INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

Aplicação da radiação gama em ervilha (Pisum sativum L.) in natura para inibir a brotação e aumentar a vida útil de prateleira

ANDRESSA MARIA SIMAS ALBANO

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Mestre em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Aplicações

Orientador:
Prof. Dr. Valter Arthur

São Paulo
2019

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

Aplicação da radiação gama em ervilha (*Pisum sativum* L.) *in natura* para inibir a brotação e aumentar a vida útil de prateleira

ANDRESSA MARIA SIMAS ALBANO

Dissertação apresentada como parte
dos requisitos para obtenção do Grau de
Mestre em Tecnologia Nuclear – Aplicações

Orientador:

Prof. Dr. Valter Arthur

São Paulo

2019

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho,
para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte

Como citar:

SIMAS ALBANO, A. M. ***Aplicação da radiação gama em ervilha (Pisum sativum L.) in natura para inibir a brotação e aumentar a vida útil de prateleira***. 2019. 66 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear), Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, IPEN-CNEN/SP, São Paulo. Disponível em: (data de consulta no formato: dd/mm/aaaa)

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de geração automática da Biblioteca IPEN/USP,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Simas Albano, Andressa Maria
Aplicação da radiação gama em ervilha (Pisum sativum L.) in natura para inibir a brotação e aumentar a vida útil de prateleira / Andressa Maria Simas Albano; orientador Valter Arthur. -- São Paulo, 2019.
66 p.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Nuclear (Aplicações) -- Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo, 2019.

1. hortaliça. 2. irradiação de alimentos. 3. germinação. 4. qualidade visual. 5. análises físico-químicas. I. Arthur, Valter, orient. II. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Autor: Andressa Maria Simas Albano

Título: Aplicação da radiação gama em ervilha (*Pisum sativum* L.) *in natura* para inibir a brotação e aumentar a vida útil de prateleira

Dissertação apresentada como parte
dos requisitos para obtenção do Grau de
Mestre em Tecnologia Nuclear – Aplicações.

Data:

Banca Examinadora

Prof. Dr.:

Instituição: Julgamento:

Prof. Dr.:

Instituição: Julgamento:

Prof. Dr.:

Instituição: Julgamento:

Ao meu marido Roberto Joaquim

pelo amor, grande cumplicidade, constante incentivo e apoio

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Dr. Valter Arthur, por todo seu apoio, conhecimento e disponibilidade, indispensáveis a concretização deste trabalho.

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas – IPEN/CNEN pela oportunidade de realização profissional e ao apoio no desenvolvimento do trabalho.

À Dra. Anna Lúcia C. H. Villavicencio, pelos conhecimentos e por disponibilizar o laboratório e equipamento de textura para esta pesquisa.

À Elizabeth Somessari do Centro de Tecnologia das Radiações do IPEN, pela gentileza e pelo auxílio no processamento das amostras.

Ao Dr. Leonardo Gondim de Andrade e Silva, por compartilhar conhecimento, tempo e carinho.

A técnica Lúcia Cristina do Laboratório de Radiobiologia e Ambiente (CENA/ESALQ) pela atenção e colaboração nas análises físico-químicas da pesquisa.

A Dra. Aline Dionizio USP/Bauru, pelo suporte com os dados estatísticos.

As colegas de Pós-graduação Anicarine Leão, Bianca Negrão e Patrícia Almeida, por tornarem meus dias mais tranquilos e divertidos.

Aos meus familiares que acreditaram no meu sucesso. Em especial, Alexsandra, Cláudio e Frederico pela presença, incentivo e apoio.

Ao meu amigo da vida inteira, Anderson Gregório, pelas palavras de apoio e incentivo.

À minha tia do coração, Maria de Fátima, pelo seu carinho e atenção.

“A verdadeira coragem é ir atrás de seu sonho mesmo quando todos dizem que ele é impossível”

Cora Coralina

RESUMO

Albano, Andressa M. S. ***Aplicação da radiação gama em ervilha (Pisum sativum* L.*) in natura para inibir a brotação e aumentar a vida útil de prateleira.*** 2019. 66 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP, São Paulo.

A irradiação de alimentos frescos pós-colheita tem como interesses principais: inibir a brotação, aumentar a vida útil de prateleira, reduzir ou retardar os danos causados por insetos e doenças, atuando como fungicidas ou inseticidas. Atualmente, há uma grande expansão no interesse por alimentos minimamente processados e a manipulação para preparação destes produtos em estado fresco, incluindo muitos processos (descascamento, limpeza, entre outros) que podem alterar as características essenciais para proteger a saúde pública, ou seja, para que o produto não cause danos à saúde do consumidor. Em razão deste fato, este trabalho teve como objetivo avaliar os efeitos da radiação gama em ervilhas em grão (*Pisum sativum* L.) *in natura*, a fim de inibir a brotação e aumentar a vida de prateleira. As ervilhas foram divididas em quatro grupos (n=4 amostras/ grupo), de acordo com a intensidade da radiação: 0 (controle), 150, 300 e 450 Gy. Utilizou-se um irradiador de pesquisa ^{60}Co e após irradiação as ervilhas foram armazenadas a uma temperatura 8 ºC e seu aspecto visual, de amadurecimento (sólidos solúveis totais, acidez total titulável e razão entre eles), perda de massa fresca, coloração, textura, pH, umidade e cinzas foram avaliados durante os períodos de 1, 7, 14 e 21 dias após a irradiação. A avaliação do aspecto visual mostrou que a irradiação não alterou significativamente a vida de prateleira dos grãos, e que a dose de 300 Gy aumentou significativamente a germinação das ervilhas. As análises de: aspecto visual, perda de massa fresca, coloração e pH, sofreram interferência devido o processo natural de maturação dos grãos e não pela radiação ionizante. Observou-se que, as doses de radiação gama não influenciaram no teor de cinzas, umidade e textura durante o armazenamento e que a dose de 450 Gy foi insuficiente para inibir a brotação das ervilhas. Assim, com base nos resultados encontrados neste trabalho, conclui-se que doses de radiação gama até 450 Gy não foram suficientes para melhorar a vida útil de prateleira e/ ou inibir o brotamento de ervilhas. Portanto, recomenda-se que futuros trabalhos sejam realizados com doses de radiação gama maiores que 450 Gy.

Palavras-chave: hortaliça, irradiação de alimentos, germinação, qualidade visual, tempo de maturação, análises físico-químicas.

ABSTRACT

Albano, Andressa M. S. **Application of gamma radiation in pea (*Pisum sativum* L.) *in natura* to inhibit sprouting and increase shelf life.** 2019. 66 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN-CNEN/SP, São Paulo.

The irradiation of fresh post-harvest foods has as main interests: inhibit sprouting, increase shelf life, reduce or delay damage caused by insects and diseases, acting as fungicides or insecticides. Currently, there is a greater interest in minimally processed foods and handling for the preparation of these products in a fresh state, including many processes (peeling, cleaning, among others) that can alter the characteristics essential to protect public health, product does not cause harm to the consumer's health. The objective of this work was to use gamma radiation, where the product was irradiated with final packaging to avoid manipulation of the product to the consumer and to evaluate the effects of the same on peas in grains (Pisum sativum L.), in to sprout and increase shelf life. The peas were submitted to 4 treatments: 0 (control), 150, 300 and 450 Gy, in a ^{60}Co research irradiator, after irradiation stored at 8 °C, being evaluated at 1, 7, 14 and 21 days after irradiation, for the following analyzes: assessments of visual appearance, maturation (total soluble solids, titratable total acidity and ratio), fresh weight loss, coloring, texture, pH, water and ash. By visual evaluation it was observed that the irradiation did not significantly change the shelf life of the grains, and that the dose of 300 Gy increased the germination of the peas. The visual appearance, coloring and pH had interference due to the natural process of grain maturation. The fresh weight loss and increase of soluble solids were proportional to the increase of gamma radiation doses, but the doses of gamma radiation did not influence the content of ash, water and texture during storage and that dose of 450 Gy was not sufficient to inhibit the sprouting of the peas. It is possible to conclude that, with this work, a recommendation that, for the later works, in which one wishes to define the shelf life or to inhibit pea budding, initiate the irradiation of its samples with values above 450 Gy.

Key words: vegetable, food irradiation, germination, visual quality, maturation time, physicochemical analyzes.

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 1 - Valor nutricional da ervilha em grão crua 16
Tabela 2 - Principais produtores de ervilha mundial (toneladas) 18
Tabela 3 - Principais produtores de ervilha no Brasil (toneladas) 18
Tabela 4 - Aplicação da radiação em alimentos 27
Tabela 5 - Valores médios da evolução do aspecto visual, através de uma escala subjetiva de valores em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 0, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC 37
Tabela 6 - Valores médios da evolução da perda de massa fresca (%), em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 0, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC 43
Tabela 7 - Valores médios da evolução da cor, luminosidade, em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 0, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC 44
Tabela 8 - Valores médios da evolução da cor, cromaticidade, em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 0, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC 45
Tabela 9 - Valores médios da evolução da cor, Hue - Angle em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 0, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC 46
Tabela 10 - Valores médios da evolução da textura (N/s), em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 0, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC 47
Tabela 11 - Valores médios da evolução do pH, em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 0, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC 48

Página

Tabela 12 - Valores médios da evolução dos sólidos solúveis totais (ºBrix), em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 0, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC 49

Tabela 13 - Valores médios da evolução da acidez total titulável (Cmol.L^{-1}), em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 0, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC 51

Tabela 14 - Valores médios da evolução dos valores da relação SST/ATT, maturação dos grãos, em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 0, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC 52

Tabela 15 - Valores médios da evolução do teor de umidade (%), em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 0, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC 53

Tabela 16 - Valores médios da evolução da fração de cinza (%), em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 0, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC 54

LISTA DE FIGURAS

Página

Figura 1 - Recebimento das ervilhas 28
Figura 2 - Fluxograma preparo das amostras 28
Figura 3 - Fluxograma sequência das análises 30
Figura 4 - Escala de valores para determinação da qualidade comercial do produto 30
Figura 5 - Balança utilizada para as medições 31
Figura 6 - Análise de coloração da casca 32
Figura 7 - Análise de textura da ervilha, *probe* 2 mm 32
Figura 8 - Análise de pH 33
Figura 9 - Análise dos sólidos solúveis 34
Figura 10 - Análise da acidez total titulável 34
Figura 11 - Estufa utilizada no experimento de umidade e cinzas 35
Figura 12 - Mufla utilizada para análise de cinzas 36
Figura 13 - Fotos das amostras de ervilhas antes da irradiação 38
Figura 14 - Fotos das amostras de ervilhas pós irradiação (zero dia) 39
Figura 15 - Fotos das amostras de ervilhas pós irradiação (7º dia) 40
Figura 16 - Fotos das amostras de ervilhas pós irradiação (14º dia) 41
Figura 17 - Fotos das amostras de ervilhas pós irradiação (21º dia) 42
Figura 18 - Gráfico dos valores médios de perda de massa fresa em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC 44
Figura 19 - Representação gráfica do espaço de cores Lab 46
Figura 20 - Gráfico dos valores médios de textura em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 0, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC 48
Figura 21 - Gráfico dos valores médios dos sólidos solúveis totais (ºBrix), em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 0, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC 50
Figura 22 - Gráfico dos valores médios da acidez total titulável (%), em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 0, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC 51

SUMÁRIO

Página

1 INTRODUÇÃO 14
1.1 Objetivos 15
1.1.1 Objetivo geral 15
1.1.2 Objetivos específicos 15
2 REVISÃO DA LITERATURA 16
2.1 Ervilha 16
2.2 Vegetais minimamente processados 18
2.3 Processos de conservação 21
2.4 Irradiação de alimentos 22
2.4.1 Dose 26
3 MATERIAIS E MÉTODOS 28
3.1 Amostras 28
3.2 Irradiação 29
3.3 **Análises** 29
3.3.1 Análises físicas 30
3.3.1.1 Aspecto visual 30
3.3.1.2 Perda de massa fresca 30
3.3.1.3 Coloração da casca 31
3.3.1.4 Textura 32
3.3.2 Análises físico-químicas 33
3.3.2.1 pH 33
3.3.2.2 Sólidos solúveis totais (SST) 33
3.3.2.3 Acidez total titulável (ATT) 34
3.3.2.4 Razão SST/ ATT 35
3.3.2.5 Determinação da umidade 35
3.3.2.6 Determinação de cinzas 36
3.3.3 Análise estatística 36
4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS 37
4.1 Aspecto visual 37

Página

4.2 **Perda de massa fresca** 43
4.3 **Coloração da casca** 44
4.4 **Textura** 47
4.5 **pH** 49
4.6 **Sólidos solúveis totais** 48
4.7 **Acidez total titulável** 50
4.8 **Razão SST/ ATT** 52
4.9 **Determinação da umidade** 52
4.10 **Determinação de cinzas** 53
4.11 **Considerações finais** 54
5 **CONCLUSÃO** 55
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS 56
APÊNDICE 64

1 INTRODUÇÃO

A ervilha (*Pisum sativum* L.) é uma espécie da família Fabaceae, subdivisão Viciae e originária do Oriente Médio (GRITTON, 1980). É uma hortaliça de alto valor nutritivo, com amplas alternativas de uso na alimentação. Na forma de grãos verdes, pode ser consumida *in natura* ou pode ser enlatada ou congelada imediatamente após colheita (GIORDANO, 1997).

Um dos alimentos mais produzidos no mundo, seu consumo na forma de grãos verdes recém-colhidos, como produto minimamente processado, está em crescimento em 2012 a produção da China foi de 10,5 milhões de toneladas e Índia 3,7 milhões de toneladas, já no ano de 2017 suas respectivas produções foram 12,5 milhões de toneladas e 5,3 milhões de toneladas (FAO, 2018). No Brasil a produção em 2017 foi de 2,7 mil toneladas e o estado com maior produção foi Minas Gerais com 2 mil toneladas (IBGE, 2018).

