

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE AGRONOMIA**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**DISSERTAÇÃO**

**Conservação pós-colheita de frutos  
do maracujazeiro-doce irradiados**

**Cristiano Magela Floriano**

**2004**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE  
FRUTOS DO MARACUJAZEIRO-DOCE  
IRRADIADOS**

**CRISTIANO MAGELA FLORIANO**

*Sob a Orientação da Professora*  
**Regina Celi Cavestré Coneglian;**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência, no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia**, Área de concentração em Fisiologia da Produção.

Seropédica, RJ  
Fevereiro de 2004

634.425

F635

T

Floriano, Cristiano Magela, 1974-  
Conservação pós-colheita de frutos  
do maracujazeiro-doce irradiados /  
Cristiano Magela Floriano - 2004.  
65f. : il.

Orientador: Regina Celi Cavestré  
Coneglian.

Dissertação (mestrado) -  
Universidade Federal Rural do Rio de  
Janeiro, Curso de Pós-Graduação em  
Fitotecnia.

Bibliografia: f. 41-51.

1. Maracujá - Colheita - Teses. 2.  
Maracujá - Armazenamento - Teses. 3.  
Maracujá - Conservação - Teses. 4.  
Raios gama I. Coneglian, Regina Celi  
Cavestré, 1964- . II. Universidade  
Federal Rural do Rio de Janeiro. Curso  
de Pós-Graduação em Fitotecnia. III.  
Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE AGRONOMIA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA**

**CRISTIANO MAGELA FLORIANO**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciência no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia**, área de concentração em Fisiologia da Produção.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 20/02/2004

---

Regina Celi Cavestré Coneglian. Dra., UFRRJ  
(Orientadora)

---

Hélio de Carvalho Vital. Ph.D., IPD/ CTEX-RJ

---

Marco Antônio da S. Vasconcellos. Dr., UFRRJ

*Dedico este trabalho em especial a DEUS, aos meus queridos pais Mário José Floriano e Zélia Floriano de Jesus, aos meus irmãos, tios, primos, a Ises dos Santos Queiroz e aos meus amigos.*

*“O tempo não passa por acaso. Ele nos ensina lições tão ricas que jamais serão esquecidas ou perdidas. Somente o passar dos anos pode nos trazer a sabedoria e a grandeza da experiência.”*

*Autor Desconhecido*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) pela oportunidade de realização do curso.

À professora Regina Celi Cavestré Coneglian, pela paciência e empenho demonstrado na orientação deste trabalho.

Ao professor Marco Antônio da Silva Vasconcellos, pelo empenho demonstrado na co-orientação deste trabalho.

Ao Dr. Hélio de Carvalho Vital do IPD/CTEX, pelos cálculos das doses empregadas e acompanhamento do processo de irradiação.

Ao professor Eurípedes Menezes Barsanulfo, por toda ajuda prestada desde o meu ingresso nesta instituição.

Ao professor José Carlos Polidoro, pela ajuda nas análises estatísticas deste trabalho.

Aos funcionários da secretaria da Pós-Graduação, Jairo e Gisele, pela paciência, bom humor, simpatia, educação e alegria.

Aos meus queridos pais Mário José Floriano e Zélia Floriano de Jesus pelo apoio, educação e principalmente por tudo aquilo que sou hoje.

Aos meus queridos irmãos Alessandro, Juliana, Mário Júnior, Jobert, Everton Felipe e Iaska Thaís.

A Ises dos Santos Queiroz, pela ajuda prestada no desenvolvimento deste trabalho, pela alegria e principalmente pelo amor e carinho demonstrado.

A amiga Aline da Silva Santiago, pela ajuda no decorrer dos anos e também no desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos Antônio Carlos Torres da Costa e Elvis Rodrigues de Lima, pela amizade e apoio.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização desta dissertação.

## **BIOGRAFIA**

Cristiano Magela Floriano, filho de Mário José Floriano e Zélia Floriano de Jesus, nasceu em Conceição do Mato Dentro, estado de Minas Gerais em 03 de Abril de 1974. Formou-se em Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal De São João Evangelista – MG, no ano de 1992. Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em 11 de Novembro de 2000. Foi monitor da disciplina Entomologia e Parasitologia Aplicada no período de maio de 1999 a janeiro de 2000, bolsista de Pré-iniciação Científica da Capes no Departamento de Entomologia e Fitopatologia da UFRRJ, entre março de 1996 a dezembro de 1996. Ingressou no curso de Pós-graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado do Departamento de Fitotecnia – Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro no ano de 2002.

## RESUMO

FLORIANO, Cristiano Magela. **Conservação pós-colheita de frutos do maracujazeiro-doce irradiados. 2004. xp, Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica RJ, 2004.**

O Brasil tem se destacado como grande produtor de frutas, especialmente as tropicais e subtropicais. O maracujazeiro pertence à família *Passifloraceae* e à ordem Passiflorales. O gênero *Passifloras* é composto de pelo menos 400 espécies, todas elas originadas da América Tropical e pertence ao sub-gênero *Granadilla*, série *Quadrangulares*. A *Passiflora alata* Curtis é uma espécie indígena e de ocorrência bastante generalizada no Brasil onde é também conhecida vulgarmente por maracujá-doce entre outros nomes. No Brasil, a espécie é encontrada da Bahia até o Rio Grande do Sul, apresentando boa adaptação às condições edafoclimáticas. Considerando o potencial de mercado, uma especial atenção deve ser dada na pós-colheita de maracujá-doce. Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento pós-colheita de frutos do maracujazeiro-doce (*Passiflora alata* Curtis) submetidos à aplicação de diferentes doses de radiação gama visando aumento do período de conservação com manutenção de qualidade e sanidade. O presente trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Fitotecnia – Instituto de Agronomia da UFRRJ com frutos obtidos no Sítio do Maracujá-doce, no município de Paty do Alferes. Após serem selecionados, os mesmos foram transportados até o Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento para serem irradiados. Os frutos receberam os seguintes tratamentos: Irradiação com fonte de Césio 137 ( $^{137}\text{Cs}$ ) nas doses de 0,1; 0,2; 0,5 e 1,0 kGy. Após o tratamento, todos os frutos foram armazenados em temperatura de 12°C e 90% de UR. Foram feitas avaliações de 4 em 4 dias através de determinações de aparência, perda de massa fresca, firmeza apical e equatorial, sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, ácido ascórbico e longevidade dos frutos. Todos os frutos, independente da dose de radiação gama a que foram submetidos apresentaram alterações na aparência no decorrer do período de armazenamento e tiveram tendência a perda de firmeza tanto firmeza apical quanto firmeza equatorial. Houve uma pequena variação no teor de sólidos solúveis totais, sendo que o processo de irradiação levou os frutos de maracujá-doce a um comportamento não tradicional, não apresentando a uma tendência única de acúmulo ou de redução de sólidos solúveis totais. Conclui-se que as doses mais baixas favoreceram ao aumento do período de conservação com manutenção da qualidade e sanidade dos frutos do maracujazeiro doce durante o período de 28 dias de armazenamento dos frutos.

**Palavras chave:** *Passiflora alata* Curtis, tratamento, radiação gama.



## ABSTRACT

**FLORIANO, Cristiano Magela. Conservation post-harvest fruit of passion sweet-fruit irradiated. 2004. 51p, Dissertation: Master in Fitotecnia. Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica RJ, 2004.**

Brazil has been highlighted as a major producer of fruits, especially tropical and subtropical. The passion fruit belongs to the family PASSIFLORACEAE and order PASSIFLORALES. The gender PASSIFLORAS is composed of at least 400 species, all originated from Tropical America and belongs to the sub-gender GRANADILLA, Quadrangles serie. The PASSIFLORA ALATA CURTIS is a native species and fairly widespread occurrence in Brazil where it is also commonly known by passion sweet-fruit among other names. In Brazil, the species is found from the State Bahia all the way to the State of Rio Grande do Sul, showing good adaptation to the conditions EDAFOCLIMÁTICAS. Considering the market potential, special attention should be given in post-harvest of passion sweet-fruit. This task aims to evaluate the behavior post-harvest of the passion sweet-fruit (PASSIFLORA ALATA CURTIS) submitted to the application of different doses of radiation gamma aimed at increasing the conservation period, with maintenance of quality and health. This work was developed in post-harvest in the laboratory of the Department of FITOTECCNIA - Institute of Agriculture UFRRJ with fruits collected at the Site of Passion sweet-fruit, in the municipality of Paty do Alferes. After being selected, they were transported to the Office of Research and Development to be irradiated. The fruits received the following treatments: Irradiation with source of Césio 137 (137Cs) at doses of 0.1, 0.2, 0.5 and 1.0 kGy. After treatment, all fruits were stored at a temperature of 12 C and 90% UR. Assessments were made every 4 days through determinations of appearance, loss of fresh weight, firmness equatorial and apical, soluble solids, pH, total titratable acidity, ascorbic acid and longevity of the fruits. All fruits, regardless of the dose of gamma radiation that were submitted showed changes in appearance during the period of storage and tended to loss both firmness as well firmness apical and equatorial. There was a small variation in levels of soluble solids, and the process of irradiation led the fruits of sweet passion fruit to no traditional behavior, not only showing a trend of accumulation or reduction of soluble solids total. It follows that the lower doses favored to increase the conservation period with maintaining the health and quality of the fruits of fresh passion fruit during the 28 days of storage fruits.

**Keywords:** Passiflora alata Curtis, treatment, gamma radiation.

## ÍNDICE DE TABELAS

	<b>Pág.</b>
Tabela 1	Valores médios de aparência (notas) para frutos do maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C ..... 21
Tabela 2	Valores médios de firmeza apical (libras/cm <sup>2</sup> ) para frutos do maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C ..... 26
Tabela 3	Valores médios de firmeza equatorial (libras/cm <sup>2</sup> ) para frutos do maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C ..... 27
Tabela 4	Valores médios de perda de massa fresca (%) para frutos do maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C ..... 29
Tabela 5	Valores médios de sólidos solúveis totais (°Brix) para frutos do maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C ..... 31
Tabela 6	Valores médios de pH para frutos do maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C ..... 33
Tabela 7	Valores médios de acidez total titulável (% de ácido cítrico) para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C ..... 35
Tabela 8	Valores médios ácido ascórbico (mg/100g de polpa) de para frutos do maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C ..... 37

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Irradiador do tipo cavidade, com fonte de cézio-137 auto recolhível, controlado por um sistema eletro-eletrônico, de propriedade do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – IPD/CTEX – Ministério do Exército, localizado em Guaratiba – RJ .....	15
Figura 2. Critério de notas (1 a 5) utilizado para avaliação dos frutos do maracujazeiro doce ( <i>Passiflora alata</i> Curtis) submetidos a diferentes doses de radiação gama .....	19
Figura 3. Valores médios de aparência (notas) para frutos do maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C .....	22
Figura 4. Aparência inicial dos frutos do maracujazeiro doce ( <i>Passiflora alata</i> Curtis) submetidos a diferentes doses de radiação gama .....	23
Figura 5. Aparência final dos frutos do maracujazeiro doce ( <i>Passiflora alata</i> Curtis) submetidos a diferentes doses de radiação gama após 24 dias de armazenamento a 12°C e 90% de umidade relativa .....	24
Figura 6. Valores médios de firmeza apical (libras/cm <sup>2</sup> ) para frutos do maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C .....	26
Figura 7. Valores médios de firmeza equatorial (libras/cm <sup>2</sup> ) para frutos do maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C .....	27
Figura 8. Valores médios de perda de massa fresca (%) para frutos do maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C .....	29
Figura 9. Valores médios de sólidos solúveis totais (°Brix) para frutos do maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C .....	31
Figura 10. Valores médios de pH para frutos do maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C .....	33
Figura 11. Valores médios de acidez total titulável (% de ácido cítrico) para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C .....	35
Figura 12. Valores médios ácido ascórbico (mg/100g de polpa) de para frutos do maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C .....	37
Figura 13. Valores estimados da longevidade para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12°C.....	38

## LISTA DE QUADROS

**Pág.**

Quadro 1. Funções da Irradiação de Alimentos .....	11
--	----

## SUMÁRIO

	<b>Pág.</b>
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	03
2.1 Aspectos Gerais Sobre a Cultura do Maracujazeiro doce.....	03
2.1.1 Aspectos Econômicos e Sociais da Cultura.....	03
2.1.2 Aspectos Botânicos da Cultura.....	03
2.1.3 Características Físico-químicas dos Frutos.....	04
2.1.4 Colheita e Mudanças Pós-colheita dos Frutos.....	05
2.1.5 Conservação Pós-colheita dos Frutos.....	07
2.2 Irradiação de Alimentos. ....	08
2.2.1 Conceitos de Irradiação.....	08
2.2.2 Histórico.....	09
2.2.3 Aplicação da Irradiação.....	10
2.2.4 Principais Efeitos sobre os Alimentos.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	15
3.1 Origem, Colheita e Tratamento dos Frutos .....	15
3.1.1 Experimento Preliminar.....	15
3.1.2 Experimento Principal.....	16
3.2 Determinações Físicas e Físico-químicas.....	16
3.2.1 Aparência .....	16
3.2.2 Firmeza Apical e Equatorial.....	17
3.2.3 Perda de Massa Fresca .....	17
3.2.4 Sólidos Solúveis Totais .....	17
3.2.5 pH .....	17
3.2.6 Acidez Total Titulável .....	17
3.2.7 Ácido Ascórbico .....	17
3.2.8 Longevidade dos Frutos.....	18
3.3 Delineamento Experimental .....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	20
4.1 Experimento Preliminar.....	20
4.2 Experimento Principal.....	20
4.2.1 Aparência .....	20

4.2.2 Firmeza Apical e Equatorial.....	25
4.2.3 Perda de Massa Fresca .....	28
4.2.4 Sólidos Solúveis Totais .....	30
4.2.5 pH .....	32
4.2.6 Acidez Total Titulável .....	34
4.2.7 Ácido Ascórbico .....	36
4.2.8 Longevidade dos Frutos.....	38
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	39
6. CONCLUSÕES.....	40
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem se destacado a nível mundial como grande produtor de frutas, especialmente as tropicais e subtropicais como: mamão, manga, maracujá, abacaxi, banana, goiaba, citros, dentre muitas outras. O consumo de frutas frescas tem uma participação significativa no volume comercializado, chegando aos dias de hoje a representar 60% a 70% do total da produção.

O setor de frutas constitui-se num dos mais promissores nesta virada de século. Mudanças nos padrões de demanda, tanto em nível doméstico brasileiro quanto no exterior, acompanhado por progressos tecnológicos, têm permitido o crescimento do mercado de frutas e derivados a taxas superiores às dos demais produtos alimentares (BRUKNER, 2001).

Tanto no mercado interno quanto no internacional, segundo estimativas da Food and Agriculture Organization (FAO), verifica-se o aumento do consumo de suco de frutas tropicais, dentre os quais se destaca o suco de maracujá amarelo, devido ao seu sabor exótico e marcante (SILVA, 1999).

Recentes informações econômicas sobre a cultura do maracujazeiro relatam que esta fruta encontra-se em expansão no Brasil. Com aproximadamente 30 mil hectares, o Brasil é o maior produtor mundial do maracujá, entretanto, ainda não explora toda a potencialidade econômica desse fruto tropical (CANÇADO JÚNIOR et al., 2000). A espécie *Passiflora alata* Curtis se caracteriza por apresentar frutos com elevado valor nutritivo, boas qualidades gustativas, tamanho e aparência externa de grande aceitação, mostrando ser uma opção apropriada para ocupar não somente o mercado interno, no qual seus frutos atingem de R\$ 0,50 a 1,00/unidade, como também o mercado externo de frutos “in natura” (VASCONCELLOS, 1991).

No estado do Rio de Janeiro a cultura do maracujá-doce apresenta-se restrita a pequenas propriedades, sendo uma fruta desconhecida da maioria da população, com uma área de produção e comercialização incipientes. Já no estado de São Paulo, a área cultivada com maracujá-doce é estimada em cerca de 200 ha, com uma produtividade média de 25 a 30 ton/ha, segundo KAVATI et al. (1998).

O cultivo do maracujazeiro doce vem apresentando aumento crescente em área de exploração comercial, bem como no seu volume comercializado. Segundo BRUKNER (2001), as informações econômicas relacionadas à cultura do maracujá-doce, têm como base os dados obtidos pela CEAGESP-SP, onde se comercializam frutos produzidos no estado de São Paulo e em outros estados. Na década de 80, na CEAGESP-SP, além da produção paulista, foram comercializados frutos provenientes principalmente de estados do norte e nordeste. Já na década de 90, a participação de outros estados variou entre 5 a 15%.

A espécie *Passiflora alata* Curtis se caracteriza por apresentar frutos com elevado valor nutritivos, boas qualidades degustativas, tamanho e aparência externa de grande aceitação, mostrando ser uma opção apropriada para ocupar não somente o mercado interno, no qual seus frutos atingem de R\$ 0,50 a R\$ 1,00/unidade, como também o mercado externo de frutos “in natura” (VASCONCELLOS, 1991).

O desperdício de alimentos no Brasil ocorre mesmo nos momentos de crise, e alguns estudos estimam em mais de 30% as perdas de produtos hortícolas, nas fases de manuseio, transporte, armazenagem e comercialização. A redução das perdas pós-colheita que ocorrem anualmente nas diferentes etapas de obtenção dos alimentos, desde a produção até o consumo, é uma medida para alterar o padrão de crescimento do desequilíbrio entre a população e a oferta de alimentos (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Atualmente, com o mercado consumidor cada vez mais exigente, verifica-se que os frutos de boa qualidade são essenciais, e junto com a preocupação da qualidade comercial,

está à necessidade de técnicas pós-colheita, que propiciem aumento da vida útil do fruto, ou seja, aumento da vida de prateleira.

O maracujá-doce se caracteriza pela difícil conservação pós-colheita, portanto um melhor conhecimento de sua fisiologia possa fornecer subsídios para manter sua qualidade.

De acordo com CHITARRA & CHITARRA (1990) a vida de armazenamento de diferentes frutos, em geral, varia inversamente à taxa de respiração, já que esta indica a rapidez com que mudanças bioquímicas ocorrem. Os avanços nos estudos da fisiologia pós-colheita tornou-se um ramo muito importante na horticultura e na fisiologia vegetal tendo contribuído grandemente para que produtos de origem vegetal possam ser armazenados por mais tempo, chegando frescos à mesa de consumidores em qualquer parte do mundo.

Com a evolução dos processos tecnológicos de conservação de alimentos, observou-se há mais de meio século, as radiações gama do Cobalto-60 ( $^{60}\text{Co}$ ) ou do Césio-137 ( $^{137}\text{CS}$ ) ou mesmo os elétrons acelerados são capazes de inibir a proliferação de organismos patogênicos (KAFERSTEIN, 1993) e prolongar a vida útil, principalmente em frutas (LOAHARANU, 1994). Esta técnica mostra-se promissora e de suma importância em nosso país, através de sua contribuição na redução de perdas pós-colheita dos frutos, na desinfestação de alimentos e na possibilidade de melhorar a oferta de alimentos (LIMA et al., 2001).

Para que a irradiação tenha sucesso, é necessário adequar a dose aplicada a cada fruto, de modo a evitar reações indesejáveis como amolecimento indiscriminado ou escurecimento da casca, devendo-se levar em consideração a cultivar, tamanho e estágio de amadurecimento dos frutos, uma vez que a eficácia do tratamento varia com estas características (IADEROZA et al., 1988; MURRAY, 1990).

Desta forma, este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento pós-colheita de frutos de maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis) submetidos à aplicação de diferentes doses de radiação gama, visando o aumento do período de conservação com manutenção de qualidade e sanidade.



## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos Gerais Sobre a Cultura do Maracujá-Doce (*Passiflora alata* Curtis)

Este tópico aborda as principais características econômicas e sociais, botânicas e fisiológicas da espécie *Passiflora alata* Curtis, bem como aspectos relacionados à colheita, mudanças pós-colheita e armazenamento destes frutos.

#### 2.1.1 Aspectos Econômicos e Sociais da Cultura

A cultura do maracujá tem despertado grande interesse dos fruticultores, face à sua rápida produção em relação a outras frutíferas e a sua grande aceitação no mercado, para consumo *in natura* e para a industrialização, apresentando importância pela qualidade organoléptica e farmacoterapêutica de seus frutos, além de ser uma frutífera de ciclo relativamente curto e de fácil manejo, com retornos econômicos rápidos.

