 6</b>	----	15,6	20,5	17,2	----	13,3	14,3
<b>Média</b>	<b>18,50</b>	<b>21,83</b>	<b>21,63</b>	<b>19,85</b>	<b>13,17</b>	<b>19,26</b>	<b>16,63</b>
<b>Variância</b>	25,70	13,17	8,19	4,49	6,80	9,59	46,73
<b>Desvio Padrão</b>	5,07	3,63	2,86	2,12	2,61	3,10	6,84

## APÊNDICE C

---

Neste apêndice estão as tabelas contendo as medidas das alturas, das massas e do comprimento das raízes de cada planta, referente aos sete experimentos, cujas sementes foram irradiadas com 75 Gy e cresceram em concentrações de 50; 100; 200; 300; 400 e 500 ppm de alginato não-irradiado.

Os recipientes utilizados em cada experimento poderiam acondicionar até seis plantas. Como em alguns experimentos não ocorreram todas as germinações previstas, as médias obtidas para massa e altura foram calculadas com as plantas existentes. Nas tabelas, os experimentos em que não houve germinação estão representadas por traços.

Tabela C.1: 1ª medição das massas das plantas

<b>Massa (mg)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Massa (mg)</b>	628,6	701,6	665,8	679,5	624,3	685,9
<b>Massa média (mg)</b>	<b>104,77</b>	<b>116,93</b>	<b>110,97</b>	<b>113,25</b>	<b>104,05</b>	<b>114,32</b>

Tabela C.2: 1ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	29,8	28,4	21,5	24,6	28,2	23,7
<b>Planta 2</b>	29,2	22,2	18,9	25	23	31
<b>Planta 3</b>	28,3	19,4	22,7	29,6	19,2	25,4
<b>Planta 4</b>	26,3	22,5	19,6	29,7	21,8	19,8
<b>Planta 5</b>	17,7	18,5	28	18,6	21,7	28,3
<b>Planta 6</b>	19,7	24,1	28,4	18,1	21	28
<b>Média</b>	<b>25,17</b>	<b>22,52</b>	<b>23,18</b>	<b>24,27</b>	<b>22,48</b>	<b>26,03</b>
<b>Variância</b>	26,89	12,61	16,93	25,75	9,4	15,67
<b>Desvio Padrão</b>	5,19	3,55	4,12	5,07	3,07	3,96

Tabela C.3: 1ª medição do comprimento das raízes.

<b>Comprimento da raiz (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	0,8	4,3	6,2	4,7	4,8	3,4
<b>Planta 2</b>	4	2,7	6,3	5,7	8,4	5,7
<b>Planta 3</b>	4,3	7	4,4	4,1	4,9	3,4
<b>Planta 4</b>	5,2	7,2	5,5	5,2	3,3	4,9
<b>Planta 5</b>	6,4	6,1	4,2	6,9	4,3	5,9
<b>Planta 6</b>	4,3	3,3	5,7	5,9	3,2	5,5
<b>Média</b>	4,167	5,1	5,383	5,417	4,817	4,8
<b>Variância</b>	3,491	3,732	0,798	0,962	3,606	1,288
<b>Desvio Padrão</b>	1,868	1,931839	0,893	0,98	1,899	1,135

Tabela C.4: 2ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Massa (mg)</b>	531,0	624,8	683,2	580,3	691,5	702,3
<b>Massa média (mg)</b>	<b>106,2</b>	<b>104,13</b>	<b>113,87</b>	<b>96,72</b>	<b>115,25</b>	<b>117,05</b>

Tabela C.5: 2ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	25,5	30,2	26,6	25,4	22,6	25,5
<b>Planta 2</b>	25,7	28,4	24,9	24,7	24,3	16,3
<b>Planta 3</b>	23	24,4	29,5	23,6	22,5	26,8
<b>Planta 4</b>	21,8	24,9	23,3	24,2	19,9	26,5
<b>Planta 5</b>	24,4	27,9	27,6	23,2	23,8	22,2
<b>Planta 6</b>	----	20,2	20,1	21,8	26,8	18,2
<b>Média</b>	<b>24,13</b>	<b>26,00</b>	<b>25,33</b>	<b>23,82</b>	<b>23,32</b>	<b>22,58</b>
<b>Variância</b>	2,24	12,88	11,16	1,59	5,24	20,09
<b>Desvio Padrão</b>	1,50	3,59	3,34	1,26	2,29	4,48

Tabela C.6: 2ª medição do comprimento das raízes.

