



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENERGIA NUCLEAR

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR  
CENTRO REGIONAL DE CIÊNCIAS NUCLEARES DO NORDESTE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIAS ENERGÉTICAS E  
NUCLEARES

IVANESA GUSMÃO MARTINS SOARES

**INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO IONIZANTE EM FRUTOS DE TOMATE**  
**(*Lycopersicon esculentum* Mill) VARIEDADE TY**

Recife

2018

IVANESA GUSMÃO MARTINS SOARES

**INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO IONIZANTE EM FRUTOS DE TOMATE**  
**(*Lycopersicon esculentum* Mill) VARIEDADE TY**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Tecnologias Energéticas e Nucleares.

**Área de Concentração:** Aplicação de Radioisótopos na Indústria e Medicina.

**Orientadora:** Profa. Dra. Edvane Borges da Silva.

Recife  
2018

Catálogo na fonte  
Bibliotecário Carlos Moura, CRB-4 / 1502

S676i

Soares, Ivanesa Gusmão Martins.

Influência da radiação ionizante em frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) variedade TY. / Ivanesa Gusmão Martins Soares. - Recife, 2018.

125 f. : il., figs., gráfs., tabs.

Orientadora: Profa. Dra. Edvane Borges da Silva.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares, 2018.

Inclui referências.

1. Engenharia nuclear. 2. Conservação por radiação gama. 3. Tomate. 4. Sementes. I. Silva, Edvane Borges da, orientadora. II. Título.

UFPE

CDD 621.48 (22. ed.)

BDEN/2019-02

IVANESA GUSMÃO MARTINS SOARES

**INFLUÊNCIA DA RADIAÇÃO IONIZANTE EM FRUTOS DE TOMATE**

**(*Lycopersicon esculentum* Mill) VARIEDADE TY**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologias Energéticas e Nucleares da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para obtenção do título de Doutora em Tecnologias Energéticas e Nucleares.

**Aprovada em: 05/12/2018.**

**BANCA EXAMINADORA**

---

**Profa. Dra. Edvane Borges da Silva (Orientadora)**  
**Universidade Federal de Pernambuco**

---

**Profa. Dra. Ana Maria Mendonça de Albuquerque Melo (Examinador Interno)**  
**Universidade Federal de Pernambuco**

---

**Profa. Dra. Celiane Gomes Maia da Silva (Examinador Externo)**  
**Universidade Federal Rural de Pernambuco**

---

**Profa. Dra. Simey de Souza Leão Pereira Magnata (Examinador Interno)**  
**Universidade Federal de Pernambuco**

---

**Prof. Dr. Gustavo Henrique Farias dos Santos (Examinador Externo)**  
**Faculdade de Saúde de Paulista**

*Ao meu amado esposo, amigo, companheiro,  
minha alma gêmea, José Jardel Calado  
Soares, pelo amor, carinho, dedicação,  
incentivo e força em todos os momentos.*

*Aos meus tesouros mais preciosos, meus  
filhos, Ícaro Miguel e Maria Eduarda,  
meus presentes de Deus que foram  
enviados durante o mestrado e  
doutorado, respectivamente.*

*Aos meus amados pais Terezinha Gusmão da  
Silva e José Gomes Martins, pelo amor e  
carinho incondicional.*

*Ao meu irmão Cristiano Gusmão Martins,  
meu amigo desde a barriga.*

*A minha querida avó Áurea Avelina  
Martins, exemplo de mulher guerreira,  
minha inspiração.*

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e a Santíssima Mãe Maria, por estarem presentes em minha caminhada, me abençoando com saúde, força de vontade, sabedoria e conhecimento.

Aos meus pais, Terezinha Gusmão da Silva e José Gomes Martins, pelo amor incondicional. Saibam que me sinto extremamente honrada por ser filha de vocês. Meus amores.

Muito obrigada mainha, por não desistir de lutar por mim, desde o seu ventre, quando os médicos diziam que a senhora nunca poderia ter filho, e, se caso algum dia tivesse, nasceria com problemas. Em meio a estas palavras tão duras, a senhora escolheu lutar, não ficou acomodada, buscou forças em Deus, pediu a intercessão de Nossa Senhora Aparecida e procurou ajuda de outros profissionais. Deus atendeu suas orações e aqui estou eu! Aliás, meu irmão e eu! Para testemunharmos o Amor de Deus e o quanto a senhora é guerreira. Muito obrigada mãe! Esta vitória é nossa!

Ao meu esposo, namorado, amigo e companheiro José Jardel Calado Soares, pela paciência, compreensão, carinho, amor, confiança e apoio em todos os momentos. Pelas madrugadas juntos organizando o trabalho! Por todo zelo com nossos filhos em quanto eu estava ausente.

Aos nossos tesouros mais preciosos, nossos filhos: Ícaro Miguel e Maria Eduarda. Eles têm o dom de nos trazer à paz, de resgatar nossa vida, nossa vontade de viver e lutar.

A minha madrinha Letícia Gomes Martins, pelo incentivo e apoio desde recém-nascida, a senhora estará sempre nas minhas orações e no meu coração.

Ao meu irmão Cristiano Gusmão Martins pelo carinho e atenção.

A todos da minha família e da família do meu esposo por acreditarem e apoiarem na busca deste meu objetivo. Em especial, minha sogra, dona Bernadete Calado e minha cunhada Lilian Calado, por também ajudarem no cuidado com as crianças.

A minha orientadora, Professora Doutora Edvane Borges, mulher virtuosa, sábia e justa, obrigada pelo aceite, pelo carinho e ter acreditado no meu potencial. Saiba que a senhora foi, é, e sempre será um espelho para mim, uma mãe. Pois a senhora me acolheu e orientou no momento em que não acreditavam na minha capacidade de lutar e vencer.

Principalmente quando no início do doutorado, minha filha estava na UTI Neo Natal e a senhora me deu todo apoio para continuar. Espero ter alcançado suas expectativas.

Aos meus grandes amigos do Departamento de Energia Nuclear Jairo Dias, Laury Francis, Gustavo Santos, Amanda Ilmatti, Luiz Neto. Deus me contemplou colocando vocês em meu caminho.

Aos meus amigos do IFPE Cláudia Patrícia, Tacyana Rosas, Danúbia Batista, Geise Gomes, Adriana Muniz, Amaro Bezerra e Munik Evans, pela presença e incentivo nesta caminhada.

A todos os meus colegas do GERAR e do LAMBDA.

A todos os meus Colegas do mestrado e do doutorado no Departamento de Energia Nuclear.

Aos professores do Departamento de Energia Nuclear, em especial ao Prof. Dr. Romilton Amaral e Prof. Dr. Elmo Silvano de Araújo, pelo apoio a esta pesquisa e por terem lutado junto comigo para que eu pudesse prosseguir e concretizar o meu sonho.

As professoras que fizeram parte do meu Comitê de Acompanhamento, Profa. Dra. Celiane Maia, Profa. Dra. Erilane Machado, Profa. Dra. Ana Mendonça. Vocês foram e são chave de ouro para esta pesquisa.

A toda equipe do Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco IPA/PE, em especial as doutoras Marta Assunção e Regina da Rosa.

A minha grande amiga, Andreza Gonçalves dos Santos, uma pessoa muito iluminada que tive o privilégio de conhecer e que me auxiliou muito nas pesquisas realizadas no IPA/PE.

Aos técnicos de laboratório de Pós – colheita e microbiologia, Jairo Germano e Ana Clara, verdadeiros anjos.

A todos os funcionários do DEN - UFPE, em especial Nilvânia, Kalidja, Adelmo, Lia e Josenildo.

E ao CNPQ, pelo auxílio financeiro sem o qual não seria possível realizar toda esta brilhante pesquisa.

Cada pessoa deve trabalhar para seu aperfeiçoamento, e, ao mesmo tempo, participar da responsabilidade coletiva por toda humanidade (CURIE, 2018).

## RESUMO

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ocupa o segundo lugar entre as hortaliças mais consumidas e de importância econômica, tanto no Brasil quanto no mundo. Sua cultura é sensível a numerosos microrganismos, e seus frutos são bastante perecíveis, o que compromete seus aspectos sanitários e valores nutricionais. Apesar de todas as características que estimulam o cultivo deste fruto, este está sujeito a perdas devido aos processos de biodegradação, desde o plantio até o armazenamento. No intuito de minimizar estas perdas, empregam-se diferentes processos de conservação, dentre eles, o uso da radiação gama. Devido às características intrínsecas de cada alimento, faz-se necessário um estudo que avalie a dose ideal de radiação ionizante que elimine agentes decompositores e patogênicos, sem que ocorram variações nas propriedades nutricionais e sensoriais. Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da radiação ionizante em frutos e sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), durante o armazenamento. Os frutos foram irradiados em fonte de  $^{60}\text{Co}$ , nas doses de 0,50 e 0,75 kGy, mantendo-se o controle não irradiado. Após a irradiação as amostras foram armazenadas durante 42 dias sob temperatura de 18 ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) e 42% de umidade relativa (UR). Os diferentes tratamentos foram avaliados através de análises físicas, físico – químicas, carotenoides (licopeno e betacaroteno), sensoriais e microbiológicas de identificação fúngica. As sementes foram retiradas dos frutos controle e irradiados, avaliadas segundo a qualidade sanitária e fisiológica. Os resultados mostraram que a radiação, nas doses de 0,50 e 0,75 kGy, promoveu o aumento da vida útil dos frutos de 14 para 42 dias. No entanto, os melhores resultados de inibição microbiológica, conservação dos teores de carotenoides e aceitação para fins comerciais foram obtidos com a dose de 0,50 kGy. Para as sementes, as doses utilizadas garantiram o controle microbiológico, no entanto ocasionaram retardo na germinação e no desenvolvimento fisiológico, indicando a necessidade de estudos que utilizem doses menores para estas finalidades.

Palavras-chave: Conservação por radiação gama. Tomate. Sementes.

## ABSTRACT

The tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Occupies the second place among the vegetables most consumed and of economic importance, in Brazil as in the world. Its culture is sensitive to numerous microorganisms, and its fruits are quite perishable, which compromise its sanitary aspects and nutritional values. Despite all the characteristics that stimulate the cultivation of this fruit, it is subject to losses due to the processes of biodegradation, from the planting to the storage. In order to minimize these losses, different conservation processes are employed, among them, the use of gamma radiation. Due to the intrinsic characteristics of each food, a study is needed to evaluate the ideal dose of ionizing radiation that eliminates decomposing and pathogenic agents, without changes in nutritional and sensory properties. The present research had the objective of evaluating the influence of ionizing radiation on tomato fruits and seeds (*Lycopersicon esculentum* Mill) during storage. The fruits were irradiated in a source of  $^{60}\text{Co}$  at the doses of 0.50 and 0.75 kGy, maintaining the non-irradiated control. After irradiation the samples were stored for 42 days at a temperature of  $18 (\pm 2^\circ\text{C})$  and 42% relative humidity (RH). The different treatments were evaluated through physical, physical - chemical, carotenoid (lycopene and beta - carotene), sensorial and microbiological analyzes of fungi identification. The seeds were removed from the control and irradiated fruits, evaluated according to sanitary and physiological quality. The results showed that the radiation, in the doses of 0.50 and 0.75 kGy, promoted the increase of the useful life of the fruits from 14 to 42 days. However, the best results of microbiological inhibition, preservation of carotenoid contents and commercial acceptance were obtained at the dose of 0.50 kGy. For the seeds, the doses used guaranteed the microbiological control, however they caused delay in the germination and the physiological development, indicating the need of studies that use smaller doses for these purposes.

Keywords: Conservation by gamma radiation. Tomato. Seeds.

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                   |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Figura 1 - Símbolo Internacional (Radura), usado para identificar que o alimento foi tratado por irradiação.....                                                                                                                                                  | 21            |
| Figura 2 - Irradiador Industrial. ....                                                                                                                                                                                                                            | 24            |
| Figura 3 - Fonte de $^{60}\text{Co}$ (Cobalto -60) submersa na piscina. ....                                                                                                                                                                                      | 24            |
| Figura 4 -Irradiador Gammacell com fonte $^{60}\text{Co}$ .....                                                                                                                                                                                                   | 25            |
| Figura 5 - Botânica do tomate: Caule, flor e folhas(A). Aparência externa dos frutos (B). ....                                                                                                                                                                    | 33            |
| Figura 6 - Morfologia do fruto. ....                                                                                                                                                                                                                              | 33            |
| Figura 7 - Estrutura química dos carotenoides licopeno (A), $\zeta$ -caroteno (B), $\beta$ -caroteno (C) e $\alpha$ -caroteno (D).....                                                                                                                            | 36            |
| Figura 08 - Cultivo consorciado de tomates na cidade de Sairé (A), irrigação por gotejamento (B), coleta (C) e separação dos frutos para o experimento (D e E). ....                                                                                              | 45            |
| Figura 09 - Escala de notas para a coloração de tomates TY.....                                                                                                                                                                                                   | 47_Toc2047845 |
| Figura 10 - Desenho experimental das avaliações sanitária e fisiológica das sementes de tomates TY ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill). ....                                                                                                                   | 52            |
| Figura 11 - Distribuição das sementes de tomates TY nos gerbox.....                                                                                                                                                                                               | 53            |
| Figura 12 - Coloração da casca de tomates TY armazenados sob temperatura de $18 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa de 42%, em função da dose. ....                                                                                                           | 60            |
| Figura 13 - Teores de Licopeno e Betacaroteno nos frutos controle de tomates TY durante o armazenamento à temperatura de $18 \pm 2^\circ$ e 42% (UR).....                                                                                                         | 65            |
| Figura 14 - Teores de Licopeno (A) e Betacaroteno (B) nos tomates TY controle e irradiados nas diferentes doses, durante o armazenamento à temperatura de $18 \pm 2^\circ$ e 42% (UR).....                                                                        | 66            |
| Figura 15 - Valores das notas atribuídas na análise sensorial para cor externa (A), cor interna (B) e aroma (C) em função da dose aplicada em frutos de tomates TY após 42 dias de armazenamento sob temperatura de $18 \pm 2^\circ\text{C}$ . ....               | 77            |
| Figura 16 - Valores das notas atribuídas na análise sensorial para aparência externa (A), interna (B) e qualidade global (C) em função da dose aplicada em frutos de tomates TY após 42 dias de armazenamento sob temperatura de $18 (\pm 2^\circ\text{C})$ ..... | 80            |

|                                                                                                                                                                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura17 - Tomates TY com 07 dias de armazenamento, controle (A), 0,50 kGy (B) e 0,75 kGy(C) armazenados sob temperatura de $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e 42% de (UR). ....                                                                                      | 82  |
| Figura 18 - Tomates TY com 14 dias de armazenamento, controle (A), 0,50 kGy (B) e 0,75 kGy(C) armazenados sob temperatura de $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e 42% de (UR). ....                                                                                     | 83  |
| Figura 19 - Tomates TY com 42 dias de armazenamento, controle (A), 0,50 kGy (B) e 0,75 kGy (C) $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e 42% de (UR). ....                                                                                                                   | 84  |
| Figura 20 - Comprimento da raiz de sementes retiradas das amostras controle de tomates TY em função do tempo. ....                                                                                                                                              | 86  |
| Figura 21 - Peso da massa fresca das sementes de tomates TY em função dos tratamentos aplicados. ....                                                                                                                                                           | 89  |
| Figura 22 - Peso da massa seca das sementes de tomates TY em função do tempo e dos tratamentos aplicados. ....                                                                                                                                                  | 90  |
| Figura 23 - Germinação das sementes de tomates TY em função das doses de radiação aplicadas e dos tempos de avaliação. ....                                                                                                                                     | 91  |
| Figura 24 - Primeira contagem de germinação das sementes de tomates TY em função dos tratamentos aplicados. ....                                                                                                                                                | 93  |
| Figura 25 - Índice de velocidade de germinação das sementes de tomates TY em função dos tratamentos aplicados. ....                                                                                                                                             | 94  |
| Figura 26 - Sementes de tomate TY dispostas no papel Germitest, Controle (A), 0,50kGy (B) e 0,75kGy (C), no 8º dia de avaliação. ....                                                                                                                           | 95  |
| Figura 27 - Sementes de tomates TY nos Gerbox após sete dias de incubação em B.O.D. nos diferentes tratamentos aplicados. Controle (A), 0,50 kGy (B) e 0,75 kGy (C). ....                                                                                       | 96  |
| Figura 28 - Resultados da incidência dos fungos de acordo com a dose, com destaque para a curva de crescimento do <i>A. niger</i> . Legenda: Fungo-1: <i>A. niger</i> ; Fungo-2: <i>A. flavus</i> ; Fungo-3: <i>Fusarium spp.</i> ; ns: não significativo. .... | 101 |
| Figura 29 - Incidência dos fungos nas sementes de tomates TY em relação ao tempo, as amostras controle (não irradiadas) e as amostras tratadas com 0,75kGy. ....                                                                                                | 102 |

## LISTA DE TABELAS

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabela 1 - Composição nutricional do tomate em 100 gramas. ....                                                                                                                                                                                                                                                              | 34 |
| Tabela 2 - Composição dos frutos maduros de tomate (% na matéria seca).....                                                                                                                                                                                                                                                  | 34 |
| Tabela 3 - Caracterização físico-química do tomate <i>in natura</i> . ....                                                                                                                                                                                                                                                   | 35 |
| Tabela 4 - Principais fungos encontrados nas cultivares de tomate. ....                                                                                                                                                                                                                                                      | 41 |
| Tabela 05 - Valores médios e respectivos desvios padrões da perda de peso dos tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 42%..                                                                                                                          | 56 |
| Tabela 06 - Valores médios e respectivos desvios padrões da firmeza dos tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 42%. ....                                                                                                                            | 58 |
| Tabela 07 - Coloração da polpa de tomates TY armazenados sob temperatura de $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 42%, nos diferentes tratamentos aplicados e em função do tempo. ....                                                                                                                            | 62 |
| Tabela 08 - Valores médios e respectivos desvios padrões dos teores de licopeno ( $\mu\text{g/g}$ ) de tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 42%. ....                                                                                             | 64 |
| Tabela 09 - Valores médios e respectivos desvios padrões dos teores de Açúcar Total de tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 42%. A comparação entre as médias foi realizada utilizando o teste t para amostras independentes ( $p = 0,05$ ). .... | 68 |
| Tabela 10 - Valores médios e respectivos desvios padrões dos teores de Açúcar Redutor de tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 42%. ....                                                                                                           | 70 |
| Tabela 11 - Valores médios e respectivos desvios padrões dos teores de Açúcar Não Redutor de tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 42%. ....                                                                                                       | 70 |
| Tabela 12 - Teores de Sólidos Solúveis em frutos de tomates TY nos diferentes tratamentos aplicados durante o armazenamento à temperatura de $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 42%...                                                                                                                         | 71 |

|                                                                                                                                                                                                                 |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Tabela 13 - Valores médios e respectivos desvios padrões dos teores de Acidez Titulável de tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 42%. | 73  |
| Tabela 14 - Valores médios e respectivos desvios padrões dos teores da relação SS/AT de tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 42%.    | 75  |
| Tabela 15 - Valores médios e respectivos desvios padrões dos teores de pH de tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de 42%.               | 76  |
| Tabela 16 - Valores médios do Comprimento da raiz (cm), dos tomates TY em relação ao tempo de avaliação e tratamentos aplicados.                                                                                | 85  |
| Tabela 17 - Valores médios do Comprimento da parte aérea da raiz (cm), dos tomates TY em relação ao tempo de avaliação e tratamentos aplicados.                                                                 | 87  |
| Tabela 18 - Valores médios do Comprimento Total da raiz (cm), dos tomates TY em relação ao tempo de avaliação e tratamentos aplicados.                                                                          | 88  |
| Tabela 19 - Valores médios do peso de massa seca da raiz, dos tomates TY em relação ao tempo de avaliação e tratamentos aplicados.                                                                              | 89  |
| Tabela 20 - Percentual de Germinação das sementes dos tomates TY em relação ao tempo de avaliação e tratamentos aplicados.                                                                                      | 91  |
| Tabela 21 - Relação do p-valor e as variáveis estudadas no experimento                                                                                                                                          | 97  |
| Tabela 22 - Interação Fungos x Doses nos tomates (frutos), mostrando os valores médios (em %) encontrados no experimento.                                                                                       | 98  |
| Tabela 23 - Interação Fungos x Tempo nos tomates (frutos), mostrando os valores médios (em %) encontrados no experimento.                                                                                       | 98  |
| Tabela 24 - Relação do p-valor e as variáveis estudadas no experimento com as sementes dos tomates.                                                                                                             | 100 |
| Tabela 25 - Interação Fungos x Doses nas sementes dos tomates TY, mostrando os valores médios (em %) encontrados no experimento.                                                                                | 100 |

## **LISTA DE QUADROS**

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Quadro 1 – Questionário utilizado para a análise sensorial em tomates..... | 50 |
|----------------------------------------------------------------------------|----|

## SUMÁRIO

|          |                                                                        |           |
|----------|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO.....</b>                                                 | <b>18</b> |
| <b>2</b> | <b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>                                      | <b>20</b> |
| 2.1      | Tecnologia de Irradiação de Alimentos .....                            | 20        |
| 2.2      | Fontes de Radiação Ionizante .....                                     | 22        |
| 2.3      | Aplicações da Radiação Ionizante .....                                 | 25        |
| 2.4      | Benefícios e limitações da irradiação de alimentos .....               | 26        |
| 2.5      | Segurança alimentar e nutricional dos alimentos irradiados .....       | 27        |
| 2.6      | Irradiação de produtos vegetais .....                                  | 29        |
| 2.7      | Aspectos gerais do tomate ( <i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.)..... | 31        |
| 2.7.1    | <b>Origem.....</b>                                                     | <b>31</b> |
| 2.7.2    | <b>Importância econômica .....</b>                                     | <b>31</b> |
| 2.7.3    | <b>Características morfológicas e nutricionais .....</b>               | <b>32</b> |
| 2.7.4    | <b>Carotenoides nos tomates .....</b>                                  | <b>35</b> |
| 2.8      | Sementes de tomate .....                                               | 37        |
| 2.8.1    | <b>Qualidade fisiológica e sanitária das sementes .....</b>            | <b>38</b> |
| 2.9      | Pós-colheita e vida útil dos tomates.....                              | 40        |
| <b>3</b> | <b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                        | <b>44</b> |
| 3.1      | Coleta e preparo das amostras .....                                    | 44        |
| 3.2      | Procedimentos experimentais I – Frutos.....                            | 46        |
| 3.3      | Procedimentos experimentais II - Sementes .....                        | 52        |
| <b>4</b> | <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>                                     | <b>55</b> |
| 4.1      | Perda de peso (g) .....                                                | 55        |
| 4.2      | Firmeza da polpa (Kgf) .....                                           | 57        |
| 4.3      | Coloração da casca e polpa .....                                       | 59        |
| 4.4      | Carotenoides .....                                                     | 63        |
| 4.5      | Açúcares (%) .....                                                     | 67        |
| 4.6      | Sólidos Solúveis (°Brix) .....                                         | 71        |
| 4.7      | Acidez titulável (% de ácido cítrico) .....                            | 73        |
| 4.8      | <i>pH</i> . .....                                                      | 75        |
| 4.9      | Análise sensorial afetiva .....                                        | 77        |

|      |                                                                    |     |
|------|--------------------------------------------------------------------|-----|
| 4.10 | Avaliação fisiológica das sementes originárias de tomates TY ..... | 85  |
| 4.11 | Análises microbiológicas em frutos e sementes de tomates TY .....  | 97  |
| 5    | <b>CONCLUSÕES.....</b>                                             | 104 |
| 6    | <b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>                                   | 105 |
|      | <b>REFERÊNCIAS.....</b>                                            | 106 |

## 1 INTRODUÇÃO

Em virtude da crescente demanda da população mundial, faz-se necessário reduzir perdas por deterioração e prevenir as enfermidades veiculadas por alimentos. Segundo dados da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO) cerca de 30% de tudo que é produzido no mundo é desperdiçado antes de chegar a mesa do consumidor, o que provoca um prejuízo econômico estimado em U\$\$ 940 bilhões por ano (ACAPS, 2016, GERMANO; GERMANO, 2011). Diante deste panorama, os métodos de conservação de alimentos têm o intuito de aumentar a vida útil, por meio da manutenção das características nutricionais, físico-químicas, sensoriais e microbiológicas, sem deixar de correlacionar-se com as Boas Práticas de Higiene (BPH).

No intuito de minimizar perdas e garantir a inocuidade dos alimentos, diferentes processos de conservação podem ser utilizados, tais como, congelamento, secagem, enlatamento, preparação de conservas, pasteurização, armazenamento em atmosfera controlada e modificada, fumigação química e aplicação de aditivos preservantes, entre estes, destaca-se o uso da tecnologia da irradiação gama (MORAES, 2006; PRADO et al., 2008). O processo de irradiação, conhecido e aprovado pela Legislação brasileira desde 1985, surge como resposta à necessidade de produtos alimentares seguros. Este procedimento consiste em expor o alimento embalado ou a granel a uma quantidade controlada de radiação visando o tratamento sanitário e o aumento da vida útil, sem que as propriedades sensoriais, nutricionais e fitoquímicas sejam afetadas (FORSYTHE, 2002; ORDONEZ, 2005; ROCHA; SOUSA, 2007).

As hortaliças constituem um importante alimento da dieta humana, pois, apesar de apresentarem baixos teores de gordura e baixas calorias, são fontes de fibras, carboidratos e micronutrientes, além de uma considerável variedade de compostos funcionais. Estes nutrientes são responsáveis por diversas ações, tais como antioxidantes, anti-inflamatórias, antimicrobianas, anti-carcinogênica e antidiabéticas (ESTEVES; FIGUEIRÔA, 2009; RAUPP et al., 2009; PALOMO et al., 2010). O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) é uma hortaliça originária dos países andinos, que além de apresentarem excelente sabor, são fontes de licopeno, um antioxidante que age no combate ao câncer (ALVARENGA, 2004; CARVALHO; PAGLIUCA, 2007).

No Brasil, além de estar relacionado à agricultura familiar, é responsável por 21% da produção de hortaliças (CAMARGO-FILHO e CAMARGO, 2015). Seu cultivo destaca-se por sua importância socioeconômica, principalmente em função de seu valor econômico, ser uma atividade geradora de empregos e melhorar a renda dos trabalhadores rurais (MACIEL et al., 2012; SOUZA et al., 2010). A produção brasileira anual de tomate é estimada em 4,5 milhões de toneladas, sendo dois milhões de toneladas destinados ao mercado *in natura* e o restante ao processamento industrial da polpa (IBGE, 2018).

O sucesso da tomaticultura depende de inúmeros fatores, desde a escolha da cultivar à sua aceitação pelo consumidor nas prateleiras dos mercados (PINHEIRO, 2017). Na cadeia produtiva do tomate, a semente apresenta acentuada importância, por corresponder até 8% do custo total de produção (CEPEA, 2013). A indústria de sementes de hortaliças no Brasil fatura cerca de R\$ 550.000.000,00 o que comprova a viabilidade de um mercado com crescimento em torno de 10% ao ano (VIEIRA, 2014). Desta forma, existe uma demasiada busca por tecnologias inovadoras que possibilitem a produção de sementes com elevada qualidade fisiológica, física, genética e sanitária (MELO et al., 2015; MENDONÇA, 2006).

Diante o exposto, o objetivo geral desta pesquisa foi avaliar a influência da radiação ionizante em frutos e sementes de tomates da variedade TY, adquiridas no Agreste de Pernambuco, na cidade de Sairé.

Como objetivos específicos, pretendeu-se:

- Avaliar a ação da radiação gama sobre as características físico-químicas, sensoriais e microbiológicas dos frutos de tomate;
- Verificar o tempo de vida útil dos frutos nos diferentes tratamentos aplicados;
- Analisar a qualidade sanitária e fisiológica das sementes retiradas dos frutos controle e irradiados.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Tecnologia de Irradiação de Alimentos

Quando a radiação possui energia suficiente para arrancar um dos elétrons orbitais de átomos de um dado meio, transformando-os em um par de íons, diz-se que ela é uma radiação ionizante. A ionização é, portanto, a retirada direta ou indireta de um elétron de um átomo que se transforma em um íon positivo (OKUNO, 2018).

Assim, a radiação ionizante pode ser caracterizada por seu elevado nível de energia, alto poder de penetração e ação letal em nível celular. Em alimentos, este tipo de radiação, é utilizada em processos de desinfestação, esterilização, inibição de processos fisiológicos e redução da contaminação microbiana, a fim de prolongar a vida útil do produto (GERMANO; GERMANO, 2011).

No âmbito internacional além das diretrizes que cada país implementa, a comissão do Codex Alimentarius, estabelecida em 1963 pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação - FAO, da Organização das Nações Unidas e a Organização Mundial da Saúde (OMS), normatiza o uso da técnica de irradiação de alimentos.

No Brasil, de acordo com a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC), da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), n.21, de 26/01/2001 que institui o regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos, os seguintes termos são definidos:

- Irradiação de alimentos: é um processo físico de tratamento que consiste em submeter o alimento embalado ou a granel, a doses controladas de radiação ionizante, com finalidades sanitária, fitossanitária e/ou tecnológica;
- Alimento irradiado: é todo aquele que tenha sido intencionalmente submetido ao processo de irradiação ionizante;
- Radiação ionizante: é qualquer radiação que ioniza átomos de materiais a ela submetidos.

Segundo a RDC 21/2001 (BRASIL, 2001), de modo geral, não há restrições em relação às doses a serem aplicadas, desde que sejam observadas as seguintes condições: a dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida; a dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou atributos sensoriais do alimento. O limiar de dose é determinado pelas composições hídricas e químicas de cada alimento, uma vez que a radiação irá interagir especificamente com cada um deles. Portanto, é importante identificar qual o limiar de dose para cada alimento estudado, ou seja, a dose permissível para se alcançar a finalidade de eliminar agentes decompositores e patogênicos.

No tocante as embalagens, estas devem ter condições higiênicas aceitáveis para o processo de irradiação; quando um produto irradiado é usado como ingrediente em outro alimento, este fato deve ser mencionado na embalagem final com o símbolo Radura (Figura 1), indicando que o alimento foi tratado por irradiação, e constar no rótulo com letras um terço superior do maior tamanho, os dizeres: “**ALIMENTO TRATADO POR PROCESSO DE IRRADIAÇÃO**”, em cumprimento à legislação nacional, e também em respeito ao consumidor (BRASIL, 2001).

**Figura 1: Símbolo Internacional (Radura), usado para identificar que o alimento foi tratado por irradiação.**



Fonte: [www.wordreference.com/iten/radura](http://www.wordreference.com/iten/radura)

O símbolo internacional Radura pode ser interpretado da seguinte forma: as folhas e o ponto representam um produto agrícola ou alimento a ser tratado, o círculo ao redor, pelo fato de se ter um produto fechado, e finalmente as fissuras na metade superior do círculo representam que os raios ionizantes penetram a embalagem (PACHECO, 2013).

## 2.2 Fontes de Radiação Ionizante

Segundo Germano e Germano (2011), as fontes de radiação utilizadas no tratamento de alimentos são autorizadas pela Legislação Brasileira do âmbito do Ministério da Saúde (BRASIL, 2001) e Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN):

- os isótopos radioativos emissores de radiação gama ( $\text{Co}^{60}$  com meia-vida de 5,27 anos e desintegração de 1,33 MeV - Mega elétron-Volts, e  $\text{Cs}^{37}$  com meia-vida de 30 anos e desintegração 0,66 MeV) ambos possuem intenso poder de penetração, sem emitir nêutrons;
- os raios-X de energia até 5 MeV com bom poder de penetração e sem produção de compostos radioativos;
- os elétrons gerados por máquinas que trabalham com energias de até 10 MeV. Sem radioatividade e com pouca penetração. São úteis para irradiação de grandes volumes de pequenos produtos alimentícios como grãos ou carne pré-embalada. São ionizantes por retirar elétrons e formar partículas carregadas eletricamente.