Segundo VASCONCELLOS et al. (2001), a expansão do cultivo do maracujazeiro doce não tem sido acompanhada pela geração tecnológica, sendo que geralmente as novas técnicas estão apoiadas nas informações disponíveis para o cultivo do maracujá amarelo.

As informações referentes à área cultivada com maracujá-doce nos levantamentos estatísticos quanto à produção e comercialização são muito difíceis, visto que não há separação, nos levantamentos estatísticos, entre o cultivo do maracujazeiro amarelo e doce, existindo também a dificuldade do conhecimento sobre a proporção da produção comercializada diretamente.

Apesar de ser uma fruta pouco conhecida da maioria da população, atinge preços entre US\$0,5 a US\$1,0 por fruta. Os frutos apresentam maiores picos de comercialização em dezembro/janeiro mantendo a sua oferta alta e constante de abril a maio, ocorrendo o menor volume de comercialização em outubro/novembro (VASCONCELLOS & CEREDA, 1994).

O maracujá-doce já pode ser considerado a segunda espécie em importância econômica dentre as espécies de maracujá (OLIVEIRA et al. 1994). Pode ser utilizado na forma de suco processado, apesar seu sabor ter sido considerado um pouco enjoativo neste caso (OLIVEIRA et al, 1982; SILVA & TASSARA, 1996). O mercado *in natura* tem sido o destino, tendo em vista que seus frutos apresentam polpa com odor forte e agradável e sabor doce, sub-ácido e aromático (MELETI et al 1992). As características do maracujá-doce quanto ao tamanho, à coloração externa, aroma e qualidades gustativas tornam-no bastante aceitáveis pelos consumidores, não somente do mercado interno como também para exportação.

Quanto aos aspectos sociais, verifica-se que a cultura do maracujazeiro caracteriza-se por ser uma atividade predominantemente desenvolvida em pequenas propriedades, com tamanho entre 3 e 5 hectares e mão-de-obra eminentemente familiar. Tais fatos demonstram que a cultura do maracujazeiro, como a maior parte das culturas frutíferas, pode ser uma boa alternativa para os pequenos proprietários, contribuindo sobremaneira para valorizar o trabalho dos agricultores familiares (RUGGIERO et al.,1996).

#### 2.1.2 Aspectos Botânicos da Cultura

Devido às suas propriedades terapêuticas, a planta possui valor medicinal significativo. Em virtude da beleza e da característica física de suas flores, a planta foi relacionada com a “Paixão de Cristo”. Desse detalhe surgiu o nome do seu gênero botânico, *passio* equivalente à paixão e *flos oris* que equivale à flor (CANÇADO JÚNIOR et al., 2000).

O maracujazeiro pertence à família Passifloraceae Juss. ex DC., da ordem Violales (CRONQUIST, 1988). Essa família compreende 12 gêneros e cerca de 600 espécies, com distribuição principalmente nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (MABBERLEY, 1997). Entretanto, a maioria dessas espécies ocorre nas regiões tropicais das Américas e da África (CRONQUIST, 1981). O gênero *Passiflora* é composto de cerca de 450 espécies, encontradas predominantemente no neotrópico. Deste total, cerca de 150 relatadas são da região Centro-Norte do Brasil que é o seu maior centro de dispersão (LEITÃO FILHO & ARANHA, 1971; CORRÊA et al., 1979), sendo utilizadas como ornamento, alimento e medicamento (GAMARRA ROJAS & MEDINA, 1995).

Das 150 espécies, mais de 60 produzem frutos que podem ser aproveitados como alimentos na forma de doces, licores e refrescos (MARTIN & NASAKONE, 1970; TEIXEIRA et al, 1994) sendo que *Passiflora edulis f. flavicarpa* L. e *Passiflora alata* Curtis estão entre as mais importantes comercialmente.

A *P. alata* é uma espécie indígena e de ocorrência bastante generalizada no Brasil onde é também conhecida vulgarmente por maracujá-doce, maracujá de refresco, maracujá de comer, maracujá-alado (MEDINA, 1980) ou maracujá-guaçu (LEITÃO FILHO & ARANHA, 1974). Esta espécie pertence ao sub-gênero *Granadilla*, série *Quadrangulares* (KILLIP, 1938).

De acordo com KILLIP (1938) a *P. alata* está distribuída no nordeste do Peru e no leste do Brasil. No Brasil, a espécie é encontrada da Bahia até o Rio Grande do Sul, apresentando boa adaptação às condições edafoclimáticas (OLIVEIRA et al 1980).

Uma série de equívocos foi cometida em relação ao autor de *P. alata*, desde as obras taxonômicas mais antigas. Apenas recentemente os equívocos foram corrigidos, sendo que BERNACCI & VITTA (1999); NUNES *et al.*, (2001) citados por BERNACCI et al (2003), foram às únicas obras que mencionaram *Passiflora alata* corretamente, em relação ao autor, ao ano e à "obra principes", passando então a ser chamada de: *Passiflora alata* Curtis.

MEDINA (1980) relata que *P. alata* Curtis é uma trepadeira vigorosa, com caule quadrangulado e fortemente alado, possuindo folhas inteiras de 8 a 15 cm de comprimento, com 2-4 glândulas no pecíolo e as suas flores, formadas nas axilas das folhas, são grandes, pesadas e pendentes. Estas foram analisadas por JANSEN (1968), ROSSINI (1977) e VASCONCELLOS (1991), apresentado respectivamente diâmetros de 10,0 a 11,0; 8,0 a 12,7 e de 10,3 a 12,8 cm, e de 1 a 2 cm entre a antera e a corola.

O fruto do maracujazeiro é classificado como uma baga com epicarpo, às vezes lignificado, e mesocarpo com espessura que varia de 0,5 a 4,0 cm. O tamanho e o formato dos frutos são diferenciados conforme a espécie (SILVA & SÃO JOSÉ, 1994).

De acordo com VASCONCELLOS & CEREDA (1994), os frutos de *Passiflora alata* Curtis apresentam formato arredondado, oblongo e periforme, com predominância deste último. Quanto à polpa também apresenta variação com relação ao teor de sólidos solúveis, coloração e sabor de suco e qualidades degustativas.

### 2.1.3 Características Físico-Químicas dos Frutos

Uma caracterização efetiva dos frutos é dificultada em virtude dos vários fatores que alteram a sua composição, tais como os de origem genética, condições climáticas, condições de solo, fertilizantes, modo de cultivo, grau de amadurecimento, data de colheita e duração de armazenamento (CAMBRAIA et al., 1971; HOLANDA et al., 1988).

OLIVEIRA et al. (1982) citam que o maracujá-doce é uma espécie polimorfa, apresentando variações quanto ao formato, peso e coloração da casca. Ao compararem cinco introduções de maracujá-doce, os mesmos autores constataram as seguintes variações nas características dos frutos: peso médio de 89,0 a 195,0 g; comprimento de 6,85 a 10,13 cm;

largura de 4,75 a 6,93cm e rendimento de polpa de 14,01 a 17,46% (p/v). Frutos analisados por VASCONCELLOS (1991) apresentaram valores de peso de frutos de 156,0 a 320,0 g; comprimento de 9,32 a 12,73 cm; a largura de 6,97 a 8,79 cm. MELETTI et al., (1992) apresenta frutos da espécie *P. alata* Curtis, com peso médio de 128,3 g; diâmetro de 6,6cm e comprimento de 8,9cm. VASCONCELLOS et al. (1993) relatam os seguintes valores: peso médio de 270g; comprimento médio de 9,91 cm; largura média de 8,29 cm; 290 sementes/fruto; 24,22% de polpa e 75,78% de casca. Já em trabalho realizado por ANSELMO et al. (1998), observaram peso médio de fruto variando de 135 a 305g e rendimento de suco variando de 19,6 a 24,0%.

Segundo RUBERTÉ-TORRES & MARTIN (1974); OLIVEIRA et al., (1982) o diâmetro polar e equatorial é de 10,5 e 7,8 cm respectivamente. A casca tem espessura variada entre 8 a 12mm (ROSSINI, 1977) e tem coloração amarela predominantemente alaranjada e textura macia.

As espécies cultivadas apresentam de 200 a 300 sementes no interior do fruto. O rendimento em suco está relacionado com o número de óvulos fecundados. Este rendimento em suco varia entre 14,01% a 21,30% na espécie *P. alata* Curtis (OLIVEIRA et al, 1982), enquanto para VASCONCELLOS et al. (1993), este rendimento foi de apenas 12,49%.

PRUTHI (1963) observou uma significativa relação positiva entre o peso do fruto e de seus componentes (suco, casca e resíduos) e a acidez total titulável (ATT), bem como com a relação sólidos solúveis totais e a acidez total titulável (SST/ATT); no entanto ocorreu uma relação negativa entre o peso do fruto e a acidez.

ARAÚJO et al. (1974), verificaram aos 60 dias após a antese as maiores porcentagens para SST (17%), sendo que no valor do final da maturação, ocorreu um decréscimo de SST da ordem de 13% em relação ao valor máximo atingido aos 60 dias após a antese e, que essa queda é consequência do aumento da atividade respiratória, que é um processo que utiliza os açúcares como substrato. A mesma tendência foi observada por ARJONA & MATA (1991) com relação à sacarose, aumentando o teor de glicose e frutose, mantendo-se praticamente constante quanto ao SST, entre os 55 e 60 dias após antese e posteriormente durante o armazenamento até os 80 dias após antese.

Segundo SILVA (1999), o maracujá-doce, possui suco com teores médios de 16,25°Brix, 0,49g de ácido cítrico, pH de 3,31 e para o teor de ácido ascórbico, SILVA et al. (1998) encontraram teores médios de vitamina C de 18,20mg/100g de suco.

#### **2.1.4 Colheita e Mudanças Pós-Colheita dos Frutos**

Segundo VASCONCELLOS & CEREDA (1994), a colheita dos frutos varia de 71 a 96 dias da polinização, sendo o período mais longo, quanto menor for a temperatura média do ambiente. Recomenda-se como ponto ideal para a colheita do maracujá-doce o momento de mudança de coloração verde clara para amarelada na parte apical dos frutos, permitindo que estes cheguem aos consumidores sem apresentarem danos e com coloração amarela e odor atrativo (VASCONCELLOS, 2000).

Diferentemente do maracujazeiro amarelo e roxo, no maracujá-doce não ocorre à abscisão dos frutos, os quais devem ser colhidos por meio de corte do pedúnculo. O maracujá-doce, uma vez maduro, permanece apto para a colheita por alguns dias, porém, devido ao seu aroma agradável, atrai diversos insetos. O procedimento de colheita do fruto na planta é então obrigatório, uma vez que o fruto não forma camada de abscisão. Após o corte do pedúnculo, devem-se eliminar os restos florais persistentes (OLIVEIRA et al., 1980).

De acordo com VASCONCELLOS (2000), os frutos são colhidos cortando-os, mantendo-se pelo menos 5 cm do pedúnculo. Quando da seleção dos frutos por aspecto externo (danos, perfurações), faz-se à redução do pedúnculo rente ao fruto. Estes são então

classificados por grau de maturação e por tamanho, sendo classificados em tipos, de acordo com o número de frutos contidos em caixetas de papelão.

Desde o amadurecimento, o fruto do maracujá apresenta importantes mudanças em suas características (ARAÚJO et al., 1974). No maracujá amarelo há inicialmente um predomínio da cor verde misturadas com áreas brancas, e, no final, sua cor é amarela-intensa de distribuição uniforme (MANICA, 1981).

De acordo com SIGRIST (1988), durante o amadurecimento e após a colheita, os frutos passam por modificações físicas e químicas em suas características que os tornam adequados ao consumo. Das mais importantes, cita-se o aumento da pigmentação, diminuição da firmeza e acidez, e aumento no teor de sólidos solúveis e açúcares.

A relação Sólidos Solúveis Totais/Acidez Total Titulável – SST/ATT, é utilizada na determinação do estágio de maturação. GAMARRA & MEDINA (1996) sugerem este índice como parâmetro de referência para a colheita de frutos no estágio verde-maduro, anteriores à queda do fruto, objetivando o aumento da vida de prateleira, sendo necessário esperar que a relação atinja um mínimo aceitável para que, após a completa maturação, o fruto possa ser comercializado.

Segundo CHITARRA & CHITARRA (1990), a relação SST/ATT é uma das melhores formas de avaliação do sabor do fruto, ressaltando a importância da definição de valores críticos para a correta interpretação desta relação na obtenção do sabor satisfatório, o que depende de valores absolutos individuais. Para KIMBALL & BOXC, (1984) esta relação é até mais importante que os valores tomados isoladamente.

A espessura de sua casca diminui gradualmente, com o avanço do estágio de maturação, e a coloração do suco muda de amarela para amarelo-escuro e finalmente para amarela-alaranjada. POCASANGRE et al (1995) identificaram que o início das mudanças na cor externa desta fruta acontece antes do começo da ascensão climática, quando há rápida transição da cor verde-amarelada para a amarelada.

Segundo BROWN et al. (1988), o aumento na atividade respiratória em frutas tropicais é acompanhado por modificações rápidas na composição química, tornando o sabor e o aroma muito agradáveis e causando um decréscimo muito rápido na firmeza da polpa.

De acordo com BEN-ARIE & ZUTKHI (1992), os fatores ambientais são determinantes para a perda de água dos vegetais alterando a taxa de transpiração, sendo a temperatura e a umidade os principais fatores de influência. O conteúdo de água situa-se entre 80-95% para a maioria dos frutos, portanto, a qualidade dos frutos é resultante da perda de água. Tais perdas podem ser reduzidas pela manutenção da alta umidade relativa, abaixamento da temperatura e remoção do calor da respiração do fruto (PANTASTICO, 1975; BLEINROTH, 1986).

CHITARRA & CHITARRA (1990) preconizam uma perda de massa fresca em torno de no máximo 10 % para frutos e hortaliças a fim de que não haja prejuízo em termos de aparência durante o armazenamento pós-colheita.

De acordo com CHITARRA & CHITARRA (1990), a respiração é a forma que o fruto utiliza para transformar suas reservas de matéria orgânica em energia para se manter vivo. Esse processo consome carboidratos, transformando-os através de reação de oxidação em água, CO<sub>2</sub> e energia. Parte da energia é utilizada pelo fruto, mas a maior parte é liberada na forma de calor, denominado calor vital. Se o calor não for removido, há um aumento de temperatura do fruto, que provoca perda de água por transpiração e aumento na velocidade das reações químicas, tendo como resultado a rápida perda de qualidade.

Portanto, a intensidade respiratória das frutas tropicais após a colheita, está intimamente relacionada com a temperatura (SIGRIST, 1992). Em frutos climatéricos como o maracujá, o abaixamento da temperatura retarda o pico climático e reduz sua intensidade (CHITARRA & CHITARRA, 1990). Além disso, quanto mais curto o intervalo entre a

colheita e a diminuição da temperatura dos frutos até o nível ideal, melhor e mais longa será a sua conservação (AWAD, 1993). O maracujá-doce apresenta padrão climatérico de respiração, com pico máximo respiratório identificado no sétimo dia de armazenamento.

Durante o amadurecimento de muitos frutos, o amolecimento é ocasionado provavelmente por mudanças na atividade de enzimas presentes nas células, que, juntamente com a perda de água, contribuem para as mudanças de textura (FISCHER & AMADO, 1994). Em frutos, já está bem estabelecido que as mudanças texturais, em grande parte resultado da hidrólise mediada por mecanismos enzimáticos, de certo modo, influenciam a arquitetura da parede celular (SEYMOR et al, 1993, FRY, 1995). De acordo com O'DONOGHUE et al., (1997) a mudança de textura associada ao amadurecimento do fruto é influenciada fortemente por modificações na estrutura e composição de parede celular. No amadurecimento do fruto tem sido mostrado que por microscopia eletrônica, a dissolução da região da lamela média bem como a desordem geral do material remanescente ainda não está clara.

### 2.1.5 Conservação Pós-Colheita dos Frutos

De acordo com VIEITES & BEZERRA (1996) a aparência é o critério mais utilizado pelos consumidores, para avaliar a qualidade dos frutos. No caso do maracujá, um dos maiores problemas é a ocorrência de rápido murchamento, conferindo má aparência da casca em três a quatro dias, dependendo da temperatura de armazenamento.

FILGUEIRAS et al., (1996) preconizam que o papel do armazenamento de frutos é deter pelo maior tempo possível as modificações decorrentes do processo de amadurecimento.

Considerando o potencial de mercado, uma especial atenção deve ser dada na pós-colheita de maracujá-doce, principalmente com relação aos maiores cuidados exigidos no manuseio dos frutos e de suas características próprias de *flavor*.

O maracujá amarelo é um fruto considerado de difícil conservação, pois, aliado ao murchamento, com a conseqüente perda de peso e enrugamento da casca, apresenta susceptibilidade a podridões e a fermentação da polpa (PRUTHI 1963, citado por DURIGAN, 1998).

A temperatura de armazenamento é o fator ambiental mais importante não só do ponto de vista comercial, como também por controlar a senescência, uma vez que regula as taxas de todos os processos fisiológicos e bioquímicos associados (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

A utilização de mecanismos que reduzam as taxas de transpiração, como a elevação da umidade relativa do ar, o uso de aditivos na superfície dos frutos, a utilização do resfriamento e a utilização de embalagens adequadas, podem aumentar o período de armazenamento do maracujá (CASTRO, 1994), tornando-se necessário o estabelecimento de critérios para uma melhor definição do ponto de colheita do maracujá, objetivando o aumento do período de conservação pós-colheita.

A utilização de choque a frio reduz a incidência de doenças pela inibição do crescimento de microorganismos, restringe as atividades enzimáticas e respiratórias, inibe a perda de água, retarda a perda de frescor e qualidade e produção de etileno (CHITARRA & CHITARRA, 1990).

Uma alternativa para o aumento do período de armazenamento do maracujá é a utilização de embalagens adequada, dada a modificação da atmosfera que envolve os frutos. Um problema relatado na utilização de embalagens plásticas em maracujá é que, por aumentar a umidade interna delas, favorece o desenvolvimento de microorganismos, fato este que tem restringido o seu uso (SILVA et al, 1999).

O tratamento com cálcio é outra alternativa utilizada na ampliação da vida pós-colheita do maracujá. Segundo AWAD (1993) o cálcio participa de maneira efetiva na

preservação da integridade e funcionalidade das membranas celulares e na consistência firme dos frutos, devido, provavelmente, à sua função de ligação das pectinas ácidas da parede celular e da lamela média.

Em fase experimental está o emprego de fitorreguladores na conservação pós-colheita do maracujá-doce, onde SILVA et al., (1997) verificaram que a citocinina, na concentração de  $20 \text{ mg.L}^{-1}$ , mostrou-se eficiente na manutenção dos níveis de vitamina C e de sólidos solúveis totais durante quatro semanas, em frutos armazenados a  $10^\circ\text{C}$ .

Também o tratamento de frutas e vegetais com radiação ionizante têm como principal finalidade assegurar sua preservação, isto é, aumentar o tempo de conservação do alimento, podendo envolver a inativação de microorganismos, o retardo da maturação e a desinfestação, dentre outros mecanismos (IEMMA et al., 1999).

## **2.2 Irradiação de Alimentos**

Este tópico aborda o uso de irradiação para a conservação de alimentos, principalmente frutas e hortaliças, assim como aspectos relacionados à aplicação deste método.

### **2.2.1 Conceitos de Irradiação**

O desenvolvimento da irradiação de alimentos vem sendo promovido pela Agência Internacional de Energia Atômica (IAEA), pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e pela Organização de Alimentos e Agricultura (FAO), sendo que o Grupo Consultivo Internacional de Irradiação de Alimentos (CGIA) é seu órgão regulamentador para congregar estas três organizações, representando atualmente mais de quarenta países que se interessa por esse assunto, entre estes o Brasil.

De acordo com o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2001), a irradiação de alimentos é um processo físico de tratamento que consiste em submeter o alimento, já embalado ou a granel, a doses controladas de radiação ionizante com finalidade sanitária, fitossanitária e ou tecnológica, sendo comparado à pasteurização térmica, ao congelamento ou enlatamento. Portanto, o alimento irradiado é todo alimento que tenha sido submetido intencionalmente ao processo de irradiação ionizante.