<b>Comprimento da raiz (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	6,7	6,9	5,3	6,2	3,2	2,7
<b>Planta 2</b>	6,8	5,8	5,9	5,8	6	6,1
<b>Planta 3</b>	7,2	5,5	3,2	5,7	3	5,8
<b>Planta 4</b>	2,8	6,7	4,8	3,1	3,1	5,2
<b>Planta 5</b>	1,4	8,4	1	4,6	7,2	5,6
<b>Planta 6</b>	----	8	2,1	8	5,9	2,4
<b>Média</b>	4,98	6,883	3,717	5,567	4,733	4,633
<b>Variância</b>	7,192	1,334	3,742	2,683	3,415	2,699
<b>Desvio Padrão</b>	2,682	1,154	1,934	1,638	1,848	1,643

Tabela C.7: 3ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Massa (mg)</b>	473,3	447,9	523,3	458,7	510,8	472,5
<b>Massa média (mg)</b>	<b>94,66</b>	<b>89,58</b>	<b>104,66</b>	<b>91,74</b>	<b>102,16</b>	<b>94,5</b>

Tabela C.8: 3ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	22,5	20,4	21,8	15,9	20,9	21,4
<b>Planta 2</b>	21,7	24,9	20,1	25,9	18,8	21,9
<b>Planta 3</b>	19,6	18,9	22,9	21,7	27,4	15,7
<b>Planta 4</b>	31,2	27,5	14,7	18	25,3	29,3
<b>Planta 5</b>	29,8	14,2	23,8	20	28,3	18,3
<b>Planta 6</b>	----	----	----	----	----	----
<b>Média</b>	<b>25,56</b>	<b>21,18</b>	<b>20,66</b>	<b>20,3</b>	<b>21,14</b>	<b>21,32</b>
<b>Variância</b>	25,05	27,08	13,00	14,51	17,07	26,18
<b>Desvio Padrão</b>	5,01	5,20	3,61	3,81	4,13	5,12

Tabela C.9: 3ª medição do comprimento das raízes.

<b>Comprimento da raiz (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	4,4	4,9	3,9	3,9	2,5	4
<b>Planta 2</b>	4,3	3,7	2,5	5,4	5	2,9
<b>Planta 3</b>	4,7	2,2	4,2	4,6	5,7	4,1
<b>Planta 4</b>	1,9	4,5	7,9	6,3	4,6	3,4
<b>Planta 5</b>	4,3	3,9	4,3	4,6	5,6	4,9
<b>Planta 6</b>	----	----	----	----	----	----
<b>Média</b>	3,92	3,84	4,56	4,96	4,68	3,86
<b>Variância</b>	1,302	1,068	4,008	0,843	1,687	0,573
<b>Desvio Padrão</b>	1,141	1,033	2,002	0,918	1,299	0,757

Tabela C.10: 4ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Massa (mg)</b>	479,2	336,5	611,4	494,3	381,1	512,1
<b>Massa média (mg)</b>	<b>95,84</b>	<b>84,125</b>	<b>152,85</b>	<b>98,86</b>	<b>95,275</b>	<b>102,42</b>

Tabela C.11: 4ª medição das alturas.