Nos Estados Unidos, os alimentos minimamente processados são comercializados desde 1960 e na França desde a década de oitenta, porém no Brasil, este tipo de produto se tornou comercialmente disponível somente nas últimas duas décadas. Em 2006 os Estados Unidos alcançaram o faturamento de US$ 50 bilhões, enquanto no Brasil chegou a US$ 60 milhões. Atualmente, os alimentos minimamente processados tornaram-se um mercado importante de alimentos no Brasil. O interesse de aproximadamente 70% supermercados brasileiros em aumentar as vendas destes produtos, faz com que o potencial de crescimento da agroindústria seja elevado (DURIGAN, 2007). O propósito dos alimentos minimamente processados é proporcionar ao consumidor produtos frutícolas e hortícolas convenientes, parecidos com os frescos e com vida útil prolongada (SASAKI et al., 2006).

Os alimentos beneficiados com o processamento mínimo podem favorecer a sobrevivência e contaminação dos microrganismos por constituírem ótimo meio de cultura devido à presença de tecidos lesados e de alto teor de umidade, aumentando a disponibilidade de substrato para metabolização e seu potencial de deterioração (CESTARI JUNIOR, 2005).

Porém, os alimentos beneficiados com este processamento, frutas e vegetais, têm a vida útil curta de apenas alguns dias antes de serem consumidas,

posteriormente se tornam impróprias para o consumo (RICKMAN; BARRETT; BRUHN, 2007).

A fim de aumentar a vida útil desses alimentos, FRIJA, (2012), estudou algumas técnicas de conservação de produtos hortícolas como: branqueamento, refrigeração, congelamento, secagem, atmosfera modificada e a radiação ionizante, entre outras e em sua conclusão apontou que dentre os métodos de conservação estudados, no que diz respeito ao tempo de conservação, os processos de secagem, fermentação, enlatamento, congelação e radiação ionizante, são os métodos que permitem que os vegetais sejam conservados por períodos mais longos, em alguns casos sendo, superiores a 12 meses.

A irradiação de alimentos é um processo rápido e extremamente eficaz de conservação de alimentos, que tem como principais objetivos e vantagens: esterilizar, pasteurizar, desinfetar e inibir a germinação. Em adição, como principais desvantagens encontram-se: possibilidade de alterar as características físico-químicas dos alimentos, ser uma técnica pouco conhecida e por esta razão, encarada de forma conjecturada por aqueles consumidores que desconhecem o uso e os benefícios das radiações (VIEIRA et al., 2016).

Frente ao exposto acima e à grande produção, valor nutricional e poucos estudos sobre a irradiação de ervilha *in natura*, neste trabalho estudou-se os efeitos da radiação gama sobre os aspectos físico-químicos e sua vida de prateleira.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Avaliar os efeitos das doses de radiação gama sobre uma espécie de leguminosa, a ervilha em grão *in natura* (*Pisum sativum* L.).

1.1.2 Objetivos Específicos

Determinar a dose de radiação que inibe o brotamento da ervilha;

Avaliar a qualidade visual e injúrias das ervilhas irradiadas;

Realizar análises físico-químicas das ervilhas irradiadas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Ervilha

A ervilha, um dos alimentos mais produzidos no mundo, é pertencente à família Fabaceae (COUTO, 1988; FILGUEIRA, 2008).

Foi encontrada, em seu estado selvagem, em uma área restrita à bacia do Mediterrâneo e ao Oriente Próximo. Os primeiros achados arqueológicos de ervilhas datam da era neolítica tardia da atual Grécia, Síria, Turquia e Jordânia. No Egito, os primeiros achados datam de 4800-4400 a.C na área do delta do Nilo e de 3800-3600 a.C, no Alto Egito. A ervilha também estava presente na Geórgia no quinto milênio a.C. Mais a leste, os achados são mais novos. Ervilhas estavam presentes no Afeganistão 2000 a.C, em Harappa, no Paquistão, e no noroeste da Índia em 2250-1750 a.C. Na segunda metade do segundo milênio a.C, esta cultura de pulso aparece na bacia do Ganges e no sul da Índia (WEISS; ZOHARY; HOPF, 2012).

Essa leguminosa é muito nutritiva, destacando-se, em sua composição centesimal, elevados teores de proteína, vitaminas C e do complexo B, principalmente tiamina, riboflavina e niacina, minerais como cálcio, ferro, fósforo e potássio, além dos carotenoides luteína, β-caroteno e violaxantina (PEREIRA, 1988; CARVALHO, 2007; KEWSCIENCE, 2018). Sua composição nutricional está apresentada na Tabela 1 (USP, 2017).

Tabela 1 - Valor nutricional da ervilha em grão crua.

Valor Nutricional (porção 100g)			
Componente	Porção	Componente	Porção
Energia	86 Kcal	Potássio	292 mg
Umidade	74,48 g	Zinco	1,49 mg
Proteína	7,69 g	Vitamina B6	0,21 mg
Cinzas	0,69 g	Riboflavina	0,16 mg
Fibra Alimentar	6,82 g	Tiamina	0,32 mg
Cálcio	29,9 mg	Niacina	2,5 mg
Ferro	1,76 mg	Vitamina C	47,9 mg

Fonte: USP- Tabela Brasileira de Composição de Alimentos, 2017.

O cultivo é feito no mês de julho, na região Sul, devido às baixas temperaturas, e no mês de abril, na região dos cerrados, logo após o término das chuvas. As sementes são colocadas em sulcos de 5 cm de profundidade, com um espaçamento entre as plantas que pode variar, de acordo com o porte da variedade escolhida. Para a semeadura mecanizada, o espaçamento mínimo deve ser de 20 x 5 cm (RURAL NEWS, 2015; CEAGESP, 2018).

O plantio da ervilha normalmente ocorre em regiões de clima temperado, no Brasil se adaptou a região sul, posteriormente às condições de cerrado. A germinação ocorre em temperaturas que vão desde 5 até 25 ºC, com melhores resultados na faixa de 13 a 18 ºC. As ervilhas não suportam geadas devendo, desta forma, serem evitadas regiões mais sujeitas a este evento (GIORDANO, 1997; RURAL NEWS, 2015).

As vagens são geralmente de 8 a 10 cm de comprimento, uniformes e brilhantes. Eles contêm um número indeterminado de sementes (7-9) que são os frutos comestíveis; os grãos são tenros se forem colhidos antes de atingirem a maturidade, com um sabor doce quando são consumidos crus (KEWSCIENCE, 2018).

Foi classificado como o 79° produto mais comercializado na Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo - CEAGESP em 2017, sua sazonalidade é de maio a outubro (CEAGESP, 2018).

Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Agricultura e Alimentação – FAO, os maiores produtores mundiais de ervilha são China com 60% da produção mundial e Índia com 26%. Na América do Sul, os maiores produtores são Peru, Argentina e Chile. Os números do Brasil são bem menores com uma produção em torno de 3 mil toneladas no ano de 2017 (FAO, 2018; IBGE, 2017).

Informações sobre a produção mundial e brasileira de ervilhas estão descritas nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 - Principais produtores de ervilha mundial (toneladas)

País/Ano	2011	2013	2015	2017
China	10.3 milhões	10.6 milhões	11.8 milhões	12.6 milhões
Índia	3.5 milhões	4 milhões	4.6 milhões	5.3 milhões
Peru	100 mil	130 mil	133 mil	131 mil
Chile	18 mil	18 mil	10 mil	15 mil
Argentina	27 mil	27 mil	28 mil	28 mil
Mundial	16.9 milhões	17.4 milhões	19.4 milhões	20.7 milhões

Fonte: FAO, 2018.

Tabela 3 - Principais produtores de ervilha no Brasil (toneladas)

Estado/Ano	2011	2013	2015	2017
Minas Gerais	61	710	765	2.1 mil
São Paulo	13	13	12	11
Paraná	84	166	156	160
Rio Grande do Sul	2.9 mil	2.1 mil	428	299
Goiás	840	-	1.2	-
Brasil	3.9 mil	3 mil	2.5 mil	2.7 mil

Fonte: IBGE, 2018.

2.2 Vegetais Minimamente Processados

A produção mundial de frutas e hortaliças minimamente processadas tem crescido de maneira sustentável em diversas partes do mundo. Enquanto traz conveniência e variedade para os mercados institucionais e o varejo, a natureza típica desses produtos requer precisão no manuseio de tal forma a assegurar qualidade e vida de prateleira máximas, sem, no entanto, perder-se de vista a manutenção das condições sanitárias (MORETTI, 2007).

Em 2004, durante o seminário de “Minimamente Processados: Qualidade e Segurança Alimentar”, realizado no Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), em Campinas, houve a formação do Grupo de Estudo de Hortaliças Minimamente Processadas da Câmara Setorial de Hortaliças, Cebola e Alho do Estado de São Paulo (SAA), do qual dentre os representantes estão profissionais de empresas de minimamente processados, pesquisadores do

Instituto de Economia Agrícola (IEA), técnicos do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA), Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e outros institutos de pesquisa, em primeira ação definiram o que são as hortaliças minimamente processadas. Definiu-se como: *"Produtos de origem vegetal higienizados e embalados, que foram submetidos a processos técnicos, preservando suas características organolépticas naturais, tornando-os prontos para o consumo in natura ou preparo culinário"* (SILVA, 2008).

Segundo Silva (2008), o produto minimamente processado deve obedecer às normas de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) e Boas Práticas de Fabricação (BPF) produzindo um produto seguro para o consumidor.

As operações do processamento mínimo, entretanto, causam danos mecânicos aos tecidos dos produtos, o que geralmente acelera a senescência e a deterioração, levando à descoloração e a perda do valor nutricional. Assim, geralmente os produtos minimamente processados possuem menor vida útil se comparado ao produto inteiro (KLUGE et al., 2014).

Os alimentos minimamente processados são lavados em solução clorada e acondicionados em embalagens permeáveis e armazenados sob refrigeração até o uso. Como estes alimentos são frequentemente consumidos como componentes de saladas, um risco de saúde pública pode estar associado a eles. Uma vez que a sanitização por meios químicos, como por exemplo, o tratamento com hipoclorito, não é muito confiável, assim como um empacotamento sob atmosfera modificada, que embora inibam a flora aeróbia contaminante podem promover o crescimento de patógenos anaeróbios, há a necessidade de um procedimento que possa reduzir a incidência de microrganismos patogênicos associados aos alimentos frescos, sem alterar a sua característica de minimamente processados. A radiação ionizante oferece um meio físico de pasteurização sem alterar o estado fresco destes produtos (FARKAS et al., 1997; MARTINS et al., 2004).

Um dos problemas a ser levado em consideração é a variedade de microrganismos que estão presentes em vegetais e frutas *in natura*. Essa microbiota encontra-se principalmente na região superficial, embora os tecidos internos possam eventualmente apresentar formas microbianas viáveis,

dependendo dos cuidados durante os diversos procedimentos de obtenção e processamento. Durante esses períodos, os produtos estarão sujeitos a injúrias e exposição à contaminação por diversos microrganismos provenientes da manipulação inadequada e do contato com equipamentos, superfícies e utensílios, além das condições ambientais de temperatura, umidade e ventilação, que poderão favorecer a sua proliferação (CESTARI JUNIOR, 2005).

Os problemas de contaminação podem aumentar nos casos de processamento mínimo do vegetal em razão das falhas nas BPF que podem levar à contaminação de produtos prontos para o consumo, por microrganismos patogênicos e/ou parasitas. A produção de frutas e vegetais minimamente processados teve início nos Estados Unidos, há 30 anos, visando o serviço de bufê e as indústrias de refeições rápidas (*fast-food*). No entanto, mudanças no comportamento dos consumidores levaram a uma expansão desse mercado e, segundo SKURA e POWRIE (1995), o valor gasto pelos americanos nas lojas de alimentos para a aquisição desses itens chegou a 50 % do valor total da compra em 1995.

Na década de 70, o processamento mínimo de frutas e hortaliças foi introduzido no Brasil por algumas empresas motivadas pelas tendências de mercado americano e a chegada de redes de “fast food” (MORETTI, 2007).

De acordo com FERREIRA (2000), o mercado de alimentos prontos tem apresentado uma expansão considerável no Brasil e, em 2000, apenas oito empresas disputavam um mercado de R$ 100 milhões por ano. Nos Estados Unidos, esse mercado movimentou, nessa mesma época, US$ 10 bilhões por ano, 11 % de todo o mercado de frutas, legumes e verduras. Segundo CESTARI JUNIOR (2005), existe aproximadamente 30 empresas atuando no segmento de vegetais e frutas minimamente processadas. Isso corrobora com a estimativa de FERREIRA (2000) que indicava que o potencial de crescimento desse mercado no Brasil seria de cem vezes na primeira década do século XXI.

Os alimentos beneficiados com o processamento mínimo podem favorecer a sobrevivência e contaminação dos microrganismos por constituírem ótimo meio de cultura devido à presença de tecidos lesados e de alto teor de umidade, aumentando a disponibilidade de substrato para metabolização e seu potencial de deterioração (CESTARI JUNIOR, 2005).

2.3 Processos de Conservação

A sanitização nem sempre é o processo mais adequado para garantir a inocuidade dos alimentos minimamente processados, pois como é bastante conhecido, todos os produtos químicos utilizados para a desinfecção desses alimentos são diluídos em água antes de sua aplicação, e necessitam de contato direto com os microrganismos para serem eficientes. A irregularidade da superfície, combinada com a presença de zonas hidrofóbicas na cutícula cerosa de várias frutas e vegetais, limitam o contato do produto químico com a microbiota e diminuem a eficiência do tratamento. Além disso, as bactérias raramente estão presentes como células isoladas, sendo mais frequente a presença de pequenas colônias ou biofilmes que possuem alta tensão superficial, limitando o contato com o sanitizante. Alguns microrganismos na forma de esporos ou oocistos apresentam resistência, e as concentrações de sanitizantes usadas normalmente reduzem apenas um ou dois ciclos logarítmicos da população (HARRIS et al., 2003; PARRISH et al., 2003; GOULARTE et al., 2004; MARTINS et al., 2004; RODGERS et al., 2004). Em adição, produtos a base de cloro, podem resultar na formação de produtos secundários, tais como os trihalometanos e as cloraminas que são os mais tóxicos aos seres humanos, corrosivos para os equipamentos e têm ação reduzida na presença de material orgânico ou altas temperaturas (RODGERS et al., 2004; ARAÚJO et al., 2015).