Segundo EHLERMANN, (1990); FOOD IRRADIATION, (1996) a irradiação de alimentos consiste na exposição de um dado material, de origem vegetal e/ou animal, à radiação ionizante, proveniente tanto de uma máquina de feixes de elétrons como de fontes radioativas. Apenas as fontes de Cobalto ( $^{60}\text{Co}$ ) e Césio ( $^{137}\text{Cs}$ ) são usadas comercialmente, devido à produção de raios gama de energia adequada, disponibilidade e custo. À fonte de  $^{60}\text{Co}$  é a mais usada por apresentar-se na forma metálica e ser insolúvel em água, proporcionando assim maior segurança ambiental. A utilização do Césio ( $^{137}\text{Cs}$ ) em escala de irradiação comercial de alimentos é limitada devido à falta de quantidades satisfatórias de  $^{137}\text{Cs}$ . Sendo assim, até este momento a única fonte de raios gama disponível para utilização em instalações comerciais de irradiação é o  $^{60}\text{Co}$  (SATIN, 1997; KILCAST, 1994).

Radiação ionizante é qualquer radiação que ioniza átomos de materiais a ela submetidos, sendo consideradas apenas aquelas de energia inferior ao limiar das reações nucleares que poderiam induzir radioatividade no alimento irradiado (ANVISA, 2001). A radiação gama compõe a parte mais energética do espectro eletromagnético. Outras radiações eletromagnéticas menos energéticas são a ultravioleta, luz visível, infravermelho, microondas ou ondas de rádio usadas na comunicação. A energia produzida pela radiação ionizante oriunda de fontes de  $^{60}\text{Co}$  e  $^{137}\text{Cs}$  não é suficiente para causar radioatividade. Em 18 de abril

de 1986 a FDA concluiu em seu relatório final que a irradiação de alimentos não os torna radioativos (OMS, 1981).

A Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) autoriza para a utilização em estudos de irradiação de alimentos as seguintes fontes: isótopos radioativos emissores de raios gama provenientes do  $^{60}\text{Co}$  e  $^{137}\text{Cs}$ ; raios X gerados por máquinas que trabalham com energias de até 5 MeV e elétrons acelerados, gerados por máquinas que trabalham com energias de até 10 MeV (DIEHL, 1990).

O uso da radiação gama como tecnologia de conservação de alimentos está basicamente ligado a três fatores: tipo de alimento a ser irradiado, dose a ser aplicada e tempo de exposição do alimento à fonte irradiadora (VIEITES, 1998). Segundo UNITED FRESH FRUIT – VEGETABLE ASSOCIATION (1986), para utilizar radiações ionizante na desinfecção de alimentos e no aumento da conservação pós-colheita de frutas e hortaliças, alguns critérios devem ser levados, em conta, a saber: o alimento precisa ter tolerância mais elevada do que o inseto ou o microorganismo; o tratamento requerido deve ser tão ou mais econômico que outros tratamentos efetivos; o tratamento deve ser compatível com os aspectos legais estabelecidos pelas autoridades sanitárias, isto é, deve ser inócuo à saúde do consumidor; e, sobretudo, obedecer à legislação vigente do país importador.

De acordo com O'BEIRNE (1989), no processo de irradiação de alimentos, apenas os raios gama entram em contato com o alimento, sem qualquer risco de contaminação radioativa. As doses de radiação são quantificadas em termos de energia absorvida pelo produto irradiado. A dose de 1 kilogray (kGy) corresponde à absorção de 1 kilojoule por quilograma de produto irradiado. As doses normalmente aplicadas aos alimentos situam-se entre 0,1 a 7,0 kGy.

Segundo VILAS BOAS (2000), a radiação gama a baixas doses tem sido apresentada como incrementadora da vida pós-colheita de frutos, pelo retardo dos processos de amadurecimento e senescência. A dose ótima para a inibição do amadurecimento e a máxima que os frutos podem tolerar difere entre espécies, cultivares e mesmo pelas mesmas cultivares cultivadas em diferentes áreas geográficas e maturidade no momento da colheita. Entretanto, somente o uso da técnica de irradiação não soluciona todos os problemas, ao contrário dos métodos químicos convencionais, a irradiação não possui efeito residual, devendo-se preservar em condições assépticas o alimento após ser irradiado, evitando assim uma nova reinfestação (GCIIA, 1991).

### 2.2.2 Histórico

De acordo com CHEFTEL et al., (1992); NEWSOME, (1987), a utilização da radiação ionizante como um método de conservação de alimentos é relativamente recente, sendo que somente depois da Segunda Guerra Mundial é que começou a ser estudada mais efetivamente, tendo despertando um grande interesse por ser um processo rápido, não elevando consideravelmente a temperatura interna do produto e apresentando os mesmos efeitos conservantes do tratamento pelo calor, por isso sendo denominado em alguns casos como “esterilização a frio”.

Nos Estados Unidos, o processo de irradiação comercial na conservação de alimentos foi utilizado no tratamento de grãos na década de 50 e na esterilização de carnes na década de 60, visando prevenir a contaminação por microorganismos. Em 1964, a FDA aprovou o uso das radiações ionizantes em cereais e tubérculos. E a partir de 1976, vários alimentos foram aprovados pelo *Joint Expert Committee on Food Irradiation* (JECFI) para o emprego da radiação (DIEHL, 1990; OMS, 1995).

No Brasil, e em outros países do 3º mundo, o emprego da irradiação mostra-se muito promissor e de suma importância, através de sua contribuição na conservação, reduzindo as perdas pós-colheita e a possibilidade de melhorar a oferta de alimentos (KILCAST, 1994).

Segundo FELTRE (1983), existem várias formas de energia radiante emitidas de várias maneiras, que pertencem ao chamado espectro eletromagnético das radiações. Essas formas de energia diferem no comprimento de onda ( $\lambda$ ), frequência (f), forma de penetração e outros. DIEHL (1990), relata que no espectro eletromagnético existem dois tratamentos por irradiações: a ionizante e a não-ionizante. As radiações ionizantes são radiações de alta frequência e pequeno comprimento de onda, onde estão incluídos os raios X e gama. Os tratamentos por radiação gama foram classificados em três categorias. São eles:

➤ Radurização: Tratamento do alimento com dose de radiação ionizante suficiente para reduzir substancialmente a quantidade de microorganismos de decomposição, causando um ganho de qualidade. A dose requerida é de 0,4 a 10 kGy.

➤ Radicação: Tratamento do alimento com dose de radiação suficiente para reduzir o número de específicos microorganismos patogênicos (bactérias viáveis e não produtoras de esporos), a níveis não detectáveis pelos métodos de testes radiológicos. Inativa também os parasitas transmitidos por alimentos e a dose requerida se encontra na faixa entre 2 a 8 kGy.

➤ Radapertização: Tratamento do alimento com dose de radiação ionizante suficiente para reduzir o número e a atividade dos microorganismos a níveis bem baixos, não detectáveis por nenhum teste aplicável em alimentos. É conhecido como esterilização, e a dose requerida se encontra na faixa entre 25 a 45 kGy.

Estudos realizados pelo Comitê formado por *Food and Agriculture Organization* (FAO), *World Health Organization* (WHO) e *International Atomic Energy Agency* (IAEA), mostraram que qualquer alimento irradiado na dose média de 10 kGy (10000Gy) é seguro e não induz problemas nutricionais, além de eliminar microorganismos contaminantes dos alimentos e prejudiciais ao homem (OMS, 1981). De acordo com KADER (1986b), a *Food and Drug Administration* (FDA) através de seu regulamento para alimentos irradiados, recomenda doses de até 1 kGy (1000 Gy) no tratamento de frutas e vegetais frescos, com exceção do morango, onde uma dose de 3,5 kGy é sugerida. Desde 1999 concluiu-se que não existe um limite seguro para irradiação. Esta prática já adotada no Brasil, que é o 1º país a adota-lá. De acordo com a OMS a dose mínima é aquela para atingir os objetivos da radiação e a dose máxima é a que não prejudique o alimento irradiado.

### 2.2.3 Aplicação da Irradiação

Atualmente o emprego do processo é permitido por 37 países para mais de 40 variedades de alimentos, sendo que 25 países efetivamente utilizam, visando a desinfestação de grãos de cereais, controle de microorganismos patogênicos e prolongamento da vida-de-prateleira em carnes, frutas e vegetais, desinfestação e maturação de frutas, inibição de brotamento em tubérculos e bulbos, entre outros efeitos (BRADFORD & LOAHARANU, 1993; OMS, 1981).

Trabalho realizado por SILVA & DOMARCO (NC), mostra que a irradiação vem sendo usada como uma medida de segurança para os produtos exportados, com a eliminação de pragas e conservação dos alimentos pela redução ou eliminação da carga microbiana, sendo considerada por vários países uma solução eficaz na redução de organismos patogênicos.

Trabalho realizado por MATIN et al. (1996) demonstraram que o processo de irradiação representa um benefício econômico para a agricultura, através da redução de perdas pós-colheita, desde que estejam em conformidade com as Boas Práticas de Irradiação nas



condições de manipulação, armazenagem e transporte estabelecidos pelas autoridades nacionais ou internacionais.

As boas práticas aplicadas ao processo de irradiação determinam que o alimento seja exposto a uma dose de radiação que assegure a conservação do produto. A dose máxima absorvida deverá ser compatível com a dose tolerada, sem que, no entanto comprometa as características do produto (POTHISIRI, 1993; TAPE, 1992).

O emprego de embalagens nos produtos irradiados, além de proteger os alimentos, deve informar aos consumidores que o alimento foi tratado com irradiação, mostrando os propósitos e funções da irradiação. O rótulo deve possuir o símbolo da irradiação de alimentos e a seguinte frase: “Alimento tratado por processo de irradiação” (POTHISIRI, 1993; LADOMERY, 1993).

De acordo com o Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos (ANVISA, 2001), o tratamento dos alimentos irradiados de ser somente realizado em instalações licenciadas pelas autoridades mediante expedição de Alvará Sanitário, após autorização da Comissão Nacional de Energia Nuclear e cadastramento no órgão competente do Ministério da Saúde.

**Quadro 1** Funções da irradiação de alimentos

TIPO DE ALIMENTO	DOSE EM KGY	EFEITO
Carne, frango, peixe, marisco, alguns vegetais, alimentos preparados	20 – 70	Esterilização. Os produtos tratados podem ser armazenados à temperatura ambiente.
Especiarias e outras frutas	8 – 30	Reduz o número de microorganismos e destrói insetos: substitui produtos químicos
Carne, frango, peixe	1 – 10	Retarda a deterioração, mata alguns tipos de bactérias patogênicas (Salmonela).
Morangos e outras frutas	1 – 4	Aumenta o tempo de prateleira, retarda o aparecimento e mofo.
Grãos, frutas e vegetais	0,1 – 1	Mata insetos ou evita sua reprodução. Pode substituir parcialmente os fumigantes
Banana, abacate, manga, mamão e outras frutas não cítricas	0,25 – 0,35	Retarda a maturação.
Carne de porco	0,08 – 0,15	Inativa a Trinchinela.
Batata, cebola, alho	0,05 – 0,15	Inibe o brotamento

Fonte: Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (2004)

## 2.2.4 Principais Efeitos Sobre os Alimentos

A FAO (1993) estima que 25% de toda a produção mundial é perdida pela ação de insetos, bactérias e roedores. A irradiação é um tratamento pós-colheita que pode ser utilizado tanto para manter o estado fresco dos vegetais; assegurar a conservação e manter suas características normais, além da vantagem de penetrar uniformemente no tecido vegetal. Entretanto, os principais fatores limitantes para o uso da irradiação como tratamento pós-colheita de hortaliças é o alto custo para implantação do sistema (GOMEZ et al., 1999) e o amolecimento de seus tecidos, isto é, a perda de textura que ocorre imediatamente após a irradiação.

Este amolecimento ocorre em função das degradações dos carboidratos e das substâncias pécticas, responsáveis pela textura dos componentes da parede celular dos

vegetais. Como a textura é um importante atributo para a deterioração da qualidade nos vegetais, a dose empregada no processo de irradiação deve ser cuidadosamente estudada antes da aplicação (URBAIN, 1986).

O impacto da irradiação sobre os nutrientes tem sido motivo de muitas pesquisas na área de alimentos, observando-se que as alterações são as mesmas que ocorrem nos outros processos empregados na conservação de alimentos, principalmente no que se refere à oxidação de lipídios, formação de radicais livres, etc. Contudo, na irradiação essas alterações podem ser minimizadas, simplesmente pela mudança das condições de processo, como, por exemplo, o emprego de embalagens com atmosfera modificada. Por isso, o valor nutricional dos alimentos não é significativamente afetado pela irradiação, onde os macronutrientes são relativamente estáveis mesmo, quando os alimentos são expostos a doses mais elevadas, da ordem de 10kGy (NARVAIZ & LADOMERY, 1998; OMS, 1981).

Os micronutrientes, em especial as vitaminas, podem sofrer redução em pequenas proporções pelo emprego de irradiação. A sensibilidade das vitaminas ao processo é variada, dependendo das condições nas quais se irradiam os alimentos. As vitaminas C e B1 são as mais sensíveis no grupo das hidrossolúveis e, as vitaminas E e A as mais sensíveis no grupo das lipossolúveis (KILCAST, 1994).

Diversos pesquisadores vêm relatando as vantagens desta tecnologia, destacando-se entre elas a não presença de resíduos, não sendo necessário o período de carência para o consumo, os frutos podem ser irradiados já na sua embalagem final e são pequenas as perdas nutricionais e de alteração do sabor (GEESON et al., 1991; MORAES, 2000).

SALUNKHE (1961) destaca o uso de radiações ionizantes dentre os vários métodos preconizados, para estender a vida de prateleira de frutas e hortaliças. AHMED (1992) chamou a atenção para a atual necessidade da irradiação de alimentos, dentre eles frutas e hortaliças, condimentos e temperos, para dar aos consumidores não apenas a opção de melhor qualidade, pois podem ser descontaminados pelas radiações, como também oferecer maior variedade de produtos, que assim podem ser consumidos mesmo em épocas não tradicionais, ou seja, fora da época de produção desta fruta.

Associada aos procedimentos pós-colheita normalmente empregados, as radiações-gama, quando utilizadas em pequenas dosagens, têm demonstrado ser uma boa alternativa para aumentar a vida comercial dos frutos, retardando os processos de amadurecimento e senescência, bem como, diminuindo significativamente o apodrecimento causado por patógenos, a exemplo dos fungos e bactérias (KAFFERSTEIN & MOY, 1993).

De acordo com LOAHARANU (1994), as radiações ionizantes produzem pequenas alterações fisiológicas, sobretudo em frutos, levando à redução ou paralisação dos processos de maturação, o que pode acarretar enormes vantagens para os produtores rurais e consumidores, por possibilitar a minimização das perdas por deterioração e até possíveis reduções nos custos com armazenamento. Todavia, MARTIN et al. (1996) demonstraram que essas vantagens obtidas através da redução de perdas pós-colheita, ocorrerão desde que o processo de irradiação esteja em conformidade com as Boas Práticas de Irradiação nas condições de manipulação, armazenagem e transporte estabelecido pelas autoridades nacionais e internacionais.

YOUNG (1965) relata que abacates da variedade Fuerte irradiados no estágio pré-climatérico com doses de 50 e 100 Gy, amadurecem normalmente, ainda que alguns dias mais tardes do que os frutos controle e que os frutos tratados com 500 e 1000 Gy não amadurecem, sendo que há um escurecimento do tecido durante o armazenamento, mesmo estes se mantendo firmes.

Trabalho realizado por ZULETA (1989) em mangas cv. "Tommy Atkins" afirma que a radiação gama pode promover o aumento da vida útil pelo controle de deteriorações causadas por microorganismos e pelo atraso do amadurecimento e da senescência.

DIEHL et al (1991) ao estudarem o efeito da irradiação gama nos valores de vitamina C em batatas, encontraram perdas logo após a irradiação e um declínio nos primeiros meses de armazenamento, entretanto após um período de 6 meses de armazenamento, verificou-se que batatas irradiadas apresentaram valores de vitamina C maiores que as controle, sem irradiação.

DAMAYANTI et al. (1992), prolongou o período de conservação pós-colheita, em abacaxis cv. 'Queen', pelo controle de fungos causadores de podridões, utilizando doses de radiação gama entre 0,05 e 0,25 kGy.

GERMANO et al. (1996) pesquisaram o impacto da irradiação na conservação pós-colheita de abacates e observaram que houve um aumento significativo nos dias de vida de prateleira nos frutos da variedade Fortuna quando irradiados com 0,075 e 0,1 kGy.

O efeito da radiação gama na textura da polpa de mamão foi estudado, concluindo que a dose de 0,5 kGy reteve a firmeza de mamões por 2 a 3 dias, o que significa um aumento de 30 a 50% na vida útil do fruto (DINNOCENZO, 1996).

Estudando o efeito da irradiação nos valores de vitamina C em batatas, GRAHAM & STEVENSON (1997) verificaram que os valores de vitamina C foram reduzidos após a irradiação e entre o 2º e 3º meses de armazenamento, porém depois de 5 meses de armazenamento os valores de vitamina C das batatas irradiadas foram semelhantes aos das batatas não irradiadas, ocorrendo um prolongamento da vida útil das batatas irradiadas.

DOMARCO et al. (1999) estudando a sinergia da radiação ionizante na vida de prateleira da uva 'Itália' constataram que a irradiação afetou as características físico-químicas responsáveis pelo amadurecimento da uva 'Itália', sendo que o aquecimento promoveu uma aceleração no processo de amadurecimento da uva 'Itália', independente da dose de irradiação a que foi submetida.

GOMEZ et al. (1999), estudou o efeito da irradiação gama sobre o metabolismo de carboidratos durante o amadurecimento de mamão, e pode verificar que o processo de irradiação de mamões com 0,5 kGy não afetou o adoçamento dos frutos, já que o teor de açúcares total nos mamões tratado foi apenas cerca de 2% menor em todas as fases do amadurecimento, ou seja, quanto ao aspecto dos carboidratos, mamões podem ser irradiados com 0,5 kGy, sem que seja afetado o adoçamento e o sabor dos frutos.

Em trabalho realizado por IEMMA et al. (1999) no suco natural de laranja, outros autores verificaram que o conteúdo de vitamina C do suco de laranja foi afetado pela dose de radiação, sendo que a radiação gama pode ser eficaz na conservação de suco de laranja porque reduziu a população microbiana do suco armazenado por até 28 horas.

Segundo BRAGA et al (1999), a irradiação do maracujá se mostrou eficiente, preservando a qualidade dos frutos e contendo o processo de amadurecimento, no entanto, recomendaram um estudo da viabilidade econômica deste método de conservação. Os mesmos autores constataram que a dose de 25 Gy manteve as características físico-químicas, não alterou o sabor do suco, proporcionou um maior rendimento de polpa e de suco e acrescentou quatro dias no período de vida útil do maracujá-amarelo. Já a dose de 500 Gy influenciou negativamente a conservação dos frutos, acelerando o amadurecimento.

Estudos realizados por CIA et al. (2000) em uvas 'Itália' recomendando as doses de radiações gama entre 0,5 e 2,0 kGy, no controle de *Botritis cinerea*, em uva 'Itália'.

Ao estudarem o uso de radiação gama na conservação pós-colheita de nectarinas NEVES et al (2002) concluiu que o uso da radiação gama, na dose de 0,4 kGy é útil quanto a uma melhor conservação dos atributos de qualidade da nectarina cv. "Sunred", prolongando seu período de conservação pós-colheita.

SANTIAGO (2003) estudou o efeito do uso de irradiação gama nas doses de 0,3 e 1,0 kGy em frutos de pinha e outros tratamentos pós-colheita e verificou que independente do tratamento a que foram submetidos, todos apresentaram escurecimento de casca, sendo que os

frutos que sofreram irradiação apresentaram um escurecimento mais acentuado e que nenhum tratamento foi totalmente eficiente na retenção do amadurecimento dos frutos.

Segundo SILVA & DAMARCO (NC), o uso de radiação gama nas doses de 0,5 e 0,75 kGy, foi prejudicial à aparência externa de limão Thaiti.