O isótopo  $^{60}\text{Co}$  (Cobalto-60), usado principalmente como fonte de radiação gama, é obtido pelo bombardeamento com nêutrons do metal  $^{59}\text{Co}$  (Cobalto-59) em um reator nuclear, com altos fluxos de nêutrons (da ordem de  $10^{14}$  a  $10^{15}$  n/cm<sup>2</sup>.s). É o mais utilizado comercialmente em todo o mundo devido sua disponibilidade, baixo custo relativo, por apresentar-se na forma metálica e por ser insolúvel em água, proporcionando maior segurança ambiental (DA SILVA et al., 2014).

A dose de radiação é a quantidade de energia absorvida pelo alimento quando este passa através de um campo de radiação durante o processamento. Esta pode ser medida por meio de uma unidade de energia denominada *Gray* (Gy), em homenagem ao físico inglês, Harold Gray, pioneiro em biologia da radiação, sendo este termo desenvolvido pelo Sistema Internacional de Unidades (SIU). Um *Gray* é equivalente a um *joule* de energia absorvida por quilograma de alimento que está sendo irradiado (FORSYTHE, 2002; GERMANO; GERMANO, 211).

Em pesquisas realizadas por Okuno (2013) sobre os efeitos biológicos da radiação ionizante, é importante atentar sobre a dose limiar e as reações teciduais, uma vez que a tecnologia da irradiação de alimentos, com uso da radiação gama, consegue promover o aumento da vida útil, esterilização e conservação de frutas, especiarias, peixes e carnes. Com a finalidade de tratar o alimento em todas as camadas, as doses aplicadas são da ordem de kGy (1 kilogray [kGy] = 1000 gray [Gy]) e chegam a 10 kilograys (kGy) em alguns casos para esterilizar sementes, pimenta do reino, por exemplo; com o intuito de eliminar microrganismos indesejáveis, empregam-se doses absorvidas de 10 a 20 kGy. Entretanto, em seres humanos como por exemplo, no tratamento com radioterapia, as doses são aplicadas de forma fracionada e chegam a 2 Gy por aplicação, pois são feixes intensos, capazes de induzir danos letais quando aplicados de uma única vez e no corpo todo.

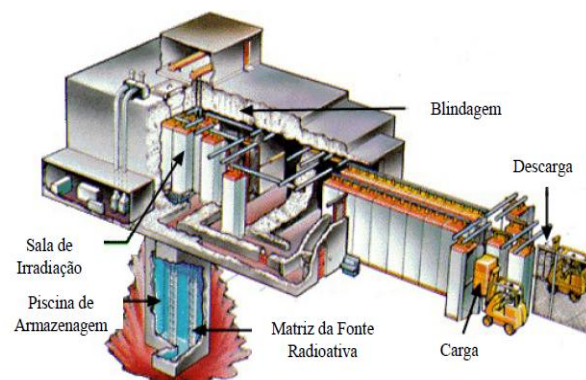
Com isto, é possível perceber que a aplicação da unidade kGy, é indicada para conservação de material vegetal, uma vez que estes organismos são compostos de estruturas mais simples quando comparados ao organismo humano, formado por diversos sistemas. De acordo com a Comissão Internacional de Proteção Radiológica em sua publicação 118 de 2012, a dose limiar é a dose estimada que causa incidência de reações teciduais em 1% dos tecidos irradiados. Esta mesma comissão relata ainda, que a dose letal capaz de matar 50% dos seres humanos irradiados no corpo todo, cerca de 30 dias após a irradiação, é de 4 Gy, estabelece também que o limiar de dose para indução de catarata é 0,5 Gy, tanto para exposição aguda quanto para crônica.

De acordo com Nóbrega (2017), o tratamento de alimentos através da radiação gama, é uma técnica eficiente na conservação dos mesmos, especialmente no tocante as hortícolas perecíveis como os frutos do tomate, pois pode reduzir as perdas naturais causadas por processos fisiológicos como maturação e envelhecimento, além de eliminar ou reduzir microrganismos, parasitas e pragas, sem causar prejuízo ao alimento, tornando-os mais seguros ao consumidor.

A escolha do irradiador a ser utilizado, acontece de acordo com a finalidade pretendida, em que são observados parâmetros como formato do produto, quantidade, composição química, dosagem da radiação, o sistema de segurança do trabalhador, regulamentação pelo governo do país para o uso e os custos de capital e operacional (BRASIL, 2005).

A irradiação dos alimentos a nível industrial (Figura 2) ocorre em um lugar apropriado que contém sala de irradiação, piscina de armazenamento, sistema transportador, console de controle e depósito para separar o material irradiado. Para o processo de irradiação, os alimentos são conduzidos ao interior da câmara onde está localizado o irradiador, em seguida, são expostos a radiação gama pré-estabelecida para cada alimento (COSTA, 2016; BRASIL 2001).

**Figura 2: Irradiador Industrial.**



Fonte: MDS Nordion, Canadá - empresa que fabrica irradiadores.

Segundo Brasil (2005), se necessário manutenção na sala de irradiação, a fonte é recolhida ao fundo de uma piscina (Figura 3), cuja água absorve a energia da radiação. Protegendo assim os operadores.

**Figura 3: Fonte de  $^{60}\text{Co}$  (Cobalto -60) submersa na piscina.**



BRASIL (2005).

Os irradiadores direcionados para fins de pesquisa científica têm baixa capacidade de processamento, ou seja, limita-se a uma quantidade específica de amostras irradiadas, quando

comparados aos industriais, são auto-blindados e guardados a seco (Figura 4) (NABILGHOBRI, 2008).

**Figura 4: Irradiador Gammacell com fonte  $^{60}\text{Co}$ .**



Fonte: O autor. DEN/UFPE (2013).

### 2.3 Aplicações da Radiação Ionizante

No alimento processado por irradiação não ocorre contaminação radioativa, visto que em condições controladas, é exposto à radiação, não havendo contato direto com a fonte radioativa. Os níveis de radiação utilizados no processamento não são suficientes para induzir radioatividade (CARDOSO, 2003).

De acordo com a OMS (Organização Mundial da Saúde), alimentos irradiados com doses de até 10kGy, não necessitam de avaliação toxicológica ou nutricional. Ressalta-se que no Brasil, a resolução nº 21 da ANVISA que regulamenta o emprego de radiação em alimentos e estabelece que as fontes de radiação utilizadas devem ser as autorizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) (BRASIL, 2001).

Considerando-se a intensidade da radiação ionizante aplicada, os tratamentos podem ser subdivididos em radurização, radicidação ou radiopasteurização e radapertização (ROCHA; SOUSA, 2007; GERMANO; GERMANO 2011).

- **Radurização (aumento da vida de prateleira):** processo pelo qual o alimento é submetido a doses baixas de radiação ( $<1$  kGy) e é aplicado para inibir brotamento em cebolas, batatas e alhos, retardar a maturação de deterioração em frutas e hortaliças, além de agir contra insetos que infestam cereais e leguminosas (FELLOWS 2006; GERMANO;GERMANO 2011).
- **Radicação ou Radiopasteurização (redução de patógenos):** tratamento do alimento com uma dose intermediária (1 kGy – 10 kGy), suficiente para ocorrer a redução no surgimento de bactérias e fungos presentes na superfície ou no interior de alimentos (FELLOWS 2006; GERMANO;GERMANO 2011).
- **Radapertização (esterilização):** consiste na aplicação de uma dose mais alta de radiação ( $>10$  kGy) que permite a destruição de microrganismos contaminantes de alimentos, e é utilizado na conservação de carnes, alimentos preparados e outros produtos (FELLOWS 2006; ROCHA; SOUSA, 2007; GERMANO; GERMANO 2011).

#### 2.4 Benefícios e limitações da irradiação de alimentos

Segundo Fellows (2006), Frimpong et al. (2015) e Chatterjee et al. (2015), as principais vantagens da radiação ionizante em relação a outros métodos de conservação consistem na ausência ou minimização do aquecimento, reduzindo possíveis alterações sensoriais. Seu uso é amplo, podendo ser irradiados alimentos embalados ou congelados, além da possibilidade da eliminação de conservantes em alimentos e redução de algumas etapas de processamento. Somando ainda, que o custo operacional e as alterações nutricionais observadas são comparáveis a outros métodos de conservação. A principal limitação apresentada por estes autores é o alto custo da instalação do local de irradiação. Contudo, havendo alta demanda, esse orçamento pode ser restituído em curto prazo.

A irradiação pode controlar o desenvolvimento microbiano em alimentos sem que haja alterações sensoriais perceptíveis; além de inibir o brotamento de raízes e tubérculos, eliminar a infestação de grãos, frutas e vegetais e retardar a decomposição dos alimentos. Esta tecnologia pode aumentar o tempo de vida útil dos produtos sem ocorrer formação de resíduos, representando uma importante alternativa ao uso de substâncias químicas e

fumigantes que, induzem o surgimento de resíduos indesejáveis causadores de patologias. Estas características favorecem a produção e comercialização dos produtos irradiados, inclusive para mercados internacionais, pois além da garantia de segurança dos alimentos, a qualidade nutricional não é afetada (GERMANO; GERMANO 2011; MALUF, 2011; NUNOO et al., 2014; NOBREGA, 2017).

A irradiação de alimentos apresenta limitações como todos os outros processos de conservação, como a impossibilidade de não ser aplicada em todos os tipos de alimento, por apresentarem mudanças na sua qualidade, sendo necessário outro método de conservação (refrigeração, embalagens especiais, etc). Ainda, pode ocorrer re-infestação, caso não haja um controle adequado pós-irradiação, uma vez que no processo de irradiação os efeitos deletérios são diretos, desta forma, o alimento não adquire proteção contra novas contaminações (GERMANO; GERMANO 2011; NOBREGA, 2017).

A adoção das Boas Práticas de Fabricação (BPF) é relevante, considerando que a irradiação de alimentos não elimina partículas contaminantes, assim como também não recupera o alimento já deteriorado. As BPF abrangem um conjunto de medidas que devem ser adotadas pelas indústrias de alimentos a fim de garantir a qualidade sanitária e a conformidade dos produtos alimentícios com os regulamentos técnicos (BRASIL, 2001).

## 2.5 Segurança alimentar e nutricional dos alimentos irradiados

De acordo com Maluf (2011), a Segurança Alimentar e Nutricional são dimensões inseparáveis estando diretamente correlacionadas a disponibilidade de alimentos e a qualidade desses bens. O mesmo autor relata ainda que a definição de SAN (Segurança Alimentar e Nutricional), a qual foi aprovada na II Conferência Nacional de SAN, realizada na cidade de Olinda/PE, em 2004:

*“Segurança Alimentar e Nutricional é a realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente, sem comprometer o acesso a outras necessidades essenciais, tendo como base práticas alimentares promotoras de saúde, que respeitem a*

*diversidade cultural e que sejam social, econômica e ambientalmente sustentáveis”.*

Segundo a OMS e a American Medical Association (1992), o alimento irradiado, produzido sob Boas Práticas de Fabricação (BPF), deve ser considerado seguro e nutricionalmente adequado, pois:

- Não induz alterações na composição do alimento, que do ponto de vista toxicológico poderiam levar a efeitos adversos à saúde humana.
- Não introduz alterações na microflora do alimento, que poderiam aumentar o risco microbiológico para o consumidor.
- Não leva a perdas nutritivas, que influenciariam efeitos adversos ao estado nutricional individual ou populacional.

Pequenos compostos são formados durante a irradiação, assim como ocorre nos alimentos expostos ao calor. Esses compostos foram descritos recentemente como produtos radiolíticos por serem identificados após a irradiação. Investigações subsequentes observaram que os radicais livres são idênticos aos formados durante o cozimento, a pasteurização, o congelamento e outras formas de preparo e processamento. Todavia, não existem evidências de que tais radicais sejam tóxicos, carcinogênicos, mutagênicos ou teratogênicos (FORSYTHE, 2002; GERMANO; GERMANO 2011; NOBREGA, 2017).

No tocante ao valor nutritivo dos alimentos irradiados, as perdas de nutrientes são pequenas e, com frequência, menores do que aquelas associadas a outros métodos de conservação. Isso se deve ao fato da irradiação não elevar substancialmente a temperatura do alimento, sendo as alterações nutricionais quase que por uma relação de linearidade com a dose utilizada (GERMANO; GERMANO 2011, CHATTERJEE et al., 2015, NOBREGA, 2017).

## 2.6 Irradiação de produtos vegetais

Mudanças nos hábitos alimentares, em prol da saúde, têm levado a um aumento da demanda por alimentos de origem vegetal, o que corroborou no aumento da preocupação com as qualidades nutricionais, sensoriais e microbiológicas destes alimentos. Apesar da evolução tecnológica das últimas décadas quanto às formas de conservação e higiene dos alimentos, as doenças por eles transmitidas têm sido consideradas, em escala mundial, um grave problema de saúde pública (CHEMAT et al., 2011; FAVA et al., 2011; PLAZA et al., 2011; SÃO JOSÉ et al., 2014).

Apesar de todas as características que estimulam seu cultivo, os alimentos de origem vegetal estão expostos a diversos tipos de biodegradação durante seu plantio, colheita, transporte e armazenamento, acarretados por ataques de pragas e microrganismos (TEZOTTO- ULIANA et al., 2013; MOHÁCSI - FARKAS et al., 2014; MUSTAPHA et al., 2014).

Segundo Soares et al., (2017) a adoção de técnicas inovadoras de conservação pós-colheita que garantam a qualidade, segurança e durabilidade alimentar são de fundamental importância e interesse de empresas, consumidores e da comunidade científica, principalmente se sua aplicação puder proporcionar expansão do mercado para os produtores brasileiros tanto a nível nacional quanto internacional.

Koike et al. (2012), Iqbal et al. (2013), Nunoo et al. (2014), Frimpong et al.(2015) e Chatterjee et al. (2015) mostraram através de suas pesquisas que entre as técnicas de conservação de alimentos de origem vegetal, ganha destaque o uso da irradiação gama, uma vez que este método garante melhor qualidade e segurança dos alimentos, por ser eficaz para desinfestação, redução de microrganismos patogênicos ou esterilização e aumento da vida útil.

As células vegetais se assemelham às células animais, se diferenciando por detalhes, como a parede celular que garante maior rigidez à célula, vacúolos e cloroplasto. No núcleo existem três componentes: nucleoplasma, cromossomos e os nucléolos. Os cromossomos consistem de ácido desoxirribonucleico (DNA) e proteína (SANTOS; 2018).

Uma das mais importantes vantagens da técnica de irradiação de alimentos de origem vegetal com o propósito de conservação é a inibição de microrganismos. Sendo esse um meio efetivo de destruição de bactérias patogênicas e não patogênicas como também parasitas e em escala menor, os vírus (MOY, 1993, FORSYTHE, 2002, FRIPONG et al., 2015 e HARDER et al., 2016).

Na irradiação dos alimentos de ordem vegetal, ocorre à produção de íons reativos, esses destroem os microrganismos, pois os íons alteram a estrutura da membrana celular, modificando a atividade de enzimas metabólicas. Então, essa tecnologia induz mudanças principalmente no ácido Desoxirribonucleico (DNA) e ácido ribonucleico (RNA) ocasionando um bloqueio da duplicação de DNA e a paralisação da síntese proteica, o que ocasiona o impedimento da reprodução e crescimento dos microrganismos (FELLOWS, 2006; NOBREGA, 2017).

Autores como Yokoya et al. (2008) e Fellows (2006) relatam que, os danos no DNA acontecem como uma consequência da colisão direta entre a radiação e o material genético, ou também pela interação da radiação com moléculas que interagem com o material genético. Somente após um período os efeitos da irradiação são aparentes, quando ocorre o impedimento da divisão celular, ou seja, a dupla hélice do DNA não consegue desenrolar-se e o microrganismo não consegue reproduzir-se (FELLOWS, 2006; FRIPONG et al., 2015).

Em estudos realizados por Soares et al. (2017) e Figueiredo et al. (2018) foi observado que a tecnologia de irradiação gama em alimentos de origem vegetal é eficaz por melhorar a segurança microbiológica e manutenção da qualidade sensorial e nutricional, além de conseguir reduzir as perdas que ocorrem durante o armazenamento, ao mesmo tempo que mantém a qualidade nutricional para os consumidores, também prioriza o valor econômico e social destes alimentos.

Segundo Ferraz et al. (2012), entre as hortaliças, os tomates são altamente perecíveis após a colheita, devido à fragilidade dos seus tecidos e pela manutenção de sua atividade metabólica, logo, requer o uso de uma melhor técnica que garanta sua conservação. Portanto, a tecnologia da irradiação de alimentos pode se apresentar de forma segura e eficaz.

## 2.7 Aspectos gerais do tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

### 2.7.1 Origem

O tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tem sua origem nas regiões montanhosas dos Andes. Foi levado pelos incas até o sul do México, seu centro de origem secundário, onde foi amplamente cultivado por tribos indígenas primitivas, e posteriormente levado para outras partes do mundo por viajantes europeus na metade do século XVI (ALVARENGA, 2004). No início o tomateiro era cultivado somente como planta ornamental, pois devido à coloração avermelhada dos frutos, relacionada com perigo de morte, os mesmos eram considerados venenosos. A partir de 1710, ocorreu uma popularização muito grande do tomate, e aproximadamente em 1850 teve início de uso como alimento, surgindo então à primeira cultivar em meados de 1900 que levava o nome de “Ponderosa” (FILGUEIRA, 2008; MUELLER, *et al.*, 2008)

O tomate foi introduzido no Brasil por imigrantes europeus e o aumento do seu consumo ocorreu somente após a primeira Guerra Mundial, por volta de 1930 (FILGUEIRA, 2003). É uma planta pertencente à família das solanáceas cuja espécie básica possui denominação científica de *Lycopersicon esculentum* Mill (BORGUINI, 2003). A nomenclatura Mill veio de MILLER que, em 1754, foi o primeiro a propor a classificação botânica (MINAMI; HAAG, 1989).

### 2.7.2 Importância econômica

Em ordem de importância econômica mundial, depois da batata inglesa, o tomate é a segunda cultura agrícola, de maior difusão de uso no mundo para consumo fresco ou processado, juntamente com a cebola e o alho (ALVARENGA, 2013). De acordo com os dados divulgados pela FAOSTAT (2014), o Brasil ocupa o nono lugar na produção mundial de tomate e o primeiro lugar com relação aos países da América do Sul, responsável por 52,42% da produção sulamericana. Enquanto o Chile, segundo maior produtor, é responsável por 19,8% e a Argentina com 10,6% é o terceiro maior produtor.

De acordo com a FAO (2014) em escala mundial, a China é responsável por 30,38% da produção de tomates mundial, o que situa o país em primeiro lugar. A Índia, o segundo

maior produtor, com 10,00% da produção, seguida pelos EUA, com 7,90 % e Turquia com 7,10% respectivamente.

No Brasil, os estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais são os principais produtores, respondendo por quase 62% da produção. Goiás destaca-se por atingir mais de 33% da produção de tomate no Brasil, em área de 18,1 mil hectares. Na região Nordeste os estados da Bahia, Pernambuco e Ceará se destacam com 90% do total de tomate produzido (IBGE, 2018).

### **2.7.3 Características morfológicas e nutricionais**

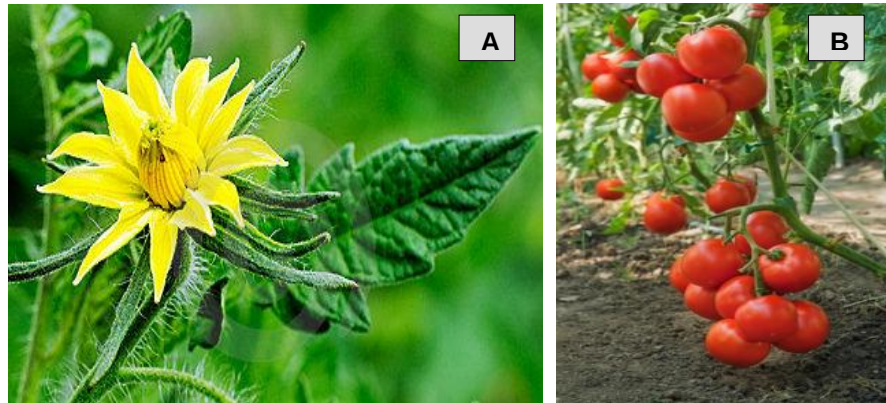
O tomate é uma planta dicotiledônea, semi- perene, porém é anual quando as condições climáticas são favoráveis, autógama, diplóide e herbácea (MUELLER, et al., 2008). Suas folhas são alternadas com bordas serrilhadas e flores hermafroditas, o que aumenta a taxa de autopolinização, e de coloração amarela (Figura 5A).

Seus frutos são macios, tipo baga, se desenvolvem do ovário da flor, de tamanho e formato variável (Figura 5B), apresentam uma cutícula quase impermeável a gases e a água, sendo dividido em lóculos internamente, são eles que definem a cultivar do tomate. Sua estrutura (Figura 6) é constituída por epicarpo (pele), mesocarpo, endocarpo, os quais formam o pericarpo, feixe fibrovascular, septo, lóculo, tecido placentário e sementes (KNOBLICH; ANDERSON; LATSHAW, 2005; FERRARI, 2008). Importante ressaltar que estes frutos são climatéricos, ou seja, podem amadurecer na planta ou após a colheita, quando colhidos ainda imaturos, devido à elevada produção de etileno (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

A partir do ovário fecundado, o tempo para o desenvolvimento de um fruto maduro, varia de acordo com a cultivar, posição do fruto na planta e das condições ambientais, podendo variar de sete a nove semanas. Nas primeiras semanas, o crescimento inicial é lento e o fruto atinge no máximo 10% do seu peso final. Em seguida, o crescimento celular é rápido e o fruto atinge o máximo de seu desenvolvimento. Esse período varia de três a cinco semanas. A terceira fase é a maturação do fruto, em que fica evidente um aumento brusco da produção de etileno pela planta, há pouco crescimento em massa, contudo, ocorrem muitas atividades metabólicas. Essa fase dura cerca de uma a duas semanas (ALVARENGA, 2013).

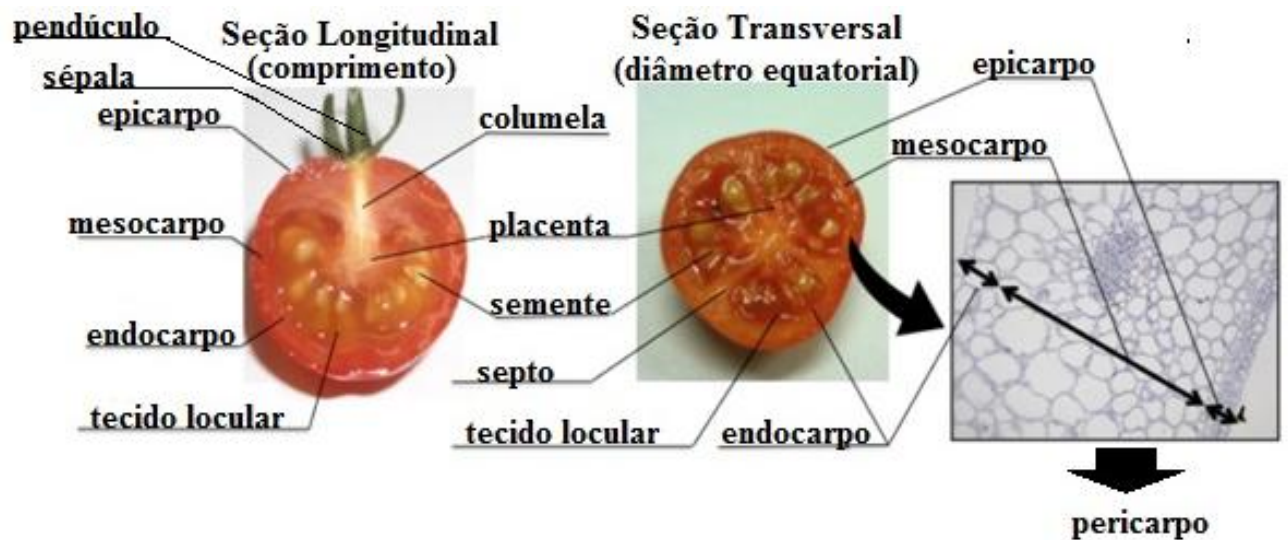
Suas raízes são pivotantes e o caule é anguloso, coberto em toda a sua superfície de pêlos perfeitamente visíveis que, devido à sua natureza glandular, libertam uma substância líquida responsável pelo aroma característico da planta (FERRARI,2008).

**Figura 5: Botânica do tomate: Caule, flor e folhas(A). Aparência externa dos frutos (B).**



Fonte: <http://pt.dreamstime.com/fotos-de-stock-flor-de-sopro-do-tomate-image21247683>

**Figura 6: Morfologia do fruto.**



Fonte: adaptado de Semedo (2013).

De acordo com Cavassa et al. (2004), as características nutricionais e sensoriais dos frutos dependem de vários componentes físico-químicos e químicos. Os teores destes componentes conferirão aos frutos certos atributos, que responderão pela maior ou menor aceitação, seja pelo consumidor ou pela indústria. Neste contexto, o tomate possui uma significativa importância nutricional devido a sua composição (ROSA et al., 2011). Os frutos

possuem aproximadamente 93% a 95% de água (Tabela 1) e nos 5% a 7% restantes, encontram-se compostos inorgânicos, ácidos orgânicos, açúcares, sólidos insolúveis em álcool e outros compostos (Tabela 2) (SILVA; GIORDANO, 2006).

**Tabela 1: Composição nutricional do tomate em 100 gramas.**

| <b>Nutriente</b>    | <b>Tomate fresco</b> |
|---------------------|----------------------|
| Água, (%)           | 93.5                 |
| Calorias, (kcal)    | 22.0                 |
| Proteína, g         | 1.10                 |
| Carboidrato         |                      |
| total, g            | 4.70                 |
| fibra, g            | 0.50                 |
| Ácido Ascórbico, mg | 23.0                 |

Fonte: GOULD, 1992.

**Tabela 2: Composição dos frutos maduros de tomate (% na matéria seca).**

| <b>Composição</b>                          | <b>(%) matéria seca</b> |
|--------------------------------------------|-------------------------|
| <b>Açúcares</b>                            |                         |
| Glicose                                    | 22.0                    |
| Frutose                                    | 25.0                    |
| Sacarose                                   | 1.00                    |
| <b>Sólidos insolúveis em álcool</b>        |                         |
| Proteínas                                  | 8.00                    |
| Substâncias pécicas                        | 7.00                    |
| Hemicelulose                               | 4.00                    |
| Celulose                                   | 6.00                    |
| <b>Ácidos orgânicos</b>                    |                         |
| Ácido cítrico                              | 9.00                    |
| Ácido málico                               | 4.00                    |
| <b>Minerais</b>                            |                         |
| Principalmente: K, Ca, Mg e P              | 8.00                    |
| <b>Outros</b>                              |                         |
| Lipídios                                   | 2.00                    |
| Aminoácidos dicarboxílicos                 | 2.00                    |
| Pigmentos                                  | 0.40                    |
| Ácido ascórbico                            | 0.50                    |
| Voláteis                                   | 0.10                    |
| Outros aminoácidos, vitaminas e polifenóis | 1.00                    |

Fonte: GOULD, 1992.

Segundo Fennema (1996) a caracterização físico-química do fruto *in natura* (Tabela 3), observa-se que o tomate é basicamente composto por açúcares e sais dissolvidos em meio aquoso e sólidos insolúveis, compostos por fibras vegetais como, por exemplo, o material péctico (FENNEMA, 1996).

**Tabela 3: Caracterização físico-química do tomate *in natura*.**

| Parâmetro              | % (porcentagem) |        |
|------------------------|-----------------|--------|
| Sólidos Totais         | 4.0             | – 8.5  |
| Sólidos Solúveis       | 4.0             | – 6.0  |
| Sólidos Insolúveis     | 0.9             | – 1.1  |
| Açúcares totais        | 2.0             | – 3.0  |
| Frutose                | 1.1             | – 1.5  |
| Glicose                | 1.0             | – 1.4  |
| Acidez (ácido cítrico) | 0.3             | – 0.5  |
| Cloreto de Sódio       | 0.05            | – 0.1  |
| Minerais               | 0.3             | – 0.6  |
| Material péctico       | 0.17            | – 0.23 |

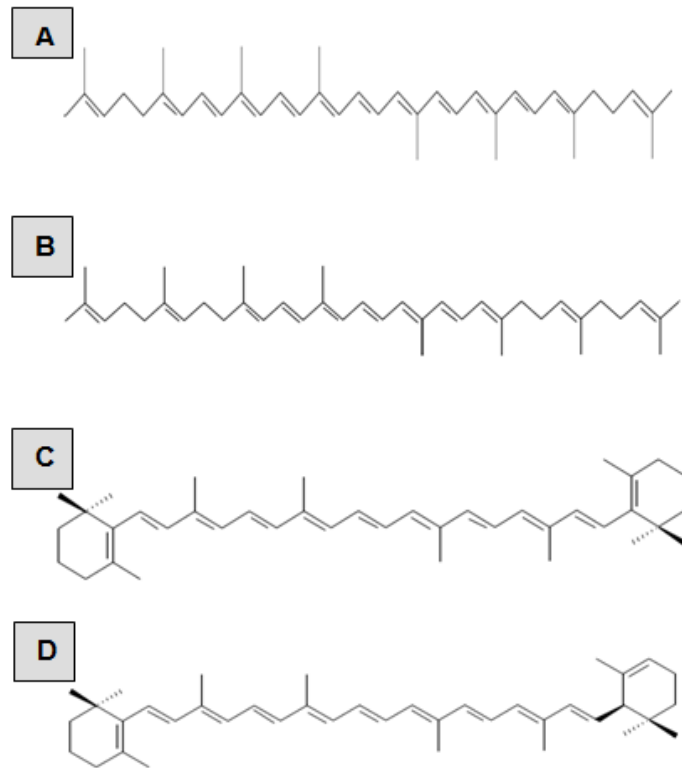
Fonte: Fennema, 1996.

#### 2.7.4 Carotenoides nos tomates

Os carotenoides representam um amplo grupo de pigmentos naturais com cores que variam do amarelo ao vermelho e que podem ser encontrados em tecidos fotossintéticos (folhas verdes), não fotossintéticos (frutos, flores, sementes e raízes), algas, bactérias, fungos e leveduras (SOUZA; VILAS BOAS, 2002; ALMEIDA-MURADIAN, 2003).

Os carotenoides são classificados em carotenos e xantofilas. Os carotenos (Figura 7) são hidrocarbonetos poliênicos com diferentes graus de insaturação que podem ser acíclicos (licopeno e  $\zeta$ -caroteno) ou cíclicos ( $\beta$ -caroteno e  $\alpha$ -caroteno) (AMBRÓSIO et al., 2006). As xantofilas são sintetizadas a partir dos carotenos que contém oxigênio em sua estrutura (AMBRÓSIO et al., 2006).

**Figura 7: Estrutura química dos carotenoides licopeno (A),  $\zeta$ -caroteno (B),  $\beta$ -caroteno (C) e  $\alpha$ -caroteno (D).**



Fonte: GROSS, 1991.

De acordo com Vidal et al. (2012) o consumo dos alimentos funcionais contribuem para diminuição da incidência de doenças crônico-degenerativas, por produzirem efeitos fisiológicos ou metabólicos através do desempenho de algum nutriente, na manutenção das funções do organismo humano.

Segundo Ellinger et al. 2006, o tomate é rico em licopeno, um caroteno responsável pela coloração avermelhada, que além de ser um oxidante e proteger as células e outras estruturas, como o DNA, das agressões provocadas pelos radicais livres, ajuda na prevenção de doenças cardiovasculares e de alguns tipos de câncer, como o colorectal e da próstata. É importante salientar que a quantidade de licopeno nas frutas e vegetais varia de acordo com a cultivar, estação do ano, estágio de maturação, efeito climático e geográfico, local de plantio, manejo pós-colheita e do armazenamento; em geral, quanto mais avermelhado for o alimento, maior será sua concentração de licopeno (RAUPP et al., 2009).