RODGERS et al. (2004), obtiveram resultados que demonstraram que o ozônio (O_3), quando utilizado na desinfecção de vegetais e frutas, é eficiente na redução da microbiota, pois não produz resíduos tóxicos, reduz a quantidade de resíduos de agrotóxicos e é fácil de ser obtido em solução aquosa. Um dos fatores limitantes é o alto custo de implantação e manutenção do equipamento de geração do ozônio, a instalação de um sistema de ventilação adequado para minimizar os riscos aos operadores e equipamentos e a ausência de efeito residual, que limita a eficiência nos produtos armazenados por períodos mais longos.

A presença de patógenos microbiológicos nos alimentos é um sério problema global, mesmo em países muito desenvolvidos, como os Estados Unidos, os alimentos contaminados com patógenos humanos têm causado impactos na saúde e na economia. Segundo dados do Centro de Controle de Doenças (*Control*

Disease Center (CDC) (CDC, 2004) a cada ano ocorrem 76 milhões de infecções, 325 mil hospitalizações, e aproximadamente 5 mil mortes causadas por patógenos alimentares (SMITH; PILLAI, 2004). Os especialistas do CDC estimam que a irradiação de metade de todos os alimentos com base de carne bovina, suína e de aves, e até mesmo os processados poderiam reduzir em 1 milhão os casos de infecções alimentares, prevenir 6 mil sérias doenças e 350 mortes por ano (TAUXE, 2001).

A eficácia da ação bactericida e fungicida de uma determinada dose de radiação depende dos seguintes fatores: tipo e espécie de microrganismos; número de microrganismos (ou esporos) existentes inicialmente e composição do alimento. Tanto a quantidade de umidade quanto a temperatura do alimento exercem uma influência diferente nos microrganismos. Os fatores próprios dos microrganismos são a idade, a temperatura de crescimento e a da esporulação, e o estado (células vegetativas ou esporuladas) podem influir no nível de sensibilidade dos microrganismos (MURANO, 1995).

Frente ao exposto, torna-se cada vez mais necessário o desenvolvimento de novas técnicas de processos de higienização, que apresentem melhor custo benefício, maior eficiência e combinação de resultados (redução ou eliminação dos perigos biológicos, eliminação da infestação por insetos e retardamento da maturação/senescência). Em razão disto o processo de irradiação apresenta-se como uma alternativa para garantir o controle da infestação e contaminação das hortaliças.

2.4 Irradiação de Alimentos

Nesta época de grandes transformações, a aplicação da radiação ionizante, com o propósito de preservar e desinfestar alimentos e ervas medicinais, surge como uma prática promissora, utilizada para a redução de microrganismos patogênicos, estendendo a vida útil e reduzindo as perdas das safras, durante a armazenagem do produto. O uso da radiação tem sido objeto de várias pesquisas em muitos países, como no Brasil (WIENDL, 1975; AGUILERA; STANLEY, 1985; MANCINI-FILHO, 1990; CUNHA, 1992; BOGNÁR et al., 1993; ARTHUR, 1997; VILLAVICENCIO et al., 1997; DEL MASTRO, 1999; PEREDA et al., 2005; SABATO et al., 2008; SABATO et al., 2009; SOUZA; NOGUEIRA; ARTHUR, 2012;

HARDER; ARTHUR, 2012; PEREIRA, 2014; PERINA et al., 2014; FERNANDES et al., 2014; SIMON; VIEITES 2014; DEL MASTRO, 2015; OLIVEIRA, 2015). Os alimentos irradiados são comercializados por mais de 20 países em caráter regular, junto com seus similares não irradiados e têm tido, de modo geral, boa aceitação (URIOSTE, CROCI; CURZIO, 1990; DERR; ENGEL, 1993; LOAHARANU, 1994; O'CONNOR-SHAW et al., 1994; ADA, 1996; CALUCCI et al., 2003; FARKAS, 2007; KUME et al., 2009; FARKAS; MOHACSI-FARKAS, 2011; WEI et al., 2014; JUNG et al., 2014; ROBERTS, 2014; DEL MASTRO, 2015).

A irradiação de frutas já é utilizada por países que concorrem com o Brasil no mercado internacional, como Tailândia e Índia e pode ganhar impulso por causa das restrições que estão sendo impostas a tratamentos quarentenários mais comuns, como a fumigação por brometo de metila ou por óxido de etileno. A irradiação pouco altera as características químicas e sensoriais dos alimentos quando respeitada a dose máxima estabelecida para cada produto (ARTHUR, 1997).

Para DEL MASTRO (2015), a radiação ionizante como tratamento para gerar a segurança microbiológica e a conservação é uma das tecnologias do século XX mais estudada. O tratamento pelo uso da radiação, como todo e qualquer processamento de alimentos, apresenta uma faixa limitada de aplicação. Inúmeros estudos atestam que esse tratamento de produtos alimentícios, nas condições determinadas para o objetivo proposto, pode ser uma ferramenta poderosa contra perdas de alimentos, bem como se constitui no melhor processo disponível para controlar doenças transmitidas por alimentos. Em adição, as pesquisas revelam que certos produtos podem ser beneficiados por algumas ações específicas da interação deste processo físico com os componentes dos alimentos. O desconhecimento do grande público em relação ao processo em si e as alterações que podem ocorrer nos produtos assim processados são hoje o fator limitante para sua aplicação em grande escala. As autoridades da área da saúde são os componentes da sociedade com maior credibilidade. Assim, devem ser desenvolvidas maiores oportunidades de intercâmbio de informações entre aquelas e o meio acadêmico que pode esclarecer as dúvidas e propiciar o esclarecimento das vantagens e limitações do processo quando aplicado em produtos alimentícios.

O processo de irradiação é utilizado como um método de preservação dos alimentos, tanto *in natura*, como os processados industrialmente. Para combater as perdas, o processo de irradiação é a alternativa mais atrativa e saudável comparando-se aos tratamentos químicos, proibidos atualmente, por possuírem danos toxicológicos. O uso de baixas doses para desinfestação de insetos pode eliminar o uso de tratamentos químicos (KILCAST, 1994), sendo uma alternativa saudável frente ao uso de brometo de metila.

O processo de irradiação não aumenta o nível de radioatividade normal dos alimentos, o que faz com que as radiações ionizantes possam ser utilizadas, visto que, em geral, a energia é inferior ao limiar das reações nucleares que poderiam induzir radioatividade no material irradiado (PIMENTEL; SPOTO; WALDER, 2007). A irradiação pode impedir a divisão de células vivas, tais como bactérias e células de organismos superiores, ao alterar suas estruturas moleculares e produzir reações bioquímicas nos processos fisiológicos (COUTO; SANTIAGO, 2010).

A radiação gama, mais utilizada comercialmente para a irradiação de alimentos, é proveniente da emissão pelo Cobalto 60 (^{60}Co). É importante salientar que tanto a radiação gama proveniente do ^{60}Co quanto a de feixes de elétrons dos aceleradores não deixam resíduos radioativos (IAEA, 1992; MUÑOZ, 1994; DIEHL, 1995; SINGH, 1995). São processos a frio que podem ser aplicados no produto já embalado (PIMENTEL; SPOTO; WALDER, 2007).

É um processo de exposição do alimento a fontes controladas de radiação ionizante com o propósito de reduzir a carga microbiana, destruir os patógenos, estender a vida e/ou desinfestar o produto. A irradiação recebeu a aprovação do Food and Drug Administration (FDA) para o uso em diversas categorias de alimentos e tem provado ser uma eficiente medida para a segurança alimentar após mais de 50 anos de pesquisa (SMITH; PILLAI, 2004). Os raios gama e raios X têm maior capacidade de penetração no alimento do que quando comparados aos feixes de elétrons (GAO, 2000).

A conservação de alimentos pela irradiação é recomendada por instituições nacionais e internacionais, dentre elas, o Ministério da Agricultura (MA), a Divisão de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde (ANVISA), a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), o Instituto Nacional de Controle de Qualidade

em Saúde (INCQ), a Comissão do Codex Alimentarius, a Organização Mundial da Saúde (OMS) e por outras duas organizações das Nações Unidas: Organização para a Agricultura e a Alimentação (FAO) e a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA). No Brasil, a legislação vigente desde 2001, revoga as portarias anteriores e limita o uso das doses de radiações ao limite imposto pela análise sensorial.

A irradiação por si só, controla os insetos e doenças no armazenamento quando aplicada em doses mais elevadas que as toleradas pelo fruto (CHITARRA, CHITARRA, 2005). A irradiação quando associada ao uso de refrigeração não só irá fornecer um alimento livre de microrganismo como também proporcionar um alimento mais fresco. (ALOTHMAN, BHAT, KARIM, 2009).

Outro fator que favorece a irradiação é a aceitação do produto irradiado em diversos países do primeiro mundo. Para poder ampliar cada vez mais o mercado externo deve-se buscar medidas que aumente a segurança e a vida útil dos alimentos (FAO, IAEA, 1999).

Numerosos estudos nacionais e internacionais indicam que a irradiação em alimentos é uma tecnologia segura. Contudo, a perda de nutrientes e a formação de radicais livres e produtos radiolíticos durante a irradiação, podem provocar alterações nas qualidades organolépticas dos alimentos, sendo, portanto, assuntos ainda muito debatidos nas literaturas científicas (CALUCCI et al., 2003; CHITARRA, CHITARRA, 2005).

As alterações nas propriedades sensoriais dos alimentos são resultantes principalmente de reações químicas dos componentes dos alimentos. Os radicais livres podem se formar não somente durante o processo de irradiação, mas também mediante vários outros tratamentos convencionais de alimentos, tais como a liofilização, torrefação, fervura, os processos normais de oxidação, entre outros (SATIN, 1993; DIEHL, 1995; SINGH, 1995). A radiação ionizante é conhecida por gerar radicais hidróxidos em sistemas aquosos ou em emulsões oleosas. Os radicais hidróxidos são os mais reativos dentre as espécies oxigenadas. Eles podem iniciar oxidações por abstrair um átomo de hidrogênio de uma cadeia acil de um ácido poliinsaturado lipídico e formar um radical lipídico. Na presença de oxigênio, esse radical rapidamente reage com ele para formar um radical peróxido que em ciclo pode extrair um átomo de hidrogênio de outra cadeia acil lipídica,

formando um novo radical livre podendo perpetuar um ciclo de reações e um hidroxiperóxido lipídico que pode ser degradado em vários compostos voláteis depois de uma série de reações secundárias (LEE; AHN, 2003).

Pela Resolução da ANVISA, RDC nº 21 de 26 de janeiro de 2001, os alimentos irradiados, quando utilizados comercialmente, devem ser acompanhados da inscrição “alimento tratado por processo de irradiação” (BRASIL, 2001). Porém segundo KADER (1986) há uma certa rejeição por parte das indústrias em utilizar o logotipo de “alimento irradiado”.

Segundo PEREDA et al. (2005), existem grupos populacionais que se opõem ao emprego das radiações ionizantes em se tratando de alimentos. Esse é um problema cuja solução requer mais informações e ser realizado de maneira adequada, onde permita ao consumidor conhecer as vantagens e desvantagens desta forma de processar alimentos.

2.4.1 Dose

Segundo DIEHL (1995), nas doses de até 1 kGy, as perdas nutricionais são consideradas insignificantes e nenhuma das alterações conhecidas encontradas nos alimentos irradiados é nociva ou perigosa, estando dentro dos limites encontrados normalmente para alimentos (SATIN, 1993). Os alimentos em geral, contêm alguns componentes chaves que, embora presentes em concentrações muito baixas, regulam o sabor, seu aspecto e o seu valor nutritivo. Esses componentes são muito sensíveis à radiação e, se a dose de radiação for alta, pode causar transformações prejudiciais no sabor, no odor e na cor desses alimentos (SINGH, 1995).

Para PIMENTEL, SPOTO, WALDER (2007), a irradiação com doses baixas inibe o brotamento com alta eficiência, para cebola, alho, batata e inhame. Logo após a colheita doses entre 20 a 75 Gy e após este período doses entre 100 a 200 Gy.

A exposição mínima de radiação necessária para obtenção de um efeito positivo contra patógenos ou insetos nos produtos hortícolas varia entre 80 e 1000 Gy. Doses excessivas de radiação podem causar modificações na textura, mudanças indesejáveis no sabor, formação de lesões ou descoloração dos tecidos (CHITARRA, CHITARRA, 2005).

A seguir encontra-se a Tabela 4 a qual foi descrita por FELLOWS (2006), para aplicação da radiação ionizante.

Tabela 4 - Aplicação da radiação em alimentos.

Aplicação	Faixa de dose (kGy)	Exemplos de alimentos
Inibição do brotamento	01 a 0,2	Batata, alho e cebola
Desinfestação	0,1 a 2	Frutas, grãos, farinha, cacau, alimentos desidratados
Inativação/ Controle de parasitas	0,1 a 6	Carne suína
Aumento da vida de prateleira	2 a 5	Frutas, peixes e carne a 0-4ºC
Controle de fungos	2 a 5	Estocagem prolongada de frutas secas
Destruição de patógenos	2,5 a 10	Condimentos, carne, frango e camarões congelados
Esterilização de materiais de embalagem	10 a 25	Rolhas de vinho
Esterilização	7 a 10 até 50	Ervas e condimentos. Estocagem a longo prazo de carne a temperatura ambiente

Fonte: FELLOWS, 2006.

Para aumentar a vida de prateleira por meio da redução geral das células vegetativas, são utilizadas doses relativamente baixas, as quais já são capazes de ocasionar destruição de leveduras, fungos e bactérias não-esporulantes (FELLOWS, 2006).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3. 1 Amostras

As ervilhas em grãos *in natura* utilizadas no experimento foram da espécie de leguminosa *Pisum sativum* L., que foram adquiridas no Mercado Municipal da cidade de São Paulo, em sacos de nove quilos em vagens, Figura 1. Para o experimento adotou-se a metodologia apresentada na Figura 2.

Figura 1 - Recebimento das ervilhas.
Fonte: Acervo da autora.