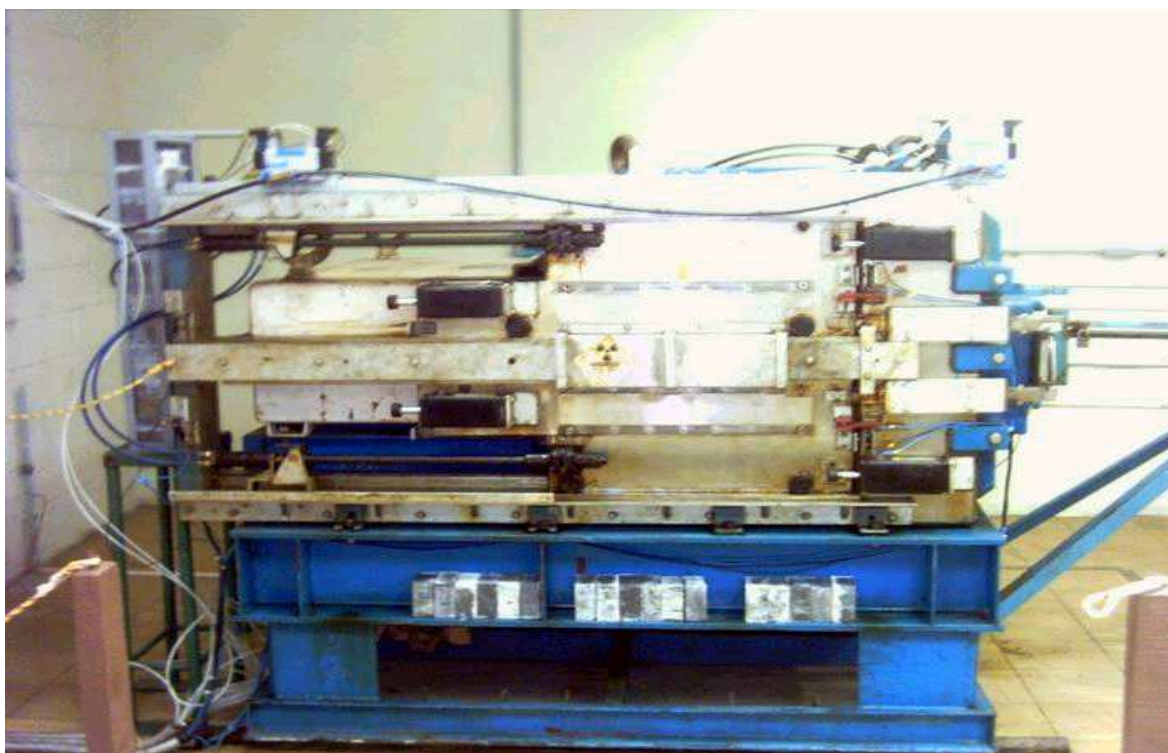
### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Origem, Colheita e Tratamento dos Frutos.

##### 3.1.1 Teste Preliminar

Os frutos utilizados neste teste foram obtidos no Sítio do Maracujá Doce (Arcovezo), com latitude 22° 25' S; longitude 43° 25' W e altitude de 610m, localizado no município de Paty do Alferes – RJ, em fevereiro de 2003. Na ocasião, os frutos apresentavam a coloração amarela esverdeada. Após uma rigorosa seleção, estes foram colocados em caixas de papelão para serem transportados até o Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – IPD/CTEX – Ministério do Exército, localizado em Guaratiba – RJ, para irradiação.

O IPD possui um irradiador (GAMA), com fonte de  $^{137}\text{Cs}$ , capaz de prover simultaneamente a duas câmaras com volume útil de 80 litros, uma taxa de dose máxima igual a 2 kGy/h com boa uniformidade, sendo a razão entre a dose máxima e mínima inferior a 20% (Foto 1). O mesmo é do tipo cavidade, com fonte de césio-137 auto recolhível, controlada por um sistema eletro-eletrônico, com portas blindadas móveis. As câmaras têm dimensões de 138x37x19 cm cada, sendo localizadas acima e abaixo do plano da fonte. O peso total de sua estrutura é de 19 toneladas. Possui vários sistemas de segurança, os quais incluem dispositivos lógicos e travas fixas, que garantem o funcionamento seguro, eliminando qualquer possibilidade de exposição acidental a fonte (VITAL, 1996).



**Figura 1.** Irradiador do tipo cavidade, com fonte de césio-137 auto recolhível, controlado por um sistema eletro-eletrônico, de propriedade do Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – IPD/CTEX – Ministério do Exército, localizado em Guaratiba – RJ.

A escolha das doses de irradiação foi feita em conjunto com os técnicos responsáveis pela mesma. As doses selecionadas foram de 0,0; 0,25; 0,50; 0,75; 1,0 e 2,0 kGy. Em seguida, os frutos irradiados e os do controle foram levados para o laboratório de Pós-Colheita / DFITO/ IA/ UFRRJ, onde foram armazenados a 12 °C e 90% de UR em câmara tipo B. O. D.

Neste teste, não foram realizadas avaliações físico-químicas dos frutos, sendo realizadas apenas avaliações para verificação das melhores doses de radiação em termos de tempo de conservação e aparência dos frutos. Estes foram armazenados em seis caixas de papelão com seis frutos cada, sendo que cada caixa representou um tratamento. As avaliações foram realizadas de quatro em quatro dias, durante dezesseis dias. Durante esse período, foi verificada a aparência dos frutos em relação a doses de radiação gama recebida e o tempo de conservação dos mesmos.

### **3.1.2 Experimento Principal**

Os frutos foram obtidos no Sítio do Maracujá Doce (Arcovezo), localizado no município de Paty do Alferes-RJ. A colheita foi realizada em maio de 2003. Os frutos foram colhidos quando apresentavam a coloração da casca verde clara para verde amarelada, ou seja, em estágio de maturidade comercial. Após a colheita, estes foram colocados em caixas para serem transportados até o Instituto de Pesquisa e Desenvolvimento – IPD/CTEX – Ministério do Exército.

Após rigorosa seleção, os frutos foram submetidos aos seguintes tratamentos: Controle; Irradiação nas doses de 0,10; 0,20; 0,50 e 1,0 kGy e o tempo em que os frutos ficaram expostos no irradiador foram de 4'12''; 8'24''; 22'24''; 44'39'' respectivamente. As doses de irradiação utilizadas para estes tratamentos foram selecionadas através da realização do experimento preliminar descrito anteriormente.

No mesmo dia, os frutos irradiados e do controle retornaram ao laboratório de Pós-Colheita / DFITO/ IA/ UFRRJ, onde foram armazenados a 12 °C e 90% de UR em câmara tipo B. O. D. Na ocasião, os frutos do controle ficaram armazenados na câmara B. O. D a 12 °C durante o processo de irradiação dos demais frutos. Após o término do tratamento dos frutos, estes foram dispostos em bandejas de isopor, juntamente com os frutos do controle, sendo que em cada bandeja foram colocados cinco frutos (seis bandejas para cada tratamento) totalizando 30 frutos por tratamento.

A partir daí, os frutos de maracujá-doce foram avaliados de quatro em quatro dias (durante um período total de vinte e quatro dias) através de determinações físicas e físico-químicas.

## **3.2 Determinações Físicas e Físico-Químicas**

### **3.2.1 Aparência**

Para avaliação de aparência (Foto 2), foram atribuídas notas aos frutos. As notas variaram de 1 a 5, correspondendo a:

- 1 - frutos em perfeitas condições, coloração verde clara para amarela, sem apresentar qualquer forma de escurecimento da casca;
- 2 - frutos com boa aparência, coloração da casca amarela esverdeada, podendo apresentar formação de manchas escuras (menos de 25% da superfície da casca);
- 3 - frutos com boa aparência, coloração da casca amarelada, com sua superfície podendo apresentar manchas escuras (entre 25 e 50% da superfície da casca);
- 4 - frutos apresentando mais de 50% da sua superfície manchas escuras, podendo em alguns casos apresentar podridão na casca do fruto;
- 5- frutos com alto grau de deterioração, apresentando mais de 50% da sua superfície escura, podendo apresentar podridão na casca.

### **3.2.2 Firmeza Apical e Equatorial**

Medição realizada realizadas na região apical e equatorial dos frutos com penetrômetro manual, modelo FT 011 com resultados expressos em libras/cm<sup>2</sup>. Na região apical, foram feitas 2 medições e, na região equatorial, foram feitas 3 medições, sendo obtida um média entre os valores encontrados em cada região.

### **3.2.3 Perda de Massa Fresca**

Determinada por diferença entre a massa fresca inicial e a massa fresca no momento da avaliação, obtida através da pesagem dos frutos em balança digital, com resultados expressos em porcentagem.

### **3.2.4 Sólidos Solúveis Totais (SST)**

Determinado por leitura direta em refratômetro manual, modelo ATC (0-32%) com resultados expressos em °Brix (IAL, 1985).

### **3.2.5 pH**

Determinado diretamente em peagâmetro manual, modelo Handylab 1 marca Schoot Glas.

### **3.2.6 Acidez Total Titulável (ATT)**

Determinada através da titulação da amostra com NaOH 0,1 N, segundo normas do IAL (1985) expressa em porcentagem de ácido cítrico.

Material e reagentes:

- ◆ Balança analítica
- ◆ Erlenmeyer de 250 ml ou Béquer de 250 ml
- ◆ Bureta de 10 mL com escala centesimal
- ◆ Solução de hidróxido de sódio 0,1 N
- ◆ Solução de fenolftaleína a 1% em álcool etílico, neutralizada com NAOH até cor ligeiramente rosa.

Procedimento:

- ◆ Foram transferidos 10ml de polpa do maracujá-doce e colocadas em erlenmeyer, completando até 100 ml com água destilada, previamente neutralizada. Titulou-se com solução de hidróxido de sódio 0,1 N até coloração rosa (coloração rósea persistente por mais de 15 segundos), usando 2-3 gotas de fenolftaleína como indicador (ITA, 1990).

### **3.2.7 Ácido Ascórbico**

A quantidade de ácido ascórbico presente nos frutos de maracujá-doce foi verificada através da metodologia descrita por MANTOVANI et al. (1990), com valores expressos em mg de ácido ascórbico em 100mL de polpa. A metodologia baseia-se na redução do indicador 2,6-diclorofenol indofenol-sódio (DCFI), que tem forte ação redutora, pelo ácido ascórbico presente na amostra.

DCFI em meio básico é azul

DCFI em meio ácido é rosa

DCFI em meio neutro é azul  
DCFI na forma reduzida é incolor

- Material e reagentes:
  - ◆ Balança analítica
  - ◆ Erlenmeyer de 250 ml
  - ◆ Bureta de 10 mL
  - ◆ Balões volumétricos de 100 e 1000 mL
  - ◆ Solução de ácido oxálico a 5%
  - ◆ Solução padrão de ácido ascórbico (50mg/100mL)
  - ◆ Solução de 2,6 diclorofenol indofenol de sódio
- Procedimento:
  - ◆ Padronização do DCFI: pipetou-se 10 mL de solução padrão de ácido ascórbico em erlenmeyer contendo 50 mL de ácido oxálico. Titulou-se com DCFI até solução persistente por 15 segundos.
  - ◆ Amostra: Foram transferidos 10mL de polpa do maracujá-doce colocadas em erlenmeyer, juntamente com uma solução de ácido oxálico a 5%. Essa solução foi titulada com solução de DCFI (0,2%) até a sua oxidação completa, ponto de viragem (coloração rósea persistente por mais de 15 segundos).

### **3.2.8 Longevidade dos Frutos**

Determinada por meio de análise visual dos frutos no que diz respeito a conservação dos frutos armazenados.

### **3.2 Delineamento Experimental**

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 6 (cinco tratamentos e seis períodos de avaliações) com 5 repetições e as médias comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (BANZATTO & KRONKA, 1989).





**NOTA 1**



**NOTA 2**



**NOTA 3**



**NOTA 4**



**NOTA 5**

**Figura 2.** Critério de notas\* (1 a 5) utilizado para avaliação de aparência dos frutos de maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis) submetidos a diferentes doses de radiação gama.

\***Notas:** 1 - frutos em perfeitas condições, coloração verde clara para amarela, sem apresentar qualquer forma de escurecimento da casca; 2 - frutos com boa aparência, coloração da casca amarela esverdeada, podendo apresentar formação de manchas escuras (menos de 25% da superfície da casca); 3 - frutos com boa aparência, coloração da casca amarelada, com sua superfície podendo apresentar manchas escuras (entre 25 e 50% da superfície da casca); 4 - frutos apresentando mais de 50% da sua superfície manchas escuras, podendo em alguns casos apresentar podridão na casca do fruto; 5- frutos com alto grau de deterioração, apresentando mais de 50% da sua superfície escura, podendo apresentar podridão na casca.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Teste Preliminar

Durante o período de avaliação, foi possível avaliar os efeitos das diferentes doses de radiação, ocorrendo um murchamento acentuado nos frutos irradiados com dose igual e superior a 1,0 kGy, após os primeiros dias de armazenamento. Todos os frutos apresentaram escurecimento da casca, sendo que, frutos submetidos às doses de 1,0 e 2,0 kGy apresentaram um maior escurecimento e amolecimento. Este amolecimento ocorreu em estágio mais avançado na região apical, propiciando um maior aparecimento de fungos nesta região.

Na primeira avaliação realizada, alguns frutos do controle e irradiados a 0,25 kGy apresentaram murchamento não acentuado. Já na segunda avaliação, os frutos do controle e irradiados a 0,25 kGy apresentaram amolecimento da casca na região apical, sendo que em alguns foi detectada a presença de fungos.

### 4.2 Experimento Principal

#### 4.2.1 Aparência:

O principal critério para a comparação da aparência dos frutos foi o murchamento e o surgimento de manchas escuras na casca. A Tabela 1 mostra que ao final do período de armazenamento houve uma alteração na manutenção da aparência dos frutos independentemente da dose de irradiação a que foram submetidos. Todos os frutos apresentaram manchas escuras na casca quando comparadas as fotos 3 e 4. Os frutos na fase inicial do armazenamento não apresentavam manchas escuras como ocorreu nos frutos na fase final do armazenamento. O aparecimento destas manchas ocorreu a partir do 8º dia de armazenamento com aumento dos sintomas, fazendo com que a sua aparência externa ficasse prejudicada devido ao aparecimento de manchas escuras a partir do 16º dia de armazenamento. Ressalta-se que o aparecimento de manchas escuras na casca pode ser decorrente da radiação gama, podendo esta interferir nos processos fisiológicos, acelerando o metabolismo e acarretando amadurecimento precoce dos frutos.

Quando são comparados os tratamentos, verifica-se pelos valores médios da Tabela 1 que não houve diferença significativa entre os tratamentos, sendo que no 16º dia de armazenamento, os frutos irradiados na dose de 0,1 kGy apresentou as melhores condições de aparência que os demais tratamentos. Apesar de não ocorrer diferenças significativas, pode-se observar que no final do período de armazenamento os frutos tratados com irradiação e os frutos controle apresentavam um acentuado escurecimento da casca. Pode ocorrer formação de manchas escuras, cujo processo é desencadeado por diversos fatores, dentre os quais a radiação ionizante. Todos os tratamentos apresentaram no final do período de armazenamento incidência de contaminações fúngicas sendo que, os frutos do controle e os frutos tratados com 0,1 e 0,2 kGy apresentaram menores incidências (Foto 4). Este comportamento difere de resultados obtidos por SILVA & DOMARCO (NC) com relação à eficiência da irradiação no controle de microorganismos em alimentos. Também resultados obtidos por NEVES et al., (2002), em nectarinas, THOMAS et al., (1995) em uvas e por URBAIN (1986) em abacaxis cv. "Queen" indicam a eficiência da radiação gama no controle da incidência de podridões em pós-colheita. No entanto, os resultados aqui apresentados estão de acordo com MILLER et al., (2000) que ao estudarem os efeitos da radiação gama em frutos cítricos, concluíram que o uso da radiação gama foi prejudicial à aparência externa dos frutos devido ao escurecimento da casca.

**Tabela 1.** Valores médios de aparência (notas)\* para frutos do maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C.

Tratamentos	Dias de Armazenamento					
	4	8	12	16	20	24
Controle	1,60 Ba	1,60 Ba	2,00 Ba	3,60 Aab	3,60 Aa	4,80 Aa
0,1 kGy	1,20 Da	1,60 CDa	2,20 CDa	2,80 BCb	4,20 Aa	4,60 Aa
0,2 kGy	1,20 Ca	2,40 BCa	2,00 Ca	3,80ABab	4,60 Aa	4,60 Aa
0,5 kGy	1,20 Ba	2,20 Ba	2,00 Ba	4,60 Aa	4,80 Aa	4,80 Aa
1,0 kGy	1,00 Ba	2,20 Ba	2,20 Ba	4,40 Aa	4,60 Aa	4,80 Aa
C.V (%)	13,5					
D.M.S	0,4					

Médias seguidas pela mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.

**\*Notas:**

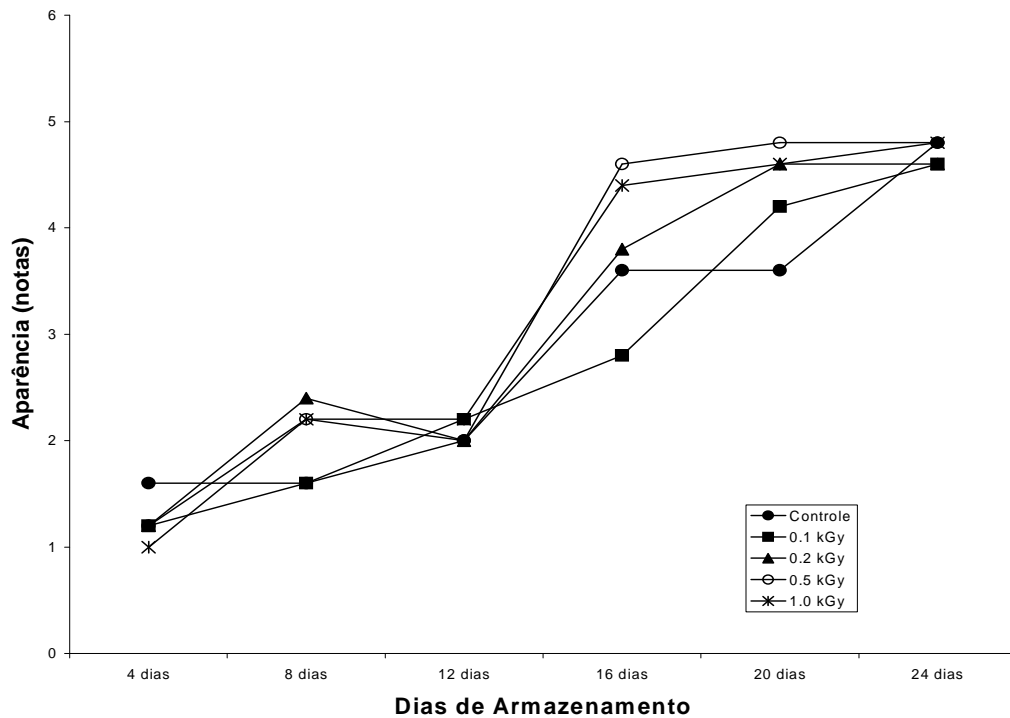
1 - frutos em perfeitas condições, coloração verde clara para amarela, sem apresentar qualquer forma de escurecimento da casca;

2 - frutos com boa aparência, coloração da casca amarela esverdeada, podendo apresentar formação de manchas escuras (menos de 25% da superfície da casca);

3 - frutos com boa aparência, coloração da casca amarelada, com sua superfície podendo apresentar manchas escuras (entre 25 e 50% da superfície da casca);

4 - frutos apresentando mais de 50% da sua superfície manchas escuras, podendo em alguns casos apresentar podridão na casca do fruto;

5- frutos com alto grau de deterioração, apresentando mais de 50% da sua superfície escura, podendo apresentar podridão na casca.



**Figura 3.** Valores médios de aparência para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12 °C.

**\*Notas:**

1 - frutos em perfeitas condições, coloração verde clara para amarela, sem apresentar qualquer forma de escurecimento da casca;

2 - frutos com boa aparência, coloração da casca amarela esverdeada, podendo apresentar formação de manchas escuras (menos de 25% da superfície da casca);

3 - frutos com boa aparência, coloração da casca amarelada, com sua superfície podendo apresentar manchas escuras (entre 25 e 50% da superfície da casca);

4 - frutos apresentando mais de 50% da sua superfície manchas escuras, podendo em alguns casos apresentar podridão na casca do fruto;

5- frutos com alto grau de deterioração, apresentando mais de 50% da sua superfície escura, podendo apresentar podridão na casca.



**Controle**



**0,1 kGy**



**0,2 kGy**



**0,5 kGy**



**1,0 kGy**

**Figura 4.** Aparência inicial dos frutos de maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis) submetidos a diferentes doses de radiação gama.



**Controle**



**0,1 kGy**



**0,2 kGy**



**0,5 kGy**



**1,0 kGy**

**Figura 5.** Aparência final dos frutos de maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Curtis) submetidos a diferentes doses de radiação gama após 24 dias de armazenamento a 12°C e 90% de umidade relativa.