O licopeno é um excelente antioxidante de cor avermelhada encontrado em vegetais como tomate, goiaba, pitanga, melancia, entre outros alimentos. Apresenta estrutura simétrica e acíclica, constituído por átomos de carbono e hidrogênio, com onze (11) ligações duplas conjugadas e duas (02) ligações não conjugadas, sendo ainda considerado um pigmento sem atividade provitamina A (ARABL; STECK, 2000; WALISZEWSKI; BLASCO 2010; LEMOS JÚNIOR et al., 2011).

É importante ressaltar que a maior quantidade de licopeno encontra-se nos frutos de tomate vermelho maduro e que neste ponto de maturação a quantidade de  $\beta$ -caroteno, pigmento carotenóide natural, antioxidante encontrado em alguns alimentos de origem vegetal, principalmente, os de cor alaranjada e amarelada apresenta-se reduzida (GARTNER; STAHL 1997; GIOVANNUCCI, 1999; TAKEOKA et al., 2001; RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008).

## 2.8 Sementes de tomate

As sementes dos frutos de tomate são de grande importância na cadeia produtiva, com o equivalente de até 8% do custo total da produção (CEPEA, 2013; VIEIRA, 2014). Logo, é indubitável a necessidade de se utilizar tecnologias que permitam a produção de sementes com elevada qualidade fisiológica, física, genética e sanitária.

A qualidade das sementes compreende um conjunto de características que estabelecem seu valor para a semeadura, de forma que o potencial de desempenho das sementes somente pode ser identificado de maneira eficaz, quando é considerada a interação dos atributos de natureza genética, física, fisiológica e a sanidade que afetam a sua capacidade de originar plantas de alta produtividade (MARCOS FILHO, 2005; PEREIRA et al. 2013; PINHEIRO et al. 2017).

É importante ressaltar que a formação da muda é uma fase importante para a condução de uma cultura. Uma muda malformada, debilitada, compromete todo o desenvolvimento da cultura, corroborando para o aumento do seu ciclo e perda da produção (MARCOS FILHO, 2005). Diante disso, fica evidente a importância da utilização de sementes com qualidade, para garantir o estabelecimento rápido e uniforme das plântulas no campo, além de uma maior tolerância das sementes às condições adversas durante a germinação.

### 2.8.1 Qualidade fisiológica e sanitária das sementes

A utilização de sementes com qualidade torna-se requisito primordial para que um cultivar possa ser utilizado, assim os tratamentos sanitários são indispensáveis, pois preconizam à eliminação de patógenos de campo e de armazenamento presentes nas sementes e que por sua vez comprometem a germinação e vigor (MARCOS FILHO, 2005; OLIVEIRA et al., 2015).

De acordo com Nadai et al.(2015) a produção de mudas de qualidade é uma das principais etapas do sistema produtivo cultural, e o método predominante de propagação de tomateiro é via sexuada, utilizando-se, principalmente, sementes híbridas, as quais são produzidas a partir do cruzamento de plantas selecionadas devido a suas características desejadas, da mesma família porém de variedade diferente, visando uma planta com características como alto vigor e produtividade. Todavia, mudas de qualidade são aquelas sadias, bem desenvolvidas e uniformes, que apresentam menor vulnerabilidade aos estresses bióticos e abióticos, resultando em estandes mais homogêneos (PERREIRA et al., 2013).

Características como velocidade de germinação, crescimento das plântulas, entre outros aspectos de tolerância ao estresse, a esta interação denominamos o vigor, e o mesmo surge como critério de qualidade, após o reconhecimento e compreensão dos seus efeitos sobre o comportamento da semente no campo (FRANCO; PETRINI, 2002; SILVA; GAMEIRO, 2006; MARCOS-FILHO, 2015).

Visto que a qualidade das sementes é determinada por fatores genéticos, físicos, fisiológicos e sanitários, e que estes podem interferir diretamente no potencial de desempenho de campo e durante o armazenamento, é importante salientar que durante o armazenamento, objetiva-se manter o nível de qualidade fisiológica das sementes até sua utilização na semeadura (MARCOS FILHO, 2005; CARVALHO; NAKAGAWA, 2012). Entretanto, durante o armazenamento a qualidade das sementes não pode ser melhorada, mas quando as condições de conservação são favoráveis, esta pode ser preservada (SANTOS et al. 2014).

Outro fator importante, é que o tomateiro pode apresentar um amplo histórico de problemas fitossanitários, responsáveis por perdas significativas na produção, uma vez que as sementes podem hospedar e transportar microrganismos ou agentes patogênicos de todos os

grupos taxonômicos, causadores de patologias ou não. Do ponto de vista ecológico, esses microrganismos podem ser agrupados em organismos de campo, com predominância das espécies fitopatogênicas, ou em grupos de organismos de armazenamento, com o número reduzido de espécies que danificam as sementes nesta fase (BRASIL, 2009; PEREIRA et al., 2013).

Em fitopatologia, os fungos são considerados, os principais agentes causadores de doenças em plantas. Nas sementes, contaminação ocorre predominantemente no solo onde são colonizados por diversos fungos, entre eles os saprófitos e parasitas facultativos que têm vida saprofítica no solo ou na matéria orgânica (LAZAROTTO, et al. 2010).

Por intermédio de testes de sanidade é feita a avaliação da qualidade sanitária das sementes, estes possibilitam a identificação de problemas ocorridos durante as fases de produção de sementes, permitindo escolher métodos de controle para determinados fitopatógenos (AGUIAR et al., 2012).

Segundo Pedroso et al. (2010) microrganismos fitopatogênicos influenciam negativamente a qualidade das sementes, a sua presença pode ocasionar redução no potencial germinativo, e consequentemente o rendimento da espécie.

Kruppa e Russomanno (2009) relatam que os fungos se destacam pela capacidade de sobrevivência em diversas condições ambientais em associação às sementes e compreendem o maior número de espécies associadas com as sementes, seguido por bactérias, vírus e nematoides. Entre os fungos fitopatogênicos, a maioria pode ser transmitida por intermédio de sementes de plantas hospedeiras (LAZAROTTO et al., 2010). Além disso, agentes fitopatogênicos podem ser disseminados de uma região para outra através de sementes infectadas e consequentemente contaminar áreas saudáveis (CARVALHO et al., 2011).

De acordo com estudos realizados por Pedroso (2010) as sementes de tomate quando armazenadas em boas condições, tem sua capacidade germinativa normal preservada dentro de um período estimado de três anos ou mais. Por outro lado, independente da cultivar, estes parâmetros podem variar de acordo com interligação das sementes com seus determinados patógenos.

Dentre os microrganismos encontrados nas sementes de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) destacam-se: *Fusarium* spp.; *Alternaria alternata* f. sp. *lycopersici* Grogan; *Phoma destructiva* Plowr.; *Pseudomonas tomato*; *Xanthomonas vesicatoria* além da *Alternaria solani* (MUNIZ, 2001; PEREIRA et. al., 2013).

Outros gêneros podem contribuir para redução do vigor das sementes, como: *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Rhizopus* sp., *Curvularia* sp. e *Monilia* sp. (NASCIMENTO et al., 1990, TORRES et al., 1999; CARMO et al., 2004; LOPES; ROSSETO, 2004, DINIZ et al., 2006).

Alguns autores como Vechiato et al. (2010), Aguiar (2012) e Mallmann et al. (2013), ressaltam ainda sobre a importância de se garantir variedades resistentes e técnicas de conservação adequadas para sanar as dificuldades relacionadas à patologia das sementes, sem afetar o equilíbrio ambiental, nem causar danos à saúde humana e animal.

## 2.9 Pós-colheita e vida útil dos tomates

De acordo com a FAO (2011), produzir alimentos que não são consumidos leva a emissões desnecessárias de dióxido de carbono, além de perda do valor econômico destes alimentos.

*A pós-colheita é a fase na vida útil dos produtos hortícolas que se inicia no momento da separação dos mesmos de seu meio, por ato deliberado, com a intenção de utilização como alimento e termina quando são submetidos ao processo de preparação para o consumo final. O termo “pós-colheita” pode ser considerado como uma designação abrangente, que inclui todas as fases entre a colheita e o consumo do produto, inclusive as tecnologias de preservação ou ser limitado a etapas isoladas como a separação das porções comestíveis das não comestíveis. Ainda pode ser considerado, de forma restrita, como o estudo dos tecidos vegetais vivos, que respiram, e que foram separados da planta-mãe no ato da colheita (CHITARRA; CHITARRA, 2005).*

No tomate, as alterações na pós-colheita ocorrem principalmente devido a danos causados na fase de colheita até a mesa do consumidor, ou seja, transporte, armazenamento, processamento e/ou comercialização do produto vendável ou em virtude da falta de comercialização ou consumo do alimento em tempo hábil; os danos podem ser mecânicos, fisiológicos ou patológicos, causando injúrias que comprometem a qualidade dos frutos e alterações no processo de senescência. Condições agroclimáticas e outros fatores, como temperatura, umidade relativa, nível de danos por fungos e presença de outros microrganismos causadores de doenças, condições de armazenamento e cuidados durante o manuseio e transporte, determinam o grau de perda pós-colheita (ALVARENGA; SOUZA, 2004; CHITARRA; CHITARRA 2006).

No Brasil, os principais fungos que podem ocorrer no tomateiro são do gênero *Alternaria*, *Phytophthora*, *Septoria*, *Stemphylium* e *Fusarium* (REIS; LOPES, 2012). Na fase pós-colheita os principais gêneros de fungos que ocorrem em frutos de tomates e seus derivados estão listados na Tabela 4, sendo vários desses conhecidos como produtores de micotoxinas.

**Tabela 4: Principais fungos encontrados nas cultivares de tomate.**

| Cultivar                                             | Principais fungos                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tomate<br>( <i>Lycopersicon esculentum</i><br>Mill.) | <i>Alternaria sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> ,<br><i>Botrytis sp.</i> , <i>Cladosporium sp.</i> ,<br><i>Colletotrichum sp.</i> , <i>Fusarium</i><br><i>sp.</i> , <i>Geotrichum sp.</i> , <i>Mucor sp.</i> ,<br><i>Penicillium sp.</i> , <i>Phytophthora</i><br><i>sp.</i> , <i>Rhizopus sp.</i> e<br><i>Stemphylium sp.</i> |

Fonte: (HENZ; LOPES, 2005).

O desenvolvimento de patógenos pós-colheita dependerá das condições (tempo da colheita ao processamento, temperatura no momento da colheita, danos mecânicos e grau de maturação dos frutos). Nessas situações, além da presença eventual dos patógenos originários

do campo, pode também ocorrer uma rápida proliferação de fungos oportunistas como *Rhizopus*, *Mucor*, *Geotrichum*, *Penicillium* e *Aspergillus*. Algumas espécies de *Penicillium* e *Alternaria*, além do prejuízo direto causado aos frutos, podem comprometer seriamente os produtos processados devido a produção de toxinas (MORETTI; MATTOS, 2008).

As micotoxinas são metabólitos secundários produzidos por fungos filamentosos que possuem efeitos tóxicos, carcinogênicos e teratogênicos, tanto em animais quanto em humanos via consumo de alimentos contaminados. Entre as micotoxinas de maior importância à saúde pública e a economia agrícola destacam-se a aflatoxina, a ocratoxina, os tricotecenos e as fumonisinas (GONÇALEZ et al. 2013, PRADO, 2014).

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), alguns frutos precisam ser colhidos para consumo no estágio de maturação, a fim de garantir o sabor ótimo após a colheita, estes são denominados não climatéricos, como as frutas cítricas. Entretanto, estes autores relatam ainda, sobre os frutos que mesmo depois de colhidos, tem a capacidade de evoluir na maturação, como os tomates, sendo denominados também de climatéricos.

Os frutos de tomate apresentam intensa atividade metabólica após a colheita, entrando em senescência rapidamente, nesta fase podem ocorrer manchas, amolecimento e podridão, o mesmo também apresenta uma vida útil que pode variar entre dez e quatorze dias, a depender das condições de armazenamento e técnica de conservação (CHITARRA; CHITARRA, 2005).

É importante conhecer a vida útil pós-colheita de um produto para que seja determinado o tipo de armazenamento, transporte e mercado que poderá atingir (RINALDI et al., 2011). De acordo com Vanetti (2004) a vida útil está diretamente relacionada com a qualidade microbiológica, o que irá corroborar com as alterações das características sensoriais do produto, tais como: cor, aroma, textura e aparência.

O atributo de qualidade mais atrativo para o consumidor é a cor, já o sabor pode ser afetado pelo odor e pela textura, o que faz com que seja um atributo de qualidade complexo, por ser difícil de medir objetivamente (CHITARRA, 2005). A textura é um dos atributos de qualidade de maior importância nos frutos de tomate, que, em parceria com o aroma e a aparência geral, pode ser motivo de descarte (GUERRERO, 1993).

O processo respiratório em frutos após a colheita, não é tão eficaz, visto que não é suprido pelo processo fotossintético. Quanto mais rápido o fruto respira e amadurece, maior é a quantidade de calor gerado e menor a vida pós-colheita (CHITARRA, 2005). Algumas medidas que contribuem para melhorar a qualidade e o tempo de vida útil dos frutos podem ser utilizadas, colheita no ponto ótimo de maturação, minimização de danos mecânicos, umidade relativa alta e condições adequadas de temperatura, que, quando altas, contribuem para aumentar a atividade microbiana e as alterações químicas e enzimáticas (VANETTI, 2004).

Os frutos de tomate sofrem grandes transformações físicas e químicas durante a maturação, o que ocasiona diversos processos de degradação, simultâneos ou sequenciais, fato que conduz ao aprimoramento dos atributos de qualidade, principalmente de pigmentação, textura, cor, sabor e aroma. Os mesmos possuem diferentes ácidos orgânicos livres ou em forma de nutrientes que se degradam rapidamente depois da colheita se o fruto for armazenado à temperatura ambiente (CORTEZ et al., 2002).

A qualidade comercial dos produtos agrícolas, principalmente no tocante aos frutos de tomate, pode ser afetada diretamente pela transpiração, que pode ser ocasionada por alterações de origem biológica ou à liberação de dióxido de carbono pelas trocas gasosas (JÚNIOR, 2015).

O aumento da respiração propicia reações químicas e bioquímicas que causam modificações da qualidade sensorial e nutricional, além de reduzir o teor de vitaminas. Na sequência, a perda de água contribui com a redução da consistência, que posteriormente afetará na aparência ideal para o consumo dos frutos. Logo, a manutenção da temperatura baixa e da umidade relativa do ar alta (> 90%) são recomendadas no intuito de se reduzir a perda de água, entretanto, a umidade relativa alta pode favorecer o desenvolvimento de microrganismos (JACOMINO et al., 2008).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Coleta e preparo das amostras

##### *- Pré-teste para escolha das doses de radiação ionizante*

Testes preliminares foram realizados com tomates adquiridos no Centro de Abastecimento Alimentar de Pernambuco (CEASA/PE), lavados, enxutos com papel toalha, colocados em sacos de polietileno de baixa densidade e submetidos à irradiação no irradiador Gamacell, no Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco (DEN/UFPE), nas doses absorvidas de 0,25; 0,50; 0,75 e 1,00 kGy, sendo mantido o controle não irradiado.

Após a irradiação, os frutos foram armazenados no Laboratório de Pós- colheita de Frutos e Hortaliças do Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco (IPA/PE). Cada dose contou com 03 bandejas de isopor (R1, R2 e R3), com três tomates cada, cobertas com filme PVC, onde permaneceram durante 42 dias, à temperatura de  $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de 42% (UR).

Após este experimento, foram escolhidas as doses de 0,50 e 0,75 kGy, por se apresentarem mais eficazes na conservação dos tomates. Após escolha das doses, seguiu-se a procura do local de plantio para coleta dos tomates direcionados ao experimento central.

##### *- Tomates TY em Sairé*

Na cidade de Sairé, localizada no agreste pernambucano, latitude de  $08^{\circ}19'39''\text{S}$ , longitude de  $35^{\circ}42'20''\text{W}$ , 663m de altitude, e área de  $198,7 \text{ km}^2$ , foram coletados 600 tomates da variedade TY, em estágio de maturação verde maduro (Figura 08). De acordo com informações do agricultor o plantio apresentava-se com 21 mil pés de tomates TY, e que o solo recebeu adubação de Fundação – 053005+ esterco de gado, fósforo 054212(adubação complementar + nitrato de magnésio) com sistema de irrigação por gotejamento. O plantio foi classificado como consorciado, uma vez que apresentava outro tipo de cultivo, como a do maracujá, com finalidade de assegurar um melhor manejo do solo.

**Figura 08: Cultivo consorciado de tomates na cidade de Sairé (A), irrigação por gotejamento (B), coleta (C) e separação dos frutos para o experimento (D e E).**



Em seguida, os frutos foram transportados ao Laboratório de Pós- colheita de Frutos e Hortaliças do Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco (IPA/PE), onde foram lavados, secos com papel toalha e depositados em bandejas plásticas. Em seguida, acondicionados em sacos de polietileno de baixa densidade, devidamente codificados com os respectivos tratamentos e submetidas à irradiação gama com fonte de  $^{60}\text{Co}$  (taxa de dose de 4,523 kGy/h), no Departamento de Energia Nuclear da Universidade Federal de Pernambuco - DEN/UFPE, com as doses absorvidas de 0,50 e 0,75kGy, sendo mantidas as amostras controle não irradiadas.

Após a irradiação, os frutos foram armazenados no Laboratório de Pós- colheita de Frutos e Hortaliças (IPA/PE) à temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 42% de (UR), onde permaneceram durante 42 dias. O experimento seguiu o delineamento inteiramente casualizado (através de sorteio) com parcelas divididas no tempo, utilizado na rotina de pesquisas do IPA/PE. Cada dose contou com 03 bandejas de isopor (R1, R2 e R3), cobertas com filme de PVC, cada uma com seis tomates, sendo três deles para análise fúngica e os outros três para as análises físicas, físico-químicas e carotenoides. As bandejas foram distribuídas para análise em sete tempos (T0 à T6), ou seja: T0 (1º dia do experimento), T1(07 dias), T2 (14 dias), T3 (21 dias), T4 (28 dias), T5 (35 dias) e T6 (42 dias).

Para observação do tempo de vida útil, foram separados 90 tomates, estes distribuídos entre as duas doses e o controle, tendo cada dose três repetições com 10 tomates cada. Também foram separados 54 tomates direcionados para análise sensorial, distribuídos entre os três tratamentos (controle não irradiado, 0,50 e 0,75kGy) com três repetições e cada bandeja contendo seis tomates.

Tanto os frutos quanto as sementes foram analisados no Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco (IPA/PE). Nos frutos, foram realizadas as análises de *percentual de perda de peso, firmeza, acidez (AT), SS (°Brix), relação SS/AT, pH, observação da vida útil, carotenoides (Licopeno e Betacaroteno) e microbiológica de identificação fúngica.*

Nas sementes procederam-se as análises da qualidade sanitária através de identificação fúngica (microflora), além de análise para avaliação da qualidade fisiológica através dos testes de *Primeira Contagem de Germinação (PC); Germinação; Índice de Velocidade de Germinação (IVG); Comprimento de Plântula, Massa Verde e Seca de plântulas.*

### 3.2 Procedimentos experimentais I – Frutos

#### **- Perda de peso (%)**

Foi avaliada pela diferença do peso inicial e final de cada fruto durante o período de armazenamento. Os resultados foram expressos em percentual de perda de peso, segundo normas especificadas pela AOAC (1985).

### - *Firmeza da Polpa (Kgf)*

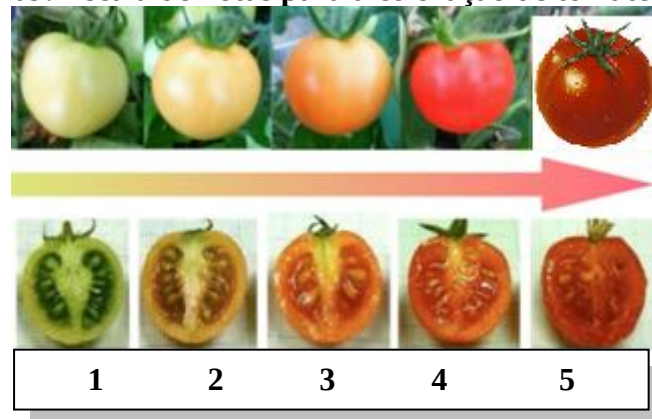
Foi utilizado o penetrômetro da marca Tr-Turoni, com ponteira plana de 8 mm de diâmetro. A análise foi realizada com duas leituras distribuídas uniformemente na região mediana equatorial de cada fruto. Os resultados foram expressos em kgf, segundo normas especificadas pela AOAC (1985).

As análises físico-químicas foram realizadas com polpa triturada em liquidificador doméstico, conforme descritas abaixo.

### - *Cor (casca e polpa)*

A cor da casca e polpa foi medida por meio de uma escala de notas de acordo com a Portaria nº 553/95 do MAARA (BRASIL, 1995) e Anexo XVII da Portaria SARC nº 085/02 do MAPA (BRASIL, 2002), o estágio de maturação, classifica o tomate, em cinco subgrupos conforme Figura 09:

**Figura 09: Escala de notas para a coloração de tomates TY.**



Fonte: Brasil, 1995; Brasil, 2002.

1. **Verde maduro:** quando se evidencia o início do amarelecimento na região apical do fruto
2. **Pintado:** quando as cores amarelo, rosa ou vermelho encontram-se entre 10% a 30 % da superfície do fruto;
3. **Rosado:** quando 30% a 60% do fruto encontra-se vermelho;
4. **Vermelho:** quando o fruto apresenta entre 60% e 90% da sua superfície vermelha;
5. **Vermelho maduro:** quando mais de 90% da superfície do fruto encontra-se vermelha.

**- *Sólidos Solúveis (°Brix)***

Determinados na polpa mediante o refratômetro da marca ATAGO modelo PZO RR11, Nr. 20700, 0-35 °Brix, com compensação de temperatura a 20 °C. Foram realizadas três repetições por amostra e os resultados expressos em percentual de sólidos solúveis na polpa, segundo normas especificadas pela AOAC (1985).

**- *Acidez Titulável (% ácido cítrico)***

Determinada pelo procedimento visual com titulação da solução de NaOH 0,1N até mudança para cor rósea da solução, devido adição do indicador fenolftaleína, segundo normas especificadas pela AOAC (1985). Foram realizadas três repetições por amostra e os resultados expressos em percentual de ácido cítrico (64,02 equivalente grama) na polpa.

**- *pH***

Os valores de pH foram obtidos com o auxílio do potenciômetro Micronal, modelo B474, sendo calibrado com as soluções padrão de pH ácido e básico e testado antes de cada dia de atividade, segundo especificado pela AOAC (2008), método 037/IV.

**- *Açúcar Total e Redutor***

Foi determinado a partir da polpa triturada do tomate, na parte filtrada da amostra titulada mediante as Normas Analíticas da AOAC (2005), método 038/IV, tendo como reagentes principais as soluções de Carrez - 1 ( $K_4Fe(CN)_6 \cdot 3H_2O$ ) e Carrez - 2 ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ), e de Fehling - A ( $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ ) e Fehling - B ( $KNaC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$ ) com fator de correção de 0,95.

**- *Carotenoides***

**- *Licopeno***

Realizada através de espectrofotômetro, pelo método de extração dos Carotenoides Totais de acordo com Rodriguez – Amaya (1999) e para sua quantificação foi utilizada

absorbância registrada no comprimento de onda de 470 nm (nanômetros), com coeficiente de absorção de 3450, em éter de petróleo, expresso em licopeno.

Cálculo:

$$\text{Carotenoides totais } (\mu\text{g/g}) = \frac{\text{Absorbância} \times \text{vol do extrato (mL)} \times 10^6}{3450 \times 100 \times \text{g da amostra}}$$

#### **- β - Caroteno**

Realizada através de espectrofotômetro, pelo método de extração dos Carotenoides Totais de acordo com Rodriguez – Amaya (1999) e para sua quantificação foi utilizada absorbância registrada no comprimento de onda de 450 nm (nanômetros), com utilização da expressão matemática descrita por Gross (1987) e considerando o coeficiente de absorção de 2500, em éter de petróleo, expresso em β – caroteno.

Cálculo:

$$\text{Carotenoides totais } (\mu\text{g/g}) = \frac{\text{Absorbância} \times \text{vol do extrato (mL)} \times 10^6}{2500 \times 100 \times \text{g da amostra}}$$

#### **- *Análise sensorial afetiva***

Foi realizada um dia depois do final do armazenamento, com 43 dias, pelo método afetivo comparativo e participação de 110 avaliadores não treinados, maiores de 18 anos. O teste foi aplicado no laboratório de análises Pós – colheita de frutas e hortaliças do Instituto de pesquisas Agronômicas de Pernambuco (IPA/PE). Os tomates foram depositados em bandejas de isopor numeradas com três dígitos diferentes e separados de acordo com as doses 0,50 e 0,75 kGy, incluindo o controle. Em seguida foram distribuídos em mesas individuais no intuito de garantir ao avaliador maior concentração e privacidade no momento da análise.

A aceitação global foi avaliada por meio de um teste em escala hedônica conforme mostrado no Quadro 1, estruturada de nove categorias (1 – “desgostei muitíssimo” a 9 – “gostei muitíssimo”) (PERYAM e PILGRIM, 1957), indicando quanto gostaram ou desgostaram dos frutos de tomate *in natura* em relação a cor externa, cor interna, aroma, aparência externa, aparência interna e qualidade global. Na mesma ficha foi inclusa uma

escala de intenção de compra (MEILGAARD et al., 1987) estruturada de cinco pontos (5 - “certamente compraria” a 1 - “certamente não compraria”).

**Quadro 1 – Questionário utilizado para a análise sensorial em tomates.**

Nome: \_\_\_\_\_ Idade: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Escolaridade: \_\_\_\_\_

Email: \_\_\_\_\_ Fone/Celular: \_\_\_\_\_

**Teste de aceitação e intenção de compra de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill).**

Você está recebendo amostras de tomates, codificadas aleatoriamente. Escreva o valor que você considera correspondente a cada atributo da amostra de acordo com a escala hedônica de 9 pontos abaixo.

- 9 – Gostei extremamente
- 8 – Gostei moderadamente
- 7 – Gostei regularmente
- 6 – Gostei ligeiramente
- 5 – Nem gostei/Nem desgostei
- 4 – Desgostei ligeiramente
- 3 – Desgostei regularmente
- 2 – Desgostei moderadamente
- 1 – Desgostei extremamente

| Atributos da Amostra | Código da amostra |     |     |
|----------------------|-------------------|-----|-----|
|                      | 532               | 489 | 657 |
| Cor Externa          |                   |     |     |
| Cor Interna          |                   |     |     |
| Aroma                |                   |     |     |
| Aparência Externa    |                   |     |     |
| Aparência Interna    |                   |     |     |
| Qualidade global     |                   |     |     |

Agora para as mesmas amostras, analise-as em relação à intenção de compra. Escreva o valor que você considera correspondente a cada amostra de acordo com a escala de 5 pontos abaixo.

- 5 – Certamente compraria
- 4 – Talvez compraria
- 3 – Talvez compraria/Talvez não compraria
- 2 – Talvez não compraria
- 1 - Jamais compraria

|                    |  |
|--------------------|--|
| <b>Amostra 532</b> |  |
| <b>Amostra 489</b> |  |
| <b>Amostra 657</b> |  |

- 1) Qual a sua frequência de consumo de produtos Hortícolas *in natura*?
- ( ) Menos de uma vez por semana      ( ) Mais de uma vez por semana

**Obrigada por sua participação.**

### **- Análise microbiológica nos frutos**

As análises de identificação fúngica dos frutos foram realizadas no Laboratório de Patologia de Sementes – LAPAS do Instituto Agrônomo de Pernambuco – IPA. Enquanto os tomates eram pesados, simultaneamente era realizada a análise fúngica, por meio de lâminas com fragmentos dos possíveis gêneros de fungos nas diferentes repetições, tempo e tratamentos. Os frutos de tomates que apresentavam características fúngicas em sua estrutura eram separados dos demais em bandejas de isopor e cobertos com filme de PVC. Quando os gêneros não eram identificados na microscopia, era então realizado o repique destes tomates armazenados separadamente direto em placa de petri com meio de cultura BDA (Ágar Dextrose Batata) indicado para o cultivo de fungos (NEOGEN, 2011), estes, foram armazenados a temperatura ambiente e analisados após sete dias.

O cálculo de incidência dos gêneros fúngicos foi realizado de acordo com Brasil (2009) e os resultados encontrados foram expressos em percentual (%) de incidência, por meio da expressão:

$$IA (\%) = (A/B) \cdot 100$$

IA= Percentual de Incidência

A= nº de incidência dos gêneros fúngicos

B= nº total de repetição por tratamento

### **- Análise estatística**

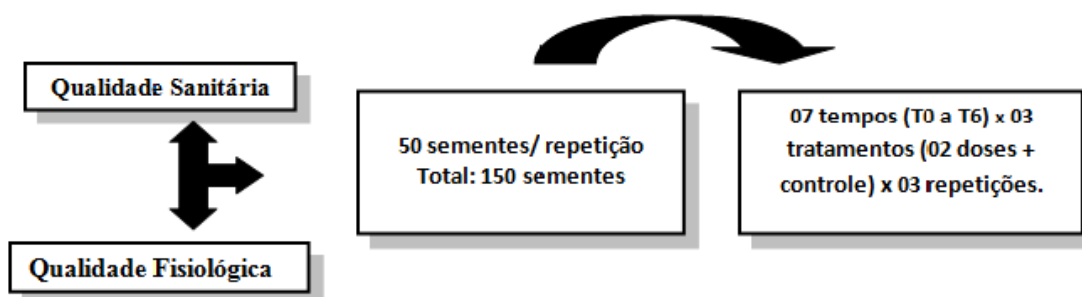
As análises estatísticas para o percentual de incidência de fungos nos frutos foram analisadas de acordo com Canteri (2001), através do SASM – Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan. Para as análises físicas, físico-químicas e sensoriais, foi utilizado o teste T para amostras independentes, ao nível de 5% de significância, através do programa estatístico Bioestat 5.0.

### 3.3 Procedimentos experimentais II - Sementes

#### - Avaliação sanitária e fisiológica das sementes

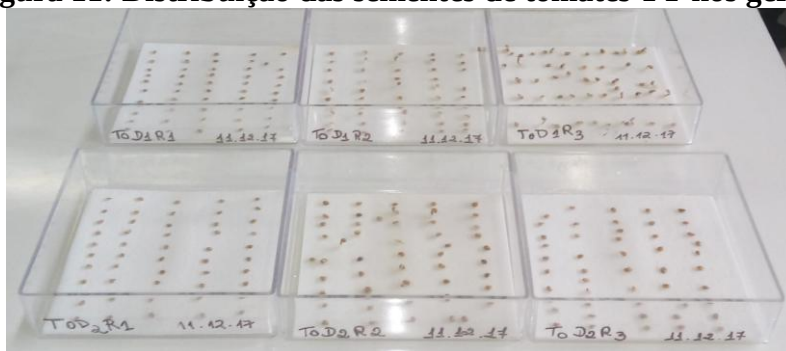
As avaliações da qualidade sanitária e fisiológicas das sementes de tomates TY, ocorreram dois anos após a irradiação dos frutos, uma vez que este tempo segue o protocolo estabelecido pelo banco de sementes do Instituto de Pesquisas Agronômicas de Pernambuco-IPA/PE. As mesmas foram retiradas dos frutos controle e irradiados nas doses de 0,50 e 0,75 kGy, no momento de separação da polpa, em seguida, foram lavadas em água destilada para total retirada de resíduos, dispostas em bandejas de isopor e cobertas com papel filtro, até que estivessem completamente secas. Por fim, embalados em sacos de celulose devidamente fechados, codificados e armazenados em bandeja de isopor a temperatura ambiente. Os sacos foram abertos apenas no momento das análises sanitárias e fisiológicas em Câmara de Fluxo Laminar devidamente esterilizada e de acordo com o desenho experimental da Figura 10.