Altura (cm)						
PPM	50	100	200	300	400	500
Planta 1	18,6	25	23,7	25,4	27,1	23,6
Planta 2	25,5	23,4	21,1	23,5	22,3	25,9
Planta 3	28	24,7	25	15,7	30,5	15,7
Planta 4	27,8	26	22,3	18	28	23
Planta 5	14,5	----	----	19,5	----	17,5
Planta 6	----	----	----	----	----	----
<b>Média</b>	<b>22,88</b>	<b>25,02</b>	<b>22,88</b>	<b>20,42</b>	<b>27,18</b>	<b>21,14</b>
<b>Variância</b>	<b>36,46</b>	<b>1,16</b>	<b>2,25</b>	<b>15,82</b>	<b>9,05</b>	<b>18,75</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>6,04</b>	<b>1,08</b>	<b>1,50</b>	<b>3,98</b>	<b>3,01</b>	<b>4,33</b>

Tabela C.12: 4ª medição do comprimento das raízes.

Comprimento da raiz (cm)						
PPM	50	100	200	300	400	500
Planta 1	3,1	5,6	5,2	4,3	4,8	2,3
Planta 2	4,7	3,7	6,4	4,5	6	4,3
Planta 3	4,6	7,5	4,2	3,2	3,8	3,3
Planta 4	4,6	3,7	4,5	4,6	1,5	5,3
Planta 5	3,8	----	----	1,9	----	3,8
Planta 6	----	----	----	----	----	----
<b>Média</b>	<b>4,16</b>	<b>5,125</b>	<b>5,075</b>	<b>3,7</b>	<b>4,025</b>	<b>3,8</b>
<b>Variância</b>	<b>0,483</b>	<b>3,309</b>	<b>0,956</b>	<b>1,325</b>	<b>3,643</b>	<b>1,25</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>0,695</b>	<b>1,819</b>	<b>0,978</b>	<b>1,151</b>	<b>1,909</b>	<b>1,118</b>

Tabela C.13: 5ª medição das massas.

Massa (mg)						
PPM	50	100	200	300	400	500
<b>Massa (mg)</b>	<b>516,5</b>	<b>536,3</b>	<b>601,7</b>	<b>515,0</b>	<b>673,5</b>	<b>495,1</b>
<b>Massa média (mg)</b>	<b>86,08</b>	<b>89,38</b>	<b>100,28</b>	<b>85,83</b>	<b>112,25</b>	<b>82,52</b>

Tabela C.14: 5ª medição das alturas.

Altura (cm)						
PPM	50	100	200	300	400	500
Planta 1	18,1	20,8	9	12	27,6	18,9
Planta 2	21,9	24,2	24,4	22,3	26,2	14,6
Planta 3	17,6	22,5	15,9	31,3	16,4	23,2
Planta 4	26,3	33,8	16,8	18	19,4	18,5
Planta 5	20,6	28,7	22,4	19,5	29,5	22,2
Planta 6	18	24,9	17	11,2	23,5	21,2
<b>Média</b>	<b>20,42</b>	<b>25,82</b>	<b>17,58</b>	<b>19,05</b>	<b>23,77</b>	<b>19,77</b>
<b>Variância</b>	<b>11,20</b>	<b>22,33</b>	<b>29,43</b>	<b>54,65</b>	<b>25,38</b>	<b>9,76</b>
<b>Desvio Padrão</b>	<b>3,35</b>	<b>4,73</b>	<b>5,42</b>	<b>7,39</b>	<b>5,04</b>	<b>3,12</b>

Tabela C.15: 5ª medição do comprimento das raízes.