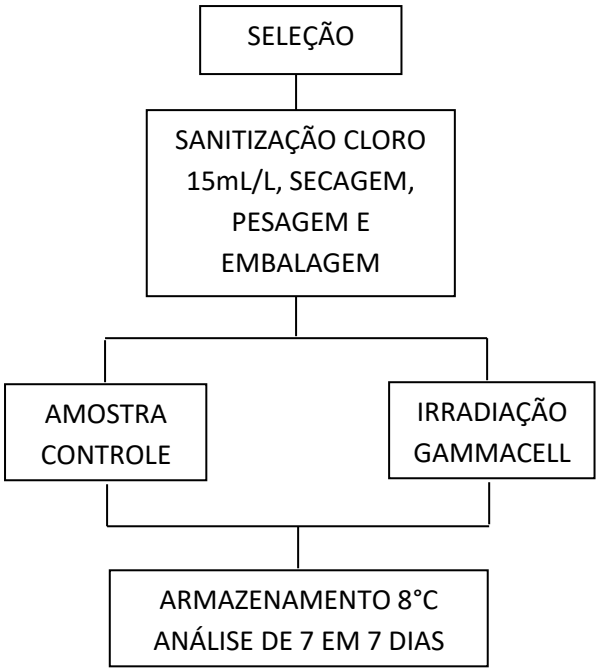

Figura 2 - Fluxograma preparo das amostras.
Fonte: Acervo da autora.

De acordo com a Figura 2, os grãos de ervilha foram selecionados, sanitizados em cloro (15 mL/L) durante 5 minutos, enxaguados em água corrente, secos em papel absorvente, pesados (50 gramas por embalagem) e embalados (bandeja isopor e filme plástico). As amostras de controle foram separadas e as demais foram para irradiação. Após o processo de irradiação, todas as embalagens foram armazenadas em geladeira a 8 ºC, e analisadas nos dias: 1, 7, 14 e 21.

3.2 Irradiação

As amostras foram separadas em 4 grupos (n = 4 amostras/ grupo) de acordo com as dosagens de radiação gama: controle (sem irradiação), R1: dose 150 Gy, R2: dose 300 Gy e R3: dose 450 Gy. As ervilhas foram irradiadas em fonte de Cobalto 60, no irradiador de pequeno porte tipo Gammacell. As irradiações foram realizadas no Centro de Tecnologia das Radiações (CTR) do IPEN-CNEN/São Paulo, sob uma taxa de dose de 0,662 kGy/ hora e no Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA/USP) Piracicaba – SP, sob uma taxa de dose de 0,149 kGy/ hora.

Cada amostra era composta por 50 gramas de grãos de ervilhas com 3 dias após a colheita. As amostras foram embaladas em bandejas de isopor medindo 11x11 cm e cobertas com filme de PVC transparente e após a irradiação armazenadas em geladeira a temperatura de 8 ºC.

3.3 Análises

As amostras de ervilhas *in natura* foram avaliadas através de análises físicas (aspecto visual, perda de massa fresca, colocação da casca e textura) e físico-químicas (sólidos solúveis, acidez total titulável, pH, umidade e cinzas) nos períodos de: 1, 7, 14 e 21 dias após irradiação, juntamente ao grupo controle. A realização de cada uma das análises foi efetuada em triplicata, exceto para coloração que foram realizadas em 4 análises e textura foram feitas em 10 análises.

As análises físico-químicas, físicas (exceto textura) e estatística foram realizados no Laboratório de Radiobiologia e Ambiente CENA- USP/ Piracicaba e a análise de textura foi realizada no Laboratório de Irradiação de Alimentos, do Centro de Tecnologia das Radiações, IPEN/ SP.

Sequência das análises esta esquematizada na Figura 3.

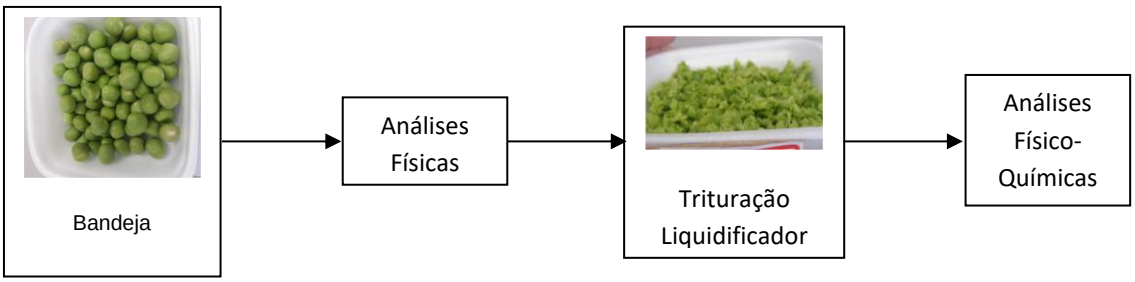

Figura 3 - Fluxograma sequência das análises.
Fonte: Acervo da autora.

3.3.1 Análise Física

3.3.1.1 Aspecto visual

O aspecto visual da ervilha foi avaliado, por meio de uma escala subjetiva de valores, adaptada de NEVES; MANZIONE; VIEITES (2002) , com base no avanço da senescência, bem como na ocorrência de injúrias, sementes germinadas e podridões que podem comprometer a qualidade comercial do produto, sendo 0,4 - ótimo; 0,3 - bom; 0,2 - regular; 0,1 - ruim.

Para fins ilustrativos a Figura 4 demonstra imagens dos grãos para determinação da escala utilizada no estudo.

	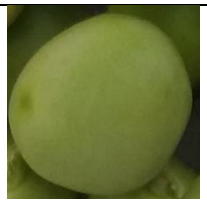		
Grão intacto	Grão com perda da coloração	Grão amarelado, perda de textura	Podridões, injurias ou germinação

Figura 4 - Escala de valores para determinação da qualidade comercial do produto.
Fonte: Acervo da autora.

3.3.1.2 Perda de massa fresca

A perda de massa fresca foi obtida pela pesagem direta das ervilhas em balança da marca Marte, modelo AS2000C (Figura 5), com resultados expressos em porcentagem (NEVES; MANZIONE; VIEITES, 2002). Determinou-se a perda de massa fresca pela relação entre o peso inicial das ervilhas e o peso no momento da amostragem, expressa em porcentagem, segundo equação 1.

$$\% \text{ perda massa fresca} = \frac{\text{peso massa final}}{\text{peso massa inicial}} \times 100 \qquad \text{(Equação 1)}$$

Figura 5 - Balança utilizada para as medições.
Fonte: Acervo da autora.

3.3.1.3 Coloração da casca

A coloração da casca foi determinada por meio de colorímetro Choma Meter CR- 400, marca Konica Minolta, demonstrado Figura 6. O aparelho foi calibrado com iluminante D65 (6900ºK), abertura de 10º, equivalente à luz do dia, modo de leitura transmissão regular, usando-se placa de referência branca (C6299 Hunter Color Standard). A medição realizada diretamente sobre as ervilhas, considerando 4 leituras, em diferentes posições, por bandeja. Os resultados foram expressos em valores de L (luminosidade), que varia do negro (0) ao branco (100), a* (-a: verde; +a: vermelho) e b* (-b: azul; +b: amarelo). (NEVES; MANZIONE; VIEITES, 2002).

Para determinação do Cromaticidade (saturação, C) e Hue-Angle (tonalidade, H), foram utilizadas as equações 2 e 3:

$$C = \sqrt{(a^{*2}) + (b^{*2})} \qquad \text{(Equação 2)}$$

$$H = \text{arctg}\ (b^{*} / a^{*}) \qquad \text{(Equação 3)}$$

Figura 6 - Análise de coloração da casca.
Fonte: Acervo da autora.

3.3.1.4 Textura

Para este ensaio foi utilizado texturômetro da marca Stable Micro Systems, modelo TA-TX2i, com *probe* cilíndrico de 2 mm que determinou a resistência da ervilha em relação à força aplicada pelo aparelho.

O ensaio consiste em fixar um suporte na base do equipamento, posicionando a ervilha no centro desta base, o equipamento é acionado via software onde o *probe* se movimenta em direção a base, com velocidade de 1,0 mm/s até 10 mm após a tensão de ruptura. A unidade para medida de força foi Newton (N). Foram realizadas 10 medidas para cada bandeja (SANTILLO, 2011).

A Figura 7 abaixo demonstra o ensaio.

Figura 7 - Análise de textura da ervilha, *probe* 2 mm.
Fonte: Acervo da autora.

3.3.2 Análise Físico-Químicas

Para as análises físico-químicas houve o processamento das ervilhas em liquidificador da marca Philips.

3.3.2.1 pH

Para análise do pH foi utilizado o pHmetro Marconi, modelo MA-522, Figura 8, sendo calibrado com as soluções padrão de pH ácido e básico e testado com solução tampão a cada dia de análise, seguindo metodologia da AOAC - Association of Official Agricultural Chemists (2016).

Pesados 5 g dos grãos de ervilha triturados, foram diluídos em 50 ml de água destilada e realizada a leitura no pHmetro.

Figura 8 - Análise de pH.
Fonte: Acervo da autora.

3.3.2.2 Sólidos Solúveis Totais (SST)

Os sólidos solúveis foram avaliados pela leitura direta em refratômetro, marca Rudolph Research, modelo J57, demonstrado na Figura 9. O teor de sólidos solúveis (SST) foi determinado conforme metodologia estabelecida pela AOAC (2016), sendo os resultados expressos em graus Brix (que corresponde à porcentagem em peso de sólidos solúveis presentes na amostra).

As medidas foram realizadas pingando 3 gotas da ervilha triturada diretamente no prisma do equipamento refratômetro.

Figura 9 - Análise dos sólidos solúveis.
Fonte: Acervo da autora.

3.3.2.3 Acidez total titulável (ATT)

O conteúdo de acidez total titulável, foi determinado pela titulação de 5 g de ervilha triturada, homogeneizada e diluída para 50 mL de água destilada, utilizando na bureta a solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N, determinando assim o volume em mililitros de NaOH requeridos para titular a mistura até o registro do pH de 8,1 (AOAC, 2016). Ensaio demonstrado na Figura 10.

O conteúdo de acidez total titulável foi expresso em porcentagem de ácido através da seguinte equação 4:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V \times N \times f_a \times 100}{P} \qquad \text{(Equação 4)}$$

Em que:

V = volume gasto em mL da solução de NaOH na titulação;

N = normalidade NaOH (0,1 N);

f_a = fator de correção do ácido predominante na amostra (cítrico = 0,064);

P = peso da amostra, em gramas.

Figura 10 - Análise da acidez total titulável.
Fonte: Acervo da autora.

3.3.2.4 Razão entre sólidos solúveis totais e acidez total titulável

Foi obtida por meio da fórmula SST/ATT (NEVES; MANZIONE; VIEITES, 2002). A razão foi calculada pela relação entre o teor de sólidos solúveis e a acidez total titulável (SST/ATT).

3.3.2.5 Determinação da umidade

Seguindo o protocolo das Normas Analíticas do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2008), o teor de umidade foi determinado por secagem da amostra em estufa marca Tecnal, modelo TE-393/2 a 105 ºC (Figura 11).

Em estufa a 105 ºC foram colocados os cadinhos de porcelana por uma hora e dessecador por cinco minutos para esfriar, em seguida em balança analítica foram pesados e após o registro de seu peso, foram pesados 1 g de amostra. Transferiu-se o cadinho para estufa previamente aquecida em 105 ºC por três horas, retirado e realizada a pesagem, retorno a estufa por 30 minutos e realizada a pesagem, este procedimento foi realizado até peso constante.

O valor de umidade foi determinado através da equação 5:

$$\% \text{ Umidade} = \frac{\text{massa amostra úmida} - \text{massa amostra seca}}{\text{massa amostra úmida}} \times 100 \qquad \text{(Equação 5)}$$

Figura 11 - Estufa utilizada no experimento de umidade e cinzas.
Fonte: Acervo da autora.

3.3.2.6 Determinação de cinzas

A fração de cinzas foi determinada baseada na perda de massa das amostras submetidas a aquecimento a 550 °C, em mufla marca FDG Equipamentos, modelo FDG 3P-S, (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 2008).

Cadinhos de porcelana foram colocados em estufa a 105 ºC, após resfriamento em dessecador por 5 minutos realizou-se a pesagem do cadinho, em mesma balança analítica foram pesados 1 g de ervilha triturada, os cadinhos foram para mufla a 550 ºC por 4 horas. Após resfriamento em dessecador foi realizada uma nova pesagem. Na Figura 12, estão demonstrados a mufla e imagem do ensaio realizado.

A fração de cinzas foi determinado através da seguinte equação 6:

$$\% \text{ Cinzas} = \frac{\text{massa cinzas pós mufla}}{\text{massa da amostra}} \times 100 \qquad \text{(Equação 6)}$$

Figura 12 - Mufla utilizada para análise de cinzas.
Fonte: Acervo da autora.

3.3.3 Análise Estatística

A análise estatística foi realizada utilizando o *software* SAS (Statistical Analytical System; SAS Institute, N. C., USA, versão 9.2), (SAS, 1996). As médias dos quatro tratamentos foram avaliadas pelo teste de Tukey e o nível de significância adotado foi de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Aspecto Visual

Tabela 5 descreve os valores médios do aspecto visual e sua evolução pós radiação com relação ao tempo de armazenamento sobre refrigeração.

Tabela 5 - Valores médios da evolução do aspecto visual, através de uma escala subjetiva de valores em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC.

Aspecto Visual				
Doses	**1 dia**	**7 dias**	**14 dias**	**21 dias**
controle	0,40±0^{a}	0,30±0^{a}	0,23±0,1^{a}	0,20±0^{ab}
150 Gy	0,40±0^{a}	0,30±0^{a}	0,23±0,1^{a}	0,30±0^{a}
300 Gy	0,40±0^{a}	0,27±0,1^{a}	0,23±0,1^{a}	0,17±0,1^{b}
450 Gy	0,40±0^{a}	0,33±0,1^{a}	0,30±0,1^{a}	0,23±0,1^{ab}

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, denotam diferenças significativas entre as doses de tratamento com radiação gama e controle (teste de Tukey $p < 0,05$; $n_{análises}=3$).

Pelos resultados obtidos, verificou-se que, não houve diferença significativa entre as doses de radiação gama e o grupo controle, independentemente do período de avaliação (Tabela 5). Porém, observa-se que no tratamento com 300 Gy, houve uma tendência a reduzir a qualidade visual conforme a monitoração dos dias. Tais dados, diferem aos de FABBRI (2009), que ao analisar o aspecto visual de tomates *in natura* irradiados obteve os melhores resultados com dose de 250 Gy em 15 dias de armazenamento.