**Figura 10: Desenho experimental das avaliações sanitária e fisiológica das sementes de tomates TY (*Lycopersicon esculentum* Mill).**



Para o teste de sanidade, as sementes foram acondicionadas sobre três folhas de papel filtro qualitativo para Substrato Mata Borrão (10,5 x 10,5) 250g, autoclavadas e previamente umedecidas com água destilada esterilizada, em caixas plásticas transparentes (tipo Gerbox) (Figura 11).

**Figura 11: Distribuição das sementes de tomates TY nos gerbox.**



Posteriormente, as amostras foram incubadas em B.O.D (*Biochemical Oxygen Demand*) com fotoperíodo digital microprocessada à  $20 \pm 2$  °C e fotoperíodo de 12 horas.

Após sete dias de incubação, foi realizada a avaliação sanitária a partir da identificação e da incidência dos fungos encontrados, com base em suas características morfológicas, utilizando-se microscópio estereoscópico e óptico. O cálculo de incidência dos fungos nas sementes foi realizado de acordo com Brasil (2009) e os resultados encontrados por meio da expressão abaixo, foram expressos em percentual (%) de incidência dos fungos.

$$IA (\%) = (A/B) \cdot 100$$

IA= Percentual de Incidência

A= nº de incidência dos gêneros fúngicos

B= nº total de repetição por tratamento

Referente à qualidade fisiológica, foram distribuídas 50 sementes sobre três folhas de papel Germitest, organizadas em rolos, umedecidas com água destilada esterilizada e levadas para a câmara de germinação tipo B.O.D, com temperatura alternada de 20-30 °C e fotoperíodo de oito horas luz e 16 horas escuro.

As amostras foram submetidas aos seguintes testes:

- *Primeira contagem de germinação (PC)*: conduzida juntamente com o teste de germinação, computando-se a porcentagem de plântulas no quinto dia após a instalação do ensaio, conforme recomendado por Brasil (2009). A contagem diária das plântulas foi realizada entre o 5º e o 14º dia.

- *Germinação*: realizado no décimo quarto dia após a semeadura, por ocasião do final do experimento, considerando-se germinadas as sementes que emitiram raiz primária. Os resultados foram expressos em porcentagem média com base no número de plântulas (BRASIL, 2009).

- *Índice de Velocidade de Germinação (IVG)* - calculado pelo somatório do número de sementes germinadas a cada dia, dividido pelo número de dias decorridos entre a semeadura e a germinação, de acordo com a fórmula de Maguire (1962), conforme expressão abaixo:

$IVG = (G_1/N_1) + (G_2/N_2) + (G_3/N_3) + \dots + (G_n/N_n)$ , em que: IVG = índice de velocidade de germinação,  $G_1, G_2, G_3, \dots, G_n$  = número de plântulas computadas na primeira, segunda, terceira e última contagem;  $N_1, N_2, N_3, \dots, N_n$  = número de dias da semeadura à primeira, segunda, terceira e última contagem.

- *Comprimento de plântulas* – No final do teste de germinação, foram escolhidas aleatoriamente 10 plântulas por repetição, onde foram medidas, com o auxílio de um paquímetro graduado em milímetros (dados posteriormente transformados em centímetros), a raiz primária e a parte aérea, sendo os resultados após análise estatística expressos em cm.

- *Massa verde e seca de plântulas* – As mesmas plântulas da avaliação anterior foram pesadas em balança de precisão de 0,001 g e posteriormente colocadas em estufa regulada a 80 °C por 24h e, decorrido esse período, pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g (NAKAGAWA, 1999).

#### **- *Análise estatística das sementes***

Foram analisadas de acordo com Canteri (2001), através do SASM – Agri: Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan, ao nível de 5% de significância.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 *Perda de peso (g)*

A Tabela 05 apresenta os resultados da avaliação da perda de peso (g) dos frutos de tomates TY em cada tempo de avaliação. A análise estatística indicou que da primeira até a terceira avaliação (tempos 0, 7 e 14 dias), as amostras controles e as irradiadas a 0,5 kGy apresentaram uma maior perda de água quando comparadas às amostras irradiadas a 0,75 kGy, sendo estas diferenças estatisticamente significativas ( $p\text{-valor} < 0,05$ ) (Tabela 5).

A partir da quarta avaliação (21 dias) até o final do experimento (42 dias), apesar das médias perdas de água para as amostras controles serem numericamente maiores que aquelas amostras as irradiadas a 0,5 kGy, a análise estatística indicou não haver diferença estatística significativa.

Por outro lado, a observação visual dos frutos de tomate permitiu constatar que as amostras controles se deterioraram bem mais rapidamente, com os frutos apresentando maior enrugamento das cascas e, conseqüentemente, aparência externa mais prejudicada, com perda de parcelas a partir da terceira avaliação, com 14 dias de experimento, o que não aconteceu com as amostras irradiadas, mesmo ao final do experimento.

Durante a manipulação dos frutos, por várias vezes ocorreu o rompimento da casca, fazendo com que a perda de água em alguns frutos fosse bem maior, o que é refletido nos altos valores de desvios padrões para as amostras, como é possível observar na Tabela 5.

O teste de Correlação de Pearson indicou forte correlação positiva significativa entre o tempo e as perda de peso para as amostras controle e irradiadas (CONTROLE:  $r = 0,9758$ ;  $r^2 = 0,9521$ ;  $p\text{-valor} = 0,0002$ ; DOSE 0,50 kGy:  $r = 0,9617$ ;  $r^2 = 0,9249$ ;  $p\text{-valor} = 0,0005$ ; DOSE 0,75 kGy:  $r = 0,9682$ ;  $r^2 = 0,9374$ ;  $p\text{-valor} = 0,0003$ ), o que confirma a influência do tempo na perda de água.

**Tabela 05: Valores médios e respectivos desvios padrões da perda de peso dos tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 42%.**

| Tempos (dias) | Perda de Água (g)        |                           |                          |
|---------------|--------------------------|---------------------------|--------------------------|
|               | 0                        | 0,50 kGy                  | 0,75 kGy                 |
| 0             | $0,88 \pm 0,31\text{A}$  | $0,73 \pm 0,14\text{A}$   | $1,65 \pm 1,51\text{A}$  |
| 7             | $4,12 \pm 1,58\text{A}$  | $4,65 \pm 0,70\text{A}$   | $3,13 \pm 0,85\text{B}$  |
| 14            | $8,49 \pm 1,86\text{A}$  | $7,56 \pm 2,0\text{A}$    | $6,07 \pm 0,76\text{B}$  |
| 21            | $9,96 \pm 2,40\text{A}$  | $8,84 \pm 1,95\text{A}$   | $8,18 \pm 2,14\text{A}$  |
| 28            | $14,45 \pm 6,09\text{A}$ | $12,83 \pm 3,98\text{A}$  | $10,25 \pm 2,12\text{A}$ |
| 35            | $17,48 \pm 4,93\text{A}$ | $22,78 \pm 13,46\text{A}$ | $18,37 \pm 9,66\text{A}$ |
| 42            | $26,92 \pm 6,93\text{A}$ | $20,92 \pm 9,13\text{A}$  | $19,46 \pm 5,28\text{A}$ |

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste T

( $P=0,05$ ).

A variação de perda de peso aumentou a partir da terceira semana. Esse resultado indica que o tempo de armazenamento é um fator de grande relevância para os frutos no quesito perda de peso. Apesar de não ter ocorrido diferença significativa entre as amostras controle e irradiadas, e entre as doses, a partir da quarta semana de avaliação, pôde ser observado na Tabela 05 que os frutos controle apresentaram maior tendência de perda de peso, o que pode ter proporcionado maior enrugamento das cascas e, conseqüentemente prejudicado a aparência externa dos frutos.

Os resultados aqui apresentados estão em conformidade com Castricine et al.(2004), os quais observaram que a perda de massa fresca dos frutos expostos à radiação, mostrou-se inferior em relação ao controle. No presente trabalho, os frutos foram mantidos em temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 42%, enquanto que Castricine *et al.* (2004), utilizaram as doses de 0,25, 0,50 e 1,0 KGy, sendo mantido o controle não irradiado e submetidos à refrigeração de  $12^\circ\text{C}$ , Segundo Chitarra e Chitarra (2005) e Bleinroht (1981), a taxa de água perdida, sem haver deterioração, é variável para cada vegetal e sobretudo não deve passar de 10%.

Lima et al. (2001) relataram em seus estudos que a perda de peso é uma das características físicas mais importantes que se reflete na aceitabilidade do alimento pelo consumidor. Ao trabalharem com tomates, Dennison e Ahmed (1975) e Murray et al. (1981) recomendam o tratamento dos mesmos por meio da radiação gama, em pós-colheita, com o

objetivo de diminuir a velocidade dos processos metabólicos envolvidos no amadurecimento, como a respiração e, conseqüentemente, a perda de água. O mesmo é relatado no artigo de O'Beirne (1989) que constatou que a irradiação tem como uma de suas principais funções biológicas o retardo dos processos fisiológicos envolvidos no desenvolvimento dos frutos, o que corrobora com o tempo de conservação pós-colheita.

Neves e colaboradores (2002) avaliaram a influência da radiação gama na conservação pós-colheita de nectarinas, pêssegos de origem chinesa, submetidos a diferentes doses de radiação gama, 0,0; 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 kGy, armazenados em câmara fria com temperaturas de 0°C e 90-95% de UR, por 28 dias. Foi observado que no último dia de armazenamento os frutos submetidos à dose intermediária de 0,4 kGy apresentaram o melhor aspecto visual e menor perda de massa fresca, quando comparados às amostras controle, o que está em conformidade com os dados encontrados neste trabalho com tomates TY, visto que o tratamento com irradiação a 0,5 kGy se mostrou qualitativamente mais eficiente na conservação dos frutos.

#### ***4.2 Firmeza da polpa (Kgf)***

Na Tabela 06, podem ser observados os resultados obtidos para a firmeza dos frutos de tomates TY. Os resultados mostraram que inicialmente, no tempo zero de avaliação ocorreu diferença significativa ( $p < 0,05$ ) apenas entre as amostras controle e aquelas submetidas a maior dose de 0,75 kGy, com valores médios de  $4,25 \pm 0,37$  e  $3,63 \pm 0,39$  respectivamente. O mesmo foi observado na terceira semana de avaliação, onde foi constatada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) apenas entre as amostras controle e aquelas tratadas com 0,75 kGy, tendo esta última alcançado maior valor médio para esta característica. Foi possível ainda observar que ao 28º dia de avaliação não ocorreu diferença significativa entre as amostras irradiadas nas diferentes doses, porém, estas diferiram das amostras controle. O maior valor médio da firmeza foi obtido pelas amostras irradiadas a 0,50 kGy, no 28º e 35º dias de avaliação, onde foi possível observar a perda de 2 (duas) das três parcelas analisadas para as amostras controle.

**Tabela 06: Valores médios e respectivos desvios padrões da firmeza dos tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 42%.**

| Tempos (dias) | DOSE (kGy)       |                   |                  |
|---------------|------------------|-------------------|------------------|
|               | 0                | 0,50              | 0,75             |
| 0             | 4,25 $\pm$ 0,37A | 4,03 $\pm$ 0,49AB | 3,63 $\pm$ 0,39B |
| 7             | 3,83 $\pm$ 0,53A | 3,52 $\pm$ 0,19A  | 3,62 $\pm$ 0,25A |
| 14            | 3,01 $\pm$ 0,28A | 3,16 $\pm$ 0,26AB | 3,50 $\pm$ 0,36B |
| 21            | 3,23 $\pm$ 0,39A | 3,25 $\pm$ 0,40A  | 3,21 $\pm$ 0,43A |
| 28            | 2,6 $\pm$ 0,55A  | 3,71 $\pm$ 0,40B  | 3,65 $\pm$ 0,44B |
| 35            | 2,83 $\pm$ 0,40A | 3,35 $\pm$ 0,21B  | 2,85 $\pm$ 0,30A |
| 42            | 3,31 $\pm$ 0,28A | 3,18 $\pm$ 0,33A  | 3,04 $\pm$ 0,27A |

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste

T (P=0,05).

Embora não tenha ocorrido diferença significativa entre os frutos controle e irradiados nas diferentes doses ao 42º de armazenamento, é importante salientar que através da análise visual, entre as amostras irradiadas, a maior dose de 0,75 kGy apresentou perda de parcelas ao longo do tempo, o que não aconteceu com as amostras irradiadas a 0,50 kGy, as quais se mantiveram bem conservadas até o final do armazenamento.

Guerreiro et al.(2016) ao estudarem o tratamento pós-colheita de tomate cereja por radiação gama, nas doses de 1,3 kGy, 3,2 kGy e 5,7 kGy sob refrigeração (em freezer a 4º C), observaram que a firmeza do grupo irradiado foi menor que a dos tomates controle não irradiados e essa diferença foi significativa ( $p < 0,05$ ) para os tomates-cereja irradiados com 5,7 kGy. No entanto, após 14 dias de armazenamento, os tomates-cereja irradiados (todas as doses) apresentaram valores de firmeza significativamente menores que as amostras controles. Provavelmente, isso ocorreu em consequência das altas doses empregadas, as quais chegam a ser cerca de 10 vezes maior que as empregadas no presente trabalho.

De acordo com o ICGFI (1992), a radiação pode levar a mudanças na composição química dos frutos. As alterações na textura ocorrem devido às mudanças na pectina e na celulose e podem ser um fator limitante para a dose de radiação empregada, ou seja, determinadas doses de radiação podem degradar os polissacarídeos, gerando uma hidrólise e posterior perda de firmeza dos frutos (SANTIN, 2000).

Akter e Khan (2012) ao avaliarem os efeitos da radiação gama na qualidade de tomates armazenados sob diferentes temperaturas (4, 12 e 25°C) e com doses de 0,25; 0,50 e 0,75 kGy após oito e treze dias de armazenamento, quando relataram que nas temperaturas de 4 e 25 °C houve maior perda de firmeza, principalmente para as doses de 0,50 e 0,75 kGy para ambos os períodos de avaliação, o que difere da presente pesquisa com frutos de tomates TY, visto que, a dose de 0,50 kGy apresentou melhor resultado para a firmeza dos frutos.

Outros autores não indicaram diferenças significativas ( $p \leq 0,05$ ) na firmeza da polpa entre os frutos de tomate irradiado aos 24 dias de armazenamento (ADAM; ELBASHIR; AHMED, 2014). Do mesmo modo, Tezotto-Uliana e colaboradores (2013) ao analisarem o efeito da radiação gama na pós-colheita de Framboesas Autumn Bliss, nas doses de 1,0 e 2,0 kGy, associado com armazenamento a frio, verificaram que a dose mais baixa de 1 kGy não alterou a textura dos frutos, o que está em conformidade com o presente estudo realizado em tomates TY. Também Broisler et al. (2007) ao compilar os resultados obtidos no teste de aceitação da análise sensorial envolvendo mangas irradiadas a 0,50 kGy e 0,75 kGy, não observaram diferenças estatísticas para os parâmetros de cor, sabor e textura.

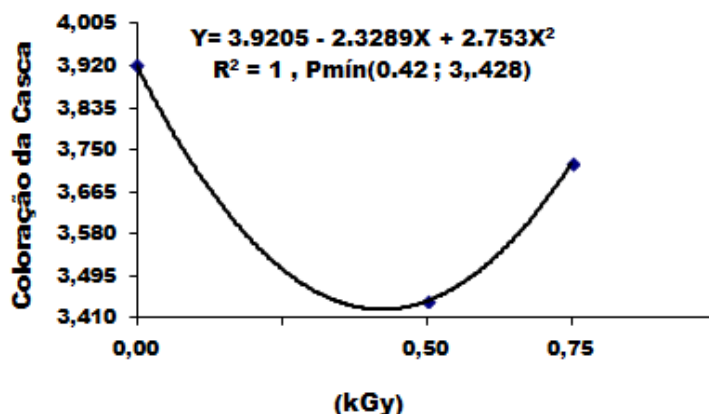
É importante salientar, que a textura é a principal característica percebida pelo tato. Ela é o conjunto de todas as propriedades reológicas e estruturais (geométricas e de superfície) de um alimento, perceptíveis pelos receptores mecânicos, táteis e, eventualmente, pelos receptores visuais e auditivos (ABNT, 1993). De acordo com Coelho (1994), a firmeza dos vegetais, no geral, diminui com a maturação e é uma característica física que apresenta interferência na aceitabilidade dos tubérculos pelo consumidor, tendo em vista que em termos sensoriais é uma das propriedades mais importantes dos alimentos sólidos.

#### **4.3 Coloração da casca e polpa**

A cor do tomate é a característica externa mais importante que permite determinar a maturação e estimar a vida pós-colheita, sendo por sua vez um fator importante na decisão de compra por parte do consumidor (LOPES CAMELO; GOMES 2004).

A Figura 12 ilustra a influência das doses de radiação ionizante na cor da casca, bem como o comportamento das amostras controle, respectivamente.

**Figura 12: Coloração da casca de tomates TY armazenados sob temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 42%, em função da dose.**



No tempo zero, ou no primeiro dia do experimento, a análise estatística indicou que não ocorreu diferença significativa entre o controle e as amostras irradiadas e entre as amostras irradiadas a 0,50 e 0,75 kGy. No 14º dia de avaliação ocorreu diferença significativa ( $p\text{-valor} < 0,05$ ) entre as amostras controle e aquelas irradiadas com 0,50 kGy, uma vez que as amostras controles apresentavam-se com coloração mais acentuadas em relação as demais.

No 21º dia de avaliação foi observado diferença significativa ( $p\text{-valor} < 0,05$ ) apenas entre as amostras controle e as tratadas com 0,50 kGy, esta última com leve amadurecimento da casca quando comparada com as amostras controle e aquelas que receberam maior dose. No 28º dia, ocorreu diferença significativa entre as amostras controle e as irradiadas nas diferentes doses, estando às amostras controle com perda acentuada de parcelas devido ao maior amadurecimento dos frutos, porém, as amostras irradiadas não diferiram entre si. A partir do 35º dia de observação até o final do experimento, as amostras controles não apresentaram diferença significativa para as amostras irradiadas a 0,75 kGy. No entanto, as amostras irradiadas diferiram entre si ( $p\text{-valor} < 0,01$ ).

Em trabalho realizado por Castro Vaspt (2003) ao avaliar o controle do amadurecimento pós-colheita de tomates da cultivar Carmen, observou que a cor externa dos frutos se apresentou sempre mais acentuada do que a interna, com o amadurecimento de fora para dentro do fruto.

Os resultados obtidos na presente pesquisa estão em consonância com os obtidos por Castro Vaspt (2003), uma vez que foi observado um aumento gradual na intensidade da cor externa durante o armazenamento com a temperatura de  $18 \pm (2^\circ\text{C})$ .

Sousa et al.(2010) ao avaliarem os parâmetros da perda de massa e coloração de casca de tomates revestidos com biofilme à base de colágeno, relataram que a temperatura tem um efeito bastante característico sobre a respiração dos frutos, uma vez que, quando o calor aumenta, a velocidade respiratória também aumenta, assim como todas as atividades bioquímicas, sendo desta forma, imprescindível também realizar um armazenamento adequado para alcançar maior qualidade e durabilidade dos frutos. Estes resultados também concordam com a presente pesquisa realizada com tomates TY, visto que, além da técnica de conservação de alimentos aplicada, com uso da radiação ionizante, a mesma deve ser acompanhada pelo adequado armazenamento dos frutos.

#### **- Cor da Polpa**

A análise da cor da polpa revelou que tanto os tomates controles e os submetidos às doses de 0,50 e 0,75 kGy não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre si.

A Tabela 07 mostram os comportamentos observados para as cores de polpa das amostras controles e irradiadas. As amostras controles apresentaram uma intensidade de cor de polpa, apresentando um aumento com o tempo, porém, a partir da 5ª avaliação (28 dias) até o final do experimento, a curva indica uma tendência a uma diminuição dessa intensidade. O mesmo não foi observado para as amostras irradiadas, sendo aquelas irradiadas a 0,75 kGy as que apresentaram uma maior intensidade de cor da polpa, desde o início até o fim do experimento. O fato de ser intermediária entre as amostras controles e as irradiadas a 0,75 kGy indica uma maior conservação para as amostras irradiadas a 0,50 kGy.

A análise estatística indicou, no sétimo dia de avaliação, uma diferença significativa entre as amostras controle e as submetidas 0,75 kGy e entre as doses de 0,50 e 0,75 kGy ( $p < 0,0001$ ). No 14º ocorreu diferença significativa ( $p\text{-valor} < 0,05$ ) apenas entre os frutos controle e aqueles tratados com 0,50kGy e entre as amostras controle e a as submetidas a 0,75kGy. Aos 21º dias de avaliação, a análises estatística indicou diferença significativa entre o controle e os tratamentos aplicados, com ( $p\text{-valor} < 0,0001$ ) para o controle e 0,50kGy e ( $p\text{-valor} =$

0,0135) para o controle e 0,75kGy, e entre as amostras irradiadas nas diferentes doses (p-valor = 0,0021).

A estatística dos dados indicou ainda, que no 28º dia de observação ocorreu diferença significativa entre os frutos controle e aqueles submetidos a 0,50 kGy (p-valor < 0,0001) e entre as amostras controle e aquelas que receberam tratamento de 0,75kGy (p-valor = 0,0039).

**Tabela 07: Coloração da polpa de tomates TY armazenados sob temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 42%, nos diferentes tratamentos aplicados e em função do tempo.**

| Tempos (dias) | DOSE (kGy)        |                   |                   |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|               | 0                 | 0,50              | 0,75              |
| 0             | 1,89 $\pm$ 0,37A  | 1,89 $\pm$ 0,49A  | 2,22 $\pm$ 0,39 A |
| 7             | 3,22 $\pm$ 0,53 B | 3,11 $\pm$ 0,19 B | 4,00 $\pm$ 0,25A  |
| 14            | 4,00 $\pm$ 0,28A  | 3,45 $\pm$ 0,26 B | 3,56 $\pm$ 0,36AB |
| 21            | 4,89 $\pm$ 0,39 A | 3,45 $\pm$ 0,40 C | 4,33 $\pm$ 0,43 B |
| 28            | 5,00 $\pm$ 0,55 A | 4,11 $\pm$ 0,40 B | 4,33 $\pm$ 0,43 B |
| 35            | 5,00 $\pm$ 0,40 A | 4,33 $\pm$ 0,21 B | 4,50 $\pm$ 0,30 B |
| 42            | 5,00 $\pm$ 0,28A  | 4,56 $\pm$ 0,33A  | 5,00 $\pm$ 0,27 A |

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste T (P=0,05).

Foi constatado que no 35º dia de avaliação ocorreu diferença significativa (p > 0,05) da polpa apenas entre as amostras controle e as irradiadas com 0,50 kGy, por outro lado, no final do armazenamento, com 42 dias, não ocorreu diferença significativa entre o controle e as amostras submetidas a 0,75kGy, porém houve diferença significativa entre os frutos controle e os submetidos a 0,50kGy, e entre os irradiados nas diferentes dosagens, visto que as amostras controle e as irradiadas a 0,75 apresentavam-se com coloração da polpa mais acentuada quando comparadas com aquelas submetidas a dose de 0,5 kGy.

Estes resultados estão em conformidade com Mathew et al. (2008) ao estudarem os efeitos da radiação gama na cor e textura características de tomates submetido às doses de 0, 1, 2, 3 e 4 kGy e armazenadas durante 21 dias sob temperatura e  $12^\circ\text{C}$  e 90-95% UR, relataram que durante o amadurecimento, ocorreu um consequente aumento da cor e do teor

de sólidos solúveis totais, tendo ocorrido para todas as doses diferença significativa ( $p < 0,05$ ).

Silva et al. (2008), os quais analisaram a qualidade pós-colheita do abacaxi, observaram que frutos controle obtiveram as maiores médias de cor da polpa em todos os períodos avaliados, indicativo de um grau mais avançado de maturação do fruto durante o armazenamento.

#### 4.4 Carotenoides

##### - *Licopeno e Betacaroteno ( $\mu\text{g/g}$ )*

Em seus estudos, Oliveira et al. (2013), relatam que os carotenoides são excelentes antioxidantes e que, juntamente com a vitamina C, constituem um dos principais mecanismos de defesa endógena do organismo.

A análise estatística (Tabela 08) mostrou que os maiores teores de licopeno foram encontrados nos tomates irradiados nas doses de 0,50 e 0,75 kGy, com valores médios de  $5,51 \pm 0,38$  e  $8,28 \pm 1,30$ , respectivamente, no tempo zero (lançamento do experimento) e também no sétimo dia de avaliação, com os respectivos valores médios de  $23,44 \pm 1,39$  e  $31,18 \pm 3,10$ ; apresentando diferença significativa ( $p < 0,05$ ) em relação às amostras controle em ambos os tempos.

Observou-se ainda que as amostras controle, a partir do 14º ao 28º dia de avaliação apresentaram os maiores valores médios de  $88,37 \pm 2,02$ ;  $83,93 \pm 1,40$  e  $85,95 \pm 1,67$ , respectivamente, em comparação as amostras irradiadas nas diferentes doses, o que sugere um amadurecimento acelerado dos frutos controle. As amostras irradiadas a 0,50 kGy, apresentaram no 14º e 28º dia de armazenamento, os maiores valores médios de  $87,09 \pm 0,87$  e  $74,62 \pm 2,01$ , quando comparadas às amostras irradiadas a 0,75kGy, com diferença significativa ( $p < 0,05$ ). Esta última dose, apresentou no 21º dia de avaliação maior valor médio ( $80,64 \pm 1,84$ ) em relação aquelas irradiadas a 0,50 kGy ( $79,15 \pm 1,17$ ), porém sem diferença estatística significativa. Foi possível perceber ainda, que nas últimas semanas de avaliação, aos 35º e 42º dia, ocorreu perda de parcelas das amostras controle, visto seu acelerado amadurecimento e consequente degradação dos frutos, desta forma, não foi possível

a comparação estatística com as amostras irradiadas nas diferentes doses. As amostras irradiadas, por sua vez, apresentavam-se comercializáveis e sem diferença significativa entre elas ao 35º dia, com valores de  $81,06 \pm 1,01$  e  $84,87 \pm 4,31$ , para 0,50 kGy e 0,75kGy, respectivamente, tendo sido observado ao 42º dia, diferença significativa entre as amostras irradiadas a 0,50kGy, as quais apresentaram o maior valor médio de licopeno de  $90,09 \pm 0,78$  e aquelas irradiadas com 0,75 kGy ( $76,06 \pm 3,79$ ). Este resultado para o teor de licopeno sugere que baixas doses de radiação podem vir a favorecer a disponibilidade deste carotenoide.

**Tabela 08: Valores médios e respectivos desvios padrões dos teores de licopeno ( $\mu\text{g/g}$ ) de tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 42%.**

| Tempos (dias) | DOSE (kGy)                 |                          |                          |
|---------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|
|               | 0                          | 0,50                     | 0,75                     |
| 0             | $4,44 \pm 0,66\text{A}$    | $5,51 \pm 0,38\text{B}$  | $8,28 \pm 1,30\text{C}$  |
| 7             | $16,86 \pm 1,22 \text{ A}$ | $23,44 \pm 1,39\text{B}$ | $31,18 \pm 3,10\text{C}$ |
| 14            | $88,37 \pm 2,02\text{A}$   | $87,09 \pm 0,87\text{A}$ | $69,70 \pm 2,82\text{B}$ |
| 21            | $83,93 \pm 1,40\text{A}$   | $79,15 \pm 1,17\text{B}$ | $80,64 \pm 1,84\text{B}$ |
| 28            | $85,95 \pm 1,67\text{A}$   | $74,62 \pm 2,01\text{B}$ | $64,21 \pm 4,42\text{C}$ |
| 35            | -*                         | $81,06 \pm 1,01\text{A}$ | $84,87 \pm 4,31\text{A}$ |
| 42            | -*                         | $90,09 \pm 0,78\text{B}$ | $76,06 \pm 3,79\text{C}$ |

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste T ( $P=0,05$ ). \* Perda de parcelas da amostra controle, só foi comparado 0,50 e 0,75 kGy.

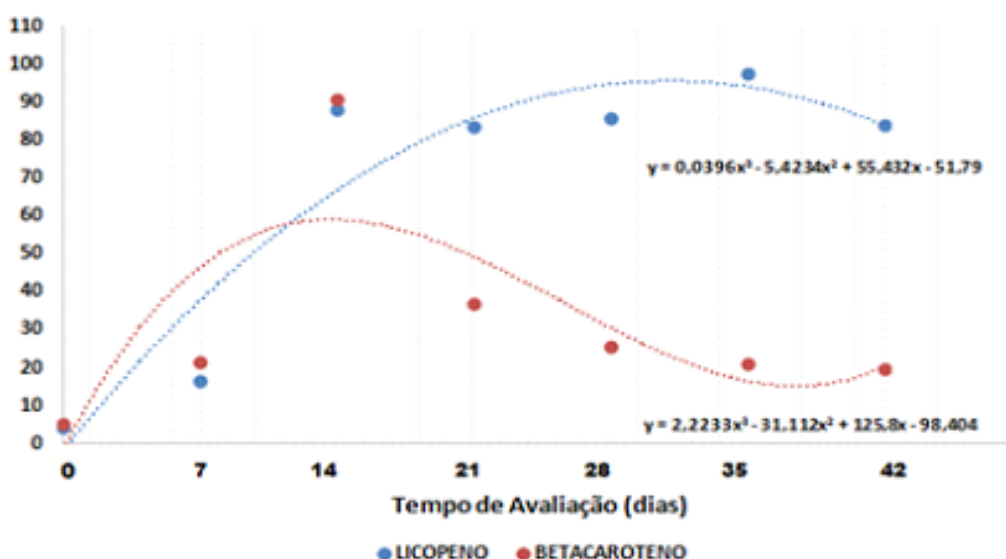
Vários autores ressaltam que, o amadurecimento do tomate começa com o processo de decomposição da clorofila e a síntese progressiva de licopeno por meio de alterações químicas e enzimáticas, proporcionando a coloração vermelha aos frutos, porém esse processo de degradação é iniciado através de fatores externos, os quais podem estar relacionados a estresse hídrico, luminosidade, alterações térmicas, níveis aumentados de etileno ou até mesmo a combinação destes fatores (CHITARRA; CHITARRA, 2005; RAUPP et al., 2009).

A literatura também ressalta que a maior quantidade de licopeno se encontra nos frutos de tomate vermelho maduro e que neste ponto de maturação a quantidade de betacaroteno, apresenta-se reduzida (RODRIGUEZ-AMAYA et al., 2008).

É importante ressaltar que até o 14º dia os teores de licopeno e betacaroteno das amostras controle aumentaram conjuntamente (Figura 13), contudo a partir da 3ª avaliação com 21 dias até o fim do armazenamento foi observada redução gradativa nos teores de betacaroteno, ao passo que ocorria o aumento gradativo dos teores de licopeno até o fim do armazenamento com 42 dias.