<b>Comprimento da raiz (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	3,8	3,3	5,4	5,3	3,4	6,4
<b>Planta 2</b>	4,2	5	5,2	4,1	3,3	4,2
<b>Planta 3</b>	2,8	3,3	3	3,3	2	3,2
<b>Planta 4</b>	3,8	4	4,4	4	4	3,2
<b>Planta 5</b>	4,8	4,1	4,8	2,8	4,5	4,3
<b>Planta 6</b>	2,7	3,3	3	2,2	2,5	2,7
<b>Média</b>	3,683	3,833	4,3	3,617	3,283	4
<b>Variância</b>	0,658	0,4627	1,132	1,198	0,854	1,772
<b>Desvio Padrão</b>	0,811	0,680	1,064	1,095	0,924	1,331

Tabela C.16: 6ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Massa (mg)</b>	554,6	516,6	505,4	604,5	622,8	515
<b>Massa média (mg)</b>	<b>92,43</b>	<b>86,1</b>	<b>84,23</b>	<b>100,75</b>	<b>103,8</b>	<b>85,83</b>

Tabela C.17: 6ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	20	20,4	21	23,7	19,9	22,5
<b>Planta 2</b>	18,2	19,9	21,2	16,8	14,5	22,8
<b>Planta 3</b>	26,9	27,8	23,2	17	20,2	16,7
<b>Planta 4</b>	17,8	22,3	16	18,1	24,7	30,1
<b>Planta 5</b>	34,2	21,1	22,6	23,2	22,1	25,1
<b>Planta 6</b>	20,5	19,9	23	27,7	22,1	23,8
<b>Média</b>	<b>22,93</b>	<b>21,90</b>	<b>21,17</b>	<b>21,08</b>	<b>20,58</b>	<b>23,50</b>
<b>Variância</b>	41,19	9,17	7,25	19,81	11,83	18,79
<b>Desvio Padrão</b>	6,42	3,03	2,69	4,45	3,44	4,33

Tabela C.18: 6ª medição do comprimento das raízes.

<b>Comprimento da raiz (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	4,2	3	3,1	3,7	3,7	3,1
<b>Planta 2</b>	3,6	4,1	4,4	2,8	3,1	4,9
<b>Planta 3</b>	2,9	3,8	5,6	2,5	4,1	2,9
<b>Planta 4</b>	3,7	3,4	4	3,5	4,2	3,9
<b>Planta 5</b>	3,6	4,5	6,3	3,3	5	4,8
<b>Planta 6</b>	3,9	2,7	5,3	5,2	0,8	3,2
<b>Média</b>	3,65	3,583	4,783	3,5	3,483	3,8
<b>Variância</b>	0,187	0,4617	1,366	0,892	2,118	0,776
<b>Desvio Padrão</b>	0,432	0,679	1,169	0,944	1,455	0,881

Tabela C.19: 7ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Massa (mg)</b>	413,3	409,8	419,7	396,6	378,8	419,4
<b>Massa média (mg)</b>	<b>82,66</b>	<b>81,96</b>	<b>83,94</b>	<b>79,32</b>	<b>75,76</b>	<b>83,88</b>

Tabela C.20: 7ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	28,4	30,9	23,3	18,4	20,7	28,8
<b>Planta 2</b>	22,3	24,3	19,3	26,9	33,1	20,4
<b>Planta 3</b>	23,2	18,5	19,2	29,8	20,5	20,7
<b>Planta 4</b>	20,6	26	25,2	29	19,4	24,9
<b>Planta 5</b>	19,8	21,1	20,3	18	22,6	24,4
<b>Planta 6</b>	----	----	----	----	----	----
<b>Média</b>	<b>22,86</b>	<b>24,16</b>	<b>21,46</b>	<b>24,42</b>	<b>23,26</b>	<b>23,84</b>
<b>Variância</b>	11,40	22,56	7,12	33,38	31,58	11,93
<b>Desvio Padrão</b>	3,38	4,75	2,67	5,78	5,62	3,45

Tabela C.21: 7ª medição do comprimento das raízes.