No tratamento de 300 Gy os grãos apresentaram um aumento em sua germinação durante o período experimental, há a possibilidade desta dose de radiação ter estimulado a germinação das ervilhas *in natura*. Para melhor elucidar esses resultados, foram construídos quadros demonstrando a evolução do aspecto visual (Figuras 13, 14, 15, 16 e 17).

Controle	
150 Gy	
300 Gy	
450 Gy	

Figura 13 - Fotos das amostras de ervilhas antes da irradiação.
Fonte: Acervo da autora.

Controle	
150 Gy	
300 Gy	
450 Gy	

Figura 14 - Fotos das amostras de ervilhas pós irradiação (1º dia).
Fonte: Acervo da autora.

Controle	
150 Gy	
300 Gy	
450 Gy	

Fonte: Acervo da autora.

Figura 16 - Fotos das amostras de ervilhas pós irradiação (14º dia).

Controle	
150 Gy	
300 Gy	
450 Gy	

Figura 15 - Fotos das amostras de ervilhas pós irradiação (7º dia).
Fonte: Acervo da autora.

Controle	
150 Gy	
300 Gy	
450 Gy	

Figura 17 - Fotos das amostras de ervilhas pós irradiação (21º dia).
Fonte: Acervo da autora.

4.2 Perda de Massa Fresca

Tabela 6 representa os valores médios de perda de massa fresca em porcentagem e sua evolução pós radiação com relação ao tempo de armazenamento sobre refrigeração.

Tabela 6 - Valores médios da evolução da perda de massa fresca (%), em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC.

	Perda de massa fresca			
Doses	**1 dia**	**7 dias**	**14 dias**	**21 dias**
Controle	0,97±0,22[a]	5,07±1,59[a]	10,17±3,42[a]	14,91±4,76[a]
150 Gy	1,22±0,36[a]	3,88±0,56[a]	9,50±3,65[a]	13,47±1,40[a]
300 Gy	1,12±0,30[a]	3,40±0,70[a]	9,63±3,36[a]	13,06±1,46[a]
450 Gy	1,20±0,33[a]	4,42±0,55[a]	7,27±2,53[a]	11,88±2,74[a]

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, denotam diferenças significativas entre as doses de tratamento com radiação gama e controle (teste de Tukey $p < 0,05$; $n_{análises}=3$).

Pelos resultados obtidos com a análise de perda de massa fresca verificou-se que não houve diferença significativa dos grupos tratados com radiação gama e o grupo controle (Tabela 6), sendo que nos grãos irradiados a perda de massa fresca diminuiu proporcionalmente com aumento da dose de radiação gama. Os resultados de menor perda de massa foram obtidos para as ervilhas irradiadas com 450 Gy nos dias 14 e 21 de análise, estes dados são concordantes com NEVES, MANZIONE, VIEITES (2002), que obtiveram a menor perda de massa fresca em nectarinas com 400 Gy e maiores perdas com controle e doses superiores 800 Gy.

Segundo CHITARRA, CHITARRA (2005) o brotamento conduz uma rápida transferência da matéria seca e água do órgão comestível para o broto e como consequência ocorre perda de massa, neste trabalho pode-se verificar que, para todos os tratamentos houve uma crescente perda de massa com o passar dos dias de análise Figura 18. Pelas imagens Figuras 13, 14, 15, 16 e 17, verifica-se que houve brotamento em todos os tratamentos.

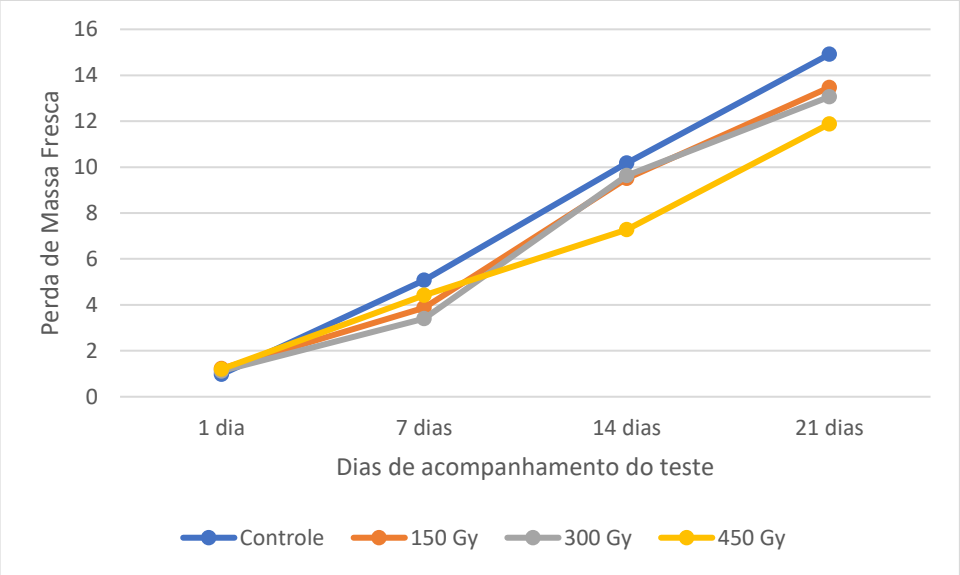

Figura 18 - Gráfico dos valores médios de perda de massa fresa em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC.
Fonte: Acervo da autora.

4.3 Coloração da Casca

Para o estudo de coloração foram avaliados 3 parâmetros, L*, a* e b*, que permitem determinar a Luminosidade (L*), Cromaticidade (saturação, C) e Hue-Angle (tonalidade, H), sendo os dois últimos analisados via equação 2 e 3 indicadas no tópico 3 materiais e métodos. Os valores referente a Luminosidade em função do tempo de armazenamento estão demonstrados na Tabela 7, os valores de Cromaticidade em função do tempo de armazenamento estão descritos na Tabela 8 e os valores de Hue-angle em função do tempo de armazenamento constam na Tabela 9.

Tabela 7 - Valores médios da evolução da cor, Luminosidade, em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC.

	Luminosidade			
Doses	**1 dia**	**7 dias**	**14 dias**	**21 dias**
controle	$35,66\pm3,15^{ab}$	$43,51\pm5,91^{b}$	$35,85\pm3,84^{a}$	$28,54\pm2,12^{bc}$
150 Gy	$31,28\pm3,48^{b}$	$43,83\pm8,73^{ab}$	$34,90\pm3,29^{a}$	$31,63\pm2,92^{ab}$
300 Gy	$31,17\pm5,07^{b}$	$44,88\pm9,29^{ab}$	$43,43\pm5,50^{a}$	$26,88\pm1,19^{c}$
450 Gy	$43,09\pm3,45^{a}$	$58,55\pm0,22^{a}$	$34,80\pm4,92^{a}$	$33,27\pm1,38^{a}$

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, denotam diferenças significativas entre as doses de tratamento com radiação gama e controle (teste de Tukey $p < 0,05$; $n_{análises}=4$).

O valor que expressa á luminosidade da amostra varia de 0 a 100, sendo que, quanto mais próximo de 0 mais escura é a cor da amostra e quanto mais próximo de 100 mais clara (Figura 18). Com os resultados encontrados na análise de luminosidade (Tabela 7) verifica-se que não houve diferença estatística entre as doses de radiação gama e o grupo controle nas análises dos períodos 1 e 14 dias, porém nos períodos 7 e 21 dias, a maior dosagem (450 Gy) apresentou um aumento significativo na luminosidade das ervilhas comparado com o grupo controle, baseado nisso pode-se dizer que houve uma maior perda na coloração destas ervilhas, pois ela está mais próxima da faixa 100.

Tabela 8 - Valores médios da evolução da cor, Cromaticidade, em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC.

	Cromaticidade			
Doses	**1 dia**	**7 dias**	**14 dias**	**21 dias**
controle	32,98±1,89^{a}	31,26±4,18^{a}	22,37±5,36^{a}	14,28±2,20^{ab}
150 Gy	25,85±1,31^{b}	29,6±2,59^{a}	27,06±5,01^{a}	16,18±1,51^{a}
300 Gy	22,11±4,68^{b}	30,39±2,17^{a}	26,17±2,17^{a}	12,74±1,47^{b}
450 Gy	31,90±3,62^{ab}	35,57±0,07^{a}	24,16±2,79^{a}	16,36±0,69^{a}

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, denotam diferenças significativas entre as doses de tratamento com radiação gama e controle (teste de Tukey $p < 0,05$; $n_{análises}=4$).

Na análise de cromaticidade percebe-se uma diferença significativa apenas nos grupos tratados com 150 Gy e 300 Gy comparado com o grupo controle no 1 dia após a irradiação, sendo que estes dois não se diferiram entre si (Tabela 8). Visualmente foi possível perceber uma diminuição na saturação (perda de coloração) em todas as amostras de grãos de ervilha com o decorrer dos dias de monitoramento (Figuras 13, 14, 15, 16 e 17).

Tabela 9 - Valores médios da evolução da cor, Hue-Angle, em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC.

	Hue-Angle			
Doses	**1 dia**	**7 dias**	**14 dias**	**21 dias**
controle	-1,09±0,01^{b}	-1,04±0,03^{ab}	-1,03±0,02^{a}	-0,98±0,02^{a}
150 Gy	-1,05±0,02^{ab}	-1,07±0,01^{b}	-1,07±0,04^{a}	-1,00±0,02^{a}
300 Gy	-1,03±0,02^{a}	-1,03±0,03^{ab}	-1,08±0,03^{a}	-1,01±0,02^{a}
450 Gy	-1,04±0,02^{ab}	-1,01±0,00^{a}	-1,05±0,03^{a}	-0,98±0,04^{a}

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, denotam diferenças significativas entre as doses de tratamento com radiação gama e controle (teste de Tukey p <0,05; $n_{análises}$=4).

Para os resultados encontrados na análise de ângulo H (Tabela 9), houve diferença estatística apenas no primeiro dia de análise, logo após a irradiação das ervilhas, sendo essa diferença significativa apenas no grupo tratado com 300 Gy de radiação gama, a qual apresentou uma diminuição comparando com o grupo controle. No monitoramento das análises posteriores não foi observada diferença significativa entre os grupos.

De acordo com os resultados encontrados anteriormente (Tabelas 7 e 9) e utilizando a Figura 19 como instrumento de comparação para coloração, percebe-se que ao longo dos dias os grãos de ervilha, independente do tipo de tratamento realizado, perderam suas características iniciais, segundo BRACKMANN et al. (2008), isto pode estar relacionado ao desencadeamento de vários processos bioquímicos e fisiológicos que culminam no amadurecimento ou senescência de frutos.

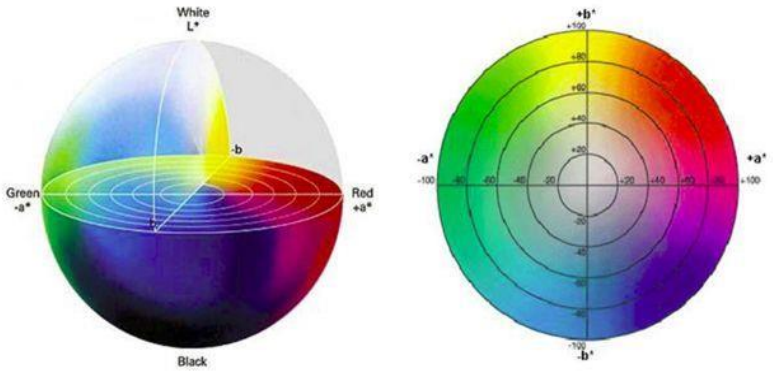

Figura 19 - Representação gráfica do espaço de cores Lab.
Fonte: site Konica Mitolta

4.4 Textura

Neste teste foi avaliada a força máxima de penetração nos grãos durante todo o período de acompanhamento do ensaio. Resultados estão demonstrados na Tabela 10.

Tabela 10 - Valores médios da evolução da textura (N/s), em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC.

	Textura (N/s)			
Doses	**1 dia**	**7 dias**	**14 dias**	**21 dias**
controle	11,71±1,13[a]	13,18±1,54[a]	13,25±1,17[a]	10,51±2,17[b]
150 Gy	10,38±2,26[a]	14,53±1,38[a]	13,41±1,57[a]	9,99±1,58[b]
300 Gy	10,84±1,93[a]	12,78±1,96[a]	13,86±2,23[a]	11,36±2,57[b]
450 Gy	12,50±2,09[a]	13,47±1,51[a]	14,00±1,41[a]	14,18±1,32[a]

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, denotam diferenças significativas entre as doses de tratamento com radiação gama e controle (teste de Tukey $p < 0,05$; $n_{análise}=10$).

Os dados referente a análise de textura (Tabela 10) mostraram que, apenas o grupo com a dose de 450 Gy e período de 21 dias após a irradiação apresentou um aumento estatístico quando comparado como grupo controle.

Segundo SANTILLO (2011), a firmeza da polpa, medida pelo teste de penetração, nos permite distinguir os diferentes estados de maturação ou senscência. Isto pode ser justificado pelo fato de quando frutos amadurecem, ocorre a degradação de substâncias pécticas, gerando o amolecimento da polpa (FABBRI, 2009).

Muito embora, tenhamos observado que estatisticamente não houve diferença significativa entre os dados, podemos verificar que houve uma tendência a manutenção da firmeza da polpa ao irradiarmos os grãos com dose de 450 Gy, tal informação pode ser melhor visualizada através da Figura 19, e esta tendência observada, pode ser comparada aos dados obtidos por NEVES, MANZIONE, VIEITES (2002), que ao irradiar nectarinas nas doses de 200, 400, 600 e 800 Gy, obteve na dose de 400 Gy, a manutenção de maior firmeza da polpa durante todo o período experimental (28 dias).