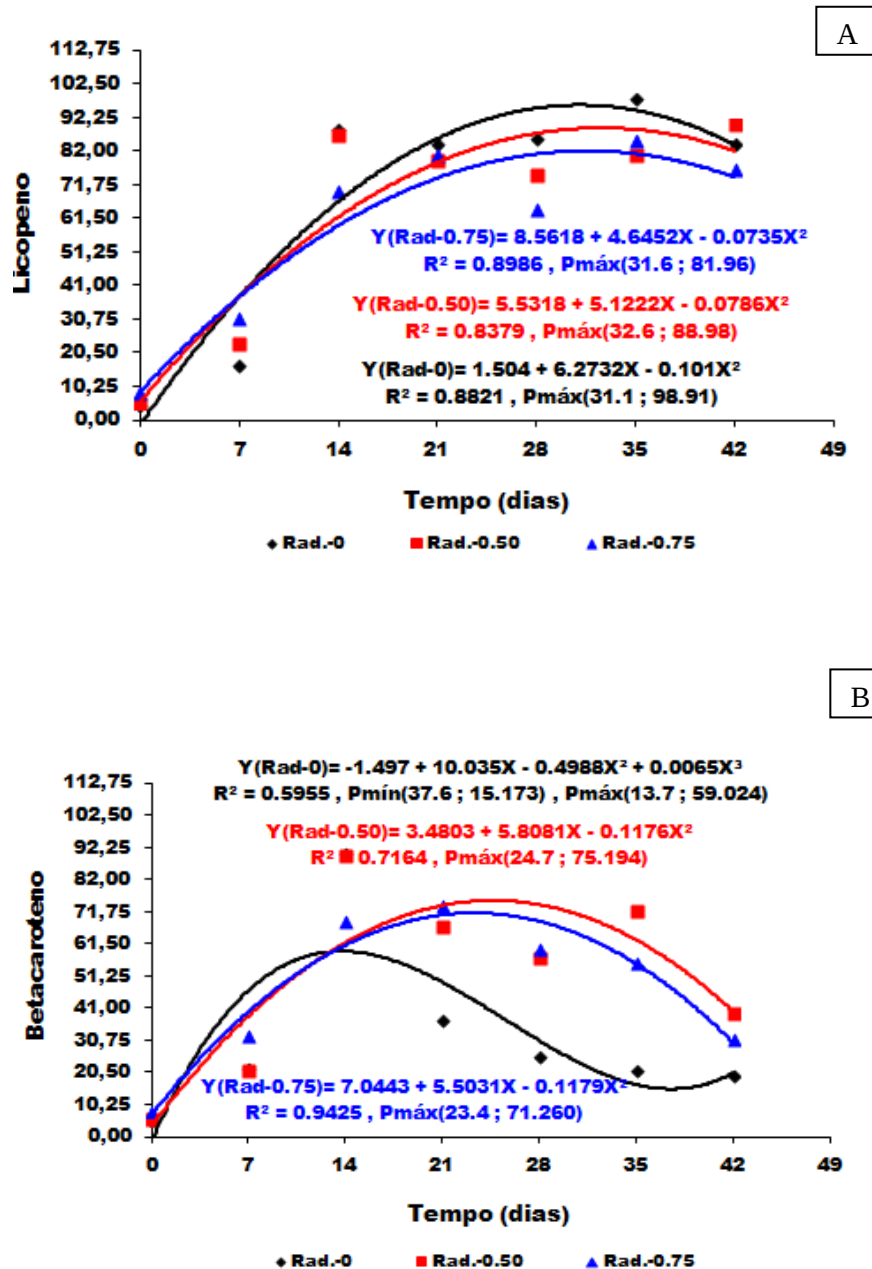
Com isto, foi possível observar que o tempo de armazenamento tem influência direta nos teores de carotenoides, visto que o tomate é um fruto climatérico. Tal fato é relatado por Chitarra e Chitarra (2005), que informam que durante o amadurecimento dos tomates, ocorre a degradação de clorofila e a síntese progressiva de licopeno, proporcionando a coloração vermelha aos frutos.

**Figura 13: Teores de Licopeno e Betacaroteno nos frutos controle de tomates TY durante o armazenamento à temperatura de  $18 \pm 2^\circ$  e 42% (UR).**



No tocante aos teores de betacaroteno encontrados no presente estudo foi observado que ocorreu diminuição desse composto com o passar do tempo, durante o período de armazenamento. Sendo importante mencionar que embora tenha ocorrido diferença significativa entre as amostras controle e aquelas submetidas à irradiação de 0,50 e 0,75kGy, como também entre as mesmas, é possível perceber (Figura 14A e B) que esta perda foi mais acentuada para as amostras controle e que as doses de irradiação aplicadas foram mais eficazes em conservar estes carotenoides nos frutos até o final do armazenamento.

Figura 14: Teores de Licopeno (A) e Betacaroteno (B) nos tomates TY controle e irradiados nas diferentes doses, durante o armazenamento à temperatura de  $18 \pm 2^\circ$  e 42% (UR).



Logo, fica comprovada a eficácia da tecnologia da irradiação de alimentos para a conservação dos frutos de tomate TY e seus carotenoides, dentro das condições estudadas e dosagens aplicadas.

Estes resultados estão em conformidade com pesquisas realizadas por diversos autores, em que é possível verificar que o uso de doses baixas de radiação gama não afeta significativamente a atividade antioxidante e as concentrações de carotenoides, além de

preservar as vitaminas mais sensíveis encontradas em alimentos de origem vegetal (OLIVEIRA et al., 2013; HUSSAIN et al., 2014; SHAHBAZ et al., 2014).

Mohácsi-farkas et al. (2014) constataram, que as concentrações de carotenoides em ambos os vegetais, tomate e cenouras, irradiados com doses mais baixas de 1,0 e 1,5 kGy apresentaram maior conservação destes compostos, enquanto as amostras irradiadas com a dose de 2,0 kGy resultou em perdas de aproximadamente um terço das suas concentrações.

Lima et al. (2009), avaliaram os teores de carotenoides em frutos Buriti (*Mauritia Flexuosa* L.) irradiados com doses de 0,50 e 1,00 kGy e constataram que a maior dose de 1,0 kGy apresentou redução nos teores de betacaroteno. Entretanto, na presente pesquisa com tomates TY, foi observado que as doses de 0,50 e 0,75 kGy foram primordiais na conservação deste carotenoide, mesmo com o decorrer do tempo de armazenamento, quando comparado as amostras controle. O que pode indicar que a utilização de doses mais baixas seja mais eficiente para conservação de betacaroteno, dentro das condições estudadas.

#### **4.5 Açúcares (%)**

Nas tabelas a seguir são apresentados os valores médios e respectivos desvios padrões referente aos teores de açúcar total (Tabela 09), açúcar redutor (Tabela 10) e açúcar não redutor (Tabela 11).

É possível observar na Tabela 10 que não houve influência da radiação ionizante sobre os teores de açúcares totais na primeira (tempo 0) e segunda avaliações (7 dias), fato confirmado pela análise estatística, a qual indicou que não houve diferença estatística significativa entre as amostras controles e as irradiadas e entre as irradiadas. No entanto, nas terceira e quarta avaliações (14 e 21 dias, respectivamente) é possível observar valores mais altos do teor de açúcar total para as amostras irradiadas a 0,75 kGy, condições estas refletidas nos resultados da coloração da casca e polpa.

Aos 28 dias de avaliação, apesar das amostras irradiadas a 0,50 kGy apresentarem maiores valores médios para os teores de açúcares totais, a análises estatística indicou que não ocorreu diferença estatística significativa entre essas amostras e as controles e irradiadas a 0,75 kGy. Na sexta avaliação, devido ao acentuado processo de maturação, ocorreu perda de

parcelas para as amostras controles, não sendo possível a comparação entre essas amostras e aquelas irradiadas. No entanto, as amostras irradiadas a 0,50 kGy apresentaram teores mais altos quanto comparadas àquelas irradiadas a 0,75 kGy, sendo essas diferenças estatisticamente significativas.

Na última avaliação, aos 42 dias, foi possível a comparação entre as amostras controle e as irradiadas, sendo aquelas irradiadas a 0,50 kGy ainda com os maiores valores para os teores de açúcares totais sendo as diferenças estatisticamente significativas.

**Tabela 09: Valores médios e respectivos desvios padrões dos teores de Açúcar Total de tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 42%. A comparação entre as médias foi realizada utilizando o teste t para amostras independentes ( $p = 0,05$ ).**

| Tempos (dias) | DOSE (kGy)       |                  |                  |
|---------------|------------------|------------------|------------------|
|               | 0                | 0,50             | 0,75             |
| 0             | 2,32 $\pm$ 0,18A | 2,37 $\pm$ 0,48A | 2,57 $\pm$ 0,30A |
| 7             | 2,23 $\pm$ 1,00A | 2,66 $\pm$ 0,47A | 2,30 $\pm$ 0,82A |
| 14            | 3,89 $\pm$ 1,25A | 2,71 $\pm$ 0,27A | 1,94 $\pm$ 0,40B |
| 21            | 2,88 $\pm$ 0,57A | 2,64 $\pm$ 0,36A | 4,97 $\pm$ 0,19B |
| 28            | 4,86 $\pm$ 0,65A | 5,58 $\pm$ 0,77A | 4,67 $\pm$ 0,07A |
| 35            | -*               | 4,40 $\pm$ 0,29A | 2,22 $\pm$ 0,03B |
| 42            | 3,53 $\pm$ 1,09A | 5,01 $\pm$ 0,01B | 2,28 $\pm$ 0,51C |

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste T ( $P=0,05$ ). \*Perda de parcelas da amostra controle, só foi comparado 0,50 e 0,75 kGy.

Com estes resultados, é possível perceber que desde a quinta avaliação, até o último dia de armazenamento, as amostras submetidas ao tratamento de 0,50 kGy, demonstraram os maiores valores médios do teor de açúcares totais em relação as amostras controles e aquelas irradiadas na maior dose (0,75 kGy).

Para Cordeiro et al. (2015) e Santos et al. (2010) os açúcares constituem a maior parte dos sólidos solúveis e os frutos que apresentam altos teores de açúcar tem maior pré disposição para aceitação dos consumidores. Estes resultados também estão em conformidade com aqueles encontrados na análise sensorial da presente pesquisa, visto que os frutos irradiados a 0,50 kGy apresentaram maior índice de aceitação.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), as classes de carboidratos em frutas e hortaliças são de açúcares simples. Glicose, frutose e sacarose são os principais açúcares presentes e os frutos climatéricos, como o tomate podem apresentar consideráveis mudanças no conteúdo de açúcares totais que aumentam não só durante o período de sua maturação na planta, como também durante o período entre a colheita e o ponto de amadurecimento para ser comestível.

A diferença encontrada entre os frutos de tomates em relação ao teor de açúcares totais e açúcares redutores afeta o atributo sabor, doçura, acidez e flavor que, por sua vez, podem estar relacionados ao grau de amadurecimento e ao teor de sólidos solúveis (ZAMBRANO; MOYEJA; PACHECO, 1996; GIL; CONESSA; ARTÉS, 2002; MIGUEL et al., 2007).

A radiação ionizante, no geral, não alterou os teores de açúcar redutor (Tabela 10). Apenas para a terceira avaliação (aos 14 dias de observação) observo-se uma diminuição no teor de açúcar redutor para as amostras irradiadas a 0,75 kGy, sendo esta diferença estatisticamente significativa entre essas amostras e as amostras controle e irradiadas a 0,50 kGy. Na sexta avaliação (ao 35º dia), devido à perda acentuada de parcelas das amostras controle, não foi possível a comparação dos dados com os demais valores das amostras irradiadas nas diferentes doses.

Semelhantemente aos valores médios de açúcar redutor, foi observada alteração dos valores médios de açúcar não redutor na terceira e quarta avaliações, em que se pôde perceber uma tendência à diminuição desses teores para as amostras irradiadas, sendo isso estatisticamente significativo (Tabela 11). Estes resultados estão em conformidade com os encontrados por Lima e colaboradores (2009), ao estudarem os feitos da radiação gama nas doses de 0,5 kGy e 1,0 kGy na composição bromatológica do fruto Buriti do Brejo (*Mauritia flexuosa* L), sob temperatura de -18 °C, observaram que a irradiação dos frutos de Buriti na dose de 0,5 kGy não alterou significativamente os teores de açúcares redutores, entretanto, os valores obtidos revelaram que houve redução significativa ( $p < 0,05$ ) dos açúcares nos frutos submetidos a dose de 1,0 kGy.

Entretanto, Teixeira et al. (1983), encontraram valores decrescentes de açúcares redutores (glicose + frutose), variando de 1,77 a 0,62% e valores crescentes para sacarose passando de 0,74 para 2,70% com o amadurecimento de pêssegos 'Biuti'.

Costa et al. (2008) ao avaliarem a conservação frigorificada de pêssegos da cultivar Tropic Beauty irradiados (0,0; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0kGy) armazenados em B.O.D. a 0°C e com  $90 \pm 5\%$  de UR por 25 dias, observaram que não foram detectadas diferenças estatísticas entre os tratamentos para os teores de açúcares redutores. Os valores variaram de 1,51 a 3,66%, entretanto, ao longo do armazenamento observou-se elevação no teor de açúcares redutores nos frutos irradiados.

**Tabela 10: Valores médios e respectivos desvios padrões dos teores de Açúcar Redutor de tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 42%.**

| Tempos (dias) | DOSE (kGy)       |                  |                  |
|---------------|------------------|------------------|------------------|
|               | 0                | 0,50             | 0,75             |
| 0             | 1,04 $\pm$ 0,29A | 1,02 $\pm$ 0,03A | 1,03 $\pm$ 0,12A |
| 7             | 1,65 $\pm$ 1,11A | 2,33 $\pm$ 0,52A | 2,39 $\pm$ 0,46A |
| 14            | 2,66 $\pm$ 0,02A | 2,63 $\pm$ 0,05A | 1,42 $\pm$ 0,52B |
| 21            | 1,90 $\pm$ 0,92A | 2,43 $\pm$ 0,42A | 2,23 $\pm$ 0,01A |
| 28            | 2,11 $\pm$ 0,18A | 2,45 $\pm$ 0,14A | 2,27 $\pm$ 0,06A |
| 35            | - *              | 2,22 $\pm$ 0,02A | 2,14 $\pm$ 0,16A |
| 42            | 1,91 $\pm$ 0,80A | 2,32 $\pm$ 0,03A | 2,28 $\pm$ 0,91A |

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste T ( $P=0,05$ ). \* Perda de parcelas da amostra controle, só foi comparado 0,50 e 0,75 kGy.

**Tabela 11: Valores médios e respectivos desvios padrões dos teores de Açúcar Não Redutor de tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 42%.**

| Tempos (dias) | DOSE (kGy)       |                  |                  |
|---------------|------------------|------------------|------------------|
|               | 0                | 0,50             | 0,75             |
| 0             | 1,28 $\pm$ 0,42A | 1,45 $\pm$ 0,36A | 1,54 $\pm$ 0,18A |
| 7             | 0,58 $\pm$ 0,68A | 0,16 $\pm$ 0,03A | 0,46 $\pm$ 0,43A |
| 14            | 2,09 $\pm$ 0,01A | 1,36 $\pm$ 0,05B | 0,51 $\pm$ 0,13C |
| 21            | 1,16 $\pm$ 0,30A | 0,23 $\pm$ 0,04B | 2,79 $\pm$ 0,09C |
| 28            | 2,75 $\pm$ 0,74A | 3,12 $\pm$ 0,75A | 2,4 $\pm$ 0,11A  |
| 35            | 2,44*            | 2,26 $\pm$ 0,27A | 2,26 $\pm$ 0,15A |
| 42            | 1,61 $\pm$ 0,28A | 2,7 $\pm$ 0,02A  | 1,6 $\pm$ 0,40A  |

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste T ( $P=0,05$ ). \*Perda de parcelas da amostra controle, só foi comparado 0,50 e 0,75 kGy.

#### 4.6 Sólidos Solúveis (°Brix)

Estão representados na Tabela 12 os valores dos teores de sólidos solúveis encontrados no presente estudo.

**Tabela 12: Teores de Sólidos Solúveis em frutos de tomates TY nos diferentes tratamentos aplicados durante o armazenamento à temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 42%.**

| Tempos (dias) | DOSE (kGy)       |                   |                  |
|---------------|------------------|-------------------|------------------|
|               | 0                | 0,50              | 0,75             |
| 0             | 4,73 $\pm$ 0,29A | 4,67 $\pm$ 0,03A  | 4.87 $\pm$ 0,12A |
| 7             | 4,93 $\pm$ 1,11A | 5,00 $\pm$ 0,52A  | 4.73 $\pm$ 0,46A |
| 14            | 5,00 $\pm$ 0,02A | 4,93 $\pm$ 0,05A  | 5.00 $\pm$ 0,52B |
| 21            | 4,27 $\pm$ 0,92B | 5,00 $\pm$ 0,42A  | 4.87 $\pm$ 0,01A |
| 28            | 4,27 $\pm$ 0,18A | 4.53 $\pm$ 0,14AB | 4.33 $\pm$ 0,06B |
| 35            | - *              | 5,00 $\pm$ 0,02A  | 4.47 $\pm$ 0,16B |
| 42            | 4,20 $\pm$ 0,80A | 4,67 $\pm$ 0,03A  | 5.00 $\pm$ 0,91A |

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste T ( $P=0,05$ ).

\*Perda de parcelas da amostra controle, só foi comparado 0,50 e 0,75 kGy.

De acordo com a análise estatística dos dados, não ocorreu diferença significativa entre o controle e as doses de irradiação aplicadas até o 14º dia de avaliação, o que também foi constatado no último dia de avaliação, ao 42º dia, porém, é importante salientar, que mesmo não ocorrendo diferença significativa entre as amostras irradiadas nas diferentes doses e as amostras controle, aquelas submetidas ao tratamento com 0,50kGy apresentaram os maiores valores médios.

Foi observado ainda, que ocorreu diferença significativa ( $p < 0,05$ ) ao 21º e 28º dia de avaliação, entre as amostras controle e as irradiadas nas diferentes doses, porém sem diferença significativa entre as doses de irradiação aplicadas. Ao 35º dia de avaliação foi verificada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os frutos controle e os submetidos à irradiação na dose de 0,50 kGy. Neste mesmo tempo de avaliação, ocorreu ainda diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as doses de irradiação utilizadas, tendo a dose de 0,50 kGy alcançado maior teor de sólidos solúveis totais.

Estes resultados estão de acordo com os encontrados e relatados na presente pesquisa através das análises dos teores de açúcares totais e redutores, o quais evidenciam uma melhor conservação desta variável nos frutos estudados a partir do tratamento com a dose de 0,50 kGy.

De acordo com Chitarra e Chitarra (2005), o teor de sólidos solúveis pode variar de acordo com a cultivar, o grau de maturação e o clima. Logo, os resultados encontrados na presente pesquisa evidenciam que a redução de sólidos solúveis pode ser resultante dos próprios fatores intrínsecos do fruto, e não somente em função da dose de radiação aplicada. É importante salientar que para a indústria são desejáveis maiores valores de sólidos solúveis em vista do rendimento industrial, ao mesmo tempo em que valores menores de sólidos solúveis são requisitados quando a finalidade é adiar o processo de senescência dos frutos de tomates.

Guerreiro e colaboradores (2016), ao avaliarem o tratamento pós-colheita de tomate cereja por radiação gama, nas doses de 1,3 kGy, 3,2 kGy e 5,7 kGy sob temperatura de 4° C, perceberam uma tendência crescente dos valores de SST para as doses de radiação de 3,2 kGy e 5,7 kGy, embora apenas significativamente diferente ( $p < 0,05$ ) para a maior dose aplicada. Estes autores relatam ainda, que o tempo de armazenamento parece não ter influência nos valores de sólidos solúveis, exceto na maior dose de irradiação e que este aumento pode estar relacionado ao efeito radiolítico da irradiação no açúcar do fruto, levando a um aumento de percentual de açúcar.

De acordo com Adam et al. (2014) os teores de sólidos solúveis são predominantemente influenciados pela quantidade de açúcares nos frutos. Como mencionado por outros autores, à radiação não afetou o teor de sólidos solúveis (% açúcar) em tomates tradicionais armazenados (Akter; Khan, 2012).

Fugita (2011) em estudos realizados para conservação pós-colheita do fruto de Maná cubiu (*Solanum sessiflorum* Dunal), com aplicação de diferentes doses de irradiação gama (0,0, 0,2, 0,4, 0,6 e 0,8 kGy), sob diferentes temperaturas de armazenamento (24, 6, 8 e 10°C), observou que não ocorreu diferença significativa entre as médias gerais dos sólidos solúveis para os tratamentos aplicados nas diferentes temperaturas.

#### 4.7 Acidez titulável (% de ácido cítrico)

**Tabela 13: Valores médios e respectivos desvios padrões dos teores de Acidez Titulável de tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 42%.**

| Tempos (dias) | Radiação(kGy)    |                  |                  |
|---------------|------------------|------------------|------------------|
|               | 0                | 0,50             | 0,75             |
| 0             | 0,44 $\pm$ 0,11A | 0,42 $\pm$ 0,09A | 0,42 $\pm$ 0,09A |
| 7             | 0,63 $\pm$ 0,13A | 0,35 $\pm$ 0,05A | 0,30 $\pm$ 0,04A |
| 14            | 0,33 $\pm$ 0,06A | 0,31 $\pm$ 0,05A | 0,31 $\pm$ 0,05A |
| 21            | 0,28 $\pm$ 0,03A | 0,31 $\pm$ 0,05A | 0,31 $\pm$ 0,05A |
| 28            | 0,34 $\pm$ 0,05A | 0,30 $\pm$ 0,05A | 0,29 $\pm$ 0,04A |
| 35            | 0,33 $\pm$ 0,04A | 0,31 $\pm$ 0,03A | 0,30 $\pm$ 0,03A |
| 42            | 0,30 $\pm$ 0,05A | 0,30 $\pm$ 0,05A | 0,30 $\pm$ 0,06A |

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste T ( $P=0,05$ ).

A análise dos resultados da acidez titulável, expressos em % de ácido cítrico, revelou que a radiação não teve efeito significativo ( $p = 0,05$ ) sobre essa variável nos frutos de tomates TY (Tabela 13). Foi possível perceber ainda, através da análise estatística dos dados, que também não ocorreram diferenças significativas entre as amostras controle as irradiadas nas diferentes doses durante o período de armazenamento. Estes resultados mostram que os tratamentos aplicados nos frutos em estudo, não influenciaram os teores de acidez titulável.

De acordo com Fenema (1985), os ácidos orgânicos, geralmente decrescem após o amadurecimento, a colheita e durante a armazenagem. Entretanto, segundo Mota (2006), essa diferença na acidez dos frutos de tomates pode estar associada às condições edafoclimáticas do cultivo, ou seja, características definidas através de fatores do meio, tais como o clima, relevo, temperatura, umidade do ar, radiação, tipo de solo, vento, composição atmosférica e a precipitação pluvial.

Segundo Fellows (2006) os níveis de acidez tendem a decrescer com o amadurecimento, durante o armazenamento, devido à oxidação para produção de energia no ciclo de Krebs, porém esta perda poderá variar de acordo com o tratamento aplicado e com as características intrínsecas do vegetal, além dos fatores extrínsecos que poderão alterar a estabilidade de alguns componentes e influenciar na qualidade nutricional e sensorial.

Silva et al. (2014) ao estudarem a influência da irradiação gama em amoras pretas, concluíram que não houve diferença significativa na acidez entre o controle e as amostras irradiadas nos tempos de armazenamento de 0; 7; 15 e 30 dias, porém, aos 60 dias de armazenamento, ocorreu um aumento em todos os tratamentos e que os valores de acidez variaram de 1,53 a 1,73%.

Castricine et al. (2004) ao avaliarem o uso da radiação gama na conservação pós-colheita do tomate de mesa (*lycopersicum esculentum* mill.) em estágio maduro, observaram que somente aos 3 dias de armazenamento foi observada maior concentração de ácidos nos frutos submetidos a 0,25 e 0,50 kGy, e que a partir deste tempo, os frutos de todos os tratamentos apresentaram uniformidade nos níveis de acidez com valores variando de 0,14 a 0,23% de ácido cítrico.

Prakash et al. (2002), ao estudarem tomates da cultivar Roma tratados com diferentes doses de radiação gama, com objetivo de avaliar as propriedades sensoriais, microbiana, física e química, constataram que a acidez titulável não foi significativamente afetada pela radiação, o que também está em conformidade com a presente pesquisa.

Da mesma forma, Cia et al. (2000), através de análises com uva Itália, no qual foi observada a manutenção e o não comprometimento nos teores de AT pela aplicação de radiação gama. Também Calore e Vieites (2003) verificaram que o uso da radiação gama como forma de tratamento pós-colheita de pêssegos da cultivar Biuti não influenciou na acidez das amostras para a dose de 0,1 kGy.

Também em relação ao SS/AT, também foi observado que não ocorreu influência da radiação ionizante nessa característica, o que foi confirmado pela análise estatística, a qual indicou não haver diferença significativa entre os dados ( $p > 0,05$ ) (Tabela 14). Entretanto, ocorreu perda acentuada de parcelas das amostras controle no 35º dia de avaliação, sendo comparadas estatisticamente apenas as amostras irradiadas nas diferentes doses.

**Tabela 14: Valores médios e respectivos desvios padrões dos teores da relação SS/AT de tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 42%.**

| Tempos (dias) | DOSE (kGy)        |                   |                   |
|---------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|               | 0                 | 0,50              | 0,75              |
| 0             | 10,73 $\pm$ 1,22A | 11,05 $\pm$ 0,64A | 11,52 $\pm$ 0,85A |
| 7             | 13,16 $\pm$ 1,12A | 14,64 $\pm$ 2,14A | 15,78 $\pm$ 0,66A |
| 14            | 15,47 $\pm$ 0,51A | 15,76 $\pm$ 0,53A | 16,14 $\pm$ 0,52A |
| 21            | 15,25 $\pm$ 0,90A | 16,02 $\pm$ 1,27A | 15,57 $\pm$ 1,44A |
| 28            | 14,45 $\pm$ 1,15A | 15,09 $\pm$ 0,34A | 14,97 $\pm$ 1,25A |
| 35            | .*                | 16,49 $\pm$ 2,12A | 15,11 $\pm$ 1,92A |
| 42            | 16,66 $\pm$ 1,14  | 15,61 $\pm$ 1,40A | 16,74 $\pm$ 1,57A |

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste T (P=0,05).

\*Perda de parcelas da amostra controle, só foi comparado 0,50 e 0,75 kGy.

Neves et al. (2002) após estudos com aplicação da radiação gama na conservação pós colheita de nectarina (*Prunus persica* var. *nucipersica*), referentes à análise de sólidos solúveis (SS), acidez titulável (AT) e a razão entre SST/ATT, constataram que a radiação gama não interferiu nestas variáveis, ao mesmo tempo que não apresentou diferença significativa entre as dosagens pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

Segundo Bande (1990), frutos e hortaliças devidamente irradiados não apresentam nenhuma toxidez e praticamente mantêm o mesmo valor nutritivo que os processados por outros métodos.

Para Coelho (1994) a relação sólidos solúveis/acidez é indicativa do nível de amadurecimento do fruto fresco. Um valor de 25 ou acima, equivale à maturidade ótima comestível, ou seja, à do fruto mole, se a acidez total for inferior a 0,5%. De modo geral, a relação pode variar de 16,5 até 36,0, com um decréscimo correspondente na acidez de 0,81 a 0,41%.

#### 4.8 pH

Na Tabela 15 é possível observar que existe uma tendência de diminuição do pH das amostras, no entanto, esta diminuição só foi significativa a partir da 3ª avaliação (dos 14 aos 35 dias) e se estabilizou aos 42 dias. Foi observada também, a ocorrência de perda acentuada de parcelas das amostras controle ao 35º dia de avaliação, desta forma, neste tempo só foi possível avaliação estatística entre as amostras tratadas nas diferentes doses aplicadas.

**Tabela 15 : Valores médios e respectivos desvios padrões dos teores de pH de tomates TY em relação ao tempo de avaliação sob temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de 42%.**

| Tempos (dias) | DOSE (kGy)        |                  |                   |
|---------------|-------------------|------------------|-------------------|
|               | 0                 | 0,50             | 0,75              |
| 0             | $3,39 \pm 1,08^a$ | $3,15 \pm 0,23A$ | $3,50 \pm 0,09A$  |
| 7             | $4,07 \pm 0,18^a$ | $3,90 \pm 0,12A$ | $3,92 \pm 0,53A$  |
| 14            | $4,41 \pm 0,21^a$ | $4,06 \pm 0,19A$ | $3,93 \pm 0,04A$  |
| 21            | $4,45 \pm 0,25^a$ | $3,91 \pm 0,13B$ | $4,00 \pm 0,12B$  |
| 28            | $4,47 \pm 0,09^a$ | $4,11 \pm 0,22B$ | $3,42 \pm 0,31C$  |
| 35            | 4,55 *            | $4,21 \pm 0,33A$ | $3,94 \pm 0,21A$  |
| 42            | $3,94 \pm 0,31AC$ | $3,77 \pm 0,12A$ | $4,01 \pm 0,02BC$ |

Médias seguidas de uma mesma letra maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste T ( $P=0,05$ ). \*Perda de parcelas da amostra controle, só foi comparado 0,50 e 0,75 kGy.

Os resultados encontrados nesta pesquisa estão condizentes com a literatura, pois de acordo com Pazinato e Galhardo (1997) o tomate apresenta pH abaixo de 4.5, quando está em condições fisiológicas adequadas e que este fato é desejado para inibir a proliferação de microrganismos. Por outro lado, de acordo com Garcia et al. (2014) quando acontecem alterações do pH, estas podem ser atribuídas a alterações metabólicas e à perda de água nos frutos de tomates.

Em estudos realizados por Guerreiro et al. (2016), os valores encontrados para o pH do tomate cereja diminuiu significativamente ( $p < 0,05$ ) com a irradiação na dose mais alta, e que o tempo de armazenamento não teve efeito significativo ( $p > 0,05$ ) no pH do tomate, com exceção das amostras irradiadas a 3,2 e 5,7 kGy.

Silva et al. (2014) ao avaliarem os efeitos da radiação gama na conservação da qualidade da polpa de amora-preta (*rubus* spp. L.) 0,75 ; 1,5 e 3 kGy, armazenadas à temperatura de  $4^\circ\text{C}$ , observaram que os valores de pH das amostras da polpa de amora-preta ficaram na faixa entre 2,89 e 2,99.

Gómez e Camelo (2002) ao avaliarem cultivares de tomates Diva encontraram um pH entre 4,06 a 4,70. Enquanto Borguini e Silva (2003) estudaram cultivares de tomates convencionais e orgânicas e observaram valores de pH muito aproximados, na faixa de 4,4

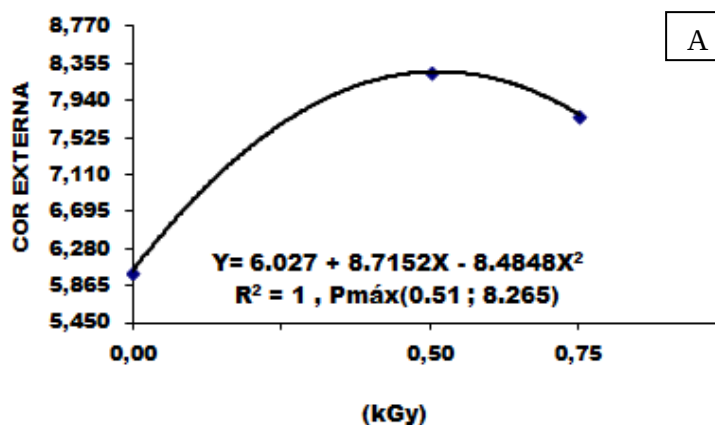
para tomate Carmen convencional e 4,3 para a orgânica, e, 4,2 para tomates da cultivar Débora convencional e Débora orgânica.

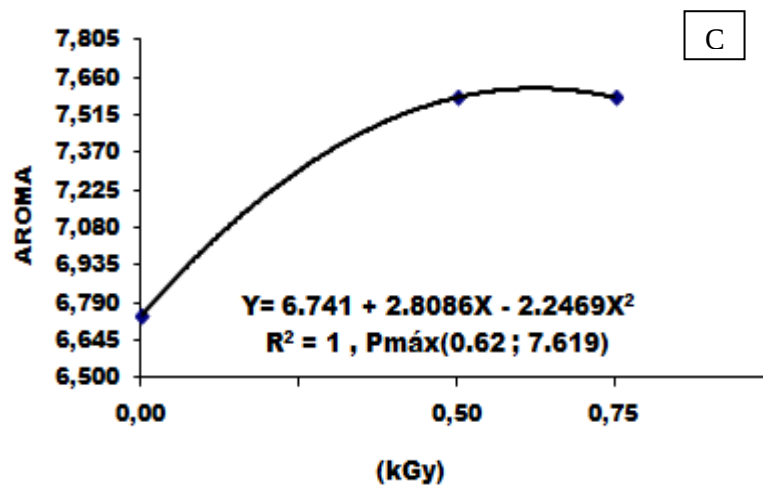
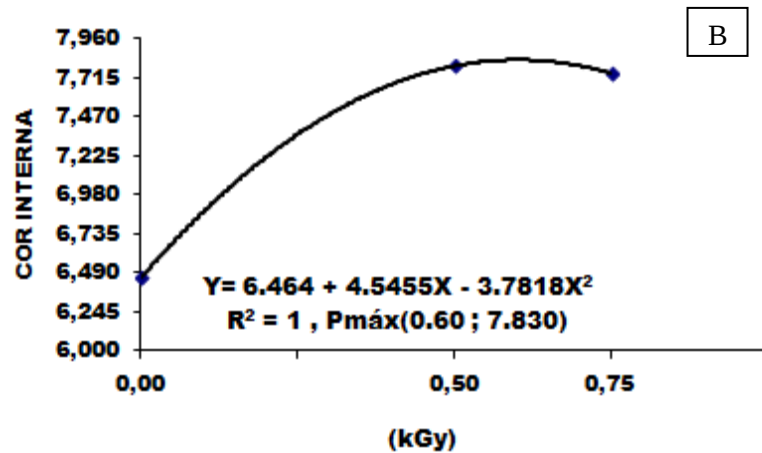
#### 4.9 Análise sensorial afetiva

Os dados de análises sensoriais dos frutos foram realizadas através do teste Mann-Whitney para duas amostras não paramétricas e independentes ( $\alpha = 5\%$ ). Após 42 dias de armazenamento, foi constatado que os frutos submetidos às doses de 0,50 e 0,75 kGy não apresentaram diferença significativa entre si e receberam as maiores notas de  $8,26 \pm 0,135$  e  $7,79 \pm 0,138$ , respectivamente (Figura 15A).