<b>Comprimento da raiz (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	2,6	4,6	5,9	2,2	4,9	6,2
<b>Planta 2</b>	4,4	3,5	5,1	1,5	5,9	6,8
<b>Planta 3</b>	4,5	7,4	4,6	6,2	8,6	6,4
<b>Planta 4</b>	4,8	5,6	4,9	3,1	4,8	7,8
<b>Planta 5</b>	3,5	2	5,6	4,6	7,3	6,3
<b>Planta 6</b>	----	----	----	----	----	----
<b>Média</b>	3,96	4,62	5,22	3,52	6,3	6,7
<b>Variância</b>	0,813	4,202	0,277	3,587	2,665	0,43
<b>Desvio Padrão</b>	0,902	2,05	0,526	1,894	1,632	0,656

## APÊNDICE D

---

Aqui se encontram as tabelas contendo as medidas das alturas, das massas e do comprimento das raízes de cada planta, referente aos sete experimentos, cujas sementes foram irradiadas com 75 Gy e cresceram em concentrações de 50; 100; 200; 300; 400 e 500 ppm de alginato irradiado.

Os recipientes utilizados em cada experimento poderiam acondicionar até seis plantas. Como em alguns experimentos não ocorreram todas as germinações previstas, as médias obtidas para massa e altura foram calculadas com as plantas existentes. Nas tabelas, os experimentos em que não houve germinação estão representadas por traços.

Tabela D.1: 1ª medição das massas das plantas

<b>Massa (mg)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Massa (mg)</b>	610,2	536	573,4	476,3	612,0	660,2
<b>Massa média (mg)</b>	<b>122,04</b>	<b>107,20</b>	<b>114,68</b>	<b>95,26</b>	<b>122,40</b>	<b>132,04</b>

Tabela D.2: 1ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	21	21,1	14,7	16,4	16,2	24,8
<b>Planta 2</b>	20,2	21,6	15,9	16,2	20,6	17,3
<b>Planta 3</b>	21,3	11,4	19,9	19,8	27,7	24,1
<b>Planta 4</b>	15,2	16,8	17,2	18,5	21,8	16
<b>Planta 5</b>	18,8	17,5	19	10,1	16,3	16,2
<b>Média</b>	<b>19,30</b>	<b>17,68</b>	<b>17,34</b>	<b>16,20</b>	<b>20,52</b>	<b>19,68</b>
<b>Variância</b>	6,19	16,83	4,59	13,88	22,42	19,27
<b>Desvio Padrão</b>	2,488	4,102	2,143	3,725	4,734	4,389

Tabela D.3: 1ª medição do comprimento das raízes.

<b>Comprimento da raiz (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	7,4	10,2	6,9	8,4	3	2,5
<b>Planta 2</b>	4,4	4,4	8,4	7,8	7,1	1,6
<b>Planta 3</b>	4,2	4,2	11,6	2,3	2,7	1,4
<b>Planta 4</b>	7,3	7,1	7,7	3,5	3,9	2,8
<b>Planta 5</b>	2,1	5,2	6,3	8	4,9	3,9
<b>Média</b>	<b>5,08</b>	<b>6,22</b>	<b>8,18</b>	<b>6,00</b>	<b>4,32</b>	<b>2,44</b>
<b>Variância</b>	5,107	6,262	4,287	8,235	3,152	1,013
<b>Desvio Padrão</b>	2,26	2,502	2,071	2,87	1,775	1,006

Tabela D.4: 2ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Massa (mg)</b>	924,1	746,8	839,1	894,5	822,2	733,2
<b>Massa média (mg)</b>	154,017	124,467	139,85	149,083	137,033	146,64

Tabela D.5: 2ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	20,1	19,3	19,2	20,3	19,3	28,3
<b>Planta 2</b>	23,8	15,1	20,5	17,9	10,2	20,4
<b>Planta 3</b>	25,3	21	21,6	12,6	13,4	19,5
<b>Planta 4</b>	20,8	18,7	18,7	16,8	28,2	15,9
<b>Planta 5</b>	19,5	19,6	25,2	20,4	16,2	16
<b>Planta 6</b>	14,9	20,2	12,9	19,4	18,3	16
<b>Média</b>	<b>20,733</b>	<b>18,983</b>	<b>19,683</b>	<b>17,90</b>	<b>17,60</b>	<b>19,35</b>
<b>Variância</b>	13,243	4,237	16,398	8,712	38,02	23,115
<b>Desvio Padrão</b>	3,639	2,059	4,049	2,952	6,166	4,807

Tabela D.6: 2ª medição do comprimento das raízes.