#### 4.2.2 Firmeza Apical e Equatorial:

De acordo com CORRÊA et al. (2000) no decorrer do processo de amadurecimento a firmeza dos frutos tende a diminuir, sendo uma característica que interfere na aceitabilidade pelo consumidor e que depende do grau de transformação que os tecidos podem sofrer no que diz respeito às substâncias pécnicas da parede celular. A perda da consistência dos frutos é um fator que normalmente está relacionado com a perda excessiva de água e com a diminuição da pressão de turgescência das células (KADER, 1986).

Verifica-se que tanto a firmeza apical (Tabela 2) quanto à firmeza equatorial (Tabela 3) dos frutos de maracujá-doce não houve alteração da firmeza dos frutos dentro de cada tratamento com radiação gama, durante os 24 dias de armazenamento. Apesar disso, é interessante notar que para a firmeza apical somente os frutos controle apresentaram tendência à uma redução a partir do 8º dia de armazenamento (Figura 2). E no caso da firmeza equatorial dos frutos, quando se comparam os tratamentos dentro de cada período de avaliação, nota-se que conforme se aumenta à dose de radiação gama, menores são os valores, denotando maior amolecimento dos frutos (Figura 3) contrariando resultados obtidos por PIMENTEL (2002) que estudando o efeito da irradiação em mamão papaia encontrou que a irradiação promoveu manutenção da firmeza atrasando o amadurecimento do fruto na dose de 0,75 kGy. Pode-se inferir que a ausência de diferença significativa para a firmeza apical (Tabela 2) e para a firmeza equatorial (Tabela 3) foi devido ao alto coeficiente de variação (82,2%) e (36,8%) respectivamente.

Outra observação a ser feita é de que os frutos tratados com a dose de 0,1 kGy tiveram as melhores médias durante o período de armazenamento. Apesar da semelhança estatística entre controle e os frutos submetidos as 4 doses de radiação gama, o tratamento com 0,1 kGy apresentou valores mais altos, tanto para a firmeza apical (Tabela 2) quanto para a firmeza equatorial (Tabela 3) dos maracujás, mais uma vez indicando que quanto maior a dose aplicada, maior o amolecimento dos frutos.

Portanto, dados da Tabela 3 mostram que houve diferença significativa entre os tratamentos a partir do 8º dia de armazenamento, mantendo-se até o último período de avaliação, resultado semelhante ao encontrado por SANTIAGO (2003), que estudando o efeito da irradiação em frutos de pinha encontrou diferença significativa nas doses de 0,3 e 1,0 kGy em relação à firmeza dos frutos, sendo que a dose 0,3 kGy apresentou melhores resultados.

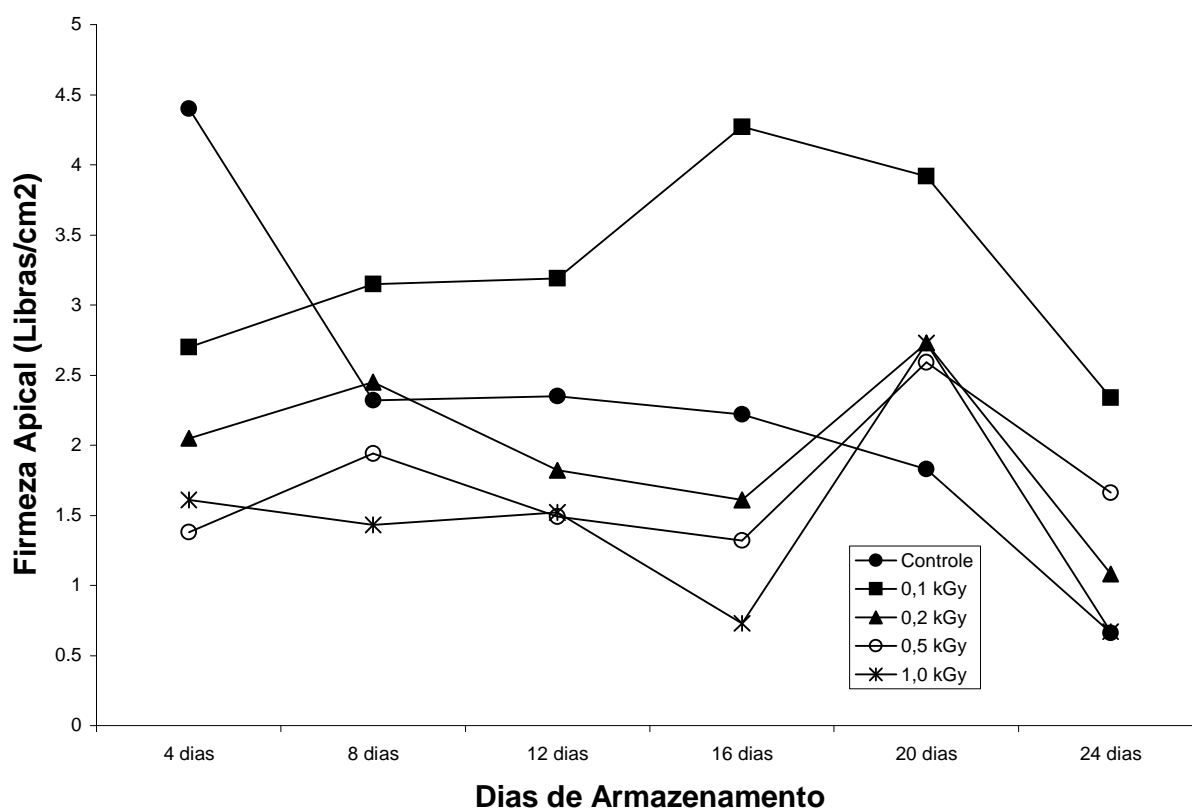
Ressalto que o comportamento dos frutos em relação à firmeza apical e equatorial pode ter sido influenciado pelo grau de maturidade dos mesmos no momento de cada avaliação efetuada, já que o grau de maturidade dos frutos na colheita apresentava alguma variação, por maior que tenha sido o esforço para se colher frutos homogêneos.

É interessante informar que a análise estatística não representou de forma totalmente clara as observações realizadas, já que os frutos tratados com as duas maiores doses ficaram mais moles que os demais tratamentos, apesar da análise estatística não mostrar isso. A alta diferença do coeficiente de variação pode ter sido pela dificuldade de medição da firmeza apical dos frutos.

**Tabela 2.** Valores médios de firmeza apical (libras/cm<sup>2</sup>) para frutos do maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C.

Tratamentos	Dias de Armazenamento					
	4	8	12	16	20	24
Controle	4,40 Aa	2,32 ABa	2,35 ABa	2,22 ABab	1,83 ABa	0,66 Ba
0,1 kGy	2,70 Aa	3,15 Aa	3,19 Aa	4,27 Aa	3,92 Aa	2,34 Aa
0,2 kGy	2,05 Aa	2,45 Aa	1,82 Aa	1,61 Aab	2,73 Aa	1,08 Aa
0,5 kGy	1,38 Aa	1,94 Aa	1,49 Aa	1,32 Aab	2,59 Aa	1,66 Aa
1,0 kGy	1,61 Aa	1,43 Aa	1,52 Aa	0,73 Ab	2,73 Aa	0,67 Aa
C.V (%)	82,2					
DMS	3,0					

Médias seguidas pela mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.



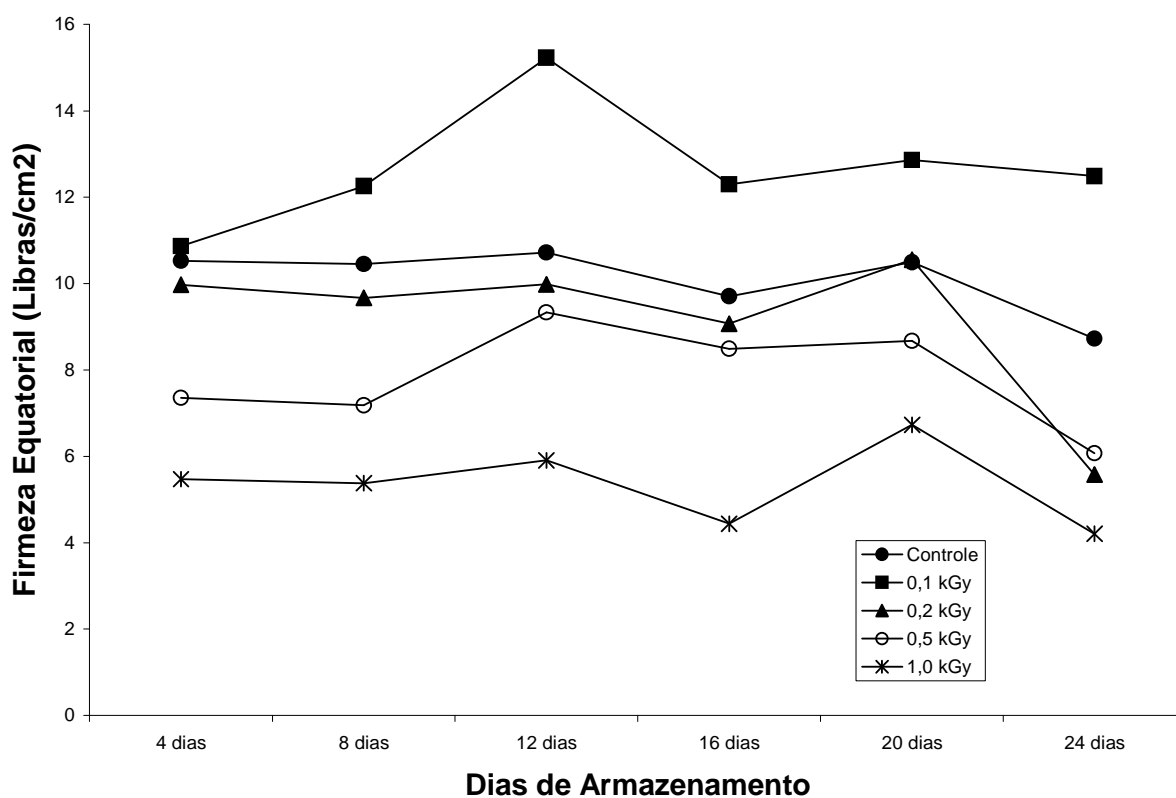
**Figura 6.** Valores médios de firmeza apical (libras/cm<sup>2</sup>) para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12 °C



**Tabela 3.** Valores médios de firmeza equatorial (libras/cm<sup>2</sup>) para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12 °C.

Tratamentos	Dias de Armazenamento					
	4	8	12	16	20	24
Controle	10,53 Aa	10,45 Aab	10,72 Aab	9,70 Aab	10,49 Aab	8,72 Aab
0,1 kGy	10,87 Aa	12,25 Aa	15,23 Aa	12,30 Aa	12,86 Aa	12,49 Aa
0,2 kGy	9,97 Aa	9,67 Aab	9,98 Aab	9,07 Aab	10,55 Aab	5,58 Ab
0,5 kGy	7,35 Aa	7,18 Aab	9,33 Ab	8,49 Aab	8,67 Aab	6,07 Ab
1,0 kGy	5,47 Aa	5,38 Ab	5,91 Ab	4,44 Ab	6,73 Ab	4,21 Ab
C.V (%)	36,8					
DMS	5,8					

Médias seguidas pela mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.



**Figura 7.** Valores médios de firmeza equatorial (libras/cm<sup>2</sup>) para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12 °C.

### 4.2.3 Perda de Massa Fresca:

Os valores médios de perda de massa fresca dos frutos encontram-se na Tabela 4. Os frutos tiveram um comportamento semelhante na manutenção de perda de massa fresca, quando comparados todos os tratamentos, isto denota que o uso de radiação gama não teve influência em relação à retenção da perda de massa fresca, fator este de grande importância no que diz respeito a aparência dos frutos, diferindo dos resultados obtidos por TENGUMUAY et al. (1970) em estudos realizados com mamão que indicaram que não haver perdas significativas de peso nas amostras de mamão tratados com irradiação, nas doses de 0,4 a 0,7 kGy. Também ARTHUR & WIENDL (2000), em trabalho realizado com irradiação de carambolas, verificaram que as carambolas irradiadas apresentaram menor perda de peso em relação à testemunha. Além disso, é evidente, de acordo com os dados apresentados na Tabela 4 e Figura 4, que todos os frutos (independente do tratamento a que foram submetidos) tiveram aumento significativo de perda de massa fresca durante os 24 dias de armazenamento, apesar da refrigeração de 12°C.

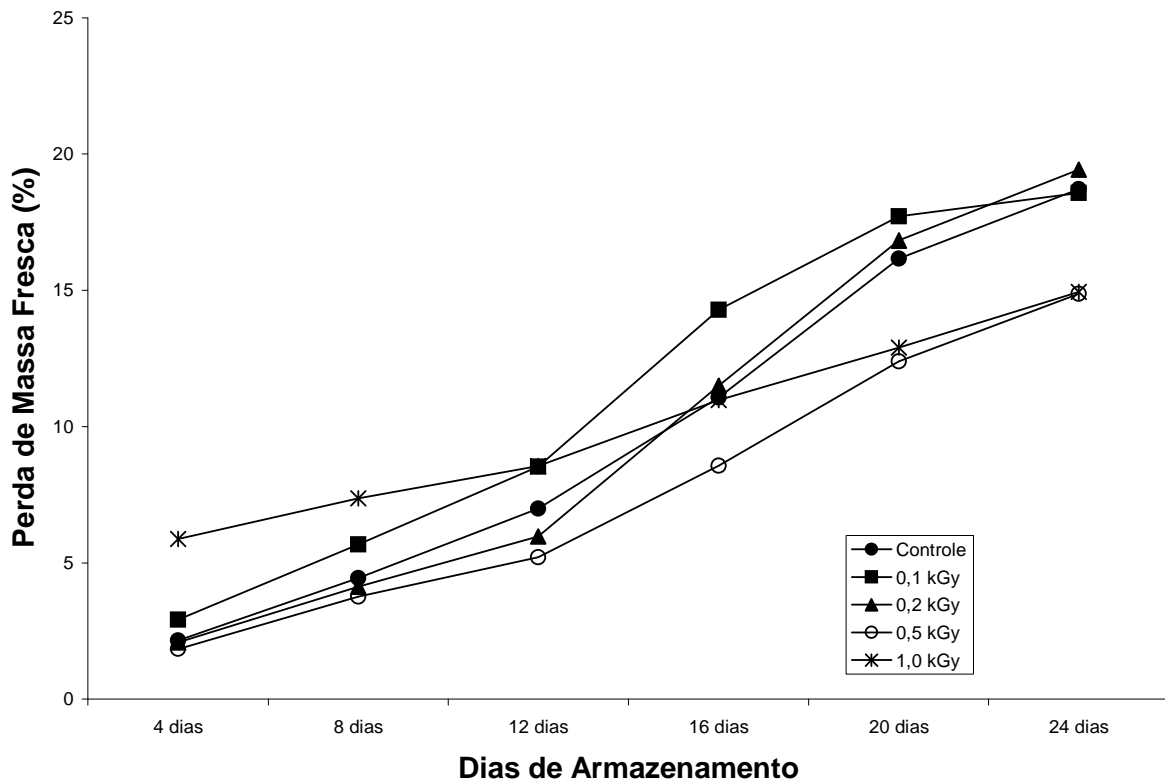
De acordo com a Figura 4 os frutos tratados com radiação gama tiveram nas doses de 0,5 e 1,0 kGy uma tendência de menor perda de massa fresca durante os períodos finais de armazenamento. Resultados semelhantes foram encontrados por MATIN et al. (1996) que mostraram o efeito da aplicação da irradiação em feijões, nas doses de 0,5 e 1,0 kGy, para desinfestação dos grãos e, concluíram que foi pequenos a perda de peso comparando-se com o controle, durante seis meses de armazenamento. Também ARTHUR & WIENDL (1999) em trabalho realizado com irradiação de goiabas, verificou que os frutos irradiados nas doses de 0,1 e 2,0 kGy apresentaram menores perdas de peso em relação à testemunha.

Com exceção do tratamento com 0,5 kGy, já a partir do 16º dia de armazenamento todos os frutos apresentaram valores de perda superiores aos 10% indicados por CHITARRA & CHITARRA (1990), como o máximo para os frutos e hortaliças. No final do período de armazenamento, todos os frutos, controle e os tratados com radiação gama, apresentaram uma perda de massa fresca superior a 10%.

**Tabela 4.** Valores médios de perda de massa fresca (%) para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12 °C.

Tratamentos	Dias de Armazenamento					
	4	8	12	16	20	24
Controle	2,16 Aa	4,45 Aa	6,99 ABa	11,07ABCa	16,17 Bca	18,71 Ca
0,1 kGy	2,91 Aa	5,68 ABa	8,53ABCa	14,28BCDa	17,71 CDa	18,58 Da
0,2 kGy	2,08 Aa	4,13 ABa	5,97 ABa	11,51 BCa	16,83 Ca	19,43 Ca
0,5 kGy	1,84 Aa	3,77 ABa	5,21 ABa	8,57 ABCa	12,40 BCa	14,88 Ca
1,0 kGy	5,88 Aa	7,37 Aa	8,55 Aa	10,97 Aa	12,90 Aa	14,94 Aa
C.V (%)	5,6					
DMS	8,1					

Médias seguidas pela mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância



**Figura 8.** Valores médios de perda de massa fresca (%) para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12 °C.

#### 4.2.4 Sólidos Solúveis Totais:

De acordo com BLEINROTH (1991), os valores da concentração de sólidos solúveis totais representam os ácidos, os sais, as vitaminas, os aminoácidos, algumas pectinas e os açúcares presentes nos vegetais. São usados como índice dos açúcares totais, indicando o grau de maturidade.

Os valores médios de sólidos solúveis totais encontram-se na Tabela 5. Em todos os tratamentos houve uma pequena oscilação entre os teores de sólidos solúveis totais durante o período de armazenamento. Os valores inicialmente variaram de 15,48 a 18,16 °Brix, chegando a valores entre 15,72 a 16,88 °Brix no 24° dia de armazenamento. Estes estão de acordo com OLIVEIRA et al. (1982) que constataram variações entre 15,28 a 28,70 °Brix em frutos de maracujá-doce.

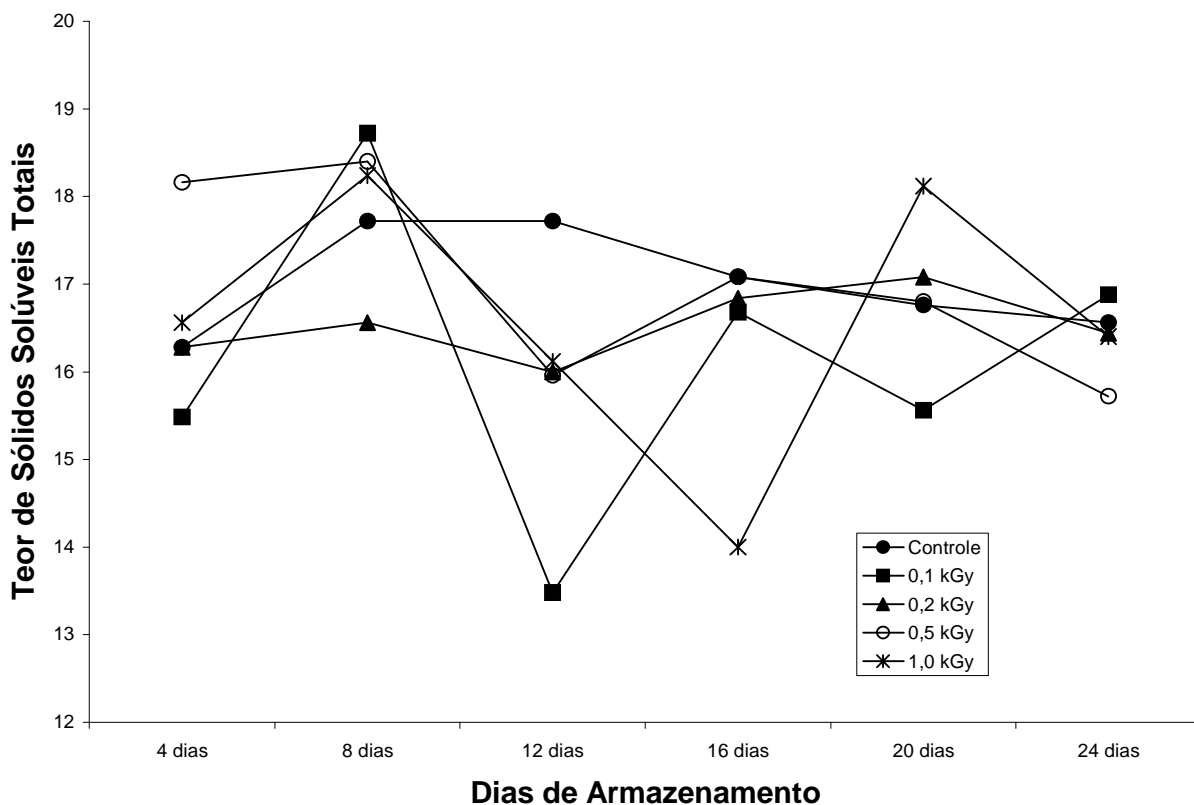
Os teores de sólidos solúveis totais verificados na Tabela 5 mostram que houve uma tendência dos teores de sólidos solúveis total permanecendo constante durante o armazenamento de acordo com resultados obtidos por ZAPATA (1987) e GAMA et al. (1991). Porém estes resultados são discordantes dos trabalhos realizados por SILVA (1999) para maracujá-roxo e VIEITES & BEZERRA (1996) para maracujá-amarelo, que verificaram haver uma elevação dos teores de sólidos solúveis totais durante o período de armazenamento. Com exceção do 3° período de avaliação (12 dias de armazenamento), todos os frutos apresentaram valores semelhantes dentro de cada período de avaliação, não ocorrendo diferenças significativas entre os valores. Isto denota que para os frutos tratados com radiação gama as variações apresentadas foram evidenciadas durante o tempo de conservação dos frutos. Foi observado uma variação dos frutos controle, porém a variação foi mais intensa nos frutos tratados com radiação gama. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por NEVES et al (2002) que constataram que não houve interferência da radiação gama nos parâmetros nutricionais da nectarina, na dose de 0,4 kGy e por ZHAO et al (1996) que trabalhando com mamão relatam que a radiação gama não exerce efeito significativo nos teores de sólidos solúveis totais. Entretanto, este resultado é discordante do encontrado por IEMMA et al (1999) que relatam que os teores de sólidos solúveis totais foram significativamente afetados, ao nível de 5% pela interação da dose de radiação e o período de armazenamento.