As notas atribuídas para cor interna dos frutos submetidos às doses de 0,50 e 0,75 kGy também foram maiores quando comparadas as amostras controle, com valores médios e os respectivos erros padrões de  $7,79 \pm 0,126$  e  $7,74 \pm 0,139$  (Figura 15 B), respectivamente, sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as amostras.

**Figura 15: Valores das notas atribuídas na análise sensorial para cor externa (A), cor interna (B) e aroma (C) em função da dose aplicada em frutos de tomates TY após 42 dias de armazenamento sob temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$ .**





Quanto ao aroma dos frutos (Figura 15C), foi constatado que a radiação ionizante teve pouca interferência nesta característica sensorial, sem diferença significativa ( $p = 0,05$ ) entre as doses 0,50 e 0,75 kGy, com respectivos valores e erros padrões de  $7,58 \pm 0,136$  e  $7,58 \pm 0,149$ , enquanto as amostras controle alcançaram o valor médio de  $6,74 \pm 0,190$  (Figura 32 C), o que indica que os frutos irradiados preservaram melhor seu aroma característico.

As notas atribuídas para aparência externa dos frutos mostrou que as amostras submetidas ao tratamento com 0,50 kGy alcançaram o maior valor médio de  $8,30 \pm 0,11$ , com diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras submetidas à dose de 0,75 kGy, a qual apresentou valor médio de  $7,75 \pm 0,15$ .

Ambos os tratamentos com irradiação apresentaram diferença significativa em relação aos frutos controle, estes, classificados com o menor valor médio de  $5,27 \pm 0,12$  (Figura 16

A). Com isto, observa-se que o tratamento com 0,50 kGy, obteve destaque em preservar esta característica do alimento, tornando-os comercializáveis por um maior período de tempo.

Estes resultados da aparência externa estão em concordância com os estudos de Chitarra e Chitarra (2005), que concluíram que a qualidade de um produto está associada à sua aparência externa sendo considerado o fator de maior importância do ponto de vista de comercialização. A aparência externa é avaliada por diferentes atributos tais como grau de frescor, tamanho, forma, cor, higiene, maturidade e ausência de defeitos (SOUZA et al., 2010), sendo um fator determinante na escolha dos frutos pelos consumidores (MELO et al., 2015).

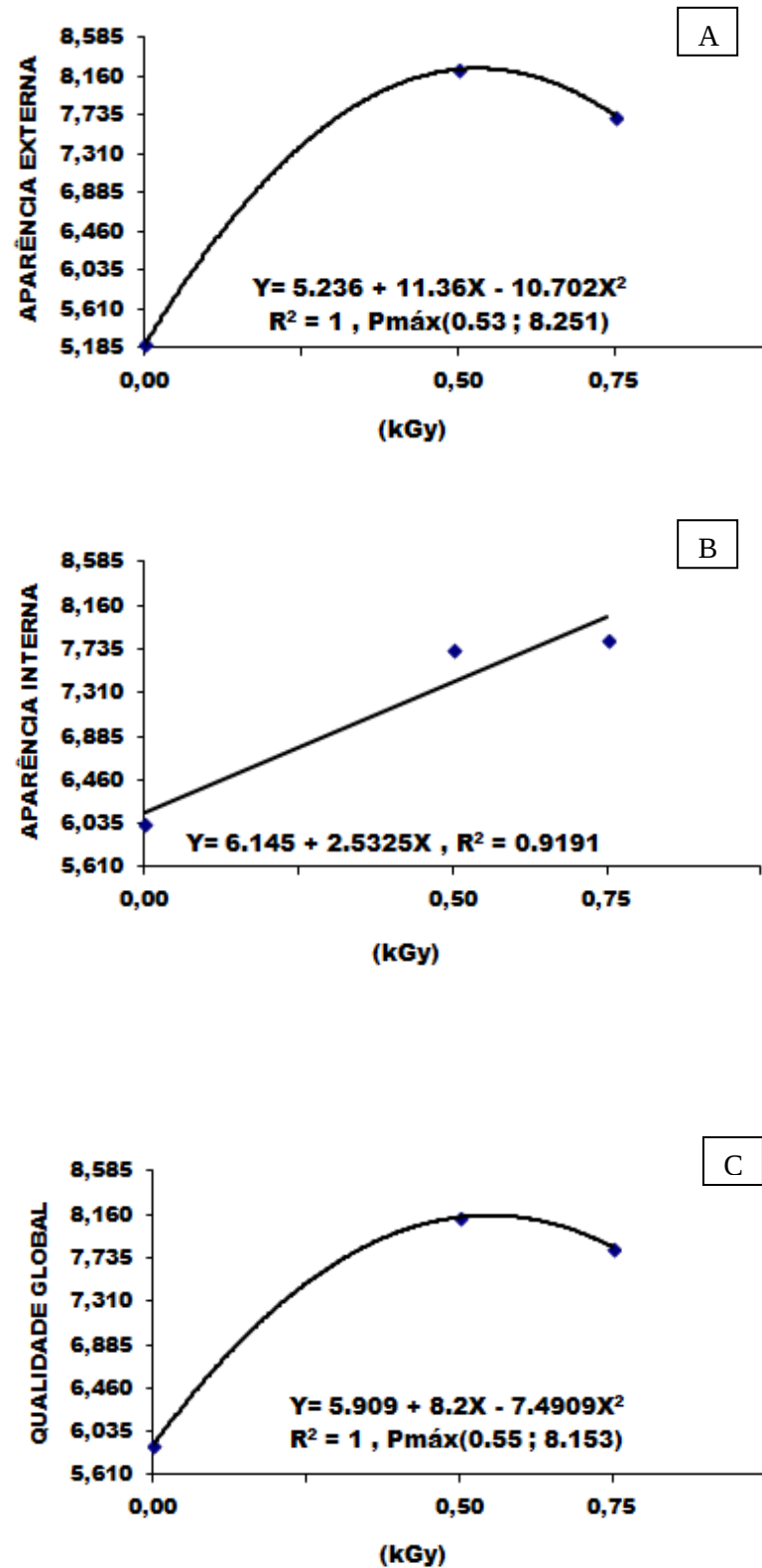
Análise sensorial da aparência interna dos frutos após 42 dias de armazenamento revelou que os frutos submetidos às doses de 0,50 e 0,75 kGy não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre si e as mesmas receberam as maiores notas de  $7,73 \pm 0,153$  e  $7,82 \pm 0,157$ , respectivamente (Figura 16 B).

Quanto a qualidade global dos frutos, observou-se que a radiação ionizante foi primordial nesta característica, devido ao fato das amostras tratadas com 0,50 e 0,75 kGy receberem as maiores notas, porém com diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre si. Ressalta-se que a dose 0,50 kGy com valor médio de  $8,20 \pm 0,13$ , recebeu a maior pontuação em relação as amostras controle, com  $5,90 \pm 0,22$  e aquelas irradiadas com a maior dose de 0,75kGy, com valor e erro padrão de  $7,86 \pm 0,13$  (Figura 16 C).

Estes resultados sugerem e comprovam a eficácia da radiação ionizante na conservação dos frutos, mesmo que este seja bastante perecível, como o tomate. Confirmam ainda, que a dose intermediária de 0,50 kGy, apresenta-se bastante promissora para a manutenção da qualidade global.

Referente à intenção de compra dos frutos, o tratamento com a radiação ionizante demonstrou maior eficácia, sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as doses 0,50 e 0,75 kGy, com respectivos valores médios e erros padrões de  $4,56 \pm 0,089$  e  $4,45 \pm 0,091$ , enquanto as amostras controle alcançaram o valor médio de  $3,064 \pm 0,144$ , visto que foi utilizada para esta variável uma escala hedônica de cinco pontos.

Figura 16: Valores das notas atribuídas na análise sensorial para aparência externa (A), interna (B) e qualidade global (C) em função da dose aplicada em frutos de tomates TY após 42 dias de armazenamento sob temperatura de 18 ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ).



### ***- Tempo de vida útil***

Os resultados encontrados nesta pesquisa para o tempo de vida útil dos frutos de tomates TY estão em concordância com os resultados da análise sensorial afetiva, estudada anteriormente. Foi possível perceber que para esta variável, os frutos irradiados nas diferentes doses de irradiação apresentaram melhor estado de conservação.

Foi observado que aos sete dias de armazenamento, os frutos tratados com 0,50 e 0,75 kGy apresentavam pouca mudança na coloração externa e melhor aparência da casa (Figura 17) provavelmente associado a um retardo da senescência do fruto.

Na segunda semana de avaliação (Figura 18), ao 14º dia de armazenamento, frutos irradiados a 0,50 kGy apresentavam-se com melhor aparência externa quando comparados as amostras controle e aquelas submetidas a 0,75kGy, foi possível observar ainda que tanto os tomates controle quanto os irradiados com a maior dose apresentavam coloração vermelha mais acentuada, o que sugere aceleração do amadurecimento dos frutos.

Ao longo da observação da vida útil dos tomates TY, observou-se que os frutos tratados com 0,50 kGy e 0,75 kGy permaneceram até o 42 (quarenta e dois) dias com aspecto ainda comercializável, porém, alguns frutos da maior dose apresentavam sinais de amadurecimento mais acentuado e casca com leve início de enrugamento, quando comparados ao tratamento intermediário.

No final do armazenamento, as amostras controles não irradiadas apresentavam aparência externa comprometida, sinais de podridão e ocorrência de fungos, além de escurecimento e enrugamento da casca, sem possibilidade de comercialização (Figura 19).

**Figura17: Tomates TY com 07 dias de armazenamento, controle (A), 0,50 kGy (B) e 0,75 kGy(C) armazenados sob temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  e 42% de (UR).**



**Figura 18: Tomates TY com 14 dias de armazenamento, controle (A), 0,50 kGy (B) e 0,75 kGy(C) armazenados sob temperatura de  $18 \pm 2^\circ\text{C}$  e 42% de (UR).**



**Figura 19: Tomates TY com 42 dias de armazenamento, controle (A), 0,50 kGy (B) e 0,75 kGy (C)  $18 \pm 2$  °C e 42% de (UR).**



#### 4.10 Avaliação fisiológica das sementes originárias de tomates TY

##### - *Comprimento da raiz (cm)*

A avaliação fisiológica das sementes de tomates TY revelou diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras controle e aquelas submetidas às doses de 0,50 e 0,75 kGy a partir do sétimo dia de avaliação até o final do armazenamento, porém sem diferença significativa ( $p > 0,05$ ) entre as doses de irradiação aplicada (Tabela 16).

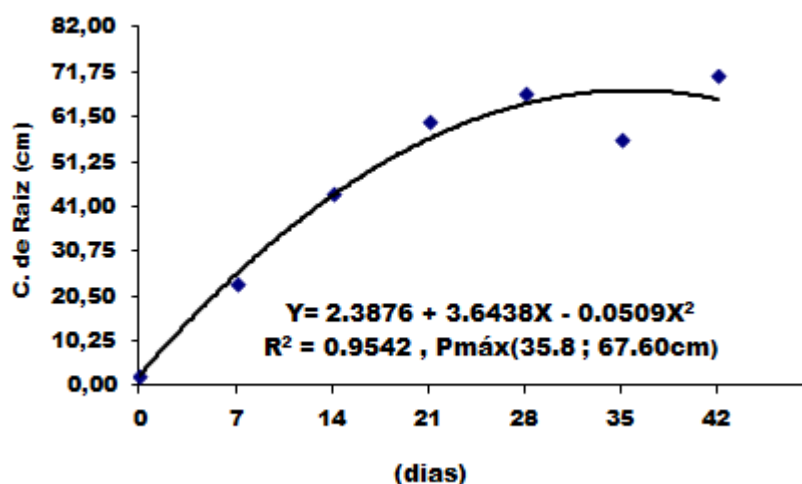
Também foi constatada diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras controle em cada tempo de avaliação do armazenamento (Figura 20), fato que não ocorreu entre as amostras irradiadas nas diferentes doses de irradiação e avaliadas ao longo do tempo.

**Tabela 16: Valores médios do Comprimento da raiz (cm), dos tomates TY em relação ao tempo de avaliação e tratamentos aplicados.**

| Tempos (dias) | DOSE (kGy) |         |         |
|---------------|------------|---------|---------|
|               | 0          | 0,50    | 0,75    |
| 0             | 2,30f A    | 3,64a A | 3,10a A |
| 7             | 23,52e A   | 2,98a B | 2,16a B |
| 14            | 44,27d A   | 8,26a B | 3,81a B |
| 21            | 60,60bc A  | 4,20a B | 4,61a B |
| 28            | 66,89ab A  | 4,70a B | 4,52a B |
| 35            | 5,66c A    | 4,38a B | 3,41a B |
| 42            | 70,93a A   | 2,39a B | 3,38a B |

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P=0,05$ ).

**Figura 20: Comprimento da raiz de sementes retiradas das amostras controle de tomates TY em função do tempo.**



Beyas et al.(2016) ao avaliarem o efeito da radiação gama na germinação de sementes e no crescimento de plântulas de (*Lathyrus chrysanthus* Boiss) sob condições *in vitro*, em diferentes doses (0, 50, 100, 150, 200 e 250 Gy) observaram que as sementes irradiadas até 150 Gy apresentaram maior porcentagem de germinação, comprimento das raízes e de muda. Estes autores relatam ainda que doses de irradiação gama acima 150 Gy podem ocasionar reduções acentuadas nos parâmetros fisiológicos de sementes.

Radhadevi e Nayar (1996) informam que o efeito inibitório no percentual de germinação de sementes foi observado em doses acima de 150 Gy.

Estes estudos estão em conformidade com os resultados encontrados na presente pesquisa, onde foi observado que o tratamento com irradiação a partir de 0,50 kGy ocasionaram redução na qualidade fisiológica das sementes de tomates TY, sendo esta inibição mais acentuada na maior dose de 0,75 kGy. Isto deve ter ocorrido devido à elevada dose de radiação utilizada neste trabalho.

Santos et al. (2010) ao estudarem a sensibilidade do amendoim a radiação gama e seus efeitos na germinação, no vigor e na micoflora das sementes da cultivar BRS Havana, irradiadas com uma fonte de  $^{60}\text{Co}$ , com doses testadas em kGy: 0,0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 6,0; 9,0; 12,0; 15,0; 18,0; 21,0 e 24,0. Os resultados obtidos, sugeriram que as doses acima de 3,0 kGy prejudicaram a viabilidade das sementes e as doses acima de 12 kGy comprometeram

totalmente o vigor e a germinação das sementes de amendoim. O que está de acordo com esta pesquisa, onde foi observado que doses mais altas de radiação, a partir de 0,50 e 0,75 kGy, comprometeram o vigor e a germinação das sementes de tomates TY.

#### **- Comprimento parte aérea (cm)**

Referente ao comprimento da parte aérea das sementes de tomates TY foi verificado no presente estudo, que no tempo inicial de avaliação (tempo zero) não ocorreu diferença significativa entre o controle e as amostras submetidas às diferentes doses de irradiação, mas houve diferença significativa ( $p < 0,05$ ) a partir do sétimo dia de avaliação até o final do armazenamento, entre as amostras controle e as irradiadas nas diferentes doses (Tabela 17).

Foi possível perceber também que não ocorreu diferença significativa entre as doses aplicadas durante o período de avaliação, entretanto ocorreu diferença significativa entre o tempo inicial de avaliação até o 21º dia entre as amostras controle e irradiadas com 0,50 kGy.

**Tabela 17: Valores médios do Comprimento da parte aérea da raiz (cm), dos tomates TY em relação ao tempo de avaliação e tratamentos aplicados.**

| Tempos (dias) | DOSE (kGy) |          |        |
|---------------|------------|----------|--------|
|               | 0          | 0,50     | 0,75   |
| 0             | 1,33dA     | 3,99ab A | 3,48aA |
| 7             | 20,88bA    | 2,45ab B | 2,29aB |
| 14            | 24,87aA    | 5,67a B  | 3,35aB |
| 21            | 17,12cA    | 2,76ab B | 1,39aB |
| 28            | 15,26c A   | 1,81b B  | 2,01aB |
| 35            | 14,05cA    | 1,66b B  | 1,20aB |
| 42            | 16,93cA    | 0,89b B  | 1,46 B |

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P=0,05$ ).

Para este parâmetro, assim como o comprimento da raiz, também foi possível observar que os tratamentos de irradiação provocaram inibição do crescimento da parte aérea das sementes a partir da dose de 0,50 kGy e o que foi acentuado com a dose de 0,75kGy.

No parâmetro referente ao comprimento total, foi observado que ocorreu diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras controle e aquelas submetidas às doses de 0,50 e 0,75kGy (Tabela 18) sem diferença significativa entre as doses até o fim do armazenamento.

Estes resultados para o comprimento total estão em conformidade com a avaliação do comprimento da raiz e parte aérea, os quais apresentaram retardo no processo de desenvolvimento. É importante salientar, que em comparação aos resultados obtidos com os frutos irradiados, através dos quais ocorreu um retardo no processo natural de amadurecimento dos frutos e consequente aumento da vida útil, as sementes tratadas com radiação gama também apresentaram retardo no crescimento das plântulas, causado por prováveis alterações metabólicas. Com isto, recomenda-se a aplicação de doses menores de radiação para obtenção de sementes mais vigorosas.

**Tabela 18: Valores médios do Comprimento Total da raiz (cm), dos tomates TY em relação ao tempo de avaliação e tratamentos aplicados.**

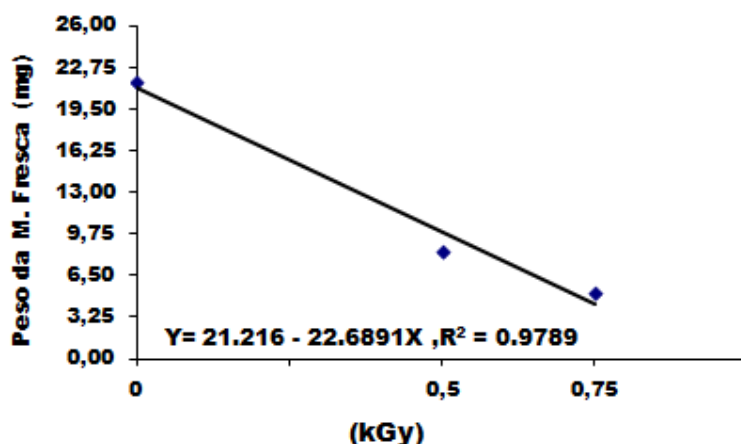
| Tempos (dias) | DOSE (kGy) |          |         |
|---------------|------------|----------|---------|
|               | 0          | 0,50     | 0,75    |
| 0             | 3,64d A    | 7,32a A  | 6,59a A |
| 7             | 32,13c A   | 5,44a B  | 4,46a B |
| 14            | 69,15b A   | 13,94a B | 7,17a B |
| 21            | 77,73a A   | 6,96a B  | 6,01a B |
| 28            | 82,15ab A  | 6,51a B  | 6,54a B |
| 35            | 70,71b A   | 6,04a B  | 4,61a B |
| 42            | 87,87a A   | 3,20a B  | 4,84a B |

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P=0,05).

**- *Peso da massa fresca e seca das sementes (mg)***

O peso da massa fresca das sementes retiradas dos frutos controle e irradiados também estão de acordo com as análises de crescimento das plântulas, uma vez que as amostras controles apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) quando comparadas aquelas submetidas as doses de 0,50 e 0,75kGy (Figura 21). Foi possível observar ainda, que não ocorreu diferença significativa entre as diferentes doses desde o tempo zero (lançamento) até o final do experimento, porém foi verificada diferença significativa entre as amostras irradiadas nas diferentes doses do 35º dia de avaliação.

**Figura 21: Peso da massa fresca das sementes de tomates TY em função dos tratamentos aplicados.**



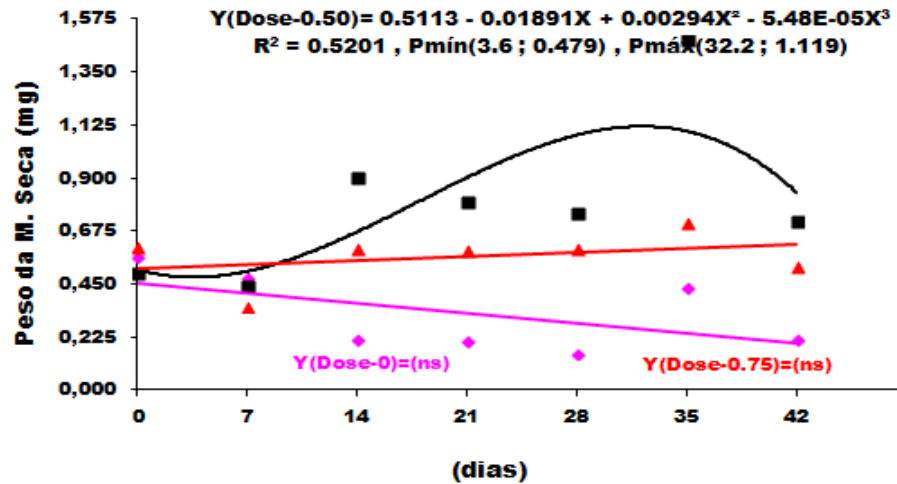
Referente ao peso da massa seca foi observado que não houve diferença significativa entre as amostras controle e aquelas submetidas à irradiação até o sétimo tempo de avaliação (Tabela 19). A partir do 14º dia de avaliação ocorreu diferença significativa entre o controle e as amostras irradiadas a 0,50 kGy, esta última apresentou maior percentual, 0,90 porém as doses não diferiram entre si. Observa-se ainda, que ao 35º dia ocorreu diferença significativa entre as amostras controle e aquelas submetidas a 0,50 kGy, tendo esta última diferido da maior dose de 0,75 kGy (Figura 22).

**Tabela 19: Valores médios do peso de massa seca da raiz, dos tomates TY em relação ao tempo de avaliação e tratamentos aplicados.**

| Tempo (dias) | Doses(kGy) |     |       |     |       |      |
|--------------|------------|-----|-------|-----|-------|------|
|              | 0          |     | 0,50  |     | 0,75  |      |
| 0            | 0,567      | a A | 0,500 | b A | 0,607 | a A  |
| 7            | 0,480      | a A | 0,443 | b A | 0,353 | a A  |
| 14           | 0,220      | a B | 0,905 | b A | 0,597 | a AB |
| 21           | 0,210      | a B | 0,805 | b A | 0,593 | a A  |
| 28           | 0,160      | a B | 0,755 | b A | 0,603 | a AB |
| 35           | 0,437      | a B | 1,487 | a A | 0,707 | a B  |
| 42           | 0,217      | a B | 0,717 | b A | 0,527 | a AB |

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P=0,05).

**Figura 22: Peso da massa seca das sementes de tomates TY em função do tempo e dos tratamentos aplicados.**



Estes resultados estão de acordo com os estudos realizados por Beyas et al. (2016) observaram que o maior teor de matéria seca das plântulas foi registrado em 0,09 g e 23,08% de plântulas frescas quando as sementes foram irradiadas com 50 Gy gama. Esses autores observaram em suas pesquisas que o teor de matéria seca diminuiu gradualmente com o aumento da dose a irradiação gama.

De acordo com Dale (1988) o aumento por absorção de água, vacuolação celular e expansão da parede impulsionada pelo turgor é o principal motivo de aumento de peso fresco, enquanto, o aumento do peso seco está intimamente relacionado à divisão da célula e nova síntese do material (SUNDERLAND, 1960).

#### - Germinação (%)

Na Tabela 20, estão representados os valores dos percentuais de germinação para as sementes controle e aquelas submetidas às diferentes doses de irradiação, em que é possível observar que desde o tempo inicial de avaliação até o último tempo de avaliação ocorreu diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre o controle e as doses de 0,50 e 0,75 kGy, porém sem diferença significativa entre as doses no tempo inicial de avaliação. Foi observado também a partir do 7º tempo de avaliação diferenças significativas entre todas as amostras controle e irradiadas entre si.

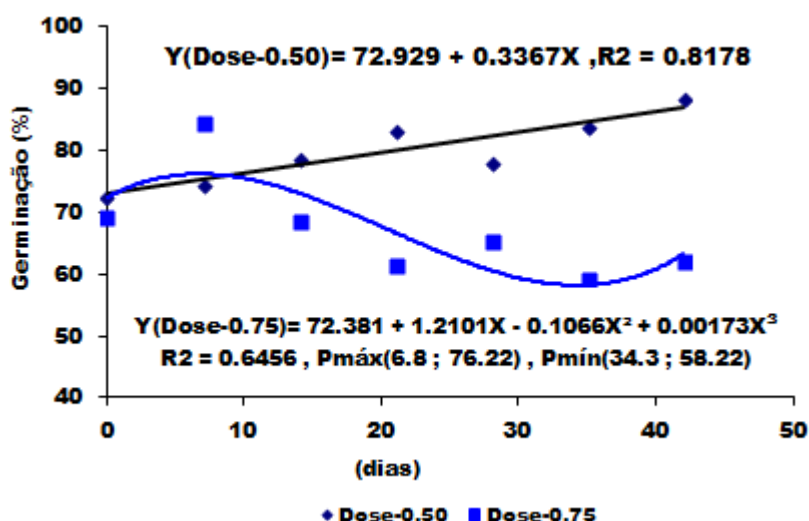
É importante salientar que as amostras controles obtiveram os maiores percentuais de germinação e que entre as doses de irradiação aplicadas, a dose de 0,50 kGy alcançou maior percentual, tendo a dose de 0,75 kGy alcançado valor médio de germinação maior que esta última apenas no sétimo tempo de avaliação (Figura 23).

**Tabela 20: Percentual de Germinação das sementes dos tomates TY em relação ao tempo de avaliação e tratamentos aplicados.**

| Tempo (dias) | Doses(kGy) |           |          |
|--------------|------------|-----------|----------|
|              | 0          | 0,50      | 0,75     |
| 0            | 99,33a A   | 72,67b B  | 69,33b B |
| 7            | 99,33a A   | 74,67b C  | 84,67a B |
| 14           | 100,0a A   | 78,67ab B | 68,67b C |
| 21           | 100,0a A   | 83,33ab B | 61,33b C |
| 28           | 100,0a A   | 78,00ab B | 65,33b C |
| 35           | 98,00a A   | 84,00ab B | 59,33b C |
| 42           | 99,33a A   | 88,67a B  | 62,00b C |

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P=0,05).

**Figura 23: Germinação das sementes de tomates TY em função das doses de radiação aplicadas e dos tempos de avaliação.**



Estes resultados estão de acordo com aqueles encontrados por Beyas e colaboradores (2016), onde observaram que a maior porcentagem de germinação de sementes foi registrada em 62,4%, 7 (sete) dias após o início do estudo, quando as sementes foram irradiadas com dose de 150 Gy, e que doses maiores podem interferir no pleno desenvolvimento da

germinação, visto que o uso de sementes de alta qualidade fisiológica é de grande importância na implantação da lavoura, sendo responsável pelo sucesso do empreendimento.

Santos et al. (2010) em seus estudos com sementes de amendoim tratadas com diferentes doses de radiação gama ( $^{60}\text{Co}$ ), constataram que o tratamento com radiação gama pode afetar o vigor e a germinação das sementes e que as doses de 0,5 e 1,5 kGy reduzem a germinação e o vigor acima de 50%, estes autores observaram ainda que a dose de 3 kGy inviabiliza a utilização das sementes para o plantio, ao mesmo tempo que recomendam doses mais baixas afim de garantir a qualidade fisiológica e sanitária das sementes.

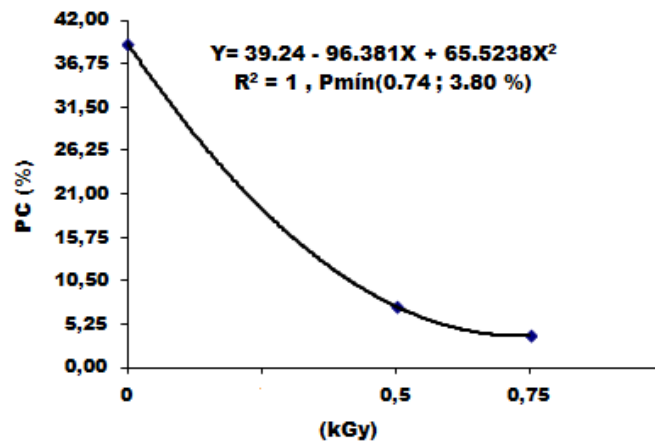
#### **- Primeira Contagem - PC (%)**

Segundo Delouche; Baskin (1973) a redução do poder germinativo é um indicativo importante da perda de qualidade das sementes, mas é o evento final do processo de deterioração. Logo, a primeira contagem da germinação avalia a porcentagem de plântulas que são obtidas por ocasião da primeira contagem do teste de germinação na amostra em análise, sendo eficiente para determinar o vigor das sementes (NAKAGAWA, 1999). Embora os lotes de sementes apresentem porcentagens de germinação semelhantes, frequentemente registram-se diferenças na velocidade de germinação, sugerindo que existem diferenças de vigor entre eles (NAKAGAWA, 1999).

No presente estudo, a análise da primeira contagem de germinação revelou que ocorreu diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre as amostras controle e aquelas submetidas à irradiação nas doses de 0,50 e 0,75kGy, com valores médios de 6,31; 2,55 e 1,94 respectivamente.

Entretanto, ficou constatado não haver diferença significativa entre as diferentes doses de radiação utilizadas (Figura 24), e que a maior dose apresentou os menores valores de germinação no 5º dia após a semeadura.

**Figura 24: Primeira contagem de germinação das sementes de tomates TY em função dos tratamentos aplicados.**

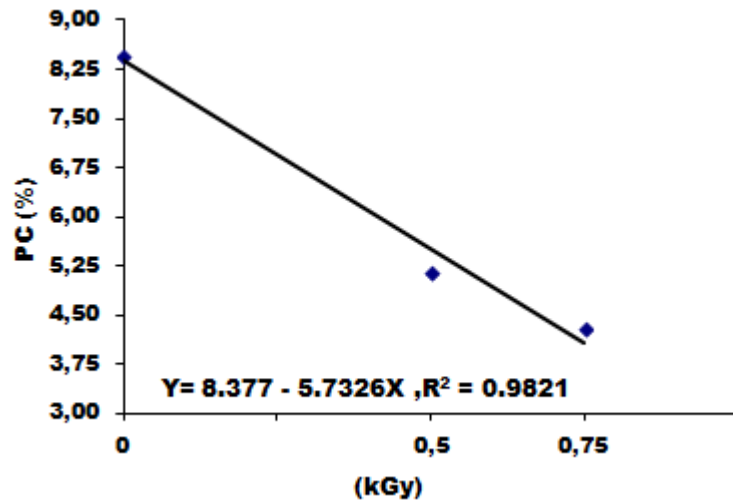


**- Índice de Velocidade de Germinação – IVG (%)**

Um dos conceitos mais antigos de vigor de sementes está relacionado à velocidade de germinação (AOSA, 1983). Portanto, são consideradas mais vigorosas, aquelas sementes com maior velocidade de germinação.