<b>Comprimento da raiz (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	6,6	11,4	10,3	10,5	7,9	5,1
<b>Planta 2</b>	7,5	3,4	5,6	2,2	4,2	4,7
<b>Planta 3</b>	6,7	5,8	12,6	2,4	5,3	8,1
<b>Planta 4</b>	8,9	11,9	9,6	12,2	6,8	4,5
<b>Planta 5</b>	3,5	3,2	4,5	11,1	2,3	1,4
<b>Planta 6</b>	2,5	9,7	5,3	7,7	3,5	1,4
<b>Média</b>	<b>5,95</b>	<b>7,567</b>	<b>7,983</b>	<b>7,683</b>	<b>5,00</b>	<b>4,20</b>
<b>Variância</b>	5,999	15,515	10,862	19,598	4,384	6,408
<b>Desvio Padrão</b>	2,449	3,939	3,296	4,427	2,094	2,531

Tabela D.7: 3ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Massa (mg)</b>	709	709,4	797,6	806,3	748,3	762,7
<b>Massa média (mg)</b>	118,183	118,233	132,933	134,383	124,717	127,117

Tabela D.8: 3ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	19,5	15,2	16,1	16,7	13,2	12,2
<b>Planta 2</b>	16,1	7,4	11,9	20,1	16	13,6
<b>Planta 3</b>	13,3	14,4	18,7	12,2	12,6	17,9
<b>Planta 4</b>	10	19,5	13,2	16,2	13,6	20,2
<b>Planta 5</b>	17,1	13,3	17,7	20,7	12,4	15,5
<b>Planta 6</b>	11,5	16,7	11,9	16,2	15,6	19,9
<b>Média</b>	<b>14,583</b>	<b>14,417</b>	<b>14,917</b>	<b>17,017</b>	<b>13,90</b>	<b>16,55</b>
<b>Variância</b>	12,994	16,43	8,922	9,542	2,364	11,019
<b>Desvio Padrão</b>	4,605	4,053	2,987	3,088	1,537	3,319

Tabela D.9: 3ª medição do comprimento das raízes.

<b>Comprimento da raiz (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	6,9	5,5	4,1	10	9,9	5,5
<b>Planta 2</b>	5,6	6,7	4,2	4,8	9,1	6,8
<b>Planta 3</b>	9,8	9,5	10,3	9,6	7,8	13,4
<b>Planta 4</b>	5,3	9,8	6,2	12	7,3	5,8
<b>Planta 5</b>	11,5	7,9	8,6	4,8	5,2	6,3
<b>Planta 6</b>	6,3	4	6,7	7,6	7,4	13,4
<b>Média</b>	<b>7,567</b>	<b>7,233</b>	<b>6,683</b>	<b>8,133</b>	<b>7,783</b>	<b>8,533</b>
<b>Variância</b>	6,303	5,183	5,966	8,618	2,654	14,407
<b>Desvio Padrão</b>	2,511	2,277	2,442	2,936	1,629	3,796

Tabela D.10: 4ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Massa (mg)</b>	676,8	685,2	716,3	710,8	734,6	770,6
<b>Massa média (mg)</b>	112,80	114,20	119,383	118,467	122,433	128,433

Tabela D.11: 4ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	23,7	19,9	26,9	16,5	24,4	20,4
<b>Planta 2</b>	21,4	21,7	22,3	25	22,5	18,5
<b>Planta 3</b>	18,5	22,1	23,5	27,5	18,6	17
<b>Planta 4</b>	17,4	24,4	21,7	25,6	20,4	21,5
<b>Planta 5</b>	21,5	21	22,4	17,3	20,5	21,5
<b>Planta 6</b>	23,6	19,9	23,9	22,2	18,8	18,4
<b>Média</b>	<b>21,017</b>	<b>21,50</b>	<b>23,45</b>	<b>22,35</b>	<b>20,867</b>	<b>19,55</b>
<b>Variância</b>	6,734	2,836	3,519	20,771	4,983	3,451
<b>Desvio Padrão</b>	2,595	1,684	1,876	4,558	2,232	1,868

Tabela D.12: 4ª medição do comprimento das raízes.