De acordo com a Figura 5 somente os frutos do controle apresentaram tendência de acúmulo de sólidos solúveis totais nos períodos intermediários, o que pode indicar amadurecimento dos frutos, e redução dos sólidos solúveis totais nos 2 períodos finais (pode indicar utilização no processo respiratório). Apesar de não ter havido diferença significativa, os frutos submetidos às diferentes doses de radiação gama não apresentaram tendência única de acúmulo ou redução dos sólidos solúveis totais durante os 24 dias de armazenamento, ou seja, o processo de irradiação levou a um comportamento não tradicional dos frutos, com variação nos teores deste componente o que não pode ser explicado nas condições do presente trabalho.

**Tabela 5.** Valores médios de sólidos solúveis totais (%Brix) para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12 °C.

Tratamento	Dias de Armazenamento					
	4	8	12	16	20	24
Controle	16,28 Aa	17,72 Aa	17,72 Aa	17,08 Aa	16,76 Aa	16,56 Aa
0,1 kGy	15,48 ABa	18,72 Aa	13,48 Bb	16,68 ABa	15,56 ABa	16,88 ABa
0,2 kGy	16,28 Aa	16,56 Aa	16,00 Aab	16,84 Aa	17,08 Aa	16,44 Aa
0,5 kGy	18,16 Aa	18,40 Aa	15,96 Aab	17,08 Aa	16,80 Aa	15,72 Aa
1,0 kGy	16,56 ABa	18,24 Aa	16,12 ABab	14,00 Ba	18,12 Aa	16,40 Aba
C.V (%)	12,6					
DMS	3,7					

Médias seguidas pela mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.



**Figura 9.** Valores médios de sólidos solúveis totais (%Brix) para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12 °C.

#### 4.2.5 pH:

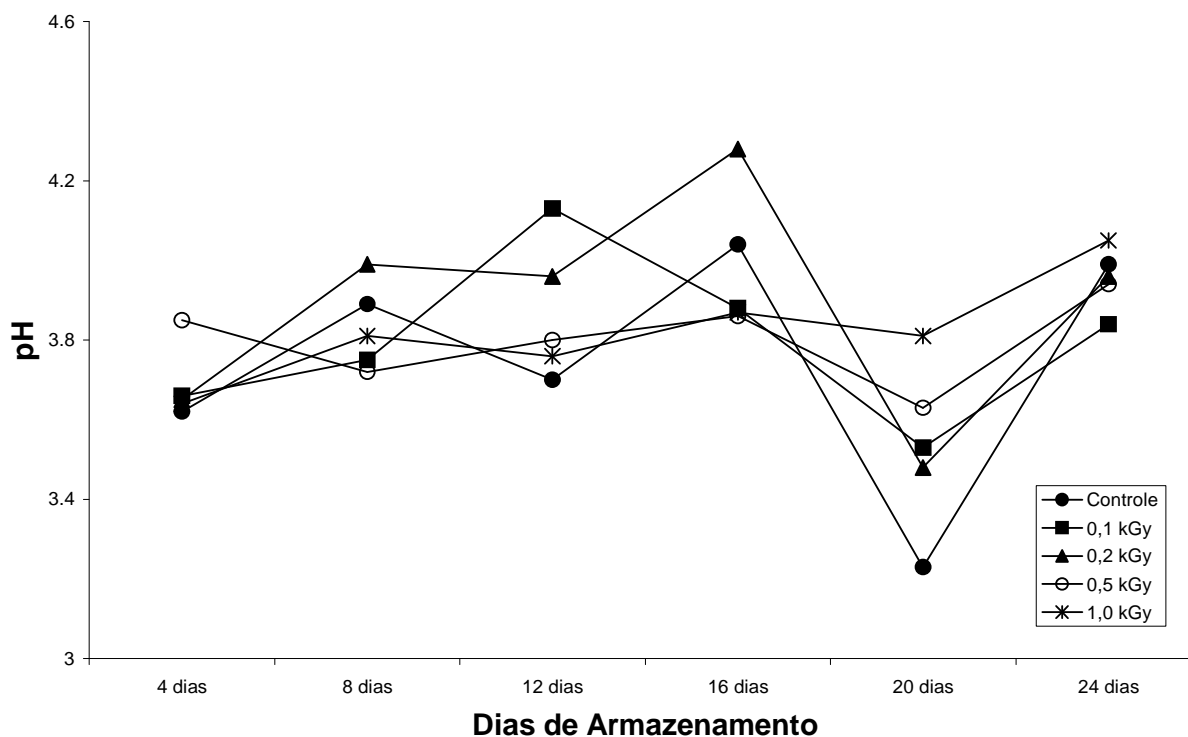
De acordo com LEITÃO (1991), o pH é um fator intrínseco ao alimento e exerce o maior efeito seletivo sobre a microflora apta a se desenvolver. A Tabela 6 apresenta os valores médios de pH para os frutos submetidos às diferentes doses de radiação gama. A diferença entre o menor valor de pH (3,23 no 20º dia de armazenamento) e o maior valor (4,13 no 12º dia de armazenamento) foi de 0,9. Ocorreu uma oscilação entre aumento e redução do pH, não sendo possível definir uma tendência durante o período de avaliação, o mesmo ocorreu com SANTIAGO (2003) que estudando o efeito da irradiação na qualidade pós-colheita de pinha não definiu uma tendência única de aumento ou redução de pH, uma vez que os valores obtidos pelo tratamento com irradiação não diferiram estatisticamente. O mesmo resultado obteve BLUMER (1995) que encontrou pequenas variações no teor pH em relação às doses de radiação no suco de maçã.

De acordo com a Tabela 6, os resultados médios de pH evidenciaram que nos dois primeiros períodos de avaliação (4 e 8 dias) e também no último (24 dias) não houve diferença significativa ao nível de 5% entre as doses de irradiação, entretanto nos demais períodos houve diferenças significativas entre as doses de irradiação. Este resultado difere dos encontrados por THOMAS et al. (1996) que estudando a aplicação da irradiação na qualidade pós-colheita de mangas não encontraram diferença significativa para os valores de pH entre os tratamentos. Houve um pequeno efeito significativo das doses de irradiação sobre o pH, podendo constatar que durante o período de armazenamento os frutos irradiados obtiveram um pH ligeiramente superior aos frutos controle em quase todos os períodos de avaliação, excetuando o 16º e o 24º dia. Este resultado concorda com MAXIE et al., (1969), que observaram um pH ligeiramente superior em laranjas irradiadas com doses de até 2,0 kGy. Constata-se que houve uma acentuada queda nos valores de pH em todos os tratamentos no 20º dia de armazenamento, sendo que os frutos controle obtiveram a menor média de pH estando com valores médios de 3,23, o que ocasionou uma diferença estatística dos frutos controle para os frutos que passaram pelo processo de irradiação (0,5 e 1,0 kGy).

**Tabela 6.** Valores médios de pH para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12° C.

Tratamento	Dias de Armazenamento					
	4	8	12	16	20	24
Controle	3,62 BCa	3,89 ABa	3,70 ABb	4,04 Aab	3,23 Cb	3,99ABa
0,1 kGy	3,66 Ba	3,75 ABa	4,13 Aa	3,88 ABb	3,53 Bab	3,84 ABa
0,2 kGy	3,65 BCa	3,99 ABa	3,96 ABab	4,28 Aa	3,48 Cab	3,96 ABa
0,5 kGy	3,85 Aa	3,72 Aa	3,80 Aab	3,86 Ab	3,63 Aa	3,94 Aa
1,0 kGy	3,64 Aa	3,81 Aa	3,76 Aab	3,87 Ab	3,81 Aa	4,05 Aa
C.V (%)	5,9					
DMS	0,4					

Médias seguidas pela mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.



**Figura 10.** Valores médios de pH para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12 °C.

#### 4.2.6 Acidez Total Titulável:

É importante que os frutos apresentem elevada acidez total titulável, o que diminui a adição de acidificantes e propiciam melhoria nutricional, segurança alimentar e qualidade organoléptica quando se trata de sua industrialização (MULLER, 1977). De acordo com BLEINROTH (1991), a acidez corresponde a soma de todos os ácidos orgânicos livres e os presentes sob forma de sais. Os ácidos orgânicos encontrados nos vegetais são principalmente o cítrico, o tartárico, o oxálico e o succínico. FENEMA (1985) relata que os ácidos orgânicos, geralmente decrescem após o amadurecimento, a colheita e durante o armazenamento devido a oxidação para produção de energia no ciclo de Krebs.

Os dados de acidez total titulável que estão na Tabela 7 foram expressos em gramas de ácido cítrico, estando no 4º dia de armazenamento entre 1,04 a 1,69 e no 24º dia de armazenamento entre 1,05 a 1,22. Os resultados indicam que ocorreu decréscimo no decorrer do armazenamento para os frutos de todos os tratamentos, afirmação concordante com GAMA et al. (1991) e VIEITES & BEZERRA (1996), para maracujá-amarelo. No entanto os dados obtidos neste experimento foram discordantes de ZAPATA (1987), que observou valores constantes de acidez no decorrer do armazenamento de maracujá-amarelo. Esse decréscimo pode ser explicado provavelmente pela utilização desses compostos como substratos respiratórios ou pela conversão em açúcares, como citado em BRODY (1996). Além disso, como o período do amadurecimento se caracteriza por apresentar maior atividade metabólica, é natural que os ácidos orgânicos presentes nos frutos, sejam utilizados mais rapidamente durante esta fase. BANDE (1990) menciona que frutos devidamente irradiados praticamente mantêm o mesmo valor nutritivo que os processados por outros métodos.

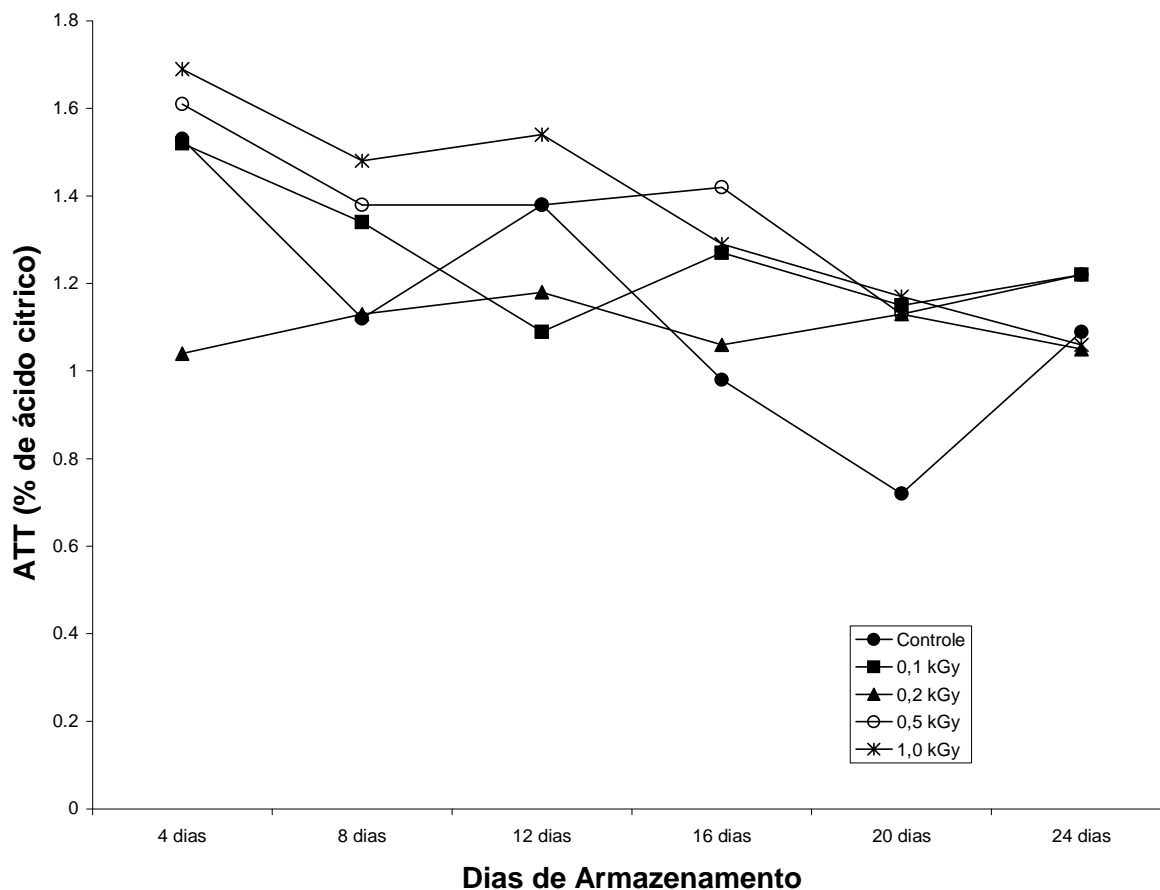
Em relação aos tratamentos podemos observar que não ocorreram diferenças significativas, tanto os frutos controle quanto os frutos que passaram pelo processo de irradiação durante o período de armazenamento dos frutos. Entretanto os frutos tratados com a dose de 1,0 kGy, obtiveram as melhores médias de acidez total titulável durante os 20 primeiros dias de armazenamento que os demais tratamentos. Todos os tratamentos mantiveram os níveis de acidez total tituláveis denotando retenção no amadurecimento dos frutos. Estes resultados discordam com os encontrados por DOMARCO et al. (1999) ao relatarem que a irradiação influenciou significativamente a acidez total titulável, ao estudarem o uso de radiação ionizante na vida de prateleira da uva 'Ítalia'. Entretanto este trabalho concorda dos resultados encontrados por NEVES et al. (2002) que ao estudarem o uso de irradiação em nectarinas não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos propostos ao nível de 5 %.



**Tabela 7.** Valores médios de acidez total titulável (% de ácido cítrico) para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12 °C.

Tratamento	Dias de Armazenamento					
	4	8	12	16	20	24
Controle	1,53 Aa	1,12 ABCa	1,38 ABa	0,98 Bca	0,72 Ca	1,09 ABCa
0,1 kGy	1,52 Aa	1,34 Aa	1,09 Aa	1,27 Aa	1,15 Aa	1,22 Aa
0,2 kGy	1,04 Aa	1,13 Aa	1,18 Aa	1,06 Aa	1,13 Aa	1,05 Aa
0,5 kGy	1,61 Aa	1,38 Aa	1,38 Aa	1,42 Aa	1,13 Aa	1,22 Aa
1,0 kGy	1,69 Aa	1,48 ABa	1,54 ABa	1,29 ABa	1,17 Ba	1,06 Ba
C.V (%)	21,5					
DMS	0,5					

Médias seguidas pela mesma letra (maiúsculas na linha e minúscula na coluna) não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.



**Figura 11.** Valores médios de acidez total titulável (% de ácido cítrico) para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12 °C.

#### 4.2.7 – Ácido Ascórbico:

O teor de ácido ascórbico no suco da fruta, um dos principais indicadores do seu valor nutritivo, é muito variável, segundo o local de produção, estágio de desenvolvimento, amadurecimento, temperatura de armazenamento e fotoperíodismo (CEREDA et al., 1984).

De acordo com WILSON et al (1989) as principais fontes de vitamina C nas dietas são as frutas e as hortaliças frescas. O teor de vitamina C é a soma de dois ácidos: o ascórbico e o deidroascórbico, ambos biologicamente ativos. A vitamina C é uma substância redutora, facilmente oxidada, que sofre inativação quando exposta ao calor, ar e luz, podendo ser perdida quando aplicados processos que utilizam esses parâmetros e que são tradicionalmente aceitos, embora essa vitamina seja relativamente estável em meio ácido. A redução no conteúdo de ácido ascórbico pela irradiação tem sido observada em frutas cítricas (THOMAS, 1986; YÁÑES et al, 1990), suco de tomate (WILSKA-JESZKA & SKORUPINSKA, 1975) e suco de laranja (HUSSAIN & MAXIE, 1974). Estudo realizado por SPOTO (1988), tanto a dose quanto a temperatura de irradiação provocaram apenas ligeiras diminuições na porcentagem de ácido ascórbico do suco de laranja, sendo que esta porcentagem foi mais drasticamente diminuída pela temperatura e pelo período de armazenamento.

Os valores médios de ácido ascórbico nos frutos de maracujá doce foram expressos em mg/100g de polpa e estão apresentados na Tabela 8. Os valores de ácido ascórbico encontrados neste trabalho, apresentam-se entre 14,6 a 8,0 mg/100g de polpa, valores estes abaixo dos valores encontrados por SILVA et al. (1998) que relatam teores médios de vitamina C de 18,20mg. 100g<sup>-1</sup> de suco em maracujá doce. De acordo com WILSON et al, (1989) isto ocorre devido as reações de oxidações ocorridas durante o período de armazenamento.