O índice de velocidade de germinação revelou diferença significativa ( $p < 0,005$ ) entre as amostras irradiadas a 0,50 e 0,75kGy, e entre as amostras controle, com respectivos valores médios de 5,18; 4,30 e 8,49. Com isto, foi possível perceber que apesar das amostras controle terem atingido o maior índice de velocidade de germinação, a dose de 0,50kGy alcançou o maior índice entre as amostras irradiadas (Figura 25).

**Figura 25: Índice de velocidade de germinação das sementes de tomates TY em função dos tratamentos aplicados.**

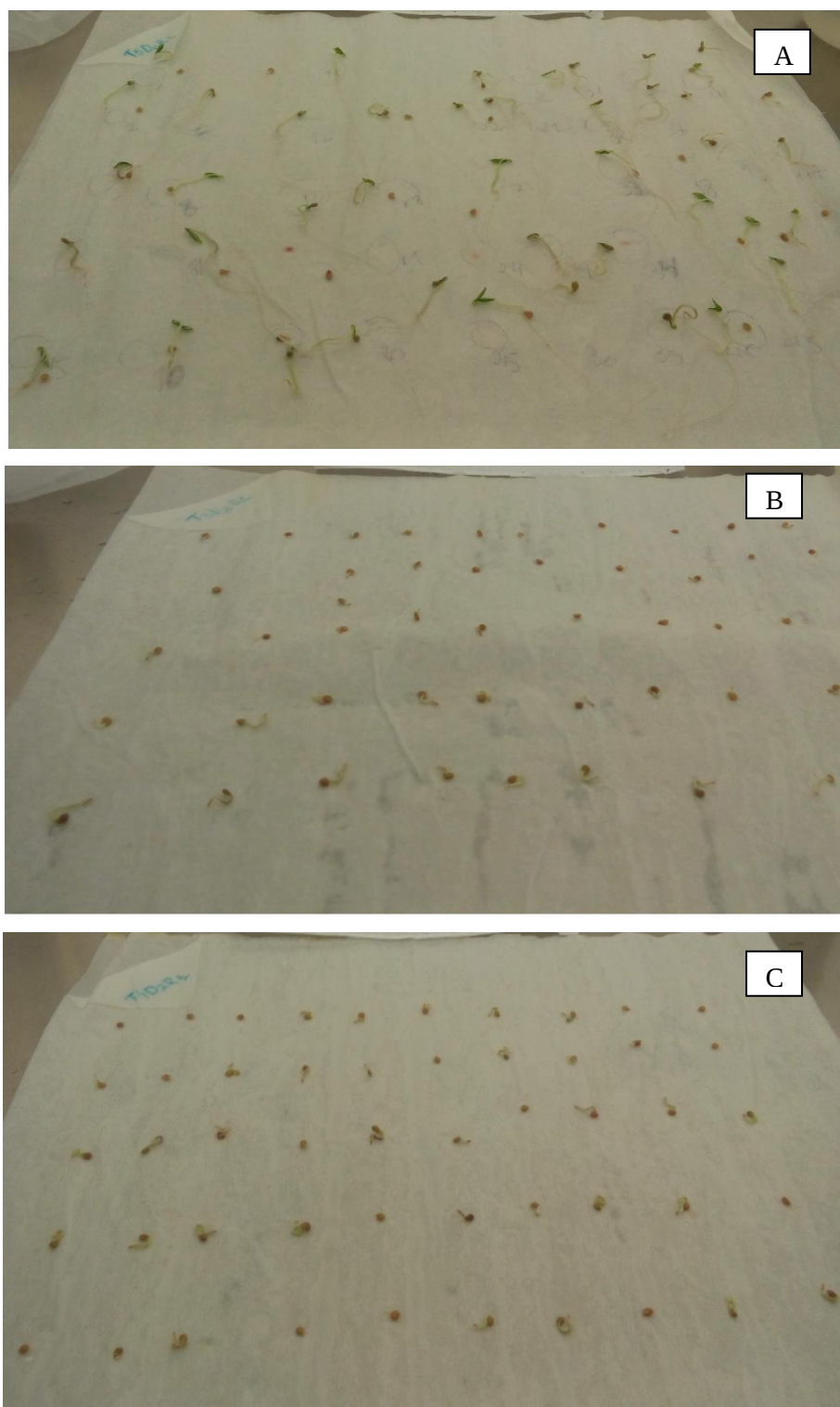


Estes resultados indicam que as amostras controle se mostraram com maior índice de vigor em relação às amostras irradiadas nas diferentes doses (Figura 26 A). Contudo é possível perceber também que entre as doses aplicadas, as amostras submetidas a 0,50 kGy apresentaram maior valor médio de 5,18, em relação a dose de 0,75kGy, com de 4,30, com diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre si.

Este resultado indica que embora as amostras controles tenham apresentado melhor velocidade de germinação, entre as doses aplicadas, o tratamento com 0,50 kGy (Figura 26 B) apresentou resultados superiores quando comparados a maior dose.

Conforme observado na Figura 26 C, com o aumento da dose de irradiação, com 0,75 kGy ocorreu retardo ainda maior no índice na velocidade de germinação das sementes quando comparados as amostras controle e aquelas tratadas com 0,50 kGy. O mesmo foi observado nas sementes de tomates TY armazenadas em caixas tipo Gerbox, ao se realizar a comparação entre as amostras controle e aquelas tratadas nas diferentes doses (Figura 27).

**Figura 26: Sementes de tomate TY dispostas no papel Germitest, Controle (A), 0,50kGy (B) e 0,75kGy (C), no 8º dia de avaliação.**



**Figura 27: Sementes de tomates TY nos Gerbox após sete dias de incubação em B.O.D. nos diferentes tratamentos aplicados. Controle (A), 0,50 kGy (B) e 0,75 kGy (C).**



#### 4.11 Análises microbiológicas em frutos e sementes de tomates TY

##### - *Qualidade microbiológica dos frutos*

Foram comparadas 3 variáveis na análise dos frutos: fungos encontrados, dose utilizada como tratamento e tempo de armazenamento. Ao comparar estatisticamente as relações entre os três fatores analisados, os p-valores encontrados estão na Tabela 21. Como a relação Fungo x dose e fungo x tempo tiveram  $p < 0,05$ , isso indica que existem dados com significância em comparação com os demais.

**Tabela 21: Relação do p-valor e as variáveis estudadas no experimento**

| Variáveis             | p-valor       |
|-----------------------|---------------|
| Fungos                | 0,0000        |
| Doses                 | 0,0008        |
| Tempo                 | 0,0004        |
| Relação Fungo x Dose  | <b>0,0281</b> |
| Relação Fungo x Tempo | <b>0,0057</b> |
| Relação Dose x Tempo  | 0,0893        |

Nos frutos foi observado o crescimento de 8 gêneros de fungos: *Penicillium* spp., *Fusarium* spp., *Helminthosporium* spp., *Cladosporium* spp., *Alternaria* spp., *Alternaria alternata*, *Trichoderma viride*, *Stemphyllium* spp.

Na tabela 22 pode-se observar que na dose controle, ou seja, sem tratamento com radiação gama, houve o crescimento da maioria dos fungos encontrados, com destaque para o *Fusarium* spp, que está presente nas 3 doses utilizadas no experimento. O *Cladosporium* spp. e a *Alternaria alternata* só tiveram crescimento na dose 0,75 kGy. O teste de Tukey demonstrou que os resultados para o *Fusarium* spp. são significativos, pois  $p = 0,0138$  e vai contra a hipótese nula que afirma que não há diferença entre os grupos estudados.

**Tabela 22: Interação Fungos x Doses nos tomates (frutos), mostrando os valores médios (em %) encontrados no experimento.**

| Fungos                          | Doses (kGy) |       |       |
|---------------------------------|-------------|-------|-------|
|                                 | 0           | 0,50  | 0,75  |
| 1- <i>Penicillium</i> spp.      | 1.59b       | 0,00a | 0,00b |
| 2- <i>Fusarium</i> spp.         | 9.51a       | 1.59a | 6.34a |
| 3- <i>Helminthosporium</i> spp. | 1.59b       | 0,00a | 0,00b |
| 4- <i>Cladosporium</i> spp.     | 0,00b       | 0,00a | 1.59b |
| 5- <i>Alternaria</i> spp.       | 1.59b       | 0,00a | 0,00b |
| 6- <i>Alternaria alternata</i>  | 0,00b       | 0,00a | 1.59b |
| 7- <i>Trichoderma viride</i>    | 1.59b       | 0,00a | 0,00b |
| 8- <i>Stemphyllium</i> spp.     | 1.59b       | 0,00a | 0,00b |

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P=0,05).

Ao analisar o crescimento fúngico comparando com o tempo de estocagem, novamente o *Fusarium* spp. se destacou, apresentando valores estatisticamente significativos (p=0,0194) e crescimento a partir do 21º dia, (Tabela 23). O primeiro fungo que apresentou crescimento foi o *Trichoderma viride* com 14 dias, e o que demonstrou crescimento mais tardio dentre todos foi a *Alternaria alternata* com 42 dias.

**Tabela 23: Interação Fungos x Tempo nos tomates (frutos), mostrando os valores médios (em %) encontrados no experimento.**

| Fungos                          | Tempo (dias) |         |         |         |          |          |          |
|---------------------------------|--------------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|
|                                 | 0            | 7       | 14      | 21      | 28       | 35       | 42       |
| 1- <i>Penicillium</i> spp.      | 0,00a A      | 0,00a A | 0,00a A | 0,00a A | 0,00a A  | 3.70b A  | 0,00b A  |
| 2- <i>Fusarium</i> spp.         | 0,00a B      | 0,00a B | 0,00a B | 3.70a B | 7.40a AB | 14.80a A | 14.80a A |
| 3- <i>Helminthosporium</i> spp. | 0,00a A      | 0,00a A | 0,00a A | 0,00a A | 0,00a A  | 3.70b A  | 0,00b A  |
| 4- <i>Cladosporium</i> spp.     | 0,00a A      | 0,00a A | 0,00a A | 0,00a A | 0,00a A  | 3.70b A  | 0,00b A  |
| 5- <i>Alternaria</i> spp.       | 0,00a A      | 0,00a A | 0,00a A | 0,00a A | 0,00a A  | 3.70b A  | 0,00b A  |
| 6- <i>Alternaria alternata</i>  | 0,00a A      | 0,00a A | 0,00a A | 0,00a A | 0,00a A  | 0,00b A  | 3,70b A  |
| 7- <i>Trichoderma viride</i>    | 0,00a A      | 0,00a A | 3.70a A | 0,00a A | 0,00a A  | 0,00b A  | 0,00b A  |
| 8- <i>Stemphyllium</i> spp.     | 0,00a A      | 0,00a A | 0,00a A | 0,00a A | 3.70a A  | 0,00b A  | 0,00b A  |

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P=0,05).

De acordo com os resultados encontrados, é importante salientar que entre as doses de radiação utilizadas, a dose de 0,50 kGy apresentou maior eficácia em garantir a qualidade sanitária dos frutos, uma vez que apresenta valor médio de incidência de 1,59 em relação

apenas ao gênero *Fusarium spp.*, enquanto as amostras não irradiadas e irradiadas a 0,75 kGy apresentaram maior valor de incidência, 9,51 e 6,34, respectivamente em relação a este gênero de fungo.

Estes resultados estão em conformidade com os encontrados por Prakash et al.(2002), que em seus estudos sobre os efeitos da irradiação gama nas qualidades microbiológicas, físicas e sensoriais dos tomates em cubos tratados com irradiação gama e avaliados quanto a alterações nas propriedades microbianas, físicas, químicas e sensoriais, com as dosagens para o 1º ensaio de 0,0, 0,39, 0,56 e 1,82 kGy e no 2º ensaio, 0,0, 0,50, 1,24 e 3,70 kGy, concluíram que a irradiação a 0,50 kGy pode reduzir as contagens microbianas substancialmente para melhorar a vida útil microbiana sem efeitos adversos qualidades sensoriais.

Mohacsis- Farkas e colaboradores (2014) ao avaliarem a influencia da radiação gama em tomates e cenouras, realizaram investigação microbiológica, e constataram que a dose de 1,0 kGy melhorou suficientemente a segurança microbiológica dos tomates e cenouras estudados.

Koike et al. (2012), Iqbal et al. (2013), Nunoo et al. (2014), Frimpong et al. (2015) e Chatterjee et al. (2015) mostraram através de suas pesquisas que entre as técnicas de conservação pós-colheita destaca-se o uso da irradiação gama, uma vez que este método garante eficiência, melhor qualidade e segurança dos alimentos por ser adequado para desinfestação, redução de microrganismos patogênicos ou esterilização e aumento do tempo de prateleira.

#### **- Qualidade microbiológica das sementes**

Assim como ocorreu com os frutos, foram comparadas 3 variáveis na análise das sementes retiradas dos frutos controle e irradiados nas diferentes doses: fungos encontrados, dose utilizada como tratamento e tempo de armazenamento. Ao comparar estatisticamente as relações entre os três fatores analisados, os p-valores encontrados estão na Tabela 24.

Como a relação Fungo x dose apresentou  $p < 0,05$ , isso pode indicar que existem dados com significância em comparação com os demais.

**Tabela 24: Relação do p-valor e as variáveis estudadas no experimento com as sementes dos tomates.**

| Variáveis             | P             |
|-----------------------|---------------|
| Fungos                | 0,0021        |
| Doses                 | 0,0008        |
| Tempo                 | 0,0113        |
| Relação Fungo x Dose  | <b>0,0135</b> |
| Relação Fungo x Tempo | 0,3370        |
| Relação Dose x Tempo  | <b>0,0470</b> |

Nas sementes foram observados os seguintes fungos contaminantes: *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Fusarium* spp. Nas amostras controles, ou seja, sem tratamento pela radiação gama, houve o crescimento dos três tipos de fungos encontrados, destacando-se o *Aspergillus niger* com o maior valor médio de crescimento.

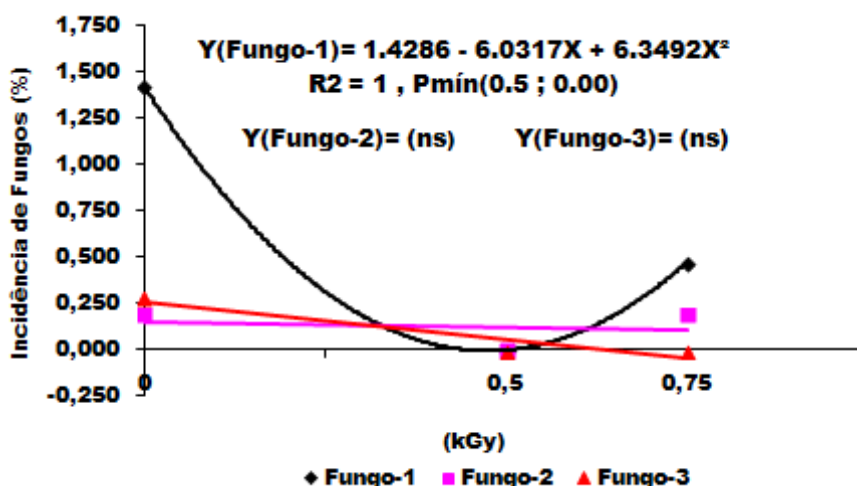
Houve inibição apenas do desenvolvimento do *Fusarium* spp. com a radiação gama. Os valores médios dos fungos de acordo com a dose utilizada como tratamento podem ser vistos na Tabela 25, (Figura 28).

**Tabela 25: Interação Fungos x Doses nas sementes dos tomates TY, mostrando os valores médios (em %) encontrados no experimento.**

| Fungos                       | Doses (kGy)     |                 |                 |
|------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                              | 0               | 0,50            | 0,75            |
| 1- <i>Aspergillus niger</i>  | <b>1.558a A</b> | <b>1.000a B</b> | <b>1.215a B</b> |
| 2- <i>Aspergillus flavus</i> | 1.091b A        | 1.000a A        | 1.091a A        |
| 3- <i>Fusarium</i> spp.      | 1.134b A        | 1.000a A        | 1.000a A        |

Médias seguidas de uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $P=0,05$ ).

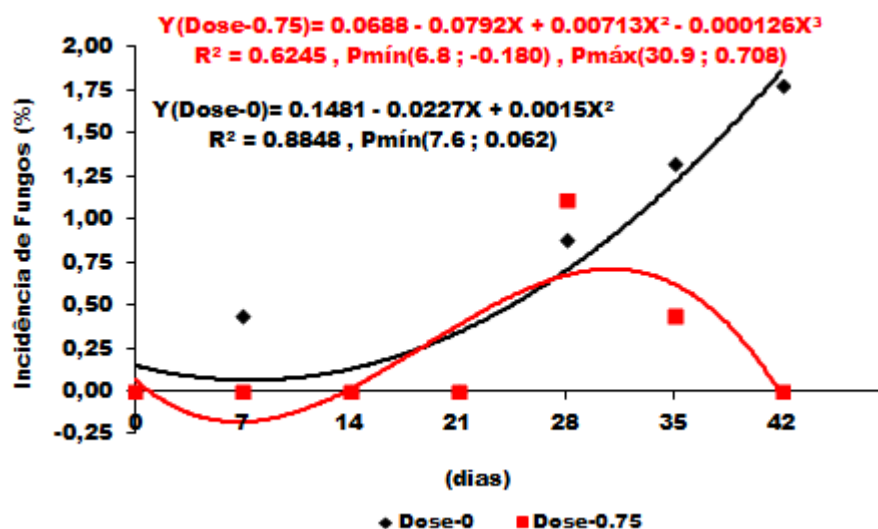
**Figura 28: Resultados da incidência dos fungos de acordo com a dose, com destaque para a curva de crescimento do *A. niger*. Legenda: Fungo-1: *A. niger*; Fungo-2: *A. flavus*; Fungo-3: *Fusarium spp.*; ns: não significativo.**



Ao analisar a relação entre o crescimento fúngico e o tempo de armazenamento, a análise estatística mostrou diferença significativa ( $p < 0,05$ ). O *A. niger* foi o primeiro a se desenvolver como contaminante no 7º tempo de avaliação, enquanto que os outros fungos apresentaram crescimento com 28º tempo. Importante ressaltar que os fungos *Aspergillus flavus* e *A. niger* estiveram presentes em pequenas proporções, sendo considerados uns dos principais fungos de armazenamento (LUCCA FILHO, 1995).

Ao realizar a comparação das três variáveis, percebe-se que há vários outliers (pontos fora da curva), que pode sugerir alguma interferência ou padrão diferenciado no experimento (Figura 29). O teste de Tukey para a interação entre fungo x dose x tempo resultou em um  $p=0,0251$ , portanto pode ser significativo ( $p<0,05$ ).

**Figura 29: Incidência dos fungos nas sementes de tomates TY em relação ao tempo, as amostras controle (não irradiadas) e as amostras tratadas com 0,75kGy.**



De acordo com os resultados encontrados com a microflora das sementes, é possível perceber que as amostras irradiadas com as doses de 0,50 e 0,75 kGy foram mais eficazes em garantir o controle microbiológico das sementes. É importante observar ainda com estes resultados encontrados através da correlação fruto – semente ocorreu maior índice de controle micológico nas sementes estudadas.

A presença de microrganismos após o ponto de maturação fisiológica, ou no armazenamento das sementes, é sempre uma séria ameaça à sanidade das sementes. Elevadas porcentagens de sementes infeccionadas estão associadas a um decréscimo no poder germinativo e menor desenvolvimento de plântula nos seus primeiros estádios (YORINORI, 1982). Para Roberts (1972) fungos de sementes podem ser responsáveis, além da transmissão de doenças na parte aérea e radicular da plântula, pelo decréscimo na qualidade fisiológica das sementes e morte de plântulas.

Mustapha et al.(2014) analisaram os efeitos de radiação gama sobre microbiológica, físicoquímica e as propriedades antioxidantes do milheto tunisiano (*Pennisetum glaucum* LRBr.), as amostras foram irradiadas com 1, 2, 3 e 5 kGy armazenadas durante 30 dias à temperatura ambiente (25 ° C) com uma umidade relativa de 60% , obervaram que ocorreu maior inibição fúngica com a dose de 1kGy.

Santos et al. (2010) estudaram as resposta de sementes de amendoim submetidas a diferentes doses de radiação gama a radiação a partir da dose 2,0 kGy eliminou os fungos *Aspergillus flavus* e *Aspergillus niger* e, a partir da dose 3,0 kGy, eliminou o *Aspergillus glaucus*. O *Penicilium* spp. permaneceu em mais de 30% das sementes em todos os tratamentos com radiação, não sendo eliminado até a dose de 24 kGy.

Costa et al. (2016) analisaram a influência da radiação gama sobre fungos aflatoxigênicos e composição nutricional em mix de cereais e seus componentes e constataram que as doses 2,5kGy e 5kGy foram eficientes para conservação, seja grão ou farinha, prevenindo o crescimento fúngico.

Prado et al. (2006) em seus estudos sobre o efeito da irradiação gama na frequência fúngica de amendoim in natura em função do tempo de prateleira, observaram redução da infecção fúngica a 5 kGy e destruição total de fungos a 10 kGy.

## 5 CONCLUSÕES

- As doses de radiação ocasionaram retardo no processo de senescência dos frutos e, conseqüentemente, o aumento da vida útil, visto que aos 42 dias de armazenamento ainda se apresentavam com boa aparência externa e interna, comercializáveis e com alto índice de aceitação e intenção de compras pelo consumidor.
- Tomates irradiados com a dose de 0,50 kGy apresentaram melhor conservação das características físicas, físico – químicas, sensoriais e dos carotenoides (licopeno e  $\beta$  – caroteno), quando comparados aos frutos controle e irradiados com a dose de 0,75 kGy.
- Quanto à qualidade sanitária dos frutos, os resultados encontrados mostraram que a dose de 0,50 kGy apresentou maior eficiência na inibição do gênero *Fusarium spp*, principal fungo encontrado no plantio de tomates.
- As sementes dos frutos irradiados nas doses de 0,50 e 0,75 kGy apresentaram retardo na germinação e em seu desenvolvimento fisiológico. No entanto, as doses utilizadas foram eficazes em garantir o controle microbiológico principalmente do gênero *Fusarium spp*. e *Aspergillus Níger*.

## **6 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

- A presente pesquisa, através do tratamento com radiação ionizante em frutos de tomates TY, contribuiu para reforçar a aplicação da Energia Nuclear no meio científico e agrônômico, uma vez que pode corroborar com a disseminação da segurança alimentar e fortalecimento da economia a nível nacional e de exportação.

## REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia**, p. 8, 1993.

ACAPS: Associação Capixaba de Supermercados- Disponível em: <[http://www.acaps.org.br/noticias\\_de\\_mercado/Brasil+desperdi%E7a+40+mil+toneladas+de+alimentos+por+dia%2C+diz+entidade.](http://www.acaps.org.br/noticias_de_mercado/Brasil+desperdi%E7a+40+mil+toneladas+de+alimentos+por+dia%2C+diz+entidade.)> Acesso em:

ADAM et al., 2014 MEU Adam , HA Elbashir , AHR Ahmed. **Efeito da radiação gama na qualidade do tomate durante o armazenamento e processamento** Vol. 6 (1), p. 20 – 25. (2014).

AGUIAR, A.R.; GONÇALVES, C.E.P.; SILVA, C.M.S.; AGUIAR, D.; MACHADO, M.; KÖPP, M.M.; OLIVEIRA, J.C.P.; SILVA, A.C.F.; Germinação de sementes de *Paspalum notatum* Flugge. In: SIMPÓSIO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 16., 2012, Santa Maria. Anais... Santa Maria: UNIFRA, 2012. p. 197-204.

AKTER H.; KHAN, S. A. KHAN. Effect of Gamma Irradiation on the Quality (Colour, Firmness and Total Soluble Solid) of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Stored at Different Temperature. **Asian Journal of Agricultural Research**, n. 6, p. 12-20, 2012.

ALMEIDA –MURADIAN, L.B.; PENTEADO, M.D.C. Vitamina, aspectos nutricionais, bioquímicos, clínicos e analíticos. São Paulo: Manoele, 2003. Cap 2, p.55- 72.

ALVARENGA, M.A.R.; MELO, P.C.T.; SHIRAHIGE, F.H. Cultivares (2013). In: Alvarenga, M.A.R. **Produção em campo, casa de vegetação e hidroponia**. 2ª Ed.Lavras. Editora Universitária de Lavras, p. 49- 59.

ALVARENGA, M. A. R. Tomate: Produção em campo, em casa-de-vegetação e em hidroponia. Lavras: UFLA, 2004. 400p.

AMBROSIO, C.L.B.;CAMPOS, F.A.C.S.; FARO, Z.P. **Carotenoides como alternativa contra hipovitaminose A**.

ARAB L, Steck S. Lycopene and cardiovascular disease. **Am J Clin Nutr** 2000; 71(6):1691-5.

SANTOS et al. 2010. **Resposta de sementes de amendoim a diferentes doses de radiação gama ( $^{60}\text{Co}$ )<sup>1</sup>** Rev. bras. eng. agríc. ambient. vol.14 no.10 Campina Grande Oct. 2010.

AOSA - ASSOCIATION OF OFFICIAL SEED ANALYSTS. Seed vigor testing handbook. East Lansing: AOSA, 1983. 93p. (Contribution, 32).

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 16a. ed. Arlington. v.2 1995.

AOAC - Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis of the Association of the Analytical Chemists. 17th ed. Virginia, 2000.

BANDE, A.L. Aplicaciones de la irradiación de los alimentos: diversos aspectos relacionados. Alimentaria, Madrid, v.27, p.23-28, 1990.

BEYAZ, R.; KAHRAMANOGULLARI, C.T.; YILDIZ,C.; DARCIN, S.E.; YILDIZ, M. **The effect of gamma radiation on seed germination and growth of *Lathyrus chrysanthus* Boiss seedlings**. Under in vitro conditions. Science Direct. *Jornal de Radioatividade Ambiental* Volumes 162–163 , outubro de 2016 , pági nas 129-133.

BLEINROTH, E. W. Matéria prima. In: Instituto de Tecnologia de Alimentos. Manga; da cultura ao processo e comercialização. São Paulo, Imprensa Oficial do Estado, (Frutas tropicais,8), Cap.2, 1981, p. 243-87.

BORGUINI. R. G.; OETTERER. M.; SILVA. M. V. **Qualidade nutricional de hortaliças orgânicas**. Boletim da SBCTA. Campinas. v. 37. n. 1. p. 28-35. jan./jun. 2003.

BRASIL. 2001. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução - RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001**, da Secretaria de Vigilância Sanitária, do Ministério da Saúde.

BRASIL. Norma Nuclear CNEN NN 3.01, **Diretrizes básicas de proteção radiológica**. Diário Oficial da União. Brasília, 2005. (Disponível em: [http://memoria.cnen.gov.br/Doc/pdf/Legislacao/RS\\_CNENCD\\_164\\_2014.pdf](http://memoria.cnen.gov.br/Doc/pdf/Legislacao/RS_CNENCD_164_2014.pdf)).

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília: MAPA/ACS, 2009. 395 p.

CALORE, L.; VIEITES, R. L. **Conservação de pêssegos ‘biuti’ por irradiação**. Cienc. Tecnol. Aliment., Campinas, 23 (SUPL): 53-57,dez. 2003.

CAMARGO FILHO, W. P.; CAMARGO, F. P. 2015. *Acomodação da produção olerícola no Brasil e em São Paulo, 1990-2010. Análise Prospectiva e Tendências 2015*.

CARVALHO, J.L.; PAGLIUCA, L.G. Tomate, um mercado que não pára de crescer globalmente. Hortifruti Brasil, p. 6-14, junho. 2007.

CARVALHO, D.D.C.; MELLO, S.C.M.; LOBO JÚNIOR, M.; SILVA, M.C. Controle de *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* in vitro e em sementes, e promoção de crescimento inicial do feijoeiro comum por *Trichoderma harzianum*. Tropical Plant Pathology, Brasília, v. 36, n. 1, p. 28-34, 2011.

CARVALHO, N. M. Testes de vigor em sementes. Jaboticabal: FUNEP, 1999. p. 49-85.  
MATOS ES; SHIRAHIGE FH; MELO PCT. 2012. Desempenho de híbridos de tomate de crescimento indeterminado em função de sistemas de condução.

CASTRO VASPT. 2003. Controle do amadurecimento pós-colheita do tomate ‘Carmem’ tratado com ácido 2-cloroetil fosfônico. 76p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Pós-Colheita) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

CAVASSA, A. C. et al. Conservação Pós-colheita de tomates (*Lycopersicon esculentum* Milly.), cv. “Kátia”, utilizando coberturas comestíveis. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2004, São Paulo. Anais... São Paulo, 2004. p. 1-4.

CANTERI, M. G., ALTHAUS, R. A., VIRGENS FILHO, J. S., GIGLIOTI, E. A., GODOY, C. V. SASM - Agri : **Sistema para análise e separação de médias em experimentos agrícolas pelos métodos Scoft - Knott, Tukey e Duncan**. Revista Brasileira de Agrocomputação, V.1, N.2, p.18-24. 2001.

CAMPOS, A. J.; FUJITA, É.; COSTA, S. M.; NEVES, L. C.; VIEITES, R. L.; CHAGAS, E. A. Irradiação e atmosfera modificada passiva na qualidade póscolheita de goiabas ‘Pedro Sato’. Revista Agroambiente On-line, v.5, setembrodezembro, 2011.

CARDOSO, E. M. Programa de Integração CNEN – PIC. **Módulo informação técnica**; apostila. 2003. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas.asp>> Acesso em: 30 out. 2012.

CASTRICINI , A.; MEDEIROS, S.F.; CONEGLIAN, R.C.C.; VITAL, H.C.; **Uso da radiação gama na conservação pós-colheita do tomate de mesa (*lycopersicum esculentum mill.*) em estágio maduro** Rev. Univ. Rural, Sér. Ci. Vida. Seropédica, RJ, EDUR, v. 24, n. 1, jan.- jun., 2004. p. 85-91.

CEPEA. *Tomate: sistema estaqueado versus semiestaqueado*. In: HortifrutiBrasil, Hortaliças Gestão Sustentável. Sustentabilidade econômica das hortaliças é desafiada pelos altos custos de mão de obra. 124. 2013.

CHEMAT, F.; ZILL-E-HUMA, KHAN, M. K. Applications of ultrasound in food technology: processing, preservation and extraction. **Ultrasonic Sonochemistry**, v.18, n.4, p.813 - 835, 2011.

CHATTERJEE, S.; KUMAR, V.; KHOLE, S.; SANYAL, B.; MURALI, T. S.; VARIYAR, P. S. Radiation processing: An effective quality control tool for hygienization and extending shelf life of a herbal formulation, Amritamehari churnam. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, p. 1 -10, 2015.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: UFLA, p. 785, 2005.

CIA, P.; BENATO, E.A.; ANJOS, V.D.A.; VIEITES, R.L. Efeito da irradiação na conservação de uva „Itália“. **Rev. Bras. de Frut.**, Jaboticabal, v.22, n. esp.p. 62-67, 2000.

COELHO, A. H. R. Qualidade pós-colheita de pêssegos. Informe Agropecuário, v.17, n.180, p.31-9, 1994.

COELHO, A.H.R. **Qualidade Pós-Colheita de Pêssegos**. Informe Agropecuário, v.17, n.180, p.31-39, 1994.

CORDEIRO, M. H.; SILVA, J. M.; MIZOBUTSI, G. P.; MIZOBUTSI, E. H.; MOTA, W. F. Caracterização física química e nutricional da pitáia-rosa de polpa vermelha. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v.37, p.020-026, 2015. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-04614>.

COSTA, S.M.; MANOEL, L.; MOREIRA, G.C.; VIEITES, R.L.; LIMA, L.C.; PALAMIN, M.L. Conservação frigorificada de pêssegos ‘Tropic Beauty’ irradiados. Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha, Toluca, v. 9, p. 131-137, 2008.