<b>Comprimento da raiz (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	8,1	6,8	8,8	5,6	7	8,4
<b>Planta 2</b>	6,7	9,8	8,4	4,4	9,4	5,1
<b>Planta 3</b>	10,7	7,3	7,3	4,5	10,8	6,2
<b>Planta 4</b>	8,2	8,6	6,5	6,1	10,2	8,5
<b>Planta 5</b>	7,4	7,5	5,4	8,1	10,1	8,2
<b>Planta 6</b>	6,7	8,8	5,8	3,2	6	8,4
<b>Média</b>	<b>7,967</b>	<b>8,133</b>	<b>7,033</b>	<b>5,317</b>	<b>8,917</b>	<b>7,467</b>
<b>Variância</b>	2,215	1,263	1,907	2,886	3,802	2,111
<b>Desvio Padrão</b>	1,488	1,124	1,381	1,699	1,95	1,453

Tabela D.13: 5ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Massa (mg)</b>	588,8	717,1	637,1	690,6	697	748,4
<b>Massa média (mg)</b>	<b>98,133</b>	<b>119,517</b>	<b>106,183</b>	<b>115,10</b>	<b>116,167</b>	<b>124,733</b>

Tabela D.14: 5ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	20,2	19,8	19	14,7	17,9	20,4
<b>Planta 2</b>	12	22,1	17,8	17,5	15,6	24,4
<b>Planta 3</b>	17,8	22,4	19,2	21,5	17,4	19,4
<b>Planta 4</b>	18,3	24,4	10,2	15,1	17,3	20
<b>Planta 5</b>	18,2	17	22,2	19,1	18,7	22,4
<b>Planta 6</b>	14,6	14,1	20,43	14,7	12,7	22,8
<b>Média</b>	<b>16,85</b>	<b>19,967</b>	<b>18,133</b>	<b>17,10</b>	<b>16,60</b>	<b>21,567</b>
<b>Variância</b>	8,927	14,675	17,323	7,808	4,688	3,751
<b>Desvio Padrão</b>	2,988	3,831	4,162	2,794	2,165	1,937

Tabela D.15: 5ª medição do comprimento das raízes.

<b>Comprimento da raiz (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	4	3,7	4,2	4,2	6,4	5,1
<b>Planta 2</b>	3,2	6,1	3,8	5	3	3,3
<b>Planta 3</b>	4,8	3,1	5	4	3,8	1,5
<b>Planta 4</b>	3,6	2,5	2	2,7	2,1	4,8
<b>Planta 5</b>	2,4	4,8	5	4,7	5,7	2,8
<b>Planta 6</b>	2,9	3,2	2,9	1,7	2,9	1,3
<b>Média</b>	<b>3,483</b>	<b>3,90</b>	<b>3,817</b>	<b>3,717</b>	<b>3,983</b>	<b>3,133</b>
<b>Variância</b>	0,722	1,756	1,418	1,606	2,902	2,563
<b>Desvio Padrão</b>	0,85	1,325	1,191	1,267	1,703	1,601

Tabela D.16: 6ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Massa (mg)</b>	626,2	684,4	573	627,2	615	654,6
<b>Massa média (mg)</b>	<b>104,367</b>	<b>114,067</b>	<b>114,60</b>	<b>104,533</b>	<b>102,50</b>	<b>109,10</b>