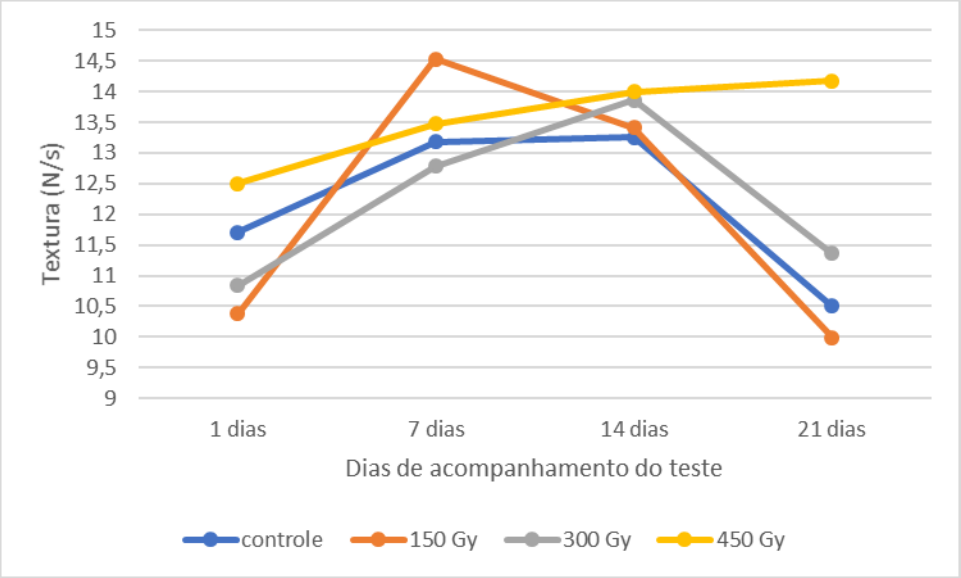

Figura 20 - Gráfico dos valores médios de textura em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC.

Fonte: Acervo da autora.

4.5 pH

Tabela 11, esquematiza os dados de pH após radiação gama em função do tempo de armazenamento sob refrigeração.

Tabela 11 - Valores médios da evolução do pH, em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC.

	pH			
Doses	**1 dia**	**7 dias**	**14 dias**	**21 dias**
controle	5,65±0,29^{a}	6,59±0,32^{a}	6,48±0,05^{a}	6,55±0,14^{a}
150 Gy	5,96±0,41^{a}	6,27±0,06^{a}	6,35±0,04^{b}	6,36±0,04^{ab}
300 Gy	5,55±0,08^{a}	6,31±0,01^{a}	6,35±0,05^{b}	6,24±0,04^{b}
450 Gy	5,76±0,03^{a}	6,22±0,02^{a}	6,12±0,02^{c}	6,17±0,02^{b}

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, denotam diferenças significativas entre as doses de tratamento com radiação gama e controle (teste de Tukey p <0,05; $n_{análises}$=3).

A análise de pH em função do tempo de armazenamento das ervilhas frescas (Tabela 11), mostrou que as avaliações realizadas nos períodos 1 e 7 dias após a irradiação não foram capazes de alterar significativamente o pH em nenhum dos tratamentos e foram semelhantes aos de SALATA et al., 2011, no primeiro dia

de avaliação. Já quando analisando o período de 14 e 21 dias após a irradiação foi possível perceber alterações significantes, sendo que todos os grupos irradiados apresentaram uma diminuição do pH quando comparado com o controle, sendo que a dose de 300 Gy e 450 Gy apresentou uma diminuição em relação a todos os grupos em 21 dias. Ao estudar tomates irradiados com 250 Gy, 500 Gy 1 kGy e 2 kGy, por um período de 20 dias, FABBRI (2009) aponta que houve oscilação sobre o valor de pH com o tempo de armazenamento, e que houve um pequeno aumento no valor do pH com desenvolvimento da maturação.

SANTILLO (2011) com uvas frescas e desidratadas, irradiadas com doses de 500 Gy, 1,0 kGy, 1,5 kGy e 2,0 kGy, acompanhadas por 21 dias e para COSTA (2011) com ameixas frescas irradiadas com doses de 400 Gy, 600 Gy, 800 Gy e 1kGy, monitoradas por 35 dias, não encontraram diferenças significativas ao longo de seus ensaios.

4.6 Sólidos Solúveis Totais (SST)

Abaixo Tabela 12, descreve os dados dos sólidos solúveis totais

Tabela 12 - Valores médios da evolução dos sólidos solúveis totais (ºBrix), em ervilhas *Pisum sativum* L., avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC.

Sólidos Solúveis Totais (ºBrix)				
Doses	**1 dia**	**7 dias**	**14 dias**	**21 dias**
controle	13,61±018^{a}	14,49±0,17^{b}	17,75±0,35^{a}	19,08±0,56^{a}
150 Gy	11,57±0,35^{b}	12,99±0,46^{c}	18,06±0,38^{a}	17,25±0,17^{b}
300 Gy	12,58±0,59^{ab}	13,99±0,88^{bc}	14,98±0,22^{b}	19,02±0,12^{a}
450 Gy	13,43±0,44^{a}	16,41±0,34^{a}	14,47±0,25^{b}	17,56±0,54^{b}

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, denotam diferenças significativas entre as doses de tratamento com radiação gama e controle (teste de Tukey $p < 0,05$; $n_{análises}=3$).

Na avaliação de sólidos solúveis totais (ºBrix) (Tabela 12) diferente do encontrado nas análises anteriores foi possível observar que em todos os períodos de tratamento diferenças significativas foram verificadas, sendo encontrada uma diminuição significativa no ºBrix quando comparado com o controle nas seguintes situações: período de 1 e 7 dias e dose de 150 Gy, 14 dias e doses de 300 e 450 Gy. Segundo CHITARRA, CHITARRA (1990), os sólidos solúveis totais possuem uma tendência de aumento em sua concentração com a evolução do processo de

maturação, devido aos processos de biossíntese. Avaliando a Figura 21, podemos observar este mesmo comportamento as ervilhas *in natura.*

Os resultados obtidos neste trabalho diferem dos encontrados por NEVES; MARZIONE; VIEITES (2002) com nectarinas, SANTILLO (2011), com uvas frescas e desidratadas e COSTA (2011) com ameixas frescas, sendo que todos não encontraram diferenças significativas durante o período de seus experimentos.

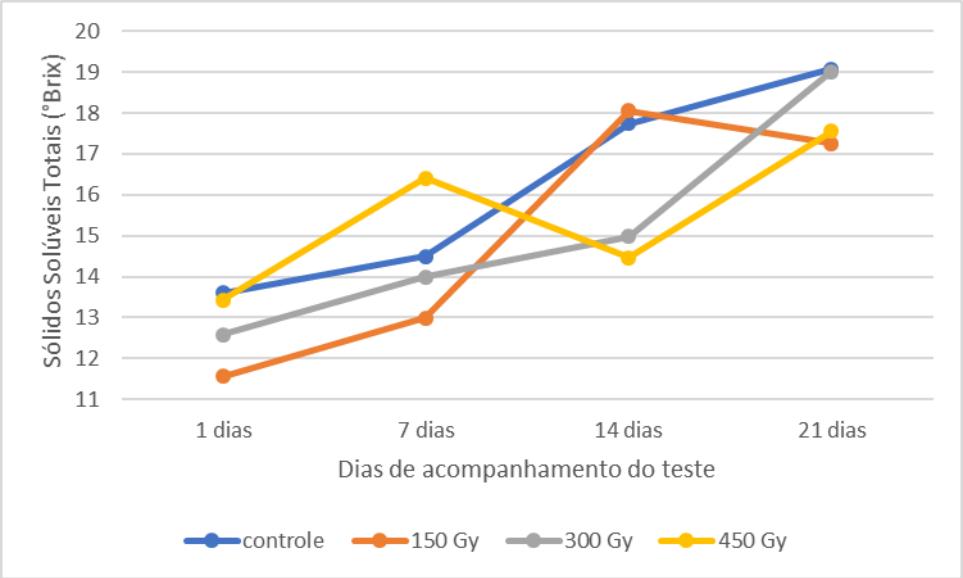

Figura 21 - Gráfico dos valores médios dos sólidos solúveis totais (ºBrix), em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC.
Fonte: Acervo da autora.

4.7 Acidez Total Titulável (ATT)

Na Tabela 13, verifica-se os dados das análises de acidez total titulável expresso em porcentagem.

Tabela 13 - Valores médios da evolução da acidez total titulável (%), em ervilhas *Pisum sativum* L., avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC.

Acidez Total Titulável (%)				
Doses	**1 dia**	**7 dias**	**14 dias**	**21 dias**
controle	0,14±0,01^{c}	0,07±0,02^{c}	0,09±0,01^{c}	0,08±0,01^{c}
150 Gy	0,25±0,02^{b}	0,12±0,02^{b}	0,12±0,01^{b}	0,14±0,02^{b}
300 Gy	0,24±0,01^{b}	0,12±0,00^{b}	0,15±0,00^{a}	0,15±0,02^{b}
450 Gy	0,28±0,01^{a}	0,14±0,01^{a}	0,13±0,01^{b}	0,17±0,02^{a}

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, denotam diferenças significativas entre as doses de tratamento com radiação gama e controle (teste de Tukey p <0,05; $n_{análises}$=3).

Os resultados das análises de acidez total titulável (Tabela 13) apresentam um aumento significativo em todos os períodos de avaliação e doses de radiação gama comparado com o grupo controle. Para NEVES; MARZIONE; VIEITES, (2002) com nectarinas e COSTA (2011) com ameixas frescas, os mesmos não obtiveram diferenças significativas entre os tratamentos.

Segundo CHITARRA, CHITARRA (2005) o teor de ácidos orgânicos, na maioria dos frutos, diminui com a maturação, devido seu uso como substrato no processo respiratório ou de sua conversão em açúcares. Verificando o gráfico de tendência das médias da acidez total titulável versus tempo (Figura 21) podemos observar que no sétimo e decimo quarto dia houve uma redução da acidez de todas as amostras.

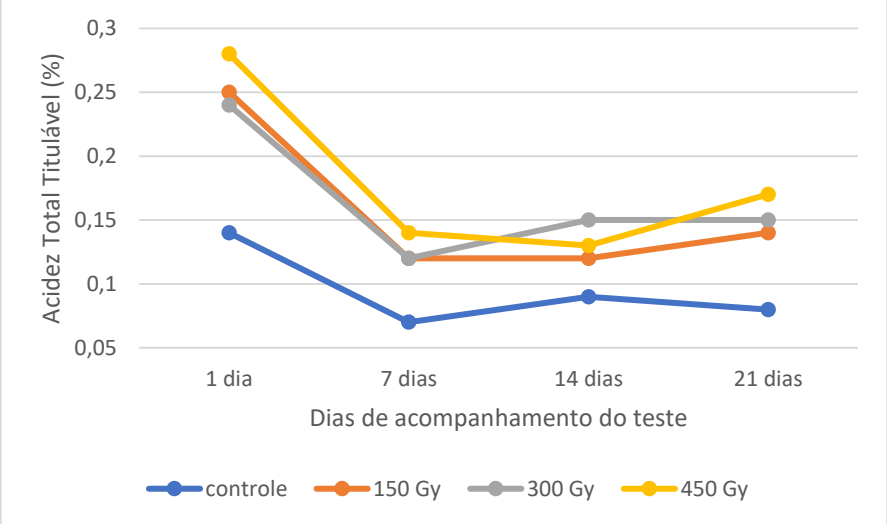

Figura 21 - Gráfico dos valores médios da acidez total titulável (%), em ervilhas *Pisum sativum* L., sob aplicação de radiação gama, avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC.
Fonte: Acervo da autora.

4.8 Razão entre Sólidos Solúveis Totais e Acidez Total Titulável

A Tabela 14 encontram-se os valores médios da evolução da relação entre sólidos solúveis totais (SST) e a acidez total titulável (ATT).

Tabela 14 – Valores médios da evolução dos valores da relação SST/ATT, em ervilhas *Pisum sativum* L., avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC.

	Relação SST/ATT			
Doses	**1 dia**	**7 dias**	**14 dias**	**21 dias**
Controle	12,37±0,16^{a}	28,20±7,13^{a}	25,68±3,38^{a}	30,26±2,31^{a}
150 Gy	6,01±0,51^{b}	14,04±1,46^{b}	19,39±1,16^{bc}	15,92±2,23^{b}
300 Gy	6,74±0,35^{b}	15,55±0,98^{b}	21,40±0,32^{ab}	16,39±1,43^{b}
450 Gy	6,02±0,13^{b}	15,01±1,60^{b}	14,58±1,66^{c}	13,60±1,46^{b}

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, denotam diferenças significativas entre as doses de tratamento com radiação gama e controle (teste de Tukey $p < 0,05$; $n_{análises}=3$).

Assim como encontrado nos dados obtidos na análise de ATT, a relação SST/ATT (Tabela 14), apresentou alteração significativa entre os grupos irradiados e o controle, ocorrendo uma diferença estatística nos valores, porém apenas a dose de 300 Gy e período de análise de14 dias comparando com o grupo controle, não se diferiram estatisticamente. Os dados deste trabalho divergem de NEVES; MARZIONE; VIEITES, (2002) com estudo de nectarinas, pois os autores constataram que não houve diferença estatística entre o grupo controle e seu estudo nos parâmetros de SST, ATT e a razão entre eles. E para COSTA (2011), que irradiou ameixas, houve uma elevação na relação SST/ATT, durante o tempo de armazenamento, porém não houve diferença estatística comparando o grupo controle com relação ao estudo realizado.

4.9 Determinação da Umidade

Tabela 15 esquematiza os valores médios do teor de umidade, em porcentagem das amostras armazenadas por 21 dias a 8ºC.

Tabela 15 – Valores médios da evolução do teor de umidade (%), em ervilhas *Pisum sativum* L., avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC.

	Teor de Umidade (%)			
Doses	**1 dia**	**7 dias**	**14 dias**	**21 dias**
Controle	77,07±0,79^{a}	73,06±1,03^{bc}	70,91±5,89^{a}	71,07±3,88^{a}
150 Gy	77,84±0,25^{a}	75,88±1,15^{ab}	74,76±1,12^{a}	76,07±0,40^{a}
300 Gy	78,07±2,42^{a}	75,97±0,74^{a}	76,17±2,02^{a}	74,89±1,05^{a}
450 Gy	73,21±1,28^{b}	72,00±1,37^{c}	72,73±1,39^{a}	75,14±0,45^{a}

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, denotam diferenças significativas entre as doses de tratamento com radiação gama e controle (teste de Tukey $p < 0,05$; $n_{análises}=3$).

Os resultados apresentados sobre o teor de umidade (Tabela 15), mostra que no 1 dia de avaliação os resultados para dose de 450 Gy apresentaram menor perda que o grupo controle e os outros irradiados. Para as doses de 150Gy e 300 Gy no período de avaliação 7 dias, houve maior perda comparando com o grupo controle e 450 Gy. Em adição nenhum dos grupos irradiados apresentaram alteração estatística para os períodos de avaliação 14 e 21 dias.