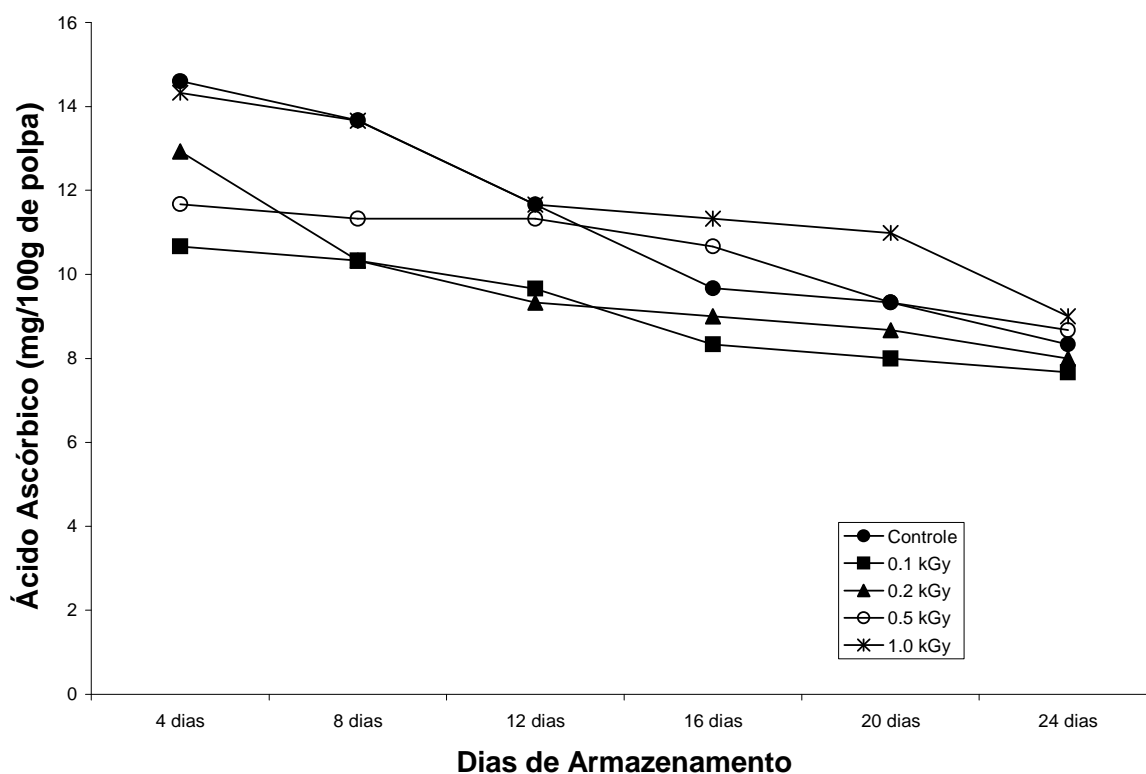
Os resultados das análises do ácido ascórbico do suco do maracujá-doce após sua irradiação, comparados com o controle, mostram que todos os tratamentos tiveram uns comportamentos semelhantes, não ocorrendo diferenças estatísticas significativa entre os tratamentos dentro de cada período de avaliação. No entanto, as doses de 0,1; 0,2 e 0,5 kGy propiciaram a manutenção nos níveis de ácido ascórbico durante o armazenamento dos frutos, variando de 8,00 a 12,93 mg/100g de polpa. Já os frutos tratados com a dose de 1,0 kGy e os frutos controle tiveram diferenças significativas nos níveis destes componentes, o que não é melhor em termos de manutenção de qualidade. Apesar disso, as doses de 0,1; 0,2 e 0,5 kGy apresentaram valores mais baixos de ácido ascórbico em todos os períodos de avaliação quando comparados ao controle e aos frutos tratados com a dose de 1,0 kGy apesar desta diferença não ser estatisticamente significativa.

As maiores perdas desta vitamina pela irradiação foram para a dose de 0,1 kGy no início do período de armazenamento, entretanto ao final do período de armazenamento, não houve diferença significativa entre as doses e o controle. MAXIE et al. (1964) não observaram perdas significativas de ácido ascórbico em laranjas irradiadas e armazenadas a 0°C por 100 dias. No entanto, verificaram redução no conteúdo de ácido ascórbico em limões irradiados e armazenados a 15°C por um mês. BLUMER (1995) que constataram uma pequena redução do ácido ascórbico em relação às doses de irradiação no suco natural de maçã.

**Tabela 8.** Valores médios de ácido ascórbico (mg/100g de polpa) para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12 °C.

Tratamento	Dias de Armazenamento					
	4	8	12	16	20	24
Controle	14,60 Aa	13,67 ABa	11,66 BCa	9,67 BCa	9,33 BCa	8,33 Ca
0,1 kGy	10,67 Aa	10,33 Aa	9,66 Aa	8,33 Aa	8,00 Aa	7,67 Aa
0,2 kGy	12,93 Aa	10,33 Aa	9,33 Aa	9,00 Aa	8,67 Aa	8,00 Aa
0,5 kGy	11,67 Aa	11,33 Aa	11,33 Aa	10,67 Aa	9,33 Aa	8,67 Aa
1,0 kGy	14,33 Aa	13,66 ABa	11,66 Aba	11,33 ABa	10,99 ABa	9,00 ABa
C.V (%)	12,5					
DMS	0,7					

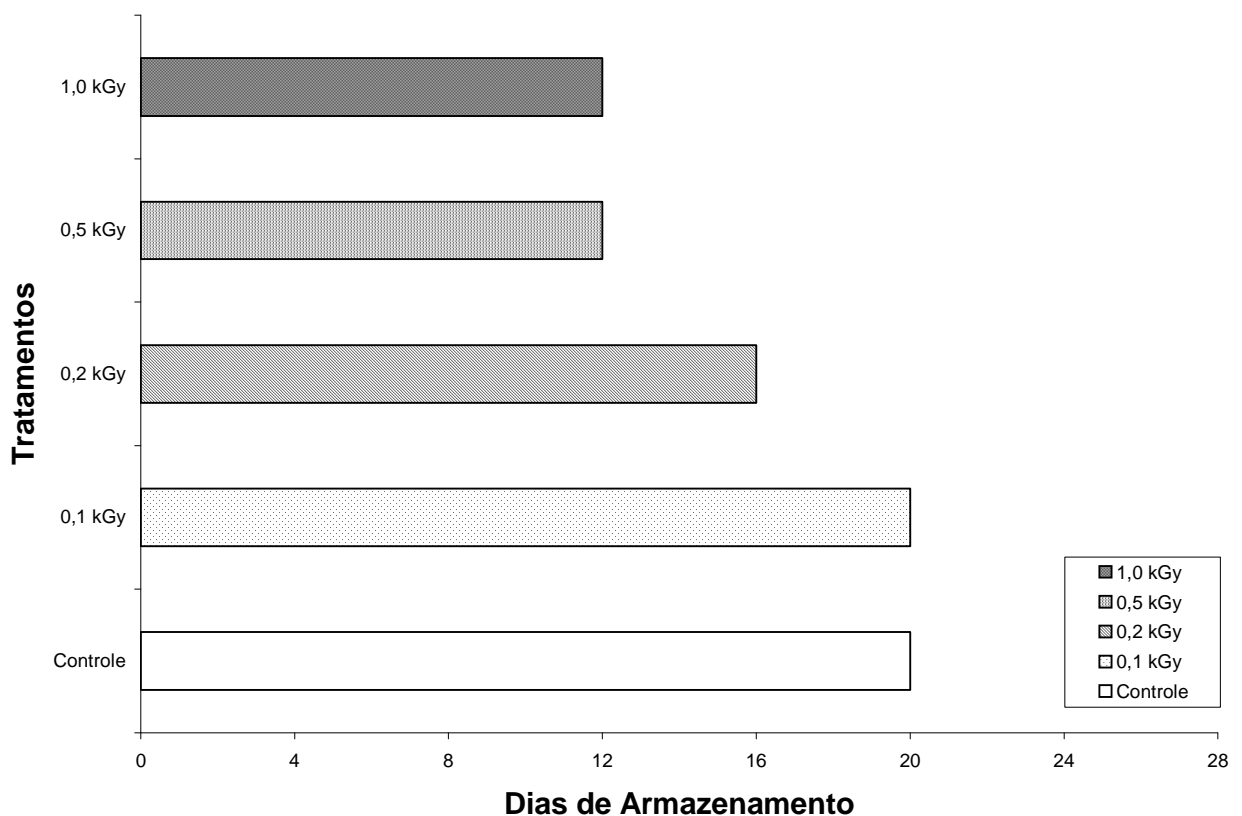
Médias seguidas pela mesma letra (maiúsculas na linha e minúscula na coluna) não diferem entre si pelo teste Tukey ao nível de 5% de significância.



**Figura 12.** Valores médios de ácido ascórbico (mg/100g de polpa) para frutos maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12 °C.

#### 4.2.8 Longevidade dos Frutos:

A figura 9 mostra que os frutos controle e os tratados com as doses de 0,1 kGy obtiveram uma maior longevidade quando comparados aos demais tratamentos. Estes frutos permaneceram aptos para a comercialização durante 20 dias quando armazenados a 12°C. A partir daí houve uma alteração na aparência externa, sendo que o aparecimento de manchas escuras e o amolecimento dos frutos foram fatores determinantes para estes fossem considerados não aptos para a sua comercialização. Em relação a eficiência das doses de radiação gama, notou-se que os frutos tratados na dose de 0,1 kGy se mostraram mais eficientes na longevidade quando armazenados a 12°C comparando-se com os frutos do controle. Os frutos tratados na dose de 0,2 kGy apresentaram uma longevidade de 16 dias, entretanto alguns frutos se apresentaram aptos ainda no 20º dia de armazenamento, porém com algumas manchas escuras que poderiam interferir na sua comercialização. Já os frutos tratados com as 2 doses mais altas (0,5 e 1,0 kGy) a longevidade dos frutos foram de apenas 12 dias, decorrente do maior aparecimento de manchas escuras e amolecimento da casca, ou seja, estes frutos no final do período de avaliação apresentavam formação de mofos, além de um maior grau de amolecimento principalmente na parte apical do fruto. Notou-se que o aumento da dose de radiação gama fez com que houvesse uma aceleração do processo de maturação dos frutos, fazendo com que estes tivessem uma menor longevidade pós-colheita.



**Figura 13.** Valores estimados da longevidade para frutos de maracujazeiro doce submetidos a diferentes doses de radiação gama e avaliados durante vinte e quatro dias de armazenamento a 12°C.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Todos os frutos independentes do tratamento a que foram submetidos, apresentaram escurecimento da casca a partir do 8° dia de armazenamento. Os frutos que sofreram radiação gama nas doses de 0,5 e 1,0 kGy apresentaram um escurecimento mais acentuado que os demais a partir do 12° dia, sendo que estes tiveram maior incidência de fungos e escurecimento da casca;
2. Todos os frutos independentes do tratamento tiveram tendência à perda de firmeza tanto firmeza apical quanto firmeza equatorial, sendo que a dose de 0,1 kGy se apresentou melhor na retenção da firmeza dos frutos;
3. Em todos os tratamentos os valores de sólidos solúveis totais apresentaram uma pequena variação, sendo que não ocorreu diferença significativa ao final do período de armazenamento;
4. O processo de irradiação levou os frutos de maracujá-doce a um comportamento não tradicional, apresentando grande variação nos teores de sólidos solúveis totais, não apresentando uma tendência única de acúmulo ou de redução deste componente.
5. Em relação à acidez total titulável, não houve diferenças significativas entre os tratamentos, entretanto a dose de 1,0 kGy apresentou as maiores médias de acidez total titulável durante os 20 primeiros dias de armazenamento;
6. Os frutos submetidos a todos os tratamentos apresentaram perda de ácido ascórbico no período de armazenamento, entretanto não ocorreram diferenças significativas dentro e entre os tratamentos;
7. A maior longevidade dos frutos de maracujá-doce ocorreu para os frutos controle e os tratados com 0,1 kGy, os quais permaneceram aptos para a comercialização durante 20 dias quando armazenados a 12°C;

## 6. CONCLUSÕES

1. Conclui-se que as doses mais baixas, ou seja, 0,25 e 0,50 kGy favoreceram ao aumento do período de conservação com manutenção da qualidade e sanidade dos frutos do maracujazeiro doce durante o período de 28 dias de armazenamento dos frutos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). Resolução-RDC nº 21, de 26 de Janeiro de 2001. Regulamento Técnico para Irradiação de Alimentos.

AHMED, M. Up to date status of food irradiation. In: **CONFERENCE ABSTRACT OF THE VIII INTERNATIONAL MEETING ON RADIATION PROCESSING**. Pequing, September, 13-18, p.18, 1992.

ANSELMO, R.M.; JUNQUEIRA, N.T.V.; PINTO, A.C. de Q.; RAMOS, V.H.V.; PEREIRA, A.V.; RANGEL, L.E.P. Caracterização físico-química de dez procedências de maracujá doce. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 15, 1998, Poços de Caldas. **Anais....** Poços de Caldas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1998. p.577

ARAÚJO, J.M.A. **Química dos Alimentos – Teoria e Prática**. Imprensa Universitária, Universidade Federal de Viçosa, p.253-278, 1974.

ARJONA, J.A.; MATTA, F.B. Postharvest quality of passion fruit as influenced by harvest time and ethylene treatment. **HortScience**, Alexandria, v.26, n.10, p.1297-1298, 1991.

ARTHUR, V.; WIENDL, F.M. Irradiação de carambolas para aumentar sua vida de prateleira. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.75, fasc.3, 2000.

ARTHUR, V.; WIENDL, F.M. Irradiação de goiabas para aumentar sua vida de prateleira. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.74, fasc.3, 1999.

AWAD, M. **Fisiologia pós-colheita de frutos**. São Paulo: Nobel, 114 p. 1993.

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

BANZATTO, D.A.; KRONKA, S.N. **Experimentação agrícola**. Jaboticabal, FUNEP, 1989. 247 p.

BEN-ARIE, R.; ZUTKHI, Y. Extending the storage life of Fuyu persimmon by modified atmosphere packaging. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.7, p.811-813, 1992.

BERNACCI, L.C.; MELETTI, L.M.M.; SOARES-SCOTT, M.D. Maracujá-doce: o autor, a obra e a data da publicação de *Passiflora alata* (Passifloraceae). **Revista Brasileira de Fruticultura**. ago. 2003, vol.25, no.2, p.355-356.

BERNACCI, L.C. ; VITTA, F.A. Flora Fanerogâmica da Reserva do Parque Estadual das Fontes do Ipiranga (São Paulo, Brasil): 54 – Passifloraceae. **Hoehnea**, São Paulo, v.26, n. 2, p. 135-147, 1999.

BLEINROTH, E.W. determinação do ponto de colheita, maturação e conservação das frutas. In: Industrialização de Frutas. **Manual Técnico**, n.8. Campinas: ITAL, p.1-15, 206p. 1991.

BLEINROTH, E. W. Recomendações para armazenamento. **Toda Fruta**, São Paulo, v.5, p.34-37, set. 1986.

BLUMER, L. **Efeito da radiação gama e do tratamento térmico na conservação do suco natural de maçã (*malus domestica*)**, cv. Gala. CENA-USP. Dissertação de mestrado, 1995.

BRADFORD, R ; LOAHARANU, P. A. Harmonized Approach to Regulating Food Irradiation Based on Groups of Foods. WHO/IAEA/FAO. In: Seminar on harmonization of regulation on food irradiation in Asia and the Pacific. Malaysia, **IAEA – TECDOC – 696**, p.155-160, 1993.

BRAGA, M.E.M.; VIEITES, R.L.; DOMARCO, R.E. Conservação de maracujá amarelo in natura, através de irradiação. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DE ALIMENTOS, 3, 1999, Campinas. **Resumos...** Campinas: UNICAMP-FEA, 1999. p.145.

BRODY, A.L. **Envasado de alimentos en atmosferas controladas, modificadas y a vacio**. Zaragoza: Acribia, 1996. 220p.

BROWN, B.I. Postharvest physiological aspects of ionizing energy treatment. In: HEATHER, N.W.; SHEEHY, P.T.; MUIRHEAD, I.F.; BROWN, B.I.; HASSALI, R.N. **The potential use ionizing energy treatment in Queensland's horticulture industries**. Brisbane, Queensland dept. of primary industrie, p.45-47, 1988.

BRUKNER; C.H.; PIKANÇO, M.C. **Maracujá: tecnologia de produção, pós-colheita, agroindústria, mercado**. Ed. Cinco Continentes, Porto Alegre, 472p, 2001.

CAMBRAIA, J. BRUNE, W.; FORTES, J.M.; ANDERSEN, O. Vitamina C em frutos de interesse tecnológicos. **Revista Ceres**, Viçosa, v.18, n.96, p.139-150, 1971.

CANÇADO JÚNIOR, F.L.; ESTANISLAU, M.L.L.; PAIVA, B.M. de. Aspectos econômicos da cultura do maracujá. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.206, p.10-17, set/out 2000.

CASTRO, J.V. Matéria prima In: ITAL, **Maracujá**. Campinas: ITAL, 1994. 267p (Série Frutas Tropicais, 9).

CEREDA, E.; LIMA, U.A.; CUNHA, R.J.P.; CEREDA, M.P. **Conservação e armazenamento do maracujá amarelo (*Passiflora edulis f. flavicarpa* Deg)**. III – Variações no teor de ácido ascórbico. Turrialba, San Jose, Costa Rica, 34(4), p.517-523, 1984.

CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H.; BESANÇON, P. **Metodos de conservacion. Tratamiento por las radiaciones ionizantes**. In: Introducción a la bioquímica y tecnologia de los alimentos. VII. España: Ed. Acribia, S.A., p. 277-284, 1992.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras- MG. ESAL/FAEP. 320p.,1990.

CIA, P.; BENATO, E.A.; ANJOS, V.D.A.; VIEITES, R.L. Efeito da irradiação na conservação de uva 'Ítália'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.22, n. esp, p.62-67, 2000.



CORRÊA, A. D.; ABREU, C. M. P.; SANTOS, C. D.; RIBEIRO, L. J. **Constituintes químicos da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) durante a maturação.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.24, n.1, p. 130-135, 2000.

CORRÊA, L.S.; BIANCO, S.; MARTINS, A.R.G. **Dados preliminares do comportamento de maracujazeiro (*Passiflora* sp) cultivado em solo sob vegetação de cerrado.** Brasília: EMBRAPA/CPAC, 121p, 1979. (Informe Técnico).

CRONQUIST, A. The evolution and classification of flowering plants. New York: The New York Botanical Garden, 1988. 555p.

CRONQUIST, A. An integrad system of classification of flowering plants. New York: Columbia University Press, 1981. 1262p.

DAMAYANTI, M.; SHARMA, G.J.; KUNDU, S.C. Gamma radiation influences postharvest disease incidence of pineapple fruits. **HortScience**, Alexandria, v.27, n.7, p.807-808, 1992.

DIEHL, J.F. **Safety of Irradiated Foods.** New York: Marcel Dekker, Inc., 1990. 345p.

DIEHL, J.F.; HASSELMANN, C. & KILCAST, D. Regulation of food irradiation in the European Community: Is nutrition na issue? **Food Control**, n.10, p.212-219, 1991.

DINNOCENZO, M. **Comportamento de enzimas da parede celular e textura da polpa relacionados ao tratamento de irradiação de mamões (*Carica papaya* L. cv. Solo) durante o amadurecimento.** Piracicaba, ESALQ/USP, 1996. 85p. (Dissertação de Mestrado).

DOMARCO, R.E.; SPOTO, M.H.F.; BLUMER, L. Sinergia da radiação ionizante e do aquecimento na vida de prateleira da uva 'Itália'. **Scientia Agricola**, out/nov, v.56, n.4, p.981-986, 1999.

DURIGAN, J.F. Colheita e Conservação Pós-Colheita. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE A CULTURA DO MARACUJAZEIRO, 5., 1998, Jaboticabal. **Anais**. Jaboticabal:Funep, 1998. p.257-77

EHLERMANN, D.A.E. food irradiation. In: SPIESS, W.E.L.; SCHURBERT, H. Engineering and food: preservation processes and related techniques. London: Elsevier, **Applies Science**, v.2, p.760-773, 1990.

FAO. Food and Agricultural Organization. **Production Yearbook**, Roma, v.47, 254p, 1993.

FELTRE, R. Química. Físico-Química. 2<sup>a</sup> ed. v. 2. São Paulo: Ed. Moderna, p. 371-429, 1983.

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

FILGUEIRAS, H.A.C.; CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Armazenamento de ameixas sob refrigeração e atmosfera modificada. 1. Textura e solubilização de pectinas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas-BA, v. 18, n.1, p. 115-127, 1996.

FISCHER, M.; AMADO, R. Changes in the pectic substances of apples during development and postharvest ripening. Part 1: Analysis of the alcohol-insoluble residue. **Carbohydrate Polymers**, Great Britain, v.25, p.161-166, 1994.

FOOD IRRADIATION. A Guidebook: agriculture service division. 2.ed. Rome, Italy: FAO, **Technomic Publishing**, 232p. 1996.

FRY, S.C. Polysaccharide: modifying enzymes in the plant cell wall. **Annual Review of Plant Physiological and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.46, p.497-520, 1995.

GAMA, F.S.N.; MANICA, I.; KIST, H.G.K.; ACCORSI, M.R. Aditivos e embalagens de polietileno na conservação do maracujá amarelo armazenado em condições de refrigeração. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, n.3, p.305-310, 1991.

GAMARRA ROJAS, G.; MEDINA, V.M. Mudanças bioquímicas do suco do maracujá ácido em função da idade do fruto. **Revista Brasileira de Fruticultura**, cruz das Almas, v.18, n.1, p.75-83, março, 1996.

GAMARRA ROJAS, G.; MEDINA, V.M. Variações físico-químicas do maracujá ácido em relação a pigmentação da planta. **Revista Brasileira de Fruticultura**, cruz das Almas, v.17, n.3, p.103-110, dez, 1995.