Tabela D.17: 6ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	19,3	13,7	20,4	19,1	14,7	18,7
<b>Planta 2</b>	20,3	19	17,8	24,2	19,6	20,2
<b>Planta 3</b>	29,9	23,3	19,4	19,1	28,1	24,7
<b>Planta 4</b>	30	20,1	22,1	25	22,2	24,7
<b>Planta 5</b>	32,4	28,3	30,3	21,6	16,3	20,5
<b>Planta 6</b>	28,4	27,7	30,3	21,5	21	24,9
<b>Média</b>	<b>26,717</b>	<b>22,017</b>	<b>23,383</b>	<b>21,75</b>	<b>20,317</b>	<b>22,283</b>
<b>Variância</b>	30,446	31,074	30,654	6,139	22,558	7,778
<b>Desvio Padrão</b>	5,518	5,574	5,537	2,478	4,751	2,789

Tabela D.18: 6ª medição do comprimento das raízes.

<b>Comprimento da raiz (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	4,1	3,6	4,4	2,8	4,9	2,5
<b>Planta 2</b>	3,9	5,7	5,5	2,6	5,7	4,5
<b>Planta 3</b>	5	5,3	7,4	3,9	2,6	4,3
<b>Planta 4</b>	2,4	4,7	7	3,7	3,3	6,4
<b>Planta 5</b>	3,3	5,2	5,8	6,3	6,4	2,7
<b>Planta 6</b>	4,5	4,3	5,8	5,5	7,4	6
<b>Média</b>	<b>3,867</b>	<b>4,80</b>	<b>5,983</b>	<b>4,133</b>	<b>5,05</b>	<b>4,40</b>
<b>Variância</b>	0,843	0,584	1,17	2,187	3,371	2,616
<b>Desvio Padrão</b>	0,918	0,764	1,082	1,479	1,836	1,617

A Tabela D.19: 7ª medição das massas.

<b>Massa (mg)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Massa (mg)</b>	510,8	536	508,8	523,1	576,5	492,3
<b>Massa média (mg)</b>	<b>102,16</b>	<b>107,20</b>	<b>101,76</b>	<b>104,62</b>	<b>115,30</b>	<b>98,46</b>

Tabela D.20: 7ª medição das alturas.

<b>Altura (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	23,4	26,5	21,5	29,7	25,4	17,4
<b>Planta 2</b>	20,7	29,6	26,1	26,1	25,7	26
<b>Planta 3</b>	28,8	21,8	22,6	24,2	26,9	22,1
<b>Planta 4</b>	26,9	31,4	21,8	17,2	27,3	22,4
<b>Planta 5</b>	29,2	25,5	27,9	16,1	25,7	22,8
<b>Média</b>	<b>25,80</b>	<b>26,96</b>	<b>23,98</b>	<b>22,66</b>	<b>26,20</b>	<b>22,14</b>
<b>Variância</b>	13,39	13,91	8,17	34,15	0,71	9,47
<b>Desvio Padrão</b>	3,66	3,73	2,86	5,84	0,84	3,08

Tabela D.21: 7ª medição do comprimento das raízes.

<b>Comprimento da raiz (cm)</b>						
<b>PPM</b>	50	100	200	300	400	500
<b>Planta 1</b>	3,3	2,3	2,7	5,6	3,2	3,3
<b>Planta 2</b>	5,4	3,4	3,4	3,7	6,6	2,5
<b>Planta 3</b>	1,8	2,9	6,4	5	1,5	2,2
<b>Planta 4</b>	2,9	6,3	3,5	3,2	3,9	3,5
<b>Planta 5</b>	4,9	4,3	2,4	4,9	1,9	2,9
<b>Média</b>	<b>3,66</b>	<b>3,84</b>	<b>3,68</b>	<b>4,48</b>	<b>3,42</b>	<b>2,88</b>
<b>Variância</b>	2,183	2,428	2,527	0,987	4,097	0,292
<b>Desvio Padrão</b>	1,477	1,558	1,59	0,993	2,024	0,54