Comparando os resultados obtidos neste trabalho e os valores de umidade encontrados na literatura para ervilha fresca, sem processo de radiação: 76,94% (BRAZACA, 2006), 76,80% (UNICAMP, 2011), 73,90% (USP,2017) e 76,86% (USDA, 2019), observa-se que todos os valores de umidade deste estudo (Tabela 15) estão na média de referência.

4.10 Determinação das Cinzas

Tabela 16 descreve as médias das análises de cinzas em porcentagem das amostras armazenadas por 21 dias a 8ºC.

Tabela 16 – Valores médios da evolução da fração de cinza (%), em ervilhas *Pisum sativum* L., avaliadas em quatro períodos distintos 1, 7, 14 e 21 após a irradiação e permanência em refrigeração a 8 ºC.

	Fração de Cinza %			
Doses	**1 dia**	**7 dias**	**14 dias**	**21 dias**
Controle	1,53±0,41[a]	1,85±0,70[a]	0,99±0,35[a]	1,19±0,10[a]
150 Gy	0,89±0,14[a]	1,75±0,83[a]	0,79±0,10[a]	1,03±0,06[a]
300 Gy	1,35±0,33[a]	2,50±0,70[a]	0,64±0,15[a]	1,13±0,15[a]
450 Gy	2,30±1,04[a]	2,91±1,13[a]	0,73±0,11[a]	0,99±0,10[a]

Médias seguidas de letras distintas, nas colunas, denotam diferenças significativas entre as doses
de tratamento com radiação gama e controle (teste de Tukey $p < 0,05$; $n_{análises}=3$).

Ao avaliar a fração de cinzas (Tabela 16), verifica-se que a radiação gama não afetou os grãos de ervilhas.

Comparando os resultados obtidos neste trabalho (Tabela 16) e os valores de fração de cinzas da literatura para ervilha fresca sem processo de radiação: 0,93% (BRAZACA, 2006), 1,00% (UNICAMP, 2011), 0,79% (USP, 2017), 0,87% (USDA, 2019), observa-se que nos períodos de avaliação 1 e 7 dias os valores estão consideravelmente acima dos encontrados na literatura e os dados dos períodos de 14 e 21 dias estão na média de referência.

Para uma melhor avaliação e visibilidade dos resultados encontrados neste trabalho, foi elaborado um resumo dos resultados encontrados em todas as análises descrevendo se houve diferença significativa dos grupos tratados com as doses de radiação gama quando comparados com o grupo controle (Apêndice).

4.11 Considerações Finais

Sugere-se que para futuros trabalhos relacionados com a vida útil de prateleira e inibição de brotamento de ervilhas devem ser utilizadas doses acima de 450 Gy.

5 CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho apontaram que as baixas doses de radiação ionizante utilizadas de 150 Gy, 300 Gy e 450 Gy não alteraram significativamente a vida de prateleira dos grãos.

A dose de 300 Gy nos aponta um aumento na germinação das ervilhas *in natura*.

Houve uma interferência devido ao processo natural de maturação e senescência dos grãos para o aspecto visual, perda de massa fresca, colocação e pH.

Analisando as estatísticas do trabalho, não houve influência da radiação gama no pH, teor de cinzas, umidade e textura durante o armazenamento de 21 dias.

Houve uma perda de massa fresca e aumento de sólidos solúveis proporcional ao aumento das doses de radiação gama.

Conclui-se que a máxima dose utilizada neste trabalho, de 450 Gy, foi insuficiente para inibir a brotação das ervilhas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADA- American Dietetic Association. Position of the American dietetic association: food irradiation. ***Journal of the Am. Diet Assoc.***, v. 969 n.1, p. 69-71, 1996.

AGUILERA, K. M.; STANLEY, D. W. A review of textural defects in cooked reconstituted legumes - the influence of storage and processing. ***Journal Food Process. Preserv***, v. 9, p. 145-169, 1985.

ALOTHMAN, M., BHAT, R., KARIM, A. S. Effects of radiation processing on phytochemicals and antioxidants in plant produce. ***Trends in Food Science & Technology***, v. 20, p. 201-212, 2009.

ARTHUR, V. Controle de insetos-pragas por radiações ionizantes. ***Biológico***, v. 59, n. 1. p. 77-79, 1997.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. ***Official Methods of Analysis of AOAC International***. Official method. 20 ed. USA, 2016.

ARAÚJO, A.A.; RIBEIRO, L.; BERNARDES, P.C.; DORES, T.; FIALHO JR, J. F. Q. ***Sanitização de cenoura minimamente processada com nanopartículas de prata***. 2015. Ciência Rural. Santa Maria v. 45, n. 9, p. 1681 - 1687.

BOGNÁR, A.; BUTZ, P.; KOWALSKI, E.; LUDWIG, G. H.; TAUSCHER, B. Stability of thiamine in pressurized model solutions and pork. *In:* ***BIOAVAILABILITY'93. Nutritional, Chemical and Food Processing Implications of Nutrient Availability Karlsruhe***, 1993. *Proceedings*. Karlsruhe, BFE, 1993. pt. 2, 352-356. [Berichte der Bundesforschungsanstalt für Ernärung BFE-R-93-01].

BRACKMANN, A.; EISERMANN, A. C.; WEBER, A.; GIEHL, R. F. H.; PAVANELLO, E. P.; BOTH, V. Qualidade da maçã 'Gala' armazenada em atmosfera controlada associada à absorção e ao controle da síntese e da ação do etileno. ***Ciência Rural***, Santa Maria, v.38, p.2151-2156, 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cr/v38n8/a10v38n8.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2019.

BRASIL. Ministério Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 21 de 26 de janeiro de 2001**. Regulamento técnico para a irradiação de alimentos. Diário Oficial, 29/01/2001.

BRAZACA, S.G.C. ***Valor nutricional de produtos de ervilha em comparação com a ervilha fresca***. 2006. Ciência Tecnologia Alimento. Campinas p. 766 - 771.

CALUCCI, L.; PINZINO, C; ZANDOMENEGHI, M; CAPOCCHI, A.; GHIRINGHELLI, S.; SAVIOZZI, F.; TOZZI S.; GALLESCHI, L. Effects of Irradiation on the Free Radical and Antioxidant Contents in Nine Aromatic Herbs and Spices. ***J. Agric. Food Chem.***, v. 51, n. 4, p. 927-934, 2003.

CARVALHO, O. T. ***Carotenóides e composição centesimal de ervilhas (Pisum sativum L.) cruas e processadas.*** 2007. 79 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo. Disponível em: < https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9131/tde-27012009-095048/publico/Dissertacao.pdf> Acesso em: 10 out. 2018.

CEAGESP - Companhia de Entrepostos e Armazéns Gerais de São Paulo. ***Guia Ceagesp – Ervilha Comum***. 2018. Disponível em: <http://www.ceagesp.gov.br/guia-ceagesp/ervilha-comum/> Acesso em: 04 fev. 2019.

CESTARI JUNIOR, A. ***Avaliação do potencial de aplicação do processo de irradiação para a redução de Salmonella spp. Em diferentes variedades de mangas (Mangifera indica* L.*) minimamente processadas e avaliação da vida-de-prateleira****,* 2005. 64 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo – São Paulo/SP. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9131/tde-22122017-082602/publico/Antonio_Cestari_Junior_Mestrado.pdf> Acesso em: 12 jan. 2019.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. ***Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio.*** Lavras: ESAL/FAEPE, p. 293, 1990.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. ***Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio.*** Lavras: UFLA, 2 ed., p. 560, 2005.

CDC. Preliminary FoodNet data on the incidence of infection with pathogens transmitted commonly through food -Selected sites, United States. ***Morb. Mortal*.** Weekly Rep., v. 53, n. 16, p. 338-343, 2004.

COSTA, S. M. **Condicionamento Térmico e Irradiação de ameixas "GULFBLAZE" Frigorificadas.** 2011, 83 p. Tese. (Doutorado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agronômicas - UNESP, Botucatu. Disponível em: < https://repositorio.unesp.br/handle/11449/103211> Acesso em: 28 mai. 2019.

COUTO, F. A. A. Aspectos históricos e econômicos da cultura da ervilha. ***Informe Agropecuário***, v. 14, n. 158, p. 5-7, 1988.

COUTO, R. R., SANTIAGO, A. J., Radioatividade e Irradiação de Alimentos. Guarapuava, ***Revista Ciencias Exatas e Naturais***. v.12, n 2, p 193 - 215, 2010.

CUNHA, M. F. ***Efeitos de tratamento por radiação gama ou microondas em propriedades físicas, bioquímicas, químicas e sensoriais do feijão (Phaseolus vulgaris,* L.*) da variedade carioca 80 S.H., antes e durante a estocagem.*** Campinas, p. 129 (Dissertação de Mestrado da Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP), 1992.

DEL MASTRO, N.L. Development of food irradiation in Brazil. ***Progress in Nuclear Energy***, v. 35, p. 229-248, 1999.

DEL MASTRO, N. L. A radiação ionizante na promoção da alimentação adequada e saudável. ***Rev. Visa em Debate***, v. 3, n. 2, p. 15, 2015. Disponível em:<https://www.researchgate.net/publication/276505483_A_radiacao_ionizante_na_promocao_da_alimentacao_adequada_e_saudavel> Acesso: 27 set. 2018.

DERR, D. D., ENGEL, R. E. Status of food irradiation in the United States. ***Radiat. Phys. Chem.***, v. 42, n. 1/3, p. 289-296, 1993.

DIEHL, J. F. ***Safety of irradiated foods****,* ed. 2 (1995), New York: Marcel Dekker, p. 454, 1995.

DURIGAN. J.F. Desafios e potenciais dos produtos minimamente processados. ***Visão Agrícola***, n. 7; p. 88 – 91, 2007.

FABBRI, A. D. T. ***Estudo da radiação ionizante em tomates in natura (Lycopersicum esculentum* Mill*) e no teor de licopeno no molho*.** 2009. 85 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear) Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, São Paulo. Disponível em: < http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-22092011-141423/pt-br.php> Acesso em: 25 nov. 2018.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT, 2018. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 01/02/2019.

FAO; IAEA Facts About Food Irradiation, International Consultative Group on Food Irradiation Vienna,1999. Disponível em: <https://www.nrc.gov/docs/ML0611/ML061170095.pdf> Acesso em: 18/11/2018.

FARKAS, J.; SARAY, T.; MOHACSI-FARKAS, C.; HORTI, K.; ANDRASSY, E. Effects of low-dose gamma radiation on shelf-life and microbiological safety of pre-cut/prepared vegetables. ***Adv. Food. Sci.***, v. 19, n. 3/4, p. 111-119, 1997.
FARKAS, J. ***Physical methods of food preservation***. In: FOVLE, M.P.; BEUCHAT, L.R. editors. Food microbiology: fundamentals and frontiers. Washington: ASM Press. p. 685-712, 2007.

FARKAS, J.; MOHACSI-FARKAS, C. History and future of food irradiation. ***Trends Food Sci. Technol.*** v. 22, n. 2/3, p. 121-126, 2011.

FELLOWS, P. J. Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas. 2 ed. Trad F.C. OLIVEIRA et al., Porto Alegre, Artmed. 2006, cap. 8 p. 207 - 219.

FERNANDES, A.; BARREIRA, J.C.M.; ANTONIO, A.L.; OLIVEIRA, M.B.; MARINS, A.; FERREIRA, I.C. Feasibilitiy of eléctron-beam irradiation to preserve wild dried mushrooms: effects on chemical composition and antioxidante activity. ***Innovative Food Sci. Emerg. Techno*.** v. 22, p. 158-166, 2014.

FERREIRA, M. A. ***Um mercado fértil para o Brasil***. Frutas e Legumes, São Paulo, v. 1, p. 8-11, 2000.

FILGUEIRA, F. A. R. ***Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*****.** 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2008. 421 p.

FRIJA, S.N. ***Alterações nutricionais, organolépticas e de textura dos produtos hortícolas conservados – Uma revisão*****,** 2012. Dissertação. (Mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar) Universidade Nova de Lisboa, Lisboa.

GAO. Food Irradiation: Available Research Indicates that Benefits Outweigh Risks. GAO/RCED-00-217. U.S. General Accounting Office. Washington, D.C, 2000. 79 p.

GIORDANO, L. B. Clima, solo e adubação. In: GIORDANO, L.B. ***Cultivo da ervilha (Pisum sativum* L.*)*** 3 ed. Brasília, DF: Embrapa-CNPH, 1997. p. 20. Instruções Técnicas da Embrapa Hortaliças 1.

GOULARTE, L.; MARTINS, C. G.; MORALES-AIZPÚRUA, I.C.; DESTRO, M. T.; FRANCO, B. D. G. M.; VIZEU, D. M.; HUTZLER, B.; LANDGRAF, M. Combination of minimal processing and irradiation to improve the microbiological safety of lettuce (*Lactuca sativa,* L.). ***Radiat. Phys. Chem.,*** n. 71, p. 155-159, 2004.

GRITTON, E. T. Field pea. In: FEHR, W. R.; HADLEY, H. H. (Ed.). ***Hybridization of crop plants***. Madison: American Society of Agronomy, p. 347-356, 1980.

HARDER, M.N.C.; ARTHUR, V. Sensory evaluation by gamma radiation effect on protein allergen of laying hen eggs. ***Radiat. Phys. Chem****.* v. 81, p. 1-3, 2012.

HARRIS, L. J.; FARBER, J. N.; BEUCHAT, L.R.; PARRISH, M. E.; SUSLOW, T. V.; GARRETT, E. H.; BUSTA, F. F. Outbraks associated with fresh produce: incidence, growth and survival of pathogens in fresh and fresh-cut produce. ***Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*****.** ***Institute of Food Technologists*****,** v. 2. p. 78-141, 2003.

IAEA - International Atomic Energy Agency. Proceedings Series: ***Use of irradiation a quarantine treatment of food and agricultural commodities.*** Vienna, 1992. Disponível em: < http://www.iaea.gov > Acesso em: 04 mai. 2016.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. ***Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análise de alimentos.*** São Paulo, 4.ed. digital, 2008.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Produção Agrícola Municipal ***Tabela 1612 - Área plantada, área colhida, quantidade produzida, rendimento médio e valor da produção das lavouras temporárias- Ano 2017.*** Atualizado: 13/09/2018 – Disponível em: < https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612#resultado> Acesso em: 10 nov. 2018.