GEESON, J.D.; GENGE, P.M.; SHARPLES, R.O.; SMITH, S.M. Limitations to modified atmosphere packaging for extending the shelf-life of partly ripened doyenue du comice pears. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.26, n.2, p.225-231, 1991.

GERMANO, R.M. de A.; ARTHUR, V.; WIENDL, F.M. Conservação pós-colheita de abacates *Persia americana* MILL., variedade Fortuna e Quinta, por irradiação. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 53, n. 2-3, p. 249-253. 1996

GOMEZ, M.L.P.A.; LAJOLO, F.M. e CORDENUNSI. Metabolismo de carboidratos durante o amadurecimento do mamão (*Carica papaya* L. cv. Solo) Campinas: **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n.2, 1999.

GRAHAM, W.D. & STEVENSON, M.H. Effect of irradiation on vitamin C content of strawberries and potatoes in combination with storage and with further cooking in potatoes. **Journal Science of Food Agriculture**, v. 75, p.371-377, 1997.

GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS. A irradiação de Alimentos: ficção ou realidade. **CGIA/FAO/AIEA**, 38p, 1991.

HOLANDA, L. F. F. da et al. Características físico-químicas e químicas do suco de maracujá amarelo cultivado no município de Ubajara, CE. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA**, 9., 1988, Campinas, **Anais...** Campinas: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 1988, v. 2, p. 586-590.

HUSSAIN, N.H.; MAXIE, E.C. effect of gamma rays on shelf life and quality on orange juice. **International Biodeterioration Bulletin**, v.10, n.3, p.81-86, 1974.

IADEROZA, M., BLEINROTH, E. W., AZUMA, E. H. Efeitos da radiação ionizante na atividade da pectinesterase do mamão cultivar Solo. **Colet. Inst. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 18, n. 1, p. 76-82, 1988.

IEMMA, J.; ALCARDE, A.R.; DOMARCO, R.E. Radiação gama na conservação do suco natural de laranja. **Scientia Agrícola**, vol.56, n.4, supl, p.1193-1198, 1999.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análise dos alimentos. 3.ed. São Paulo: Editora do Instituto Adolfo Lutz, v.1.371p, 1985.

INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Manual técnico de análise química de alimentos**. Campinas, 1990.

JANSEN, D.H. Reproductive behavior in the Passifloraceae and some of its pollinators in Central America. **Behaviour**, Leiden, v.32, p.33-48, 1968.

KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmosphere on fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, n. 6, p. 94 -104, 1986.

KADER, A.A. Potential applications of ionizing radiation in postharvest handling of fruits and vegetables. **Food Technology**, v. 40, n. 6, p. 117-121, 1986b

KAFERSTEIN, F.K. Safe food more needed than ever before. Geneve: **World health Organization**, 22p, 1993.

KAFERSTEIN, F.K. e MOY, G.G. Public health aspects of food irradiation. **Journal of Public Health Policy**, v. 14, n.2, p.149-163, 1993.

KAVATI, R.; d'EECKENBRUGGE, G.C.; FERREIRA, F.R. Le maracuja doux. Un nouveau venu prometteur. **fruttrop**, v.43, p.21-22, 1998.

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

KILLIP, E. P. The American Species of Passifloraceae. Field Museum of Natural History. **Botanical Series**, Chicago, v.19, p.7-162, 1938.

KIMBALL, D.A.; BOXC, C.P.O. Factors affecting the rate of maturation of citrus fruits. **Florida State Horticultural Society Proceedings**. Gainesville, v.97, p.40-44, June, 1984.

LADOMERY, L. G. Principles of the Codex general standart for irradiated foods and associated code of practice. WHO/IAEA/FAO In: Seminar on harmonization of regulations on food irradiation in Asia and the Pacific. malaysia, **IAEA-TECDOC- 696**, P.63-66, 1993.

LEITÃO, M.F.F. Microbiologia de sucos, polpas e produtos ácidos. In: Industrialização de Frutas. **Manual Técnico**, n.8. Campinas: ITAL, p.33-52, 1991. 206 p.

LEITÃO FILHO, H.F.; ARANHA, C. Botânica do maracujazeiro. In: **SIMPÓSIO DA CULTURA DA MARACUJÁ**, 1. Campinas, 1971. Campinas, sociedade Brasileira de Fruticultura, 13p. (mimeo), 1974.

LEITÃO FILHO, H.F.; ARANHA, C. Botânica do maracujazeiro. In: **SIMPÓSIO DA CULTURA DA MARACUJÁ**, 1. Campinas, 197. Anais.... Campinas:ESALQ, p.113, 1971.

LIMA, K.S.C.; GROSSI, J.L.S.; LIMA, A.L.S.; ALVES, P.F.M.P.; CONEGLIAN, R.C.C.; GODOY, R.L.O.; SABAA-SRUR, A.U.O. Efeito da irradiação ionizante  $\gamma$  na qualidade pós-colheita de cenouras (*Daucus carota* L.) cv. Nantes. Campinas: **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21 n. 2. 2001.

LOAHARANU, P. Cost benefit aspects fo food irradiation. **Food Technology**, v. 48, n.1, p.104-108, 1994.

MABBERLEY, D.J. The plant book – A portable dictionary of the vascular plants. Cambridge: University Press, 1997. 858p.

MANICA, I. **Fruticultura tropical: 1. Maracujá**. São Paulo, Agronômica Ceres, 1981. 160p.

MANTOVANI, W., RODRIGUES, R.R., ROSSI, L., ROMANIUC-NETO, S., CATHARINO, E.L.M. & CORDEIRO, I. A vegetação na Serra do Mar em Salesópolis. **Anais do II simpósio de ecossistemas da costa sul e sudeste brasileira: estrutura, função e manejo**. ACIESP, São Paulo, v.2:348-384. 1990.

MARTIN, F.W.; NASAKONE, H.Y. The edible species of Passiflora. **Economic Botanic**, Bronx, p.24, v. 333-343, 1970.

MATIN, M.A.; BHUIYA, A.D.; AMIN, M.R.; MALEK, M.A. Irradiation of onions, pulses and dried fish: process control, storage, test marketing and economic analysis of the process. **IAEA – TEC DOC 871**, Vienna, Áustria, p. 19-49, 1996.

MAXIE, E.C.; SOMMER, N.F.; EAKS, I.L. Effect of gamma radiation on citrus fruits. In: INTERNATIONAL CITRUS SYMPOSIUM, California, 1969. **Proceedings**. Vienna: IAEA, p.1375-1387.1969.

MAXIE, E.C.; EAKS, I.L.; SOMMER, N.F. Some physiological effects of gamma irradiation on lemon fruit. **Radiation Botany**, v.4, p.405-411, 1964.

MEDINA, J.C. Cultura. In: MEDINAJ.C.; GARCIA, J.L.M.; LARA, J.C.C.; TOCCHINI, RP.; HASHIZUME, T.; MORETTI, V.A.; CANTO, W.L. do. **Maracujá da cultura ao processamento e comercialização**. Campinas: ITAL, 1980. v.1., p.5-105.

MELLETTI, L.M.M.; SOARES-SCOTT, M.D.; PINTO-MAGLIO, C.A.F.; MARTINS, F.P. Caracterização de germoplasma de maracujazeiro (*Passiflora* sp). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.14, n.2, p.157-162, 1992.

MILLER, W.,; McDONALD, R.E.; CHAPARRO, J. Tolerance of selected orange and mandarin hybrid fruit to low-dose irradiation for quarantine purposes. **HortScience**, v.35, n.7, p.1288-1291, 2000.

MORAES, L.C. Irradiação de alimentos. **Revista Alimento & Tecnologia.**, ano XIV, n. 87, p. 34-36, mar. 2000.

MULLER, C.H. **Efeito de doses de sulfato de amônio e de cloreto de potássio sobre a produtividade e a qualidade de maracujás colhidos em épocas diferentes.** Viçosa: UFV, 1977.89p. (Dissertação – Mestrado em Fisiologia Vegetal)

MURRAY, D. R. **Biology of food irradiation.** London: Research Studies Press, 1990. 255p.

NARVAIZ, P. & LADOMERY, L.G. Estimation of the Effect food Irradiation on Total Dietary Vitamin Availability as Compared with Dietary Allowances: Study for Argentina. *Journal Science of Food Agriculture*, v. 76, p. 250-256, 1998.

NEVES, L.C.; MANZIONE, R.L.; VIEITES, R.L. Gamma radiation in postharvestconservation of nectarina (*Prunus persica* var. Nucipersica) colled storage. **Revista Brasileira de Fruticultura**, vol.24, n.3, p.676-679, Dec, 2002.

NEWSOME, R.L. Perspective on food irradiation. *Food Technology*, v. 41, p. 100-102, 1987.

NUNES, T.S, ZAPPI, D.C.; QUEIROZ, L.P. Lectotypification of two species of *Passiflora* (Passifloraceae). **Kew Bulletin**, Kew, v.56, p. 245-246, 2001.

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

O'DONOGHUE, E.M.; SOMERFIELD, S.D. VRÉ, L.A.; HEYES, J.A. developmental and ripening related effects on the cell wall of pepino (*Solanun muricatum*) fruit. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v.73, p.455-463, 1997.

OLIVEIRA, J. C.; NAKAMURA, K. MAURO, A.O.; CENTURIOS, M.A.P. da C. Aspectos gerais do melhoramento do maracujazeiro. In: SÃO JOSÉ, A.R. (Ed). **Maracujá: produção e mercado.** Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, p.27-37, 1994.

OLIVEIRA, J. C.; SALOMÃO, T. A.; RUGGIERO, C.; ROSSINI, A. C. Variações observadas em frutos de *Passiflora alata* Ait. *Proceedings of the Tropical Region – American Society for Horticulturae Science*, v.25, p.343-345, 1982.

OLIVEIRA, J. C.; SALOMÃO, T. A.; RUGGIERO, C.; ROSSINI, A. C. Observações sobre o cultivo de *Passiflora alata* Ait. (maracujáguaçu). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.2, n.1, p.59-63, 1980.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS).Inocuidad e idoneidad nutricionalde los alimentos irradiados. **World Health Organization**, Ginebra, 172p. 1995.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Wholesomeness of Irradiated Food: (TRS 659). **World Health Organization**, Geneva, Switzerland, 1981.

PANTASTICO, E.R.B. **Postharvest physiology handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**, Westport: AVI, 560p. 1975.

PIMENTEL, R.M. de A. **Efeito da irradiação gama em mamão papaia (*Carica papaya* L.) colhido em três pontos de maturação.** CENA-USP. Dissertação de mestrado. 2002.

POCASANGRE ENAMORADO, H.E.; FINGER, F.L.; BARROS, R.S.; PUSCHMANN, R. Development and ripening of yellow passion fruit. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.70, n.4, p.573-576, 1995.

POTHISIRI, P. Control of food irradiation facilities and good irradiation practices. WHO/IAEA/FAO In: Seminar on harmonization of regulation on food irradiation in Asia and the Pacific. Malaysia, **IAEA – TEC DOC – 696**, p. 67-72, 1993.

PRUTHI, J.S. Physiology, chemistry and technology of passion fruit. **Advances in Food Research**, London, v.12, n.1, p.203-282, 1963.

ROSSINI, A.C. **Características botânicas e agrônômicas de plantas de *Passiflora alata* Ait. (maracujá guassu) cultivados em Jaboticabal.** Jaboticabal: FMVA, UNESP, 46p. 1977.

RUBBERTÉ-TORRES, R.; MARTIN, F.W. First generatin hybrids of edible passion fruit species. **Euphytica**, Dordrecht, v.23, n.1, p.61-700, 1974.

RUGGIERO, C. SÃO JOSÉ, A.R.; VOLPE, C.; OLIVEIRA, J.C. DURIGAN, J.F.; BAUMGARTNER, J.G.; SILVA, J.R. da; NAKAMURA, K.; FERREIRA, M.E.; KAVATI, PEREIRA, V. de P. **Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção.** Brasília: Embrapa-SPI, 64p. 1996.

SALUNKHE, D.H. Gamma radiation effects on fruits and vegetables. **Economic Botany**. Baltimore, v, 15, p.28-56, 1961.

SANTIAGO, A. da S. **Avaliação de frutos de pinha (*Annona squamosa* L.) submetidos a diferentes tratamentos pós-colheita.** Seropédica: UFRRJ, 37p. 2003 (Dissertação de Mestrado: Fitotecnia).

SATIN, M. La irradiación de los alimentos. 2<sup>a</sup> ed. España: Ed. Acribia, S.A., 175p. 1997.

SEYMOR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of fruit ripening.** Ed. London: Chapman & Hall, 454p, 1993.

SIGRIST, J. M. M. Respiração. In: BLEINROTH, E.W.; SIGRIST, J.M.M.; ARDITO, E. F. G.; CASTRO, J. V.; SPAGNOL, W. A.; NEVES FILHO, L. C. Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais. 2.ed. Campinas:ITAL, 1992. Cap2, p.19-26.

SIGRIST, J.M.M. Respiração. In: BLEINROTH, E.W. **Tecnologia pós-colheita de frutos e hortaliças.** Campinas-SP:ITAL. p.21-27, 1988.

SILVA, A. C.; SÃO JOSÉ, A. R. Classificação botânica do maracujazeiro. In: SÃO JOSÉ, A. R. (Ed.) **Maracujá: produção e mercado.** Vitória da Conquista: UESB-DFZ, 1994, Cap. 1, p.1-5.

SILVA, A. P. **Métodos de aplicação de cloreto de cálcio pós-colheita na conservação do maracujá-doce (*Passiflora alata* Dryander)**. Botucatu: UNESP-FCA, 1999. 95p. Dissertação (Mestrado em Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Estadual Paulista, 1999.

SILVA, A.P.; VIEITES, R.L.; CEREDA, E. Conservação de maracujá-doce pelo uso de cera e choque a frio. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.4, 1999.

SILVA, A. P.; LACERDA, S.A.; VIEITES, R. L. Ceras comerciais na manutenção do teor de vitamina C do maracujá-doce. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16, 1998, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SBTCA, 1998. v.1, p.176-178.

SILVA, A.P.; DOMINGUES, M.S.C.; VIEITES, R.L.; RODRIGUES, J.D. Emprego de fitorreguladores na conservação pós-colheita do maracujá-doce (*Passiflora alata* Dryander) armazenado sob refrigeração. IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE FISILOGIA VEGETAL, 6, 1997, Belém. **Anais...** Belém: Sociedade Brasileira de Fisiologia Vegetal, 1997. p. 217.

SILVA, J.M. & DOMARCO, R.E. Análise visual dos efeitos da radiação à atmosfera modificada no armazenamento do limão ‘Tahiti’ –Ensaio preliminar. Centro de Energia Nuclear na Agricultura – **CENA/USP**. Piracicaba-SP.

SILVA, S.; TASSARA, H. **Frutas no Brasil**. 4. ed. São Paulo: Empresa das Artes, 1996. 321 p.

SPOTO, M.H.F. **Radiação gama na conservação do suco concentrado de laranja: características físicas, químicas e sensoriais**. Piracicaba, 1988, 91p ESALQ-USP (Dissertação de mestrado).

TAPE, N. Control of good irradiation practices and the role of the ICGFI guidelines and codes. WHO/IAEA/FAO In: Seminar on harmonization of regulation on food irradiation in Asia and the Pacific. Malaysia, **IAEA – TEC DOC – 696**, p. 141-145, 1992.

TEIXEIRA, C.G.; CASTRO, J.V.; TOCCHINI, R.P.; NISIDA, A.L.A.C.; HASHIZUME, T.; MEDINA, J.C.; TURATTI, J.M.; LEITE, R.S.S.F.; BLISKA, F.M.M.; GARCIA, A.E.B. **Maracujá: cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos**. 2. ed. Campinas: ITAL, 267p. 1994.

TENGUMUAY, C.; JUANGDHANICH, C; PROMPUBESARA, C. TAKINARASMEE, S.; SONGPRASERTCHAI, S. Fruits Irradiation. **Office of Atomic Energy for Peace, THAI.AEC-33**, Bangkok, Tailândia, 139p, 1970.

THOMAS, P.; BHUSHAN, B.; RAMAMURTHY, M.S. Comparative studies on the efficacy of gama irradiation, heat, refrigeration and combined treatment as a quarantine treatment for mango fruit. **IAEA-TEC DOC 871**, Viena, Áustria, p.299-314, 1996.

THOMAS, P.; BHUSHAN, B.; JOSHI, M.R. Comparison of the effect of gamma irradiation, heat-treatment combination and sulphur dioxide generating pads on decay and quality of grapes. **Journal of Food Science and Technology**, Mysore, v.32, n.6, p.477-481, 1995.

THOMAS, P. Radiation preservation of foods of plant origin. III Tropical fruits: bananas, mangoes and papayas. **Crit. Ver. Food Sci. Nutr**, Cleveland, v.23, n.2, p.147-205, 1986.

UNITED FRESH FRUIT – VEGETABLE ASSOCIATION **Food irradiation for the produce industry**. Alexandria, 11p, 1986.

URBAIN, W.M. Food Irradiation. New York: **Academic Press, INC.**, 1986. 351p.

VASCONCELLOS, M. A. S. **Maracujazeiro doce: sistema de produção**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 21, n. 205, p. 72-75, 2000.

VASCONCELLOS, M. A. S. **Biologia floral do maracujazeiro doce (*Passiflora alata* Dryand) nas condições de Botucatu-SP**. Botucatu: FCA/UNESP, 1991. 99P. Dissertação de Mestrado.

VASCONCELLOS, M. A. S.; CEREDA, E.; O cultivo do maracujá doce. In: SÃO JOSÉ, A. R. **Maracujá – produção e mercado**. Vitória da Conquista: DFZ/UESB, 1994. p.71-83.

VASCONCELLOS, M. A. S.; SAVAZAKI, E.T.; GRASSI FILHO, H. Caracterização física e quantidade de nutrientes em frutos de maracujá doce. **Revista Brasileira de Fruticultura**, dez, v.23, n.3, p.690-694, 2001.

VASCONCELLOS, M. A. S.; CEREDA, E.; ANDRADE, J.M.B.; BRANDÃO FILHO, J.U.T. Desenvolvimento de frutos do maracujazeiro ‘Doce’ (*Passiflora alata* Dryand), nas condições de Botucatu – SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.15, n.1, p.153-158, 1993.

VIEITES, R.L. **Conservação pós-colheita de tomate através do uso de radiação gama, cera e saco de polietileno, armazenados em condições de refrigeração e ambiente**. Tese (livre-Docência) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 131p. 1998.

VIEITES, R.L.; BEZERRA, L.P. Efeito do sulfato de cálcio e da embalagem de polietileno, na conservação do maracujá amarelo, armazenado em condições de refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Cruz das Almas, v.18, n.2, p.235-243, 1996.

VILAS BOAS, E.V. de B. **Avaliação nutricional dos alimentos**, Lavras, UFLA/FAEPE/DCA, 2000. 47p.

VITAL, H.C.; VELLOZO, S.O.; BALTHAR, M.C.V. **Perspectivas de uso do irradiador gama do IPE**. VI CGEN, Rio de Janeiro, RJ, 27 a 31 Outubro, 1996. (Anais em CD)

WILSKA-JESZKA, J.; SKORUPINSKA, A. Evolution of radurized and pasteurized fruits juices during 12 months of storage. **Seszyty Naukowe Politechniki Lodzkiej Chemia Spozywcza**. v.23, p.243-259, 1975.

WILSON, E.D.; SANTOS, A.C.; SANTOS, J.E. **Nutrição Básica**. São Paulo: Sarvier, p.99-110, 1989. 286 p.



YÁNEZ, M.G.; ARTEAGA, A.G.; MIRANDA, J.F.; PARADOA, A.; SAMPERE, E.; CASTILLO, E.; SERRANO, G. Nota: Estabilidad del contenido de vitamina C en toronjas sometidas a diferentes dosis de radiciones gamma. **Revista de Agroquímica e Tecnología de Alimentos**, v.30, n.3, p.409-416, 1990.

YOUNG, R.E. Effect of ionizing radiation on respiration and ethylene reduction of avocado fruit. **Nature**, v.205, p.1113-1114, 1965.

ZAPATA, L.E.M. El manejo precosecha, cosecha y postcosecha de maracuyá para la exportación. **Tecnología**, v.27, n.166, p.7-33, 1987.

ZHAO, M.; MOY, J.; PAULL, R.E. Effect of gamma irradiation on ripening papaya pectin. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, V.8, P.209-222, 1996.

ZULETA, S. Technical and economic feasibility of irradiating mango and other fruits. **Food Irradiation Newsletter**, Vienna, v.27, n.166, p.7-33, 1987.