COSTA, Laury Francis. **Influência da Radiação Gama sobre Fungos Aflatoxigênicos e Composição Nutricional em Mix de Cereais e seus Componentes**. 2016. 95f. Tese de Doutorado - Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, 2016.

CURIE, M. Frases de Marie Curie. Disponível em: <<https://citacoes.in/autores/marie-curie/>> Acesso em: 02. Dez. 2018.

DA SILVA, R.C.; DA SILVA, R. M.; AQUINO, K.A.S. Interação da Radiação Gama com a Matéria no Processo de esterilização. Rev. Virtual Quim., 2014, 6 (6), 1624-1641. Data de publicação na Web: 18 de dezembro de 2014.

DALE, J. E. **The control of leaf expansion**. *Food Comp. and Anal.* 21 (2008) 445– 463. Annu. Rev. Plant Physiol Plant Mol. Biol., 39 (1988), pp. 267-295

DELOUCHE, J. C.; BASKIN, C. C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology*, Zurich, v. 1, n. 2, p. 427-452, 1973.

DENNISON, R.A.; AHMED, E.M. Irradiation treatment of fruits and vegetables. In: HAARD, N.F.; SALUNKHE, D.K. **Symposium:** Postharvest biology and handling of fruits and vegetables. Westport: Conn. Avi., 1975. p.118-129.

ELLINGER, S., ELLINGER, J., STEHLE, P. (2006). Tomatoes, tomato products and lycopene in the prevention and treatment of prostate cancer: do we have the evidence from intervention studies? *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, p.722-727.

ESTEVES, F. A. M.; FIGUEIRÔA, E. O. Detecção de enteroparasitos em hortaliças comercializadas em feiras livres do município de Caruaru (PE). *Revista Baiana* v.33, n.2, p. 184-193 abr./jun. 2009.

FAVA, J., HODARA, K., NIETO, A., GUERRERO, S., ALZAMORA, S. M., CASTRO, M. A. Structure (micro, ultra, nano), color and mechanical properties of *Vitis labrusca* L. (grape Berry) fruits treated by hydrogen peroxide, UV-C irradiation and ultrasound. **Food Research International**, v. 44, n.9, p. 594 – 595, 2011.

FAO. (2013). El cultivo de tomate con buenas prácticas agrícolas en la agricultura urbana y periurbana. Recuperado el 28 de septiembre de 2015 de <http://www.fao.org/3/a-i3359s.pdf> antes de berinjela. *Horticultura Brasileira* 32: 145-151.

FAO. **Global food losses and food waste**. Disponível em. Internacional Congress Save Food. Rome, 2011.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos: princípios e prática**. P. J. Fellows; tradução Florencia Cladera .[et al.]. – 2. Ed. – Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p.

FENEMA, Q. R. **Food Chemistry**. Marcel Dekker, New York, 991p. 1985.

FENNEMA, O.R. *Food Chem.*. 3 ed.; Marcel Dekker, Inc.; New York, 1996.

FERRARI, A. A. Caracterização química de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) empregando análise por ativação neutrônica instrumental. 2008. 150 f. (Mestrado em Engenharia Agrícola)–Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.

FERRAZ, E. O.; EVANGELISTA, R. M.; CLÁUDIO, M.T. R.; SOARES, L. P. R.; SILVA, B. L.; CARDOSO, A. I.I. Características físico-químicas em tomates cereja tipo SweetGrape envolvidos por diferentes películas protetoras. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.30, n.2, p.7115-7122, 2012.

FIGUEIREDO, H.S.;VIEIRA, I.R.S.;PEREIRA, J.L.; PAIVA, R.D.; SILVA, M.A.J.R. Conservação de alimentos de origem vegetal por meio da radiação gama. **Revista COOPEX/FIP** (ISSN:2177-5052). 9ª Edição - Vol. 09 - Ano: 2018. <http://coopex.fiponline.edu.br/artigos>.

FILGUEIRA, F. A. R. Solanáceas: Agrotecnologia moderna na produção de tomate, batata, pimentão, pimenta, berinjela e jiló. Editora UFLA, Lavras, 2003. 333p.

FILGUEIRA, F. A. R. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. rev. e ampl. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2008.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da Segurança Alimentar**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

FRANCO, D. F.; PETRINI, J. A. Testes de vigor em sementes de arroz. Comunicado Técnico do Instituto Biológico: Pelotas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2002. n. 68, 2 p. (EMBRAPA Clima Temperado 68). Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2009000100014>>.

FRANCO, B.D.G.M.; FRANCO, M. L. Microbiologia dos Alimentos. São Paulo: Editora Atheneu, 2008.

FRIMPONG, G. K., KOTTOH, I. D.; DO LARB, O. D. Gamma radiation's effect on the microbiological quality carrot and minimally processed lettuce: A study case in the region of Greater Accra Ghana. **Radiation Physics and Chemistry**, v. 110, p. 1216, 2015.

FUGITA, E. **Temperatura, embalagem e radiação gama na conservação pós-colheita de maná cubiu**. Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” (tese). Botucatu – São Paulo. Março, 2011.

GERMANO, P.M.L.; GERMANO, M.I.S. Higiêne e Vigilância Sanitária de Alimentos. 4ª edição. Barueri, SP: Manoele, 2011.

GARTNER C., STAHL W., SIES H. Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. *Am J Clin Nutr*; 66(1):116-22. 1997.

GARCIA 2014. M. Garcia , A. Casariego , R. Diaz , L. Roblejo **Efeito do revestimento de quitosano / zeólito comestível na qualidade tomates durante o armazenamento refrigerado.** *Jornal dos Emirados de Alimentos e Agricultura* , 26 ( 3 ) ( 2014 ) , pp. 238 – 246.

GIL, M. I.; CONESSA, M. A.; ARTÉS F. Quality changes in fresh cut tomato as affected by modified atmosphere packaging. *Postharvest Biology and Technology*. v. 25, n. 2, p. 199-207, 2002.

GIOVANNUCCI E. Tomatoes, tomato-based products, lycopene, and cancer: review of the epidemiologic literature. *J Natl Cancer Inst*. 1999.

GÓMEZ, P. A. ; CAMELO, A. F. L. Calidad postcosecha de tomates almacenados em atmósferas controladas. **Hort. Bras.**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 38-43, mar. 2002.

GOULD, W.A. *Tomato Production, Processing & Technology*; 3ed.; CTI Pub. Inc.; Baltimore, 1992.

GONÇALEZ E, SILVA JL, REIS TA, NAKAI VK, FELÍCIO JD, CORRÊA B. Produção de aflatoxinas e ácido ciclopiazônico por cepas de *Aspergillus flavus* isoladas de amendoim. São Paulo: Arquivos do Instituto Biológico; 2013.

GROSS, J. *Pigments in vegetables: chlorophylls and carotenoids*. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991. p. 75-254.

GUERREIRO, D.; MADUREIRA, J; SILVA, T. ; MELO, R.; SANTOS, P. M. P; FERREIRA, A. ;TRIGO, M. J. ; FALCÃO, A. N.; MARGAÇA, F. M. A , VERDE, S. C. **Tratamento pós-colheita de tomate cereja por radiação gama: Avaliação de parâmetros microbiológicos e físico-químicos.** *Sciencedirect*. Volume 36, páginas 1 a 9. , agosto de 2016.

GUERRERO, L. La textura de los alimentos. Medidas sensoriales e instrumentales. **Alimentación, Equipos y Tecnología**, Madrid, v.12, n.10, p.45-8, 1993.

HARDER, M.N.C.; ARTHUR, V.; ARTHUR, P.B. Irradiation of Foods: Processing Technology and Effects on Nutrients: Effect of Ionizing Radiation on Food Components. Reference Module in Food Science. **Encyclopedia of Food and Health**, p. 476 – 481, 2016.

HUSSAIN, P. R.; OMEERA, A.; SURADKAR, P. P.; DAR, M. A. Effect of combination treatment of gamma irradiation and ascorbic acid in the physicochemical quality and microbiological minimally processed eggplant (*Solanum melongena* L.). **Radiation Physics and Chemistry**, v.103, p. 131- 141, 2014.

IQBAL, S. Z.; BHATTI, I. A.; ASI, M. R., ZUBER, M.; SHAHID, M.; PARVEEN, I. Effect of gamma irradiation on fungal load and aflatoxins reduction in red chillies. **Radiation Physics and Chemistry**, v.82, p. 80–84, 2013.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. Ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. E-book. Disponível em: Acesso em: 16 out. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

INTERNATIONAL CONSULTATIVE GROUP ON FOOD IRRADIATION. Collection of ICGFI documents on codes of good irradiation practice of treatment of various food commodities. Training manual of operation of food radiation facilities. N.º14. Vienna. 1992.

JACOMINO, A.P., ARRUDA, M.C., BRON, I.U. Transformações bioquímicas em produtos hortícolas após a colheita. IN: COBLITZ, M.G.B. **Bioquímica de Alimentos: teoria e aplicações práticas**. Rio de Janeiro: Guanabara koogan. 2008. p. 153 à 190.

JÚNIOR, J.M.S. Produção agrícola de alimentos e sustentabilidade no Brasil. 2015. International Centre for Trade and Sustainable Development. Disponível em: < <https://www.ictsd.org/bridges-news/pontes/news/produ%C3%A7%C3%A3o-agr%C3%ADcola-de-alimentos-e-sustentabilidade-no-brasil>. Acesso em: 02. ago 2016.

KOIKE, A. C. R.; AMANDA, G. ; RODRIGUES, F. T.; DUARTE, R. C.; VILLAVICENCIO, ANNA LUCIA, C. H. Evaluation of low-dose irradiation on microbiological quality of white carrots and string beans. **Radiation Physics and Chemistry**, v.81, n.8, p. 1068–1070, 2012.

KNOBLICH, M.; ANDERSON, B.; LATSHAW, D. Analyses of tomato peel and seed Agriculture, Malden v. 85, n. 7, p. 1166-1170, 2005. byproducts and their use as a source of carotenoids. Journal of the Science of Food and

KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. Vigor de sementes: conceitos e testes. Londrina: ABRATES, 1999. 218p.

LAZAROTTO, M.; MUNIZ, M.F.B.; SANTOS, A.F. Detecção, transmissão, patogenicidade e controle químico de fungos em sementes de paineira (*Ceiba speciosa*) Summa Phytopathologica, Botucatu, v. 36, n. 2, p. 134-139, 2010.

LEMOS JÚNIOR, H. P.; BRUNELLI, M. J.; LEMOS, A. L. A. Licopeno. Diagn Tratamento. São Paulo, v. 16, n.2, p.71-74, out.-dez, 2011.

LIMA, k. S. C.; GROSSI, J. L. S.; LIMA, A. L. S.; ALVES, P. F. M. P.; CONEGLIAN, R. C. C.; GODOY, R. L. O. ; SABAA, A. U. O. **Efeito da irradiação ionizante na qualidade pós-colheita de cenouras (*daucus carota* l.) cv. Nantes.** Ciênc. Tecnol. Aliment. vol. 21 nº.2 Campinas May/Aug. 2001.

LIMA, A.L.S.; LIMA, K.D.S.C.; COELHO, M.J.; MICJELE, J.; SILVA, R.L.D.O.G.; PACHECO, S. Avaliação dos efeitos da radiação gama nos teores de carotenoides, ácido ascórbico e açúcares do fruto buriti do brejo (*Mauritia flexuosa* L.). Revista Acta Amazônica, Manaus, v.39, n.3, p.649-654, 2009.

LOPEZ CAMELO, Andrés F. and GOMEZ, Perla A.. **Comparação dos índices de cor para maturação do tomate.** *Hortic. Bras.* [online]. vol.22, n.3, pp.534-537. ISSN 0102-0536.

LU, Z. H.; DONNER, E.; YADA, R.Y.; LIU, Q. **Impact of c-irradiation, CIPC treatment, and storage conditions on physicochemical and nutritional properties of potato starches** - Contents lists available at Science Direct. / Food Chemistry 133 (2012) 1188–119.

LUCCA FILHO, O.A. **Curso de tecnologia de sementes**. Brasília: ABEAS, 1995. 53p.

MALLMANN, G.; VERZIGNASSI, J.R.; FERNANDES, C.D.; SANTOS, J.M.; VECHIATO, M.H.; INÁCIO, C.A.; BATISTA, M.V.; QUEIROZ, C.A. Fungos e nematoides associados a sementes de forrageiras tropicais. Summa Phytopathologica, Botucatu, v. 39, n. 3, p. 201-

MALUF, R.S. Segurança alimentar e nutricional. Editora vozes. 3ª Ed. Petrópolis, RJ: Vozes, p.17. 2011.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seeding emergence and vigor. Crop Science, v.2, n.2, p.76-177, 1962.

MARCOS FILHO, J. Fisiologia de sementes de plantas cultivadas. Piracicaba: FEALQ, 2005. p. 495.

MARCOS FILHO, J. Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. Scientia Agricola, Piracicaba, v. 72, n. 4, p. 363-374, 2015. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0007> >.

MATHEW, A.; VB, K. RAVI, R. Effect of gamma-irradiation on instrumental colour and textural characteristics tomato stored under modified atmosphere packing. J. **Food Sci Technol**, 2008, 45(6) 543 – 5.

MATISSEK, R.; SCHENEPEL, F.M.; STEINER, G. Analisis de los Alimentos: Fundamentos, metodos, aplicaciones. Editorial Acribia, S.A- España, 1998.

MEILGAARD, M., CIVILLE, G. V., CARR, B. T. Sensory Evaluation Techniques. V.II, Boca Raton: CRC Press, Inc. 1987, 159 p.

MELO, A. P. C.; SELEGUINI, A.; VELOSO, V. R. S. Peliculização de sementes de tomate associada ao paclobutrazol. **Revista Agrarian** ISSN: 1984-2538. v.8, n.28, p.210-215, Dourados, 2015.

MIGUEL, A. C. A. et al. Qualidade de tomate “Débora” minimamente processado armazenado em dois tipos de embalagens. *Horticultura Brasileira*, v. 25, n. 4, p. 582-585, 2007.

MINAMI, K.; HAAG, H. P. O tomateiro. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 325p.

MOHÁCSI-FARKAS, CS.; NYIRŐ-FEKETE, B.; DALMADI, H.; KISKÓ, G. Improving microbiological safety and maintaining sensory and nutritional quality of pre-cut tomato and carrot by gamma irradiation. **Radiation Physics and Chemistry**, v.. 99, p. 79–85, 2014.

MORAES, S. A.: **Principais Doenças, Manejo Integrado e Recomendações de Controle**. 2006. Disponível em:< [http://www.infobibos.com/Artigos/2006\\_2/Amendoim/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/Amendoim/index.htm)>. Acesso em: 30 out. 2018.

MORETTI, C. L.; MATTOS, M. L. Boas práticas agrícolas na pós-colheita de hortaliças. In: FERREIRA, Marcos David. (Org.). Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças. São Carlos: Embrapa. Instrumentação Agropecuária, 2008. p. 107-116.

MOTA, R. V. Caracterização do suco de amora-preta elaborado em extrator caseiro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.26, n.2, p.303-308, 2006.

MOTTA, J.D.; QUEIROZ, A. J.M.; FIGUEIREDO, R.M.F.; SOUSA, S. M. Índice de cor e sua correlação com parâmetros físicos e físico-químicos de goiaba, manga e mamão. *Resumo Comunicata Scientiae* 6(1): 74-82, 2015 e-ISSN: 2177-5133 [www.ufpi.br/comunicata](http://www.ufpi.br/comunicata).

MOY, J.H. Efficacy of Irradiation vs Thermal Methods as Quarantine Treatments for Tropical Fruits. **Radiation Physics and Chemistry**, v.42, n.1-3, p. 269-272, 1993.

MUELLER, S. et al. **Indicações técnicas para o tomateiro tutorado na Região do Alto Vale do Rio do Peixe**. Florianópolis: EPAGRI - Empresa de Pesquisa Agropecuária e Difusão de Tecnologia de SC, 2008. 78p.

MUNIZ, M.F.B. Controle de microrganismos associados às sementes de tomate através do uso do calor seco. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.1, p.276-280, 2001.

MURRAY, A.J.; BID, C.R.; SCHUCH, W.W.; HOBSON, G.E. Nutritional aspects of food irradiation. **Food Irradiation Publisher International: Projects in the field of the irradiation**, n.11, p.21-32, 1981.

MUSTAPHA, M. B.; BOUSSELMI, M.; JERBI, T.; BETTAÏEB, N. B.; FATTOUCH, S. Gamma radiation effects on microbiological, physico-chemical and antioxidant properties of Tunisian millet (*Pennisetum Glaucum L.R.Br.*). **Food Chemistry**, v. 154, p. 230–237, 2014.

NABILGHOBRI, C. Gestão tecnológica para instalações de um irradiador de alimentos. 2008. 271f. Tese (Doutorado em Tecnologia Nuclear Aplicações). Instituto de pesquisas em Energia Nuclear. São Paulo. 2008.

NADAI, F. B. et al. A. Produção de mudas de tomateiro em função de diferentes formas de propagação e substratos. *Revista Agro@mbiente*, Boa Vista, v.9, n.3, p.261, 2015. Disponível em < <http://www.saes2010.ufr.br/index.php/agroambiente/article/view/2348>>.

NUNOO, J.; E. K.; AMOATEY, H. M. ; KLU, G. Y. P. Effect of recurrent irradiation on the improvement of a variant line of wild tomato (*Solanum pimpinellifolium*). **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**, v. 7, p. 377 - 383. 2014.

NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho de plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Eds.). *Vigor de sementes: conceitos e testes*. Londrina: ABRATES, 1999. p.1-21.

NEOGEN CORPORATION. 2011.  
[http://foodsafety.neogen.com/pdf/acumedia\\_pi/7149\\_pt\\_pi.pdf](http://foodsafety.neogen.com/pdf/acumedia_pi/7149_pt_pi.pdf). PI7149 Rev 4, Abril 2011.

NEVES, L.C.; MANZIONE R. L.; VIEITES, R. L. **Radiação gama na conservação pós-colheita da nectarina (*prunus persica* var. *Nucipersica*)frigoconservada**. 4. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 24, n. 3, p. 676-679, Dezembro 2002.

NOBREGA, A. I. (Org.) **Tecnologia radiológica e diagnóstico por imagem**, volume 4: saúde e formação profissional. – 5.ed. – São Caetano do Sul, SP: Difusora Editora, 2017.

NUNOO, J.; QUARTEY, E.K.; AMOATEY, H.M.; KLU, G.Y.P. Effect of recurrent irradiation on the improvement of a variant line of wild tomato (*Solanum pimpinellifolium*) 2014.

O'BEIRNE, D. Irradiation of fruits and vegetables: applications and issues. **Professional Horticulture**, Oxford, v.3, p.12-19, 1989.

ORDONEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos**. vol. 1: Componentes dos alimentos e processos), Porto alegre: Artmed, 2005.

OKUNO, E. **Radiação: efeitos, riscos e benefícios**. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.

OLIVEIRA, T. A. et al. Efeito do revestimento de tomate com biofilme na aparência e perda de massa durante o armazenamento. Revista Verde, Mossoró, v. 6, n. 1, p. 230-234, jan./mar. 2011.

OLIVEIRA, J.; CASTELUCCI, A. C. L.; SILVA, P. P. M.; SILVA, G. M.; SPOTO, M. H. F. Polpa de camu-camu (*Myrciaria dubia*) submetida à radiação gama. **Acta Agronômica**, v. 6, n. 1, p. 7-12, 2013.

OLIVEIRA, R.C. de; VALLS, J.F.M. Lista de espécies da flora do Brasil. 2015. Disponível em: . Acesso em: 30jan. 2017.

OKUNO, E. **Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia**. Estud. av. vol.27 no.77 São Paulo. 2013.

PACHECO, N. H. R. Irradiação de Alimentos: um estudo de caso. 2013. 58. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2013.

PALOMO, I. MOORE-CARRASCO, R.; CARRASCO, G.; VILLALOBOS, P.; GUZMÁN, L. El consumo de tomates previene el desarrollo de enfermedades cardiovasculares y cáncer: antecedentes epidemiológicos y mecanismos de acción. **Idesia**. Chile, v. 28, n. 3, p.121- 129, 2010.

PAZINATO, B. C. ; GALHARDO, R. C. **Processamento artesanal do tomate**. 2ª impressão. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 30 p., 1997.

PEREIRA, S. R.; LAURA, V. A. & SOUZA, A. L. T. Superação de dormência de sementes para restauração florestal. Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília - DF, v. 48, n. 2, p. 148-156, 2013.

PLAZA, L., CRESPO, I., PASCUAL-TERESA, S., DE ANCOS, B., SÁNCHEZ-MORENO, C., MUÑOZ, M. Impact of minimal processing on orange bioactive compounds during refrigerated. **Food Chemistry**, v. 124,n.2, p. 646 - 651.,2011.

PERYAM, D.R.; PILGRIM, P.J. Hedonic scale method for measuring food preferences. Food Technology, Chicago, v. 11, p. 9-14, 1957.

PINHEIRO, D. T.; COSTA, L.C.; GAMA, G.F.V.; TEIXEIRA, M.F.F.; BARROS, T.T.V. **Aspectos tecnológicos e qualitativos da produção de sementes de tomate**. ISSN 0798 1015 Vol. 38 (Nº 44). Pág. 10. 2017.

PRADO, G. et al. Efeito da irradiação gama (prado, g. et al. 60Co) na frequência fúngica de amendoim in natura em função do tempo de prateleira. Ciênc. agrotec., Lavras, v. 30, n. 5, p. 930-936, set./out., 2006.

PRADO, G.; LEAL, A. S.; OLIVEIRA, M. S.; MORAES, V.A.D.; MADEIRA, J. E. G. C.; VIEIRA, I. F. R.; LIMA, A. S.; MOREIRA, A. P. A.; ANDRADE, M. C. Influência da

radiação gama ( $^{60}\text{Co}$ ) na Ocratoxina a e na microbiota fúngica de café (*Coffea arabica* L.). R. Bras. Armaz., Viçosa - Especial Café, MG, n. 10, p. 42 - 48, 2008.

PRADO G. Contaminação de alimentos por micotoxinas no Brasil e no mundo. GERAIS; SUS/mg. Journal of public health, v. 2, p. 11-24, 2014.

PRAKSH, A.; MANLEY, J. ; DE COSTA, S.; CAPORASO, F. **The effects of Gamma irradiation on the microbiological, physical and sensory qualities of diced tomatoes.** Korea Science. 2002.

RADHADEVI, D.S., NAYAR, N.K. . **Gamma rays induced fruit character variations in Nendran, a varieties of banana (*Musa paradisiaca* L.)** Geobios, 23 (1996), pp. 88-93

RAUPP, D. S.; GARDINGO, J. R.; SCHEBESKI, L. S.; AMADEU, C. A.; BORSATO, A. V. Processamento de tomate seco de diferentes cultivares. **Acta Amazônica**, v. 39, n. 2, p. 415-422, 2009.

RAMAZAN BEYAZ et al. (2016). **The effect of gamma radiation on seed germination and growth of *Lathyrus chrysanthus* Boiss seedlings.** Under in vitro conditions. Science Direct. Jornal de Radioatividade Ambiental Volumes 162–163 , outubro de 2016 , pági nas 129-133.

RINALDI, M. M.; SANDRI, D.; OLIVEIRA, B. N.; SALES, R. N.; AMARAL, R. D. A. Avaliação da vida útil e de embalagens para tomate de mesa em diferentes condições de armazenamento. B. CEPPA. Curitiba. v. 29, n. 2, p. 305 - 316, 2011.

ROBERTS, E.H. **Viability of seeds.** Reference Module in Food Science. Encyclopedia of Food and Health, p. 476 – 481, 2016. Londres: Chapman and Hall, 1972. 448p.

ROCHA, M. A. A.; SOUSA, Q-H. F. O uso de alimentos irradiados no tratamento de pacientes com baixa imunidade. Brasília-DF, set 2007. Disponível em: Acesso em: 10 out. 2017.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B.; KIMURA, M.; GODOY, H.T. AMAYA-FARFAN, J.SANTIN, M. La irradiacion de lós alimentos. Ed. Acribia: Zagarosa (2000).

ROSA, C.L.S.; SOARES, A.G.; FREITAS D.G.C.; ROCHA, M.C.; FERREIRA, J.C.S; GODOY,R.L.O. Caracterização físico-química, nutricional e instrumental de quatro acessos de tomate italiano (*lycopersicum esculentum* mill) do tipo ‘heirloom’ produzido sob manejo orgânico para elaboração de polpa concentrada. Para elaboração de polpa concentrada. Alim. Nutr., Araraquara, v. 22, n. 4, p. 649-656, out./dez. 2011.

SÃO JOSÉ, J. F. B, ANDRADE, N. J. A., RAMOS A. M., VANETTI, M. C. D., STRINGHETA, P. C., CHAVES, J. B. P. Descontamination by ultrasound application in fresh fruits and vegetables. **Food Control**, v. 45, p. 36 - 50, 2014.

SANTOS, V. S. dos. "Célula vegetal"; Brasil Escola. Disponível em : <<https://brsilescola.uou.com.br/biologia/célula-vegetal.htm>> Acesso em 20 de março de 2018.

SANTOS, G. R.; TSCHOEKE, P. H.; SILVA, L. G.; SILVEIRA, M. C. A. C.; REIS, H. B.; BRITO, D. R.; CARLOS, D. S. Sanitary analysis, transmission and pathogenicity of fungi associated with forage plant seeds in tropical regions of Brazil. Journal of Seed Science, Londrina, v. 36, n. 1, p. 54-62, 2014.

SANOS, T.S.; ALMEIDA, F.A.C.; SUASSUNA, T.M.F.; COUTINHO, W.M.; ALMEIDA, P.B.A. Resposta de sementes de amendoim a diferentes doses de radiação gama (60Co). Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental v.14, n.10, p.1074–1078, 2010. Campina Grande, PB, UAEEA/UFCG – <http://www.agriambi.com.br>,

SEMEDO, M. M. (Julho de 2013). Recuperação de carotenoides no processo industrial de transformação do tomate. Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Química, p.11.

SHAHBAZ, H. M.; AHN, J. J.; AKRAM, K.; KIM, H.Y.; PARK, E. J.; KWON, J. H. Chemical and sensory quality of fresh pomegranate fruits exposed to gamma radiation as quarantine treatment. **Food Chemistry**, v. 145, p. 312–318, 2014.

SILVA, J.A. **Tópicos da Tecnologia dos Alimentos**. São Paulo: Livraria Varela, 2000.

SILVA, T. L.; GAMEIRO, A. H. O comércio exterior brasileiro de sementes forrageiras. In: GAMEIRO, A. H. (Org.). *Competitividade do agronegócio brasileiro: textos selecionados*. 1ed. Santa Cruz do Rio Pardo: Viena, 2006, v. 1, p. 155-168. Disponível em: < [http://lae.fmvz.usp.br/pdf/2005\\_Silva\\_Gameiro.pdf](http://lae.fmvz.usp.br/pdf/2005_Silva_Gameiro.pdf) >. Acesso em: 10 Jan. 2016.

SILVA JUNIOR, E.A.DA. **Manual de Controle Higiênico Sanitário em Serviços de Alimentação**. 7ª edição – São Paulo: Livraria Varela, 2014.

SILVA 2014,. MICHELE PAULA DA SILVA, FLAVIA DOS SANTOS GOMES<sup>3</sup>,MURILLO FREIRE JUNIOR<sup>4</sup>, LOURDES MARIA CORRÊA CABRAL **Avaliação dos efeitos da radiação gama na conservação da qualidade da polpa de amora-preta (*Rubus spp. L.*)**. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 36, n. 3, p. 620- 627, Setembro 2014.

SILVA VN; CICERO SM. 2014. Análise de imagens de plântulas para avaliação do potencial fisiológico de sem Simestad e Verheul, 2005. R. Simestad , MJ Verheul **de chalconaringenina e ácido clorogênico em tomate cereja é fortemente reduzido durante o amadurecimento pós-colheita** Revista de Química Agrícola e Alimentar , 53 ( 18 ), pp. 7251 - 7256 . 2005.

SILVA, J. M.; SILVA, J. P.; SPOTO, M. H. F. **Características físico-químicas de abacaxi submetido à tecnologia de radiação ionizante como método de conservação pós-colheita**. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 28(1): 139-145, jan.-mar. 2008.

SOARES, I.G.M.; VALENÇA, C.P.V.;NOBREGA, L.P.; NUNES, T.L.; LEITAO, G.L.N.C. Radiação Gama em Alimento de Origem Vegetal x Contaminação. **Revista COOPEX/FIP** (ISSN:2177-5052). 8ª Edição - Vol. 08 - Ano: 2017. < <http://coopex.fiponline.edu.br/artigos>>.

SOUSA, C. M. G.; AROUCHA, E. M. M.; FERREIRA,R. M. A.; LEITE, R. H. L.; OLIVEIRA, T. A.; AMARIZ, A.; GRANJEIRO, L. C. Avaliação da perda de massa e coloração de casca de tomates revestidos com biofilme a base de colágeno durante o armazenamento. **Horticultura Brasileira**, Brasília,v.28, n.2, p.4054-4058, 2010.

SOUZA, W.A.; VILAS BOAS, O.M.C.G. Adeficiencia de vitamina A no Brasil um panorama. Rev. Panam. de Salud Pu, v.12 n.13. p.173 -1 179, 2002.

SUNDERLAND - N. Sunderland **Cell division and expansion in the growth of the leaf.** J. Exp. Bot., 11 (1960), pp. 68-80 Physiological reponse of leans (*Phaseolus vulgaris* L.) to gamma-radiation contamination, II. Waterexchange, respiretion and peroxidase activity. Journal of Environmental Protection and Ecology 2, 304– 308.

TAKEOKA GR, DAO L, FLESSA S, GILLESPIE DM, JEWELL WT, HUEBNER B, et al. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. J Agric Food Chem; 49(8): 3713-7. 2001.

TEIXEIRA, M.C.R.; CHITARRA, I. F.; CHITARRA, E.B., Características dos frutos de algumas cultivares de pessegueiros: II- Pectinas, cálcio, taninos e coloração. Revista Brasileira de Fruticultura, Cruz das Almas, v.5, n.único, p.81-91, 1983.

TEZOTTO-ULIANA, J. V.; BERNO, N. D. ; SAJI, F. R. Q.; KLUGE, R. A. Gamma radiation: An efficient technology to conserve the quality of fresh raspberries. **Scientia Horticulturae**, v.164, p. 348 –352, 2013.

VANETTI, M. C. D. Segurança microbiológica em produtos minimamente processados. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MINIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 3., 2004, Viçosa, MG. **Resumos**. Viçosa: UFV, 2004. p. 30-32.

VECHIATO, M.H.; APARECIDO, C.C.; FERNANDES, C.D. Frequência de fungos em lotes de sementes comercializadas de Brachiaria e Panicum. São Paulo: Instituto Biológico - APTA, 2010. p. 1-11. (Documento Técnico, n. 7).

VIDAL, A. M.; DIAS, D. O.; MARTINS, E. S M.; OLIVEIRA, R. S.; NASCIMENTO, R.M.S.; CORREIA, M.G.S. A ingestão de alimentos funcionais e sua contribuição para a diminuição da incidência de doenças. Cadernos de Graduação - Ciências Biológicas e da Saúde Aracaju v. 1 n.15 p. 43-52 out. 2012.

VIEIRA, J.V. Apresentação in Produção de sementes de tomate. In: NASCIMENTO, W.M. **Produção de Sementes de Hortalças**. Brasília. 342p. 2014.

WALISZEWSKI KN, BLASCO G. [Nutraceutical properties of lycopene]. Salud Publica Mex.;52(3):254-65. 2010

YORINORI, J.T. Doenças da soja causadas por fungos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.8, n.94, p.40-46, 1982.

ZAMBRANO, J.; MOYEJA, J.; PACHECO, L. Efecto del estado de madurez en la composición y calidad de frutos de tomate. *Agronomia Tropical*, v. 46, n. 1, p. 61-72, 1996.