JUNG, K.; YOON, M.; PARK, H.J.; LEE, K.Y.; JEONG, R.D.; SONG, B.S.; LEE, J, W. Application of combined treatment for control of *Botrytis cinerea* in phytosanitary irradiation processing. ***Radiat. Phys. Chem****.* v. 99, p. 12-17, 2014.

KADER, A.A. Biochemichal and physiological basis for effects of controlled and modified atmosphere on fruits and vegetables. ***Food Technology***, p. 99-104, 1986.

Konica Mitolta – Disponível em: <http://konicaminolta.com.br/produtos.php> Acesso em: 12 jan. 2019.

KEWSCIENCE, 2018. ***Plants of the world online***. Disponível em: <http://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:60454055-2#children> Acesso em: 04 fev. 2019.

KILCAST, D. Effect of irradiation on vitamins*.* ***Food Chem.***, v. 49, n. 2, p. 157-164, 1994.

KLUGE, R. A.; GEERDINK, G. M.; TEZOTTO-ULIANA, J. V.; GUASSI, S. A. D.; ZORZETO, T. Q.; SASAKI, F. F. C.; COSTA, S. M. ***Qualidade de pimentões amarelos minimamente processados tratados com antioxidantes.*** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 35, n. 2, p. 801-812, 2014.

KUME, T.; FURUTA, M.; TODOROKI, S.; UENOYAMA, N.; KOBAYASHI, Y. Status of food irradiation in the world. ***Radiat. Phys. Chem****.* v. 78, n. 3, p. 222-226, 2009.

LEE, E. J.; AHN, D. U. Production of Volatiles from Fatty Acids and Oils by Irradiation. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 1, p. 70-75, 2003.

LOAHARANU, P. Food irradiation in developing countries: a practical alternative**.** ***IAEA Bull.*****,** v. 1, p. 30-35, 1994.

MANCINI-FILHO, J. ***Efeitos das radiações gama sobre algumas características físico-químicas e nutricionais de feijões (Phaseolus vulgaris* L*.) armazenados.*** 1990. 100 p. Tese (Doutorado Livre Docência Faculdade de Ciências Farmacêuticas) Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARTINS, C.G.; BEHRENS, J.H.; DESTRO, M,T. ; FRANCO, B.D.G.M. ; VIZEU, D.M. ; HUTZLER, B. W.; LANDGRAF, M. Gamma radiation in the reduction of *Salmonella spp.* Inoculated on minimally processed watercress (*Nasturtium officinallis*). ***Rad. Phys.Chem.***, v. 71, n. 1-2, p. 89-93, 2004.
MORETTI, C. L. ***Manual de Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças.*** Brasília, Embrapa Hortaliças, 2007. 531 p.

MUÑOZ, R.B. Química de radiaciones de los alimentos irradiados. Quito: ***Escuela Politecnica Nacional***, p. 1-37, 1994.

MURANO, E. A. ***Irradiation of Fresh Meats***. Food Irradiation*.* Iowa, USA: Sourcebook, p. 52-54,1995.

NEVES, L. C.; MANZIONE, R.L.; VIEITES, R. L. ***Radiação gama na conservação pós-colheita da nectarina Prunus persica* var. nucipersica*) conservada a frio***. Rev. Bras. Frutic., v. 24, n. 3, p. 676-679, 2002. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/rbf/v24n3/15110.pdf> Acesso em: 10 jan. 2016.

O'CONNOR-SHAW, R.L.; ROBERTS, R.; FORD, A.L.; NOTTINGHAM, S.M. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. **Journal of Food Science**, v. 59, n. 6, p. 1202-1215, 1994.

OLIVEIRA, E.M. Conservação de alimentos. ***Eng. Alim.*** Unipampa, 27p., 2015.

PARRISH, L. J.; FARBER, J. N.; BEUCHAT, L. R.; HARRIS, L. J.; SUSLOW, T. V.; GARRETT, E. H.; BUSTA, F. F., Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.* ***Institute of Food Technologists,*** v. 2, p. 161-173, 2003.

PEREDA, J. A. O; RODRIGUEZ, M.I.C; ÁLVAREZ, L.F; SANZ, M.L.G.; MINGUILLÓN, G.G.F; PERALES, L.H.; CORTECERO, M.D.S ***Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos.*** Artmed, v.1, p. 146-148, 2005.

PEREIRA, A. S. Ervilha: uma fonte de nutrientes. ***Informe Agropecuário***, Belo Horizonte, v. 14, n. 158, p. 52-54, 1988.

PEREIRA, J. Avaliação do tratamento de frutos e vegetais por radiações ionizantes para grupos de riscos. ***Univ. Tecn. de Lisboa***, 20p., 2014.

PERINA, V.C.S.; ARTHUR, V.; HARDER, M.N.C.; NEME, F.F. Colorimetric characterization of read-to-eat irradiated carrots. ***Rev. Bras. Prod. Agroind***. v. 16, p. 173-178, 2014.

PIMENTEL, R.M.A; SPOTO, M.H.F.; WALDER, J.M.M. Irradiação gama permite aplicações em produtos embalados. **Visão Agrícola** nº 7, p. 53-55, 2007.

ROBERTS, P.B. Food irradiation in safe: Half a century of studies. ***Radat. Phys. Chem.*** v. 98, p. 526-532, 2014.

RODGERS, S. L., CASH, J. N. ; SIDDIQ, M ; RYSER, E.T. A comparison of different chemical sanitizers for inactivating *Escherichia coli* O157:H7 and *Listeria monocytogenes* in solution and on apples, lettuce, strawberries and cantaloup. ***Jounal of Food Protection,*** Des Moines, v. 67, n. 4, p. 721-731, 2004. Disponível em : <https://www.researchgate.net/publication/8619027> Acesso em: 28 mai. 2019.

RICKMAN, J. C., BARRETT, D. M., BRUHN, C. M. ***Review Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1.Vitamins C and B and phenolic compounds.*** Department of Food Science and Technology, University of California. Society of Chemical Industry. J Sci Food Agric 0022–5142/ 2007.

RURAL NEWS. ***O cultivo de ervilha.*** 2015 Disponível em: <http://ruralnews.com.br/visualiza.php?id=105> Acesso em: 04 fev. 2019.

SABATO, S.F.; SILVA, J.M.; CRUZ, J.N.; BROISLER, P.O.; RELA, P.R.; SALMIERI, S.; LACROIX, M. Recent studies of irradiated mangoes in Brazil: a trend towards commercial approach. ***Nukleonika*** (Druk), v. 53, p. 77-79, 2008.

SABATO, S.F.; SILVA, J.M.; CRUZ, J.N.; BROISLER, P.O.; RELA, P.R.; SALMIERI, S. ; LACROIX, M. Advances in commercial application of gamma radiation in tropical. ***Radiat. Phys. Chem.*** v. 78, p. 655-658, 2009.

SALATA, A. C.; GODOY, A. R.; KANO, C.; HIGUTI, A. R. D.; CARDOSO, A. I. I.; EVANGELISTA, R. M. Produção e qualidade de frutos de ervilha torta submetidas a diferentes níveis de adubação potássica. Nucleus, v. 8, n. 2, p. 127-134, 2011.

SANTILLO, A. G***. Efeitos da radiação ionizante nas propriedades nutricionais das uvas de mesa benitaka e uvas passas escuras.*** 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Tecnologia Nuclear – Aplicações). Instituto de Pesquisas Energética e Nucleares, São Paulo. Disponível em: < http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/85/85131/tde-01062011-155233/pt-br.php> Acesso em: 28 mar. 2019.

SAS - ***Statistical Analysis System Institute***. Sas/Qc software: usageand reference. 2.ed. Cary, 1996. 2v.

SATIN, M**.** ***The case of food irradiation***. International Conference of the Agricultural Research Institute, p. 93-110, 1993.

SASAKI, F. F.; DEL AGUILA, J. S.; GALLO, C. R.; ORTEGA, E. M. M.; JACOMINO, A. P.; KLUGE, R. A. Alterações fisiológicas, qualitativas e microbiológicas durante o armazenamento de abóbora minimamente processada em diferentes tipos de corte***. Horticultura Brasileira*** 24: p 170 – 174, 2006.

SILVA, P.R. ***Uma abordagem sobre o mercado de hortaliças minimamente processadas***. 2008. Informações Econômicas. São Paulo, v. 38, n. 4, p 54 - 57.

SIMON, J.W.; VIEITES, R.L. Qualidade pós-colheita de abacates “Hass” mantidos em temperatura ambiente e tratados com diferentes radiações. ***Energia na Agricultura***, v. 29, n. 3, p. 213-9, 2014.

SINGH, H. Wholesomeness of irradiated foods. *In:* “**FIPCOS ‘95”**. Canada. 1995.

SKURA, B.J., POWRIE, W.D. Modified atmosphere packing of fruits and vegetables. *In*: ***Vegetable processing***. New York: VCH Publishers, 279p., 1995.

SMITH, J.S.; PILLAI, S. Irradiation and Food Safety**.** ***Food. Technol****.,* v. 58, n. 11, p. 48-55, 2004.

SOUZA, A.R.M.; NOGUEIRA, D.P.; ARTHUR, V. The effect of irradiation in the preservation of pink pepper (Schinus terebinthifolius Raddi). ***Radiat. Phys. Chem****.* v. 81, n. 8, p. 5-9, 2012.

TAUXE, R.V. Food safety and irradiation: Protecting the public from foodborne infections. ***Emerg. Infect. Dis***., v. 7, n. 3, p. 516-521, 2001.

UNICAMP, Tabela Brasileira de Composição dos Alimentos - TACO, 4. ed, Campinas, 2011. Disponível em: <http://www.nepa.unicamp.br/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=taco_4_versao_ampliada_e_revisada.pdf> Acesso em: 15 jan. 2019.

URIOSTE, A.M., CROCI, C.A., CURZIO, O.A. Consumer acceptance of irradiated onions in Argentina. ***Food Technol****.*, v. 44, n. 5, p. 134-136, 1990.

USDA, Agricultural Reserch Service. National Nutrient Database for Standard Reference Release 1. Beltsville, 2019. Disponível em: <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/nutrients/report?nutrient1=207&nutrient2=255&nutrient3=401&fg=11&max=25&subset=0&offset=150&sort=c&totCount=767&measureby=g> Acesso em: 05 mar. 2019.

USP, Tabela Brasileira de Composição de Alimentos - TBCA, versão 6.0, São Paulo, 2017. Disponível em: <http://www. http:fcf.usp.br/tbca/> Acesso em: 22 nov. 2018.

VIEIRA, R. P; NUNES, A. C.; REZENDE, R. E.; CARVALHO, W. J.; GHERARDI, S. R. M. ***Irradiação de alimentos: uma revisão bibliográfica.*** Multi-Science Journal, v.1, n. 5, p. 57 - 62, 2016. Disponível em: <https: ifgoiano.edu.br/periódicos/multiscience> Acesso em: 18 nov. 2018.

VILLAVICENCIO, A.L.C.H., MANCINI-FILHO, J., HARTMANN, M., AMMON, J. AND DELINCÉE, H. Formation of Hydrocarbons in Irradiated Brazilian Beans: Gas Chromatographic Analysis to Detect Radiation Processing. ***J. Agric. Food Chem****.*, v. 45, p. 4215-4220, 1997.

WEI, M.; ZHOU, L.; SONG, H.; YI J.; WU, B.; LI, Y.; ZHANG, L.I. Electron beam irradiation of sun-dried apricots for quality maintenance. ***Radiat Phys. Chem***. v. 97, p. 126-33, 2014**.**

WIENDL, F.M. A desinfecção de grãos e produtos armazenados por meio de radiação ionizante. ***Boletim Científico*** **CENA**, Piracicaba, v. 18, p.26, 1975. Disponível em: < http://www.cena.usp.br > Acesso em: 25 abr. 2016.

WEISS, E.; ZOHARY, D.; HOPF, M. Domestication of plants in the old world: The origin and spread of domesticated plants in southwet Asia, Europe and the Mediterranean basin. Oxford University, Oxford 4 ed. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/acprof:osobl/9780199549061.001.0001> Acesso em: 18 nov. 2018.

APÊNDICE

Resumo dos resultados encontrados em todas as análises apresentando as diferenças significativas dos grupos tratados com as doses de radiação gama quando comparados com o grupo controle, sendo que seta para cima apresenta um aumento significativo do grupo e seta para baixo uma diminuição significativa do grupo quando comparado com o controle.

1º dia			
Doses	**150 Gy**	**300 Gy**	**450 Gy**
Aspecto visual			
Perda de massa fresca			
Luminosidade			
Chroma	↓	↓	
Hue-Angle		↑	
Textura			
pH			
Sólidos solúveis	↓		
Acidez total titulável	↑	↑	↑
Razão SST/ATT	↓	↓	↓
Umidade			
Cinzas			

Nota: Valores em branco, resultados iguais ao controle.

7º dia			
Doses	**150 Gy**	**300 Gy**	**450 Gy**
Aspecto visual			
Perda de massa fresca			
Luminosidade			↑
Chroma			
Hue-Angle			
Textura			
pH			
Sólidos solúveis	↓		↑
Acidez total titulável	↑	↑	↑
Razão SST/ATT	↓	↓	↓
Umidade		↑	
Cinzas			

Nota: Valores em branco, resultados iguais ao controle.

14º dia			
Doses	**150 Gy**	**300 Gy**	**450 Gy**
Aspecto visual			
Perda de massa fresca			
Luminosidade			
Chroma			
Hue-Angle			
Textura			
pH	↓	↓	↓
Sólidos solúveis		↓	↓
Acidez total titulável	↑	↑	↑
Razão SST/ATT	↓		↓
Umidade			
Cinzas			

Nota: Valores em branco, resultados iguais ao controle.

21º dia			
Doses	**150 Gy**	**300 Gy**	**450 Gy**
Aspecto visual			
Perda de massa fresca			
Luminosidade			↑
Chroma			
Hue-Angle			
Textura			↑
pH		↓	↓
Sólidos solúveis	↓		↓
Acidez total titulável	↑	↑	↑
Razão SST/ATT	↓	↓	↓
Umidade			
Cinzas			

Nota: Valores em branco, resultados iguais ao controle.