



AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

**ESTUDO DO TRATAMENTO COMBINADO DE RADIAÇÃO
IONIZANTE E COBERTURA DE QUITOSANA
EM MAMÃO PAPAIA (*Carica papaya L.*)**

RITA JUNQUEIRA DE CAMARGO

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

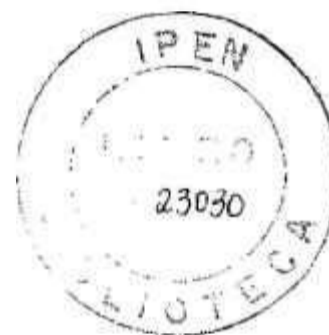
Orientadora:
Dra. Susy Frey Sabato

**São Paulo
2004**

IPEN - INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICA E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

**ESTUDO DO TRATAMENTO COMBINADO DE RADIAÇÃO IONIZANTE
E COBERTURA DE QUITOSANA EM MAMÃO PAPAIA (*Carica papaya L.*)**

RITA JUNQUEIRA DE CAMARGO



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

Orientadora:
Dra. Susy Frey Sabato

São Paulo
2004

IPEN - INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICA E NUCLEARES
Autarquia Associada à Universidade de São Paulo

**ESTUDO DO TRATAMENTO COMBINADO DE RADIAÇÃO IONIZANTE
E COBERTURA DE QUITOSANA EM MAMÃO PAPAIA (*Carica papaya L.*)**

RITA JUNQUEIRA DE CAMARGO

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

Orientadora:
Dra. Susy Frey Sabato

São Paulo
2004

Aos meus pais pelo incentivo, compreensão e orientação.

AGRADECIMENTOS

À Dra. Susy F. Sabato pela oportunidade, confiança e orientação do trabalho.

À Gaia Papaya pela doação, pré seleção, tratamento e transportes das frutas.

Ao Prof. Dr. Bronislaw Polakiewicz pela doação e confecção do filme de quitosana.

À Companhia Brasileira de Esterilização pela irradiação das frutas, em especial a Gilmara de Luca.

Ao Instituto de Tecnologia de Alimentos pela permissão da utilização da infra-estrutura dos laboratórios e câmaras do FRUTOHTEC, em especial à Eliane Benato e Débora Alves.

À Prof. Dra. Carmen Tadini pela permissão da utilização do Laboratório de Engenharia de Alimentos da Engenharia Química da USP, além das sugestões e colaborações nas diversas etapas do trabalho.

Ao Prof. Dr. Jorge Behrens da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP pela permissão da utilização do Laboratório de Análise Sensorial e pelo auxílio na estruturação do teste.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento pela bolsa de mestrado concedida.

Ao Centro de Estatística Aplicada do IME pela colaboração na análise estatística dos dados.

Ao Dr. Wilson Calvo e Dra. Maria Helena Sampa pela viabilização de muitas etapas do projeto.

Ao Sr. Galdêncio Sales pelo transporte e companhia nas diversas idas a Campinas.

À colega Andrea Molinari pelas orientações e sugestões.

Ao Ricardo Vieira, Tomás e Lia Camargo pela paciência e companhia.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	VII
LISTA DE TABELAS.....	X
LISTA DE SIGLAS	XIII
RESUMO	XIV
ABSTRACT	XV
1) INTRODUÇÃO	1
2) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1) Mamão Papaia (<i>Carica papaya</i> L.)	3
2.2) Problemas encontrados na comercialização	5
2.3) Alternativas utilizadas atualmente que viabilizam a exportação	6
2.4) A irradiação de alimentos como uma alternativa	8
2.4.1) Vantagens e limitações da irradiação de alimentos	11
2.4.2) Tratamento Quarentenário	15
2.4.2.1) Determinação da dose de desinfestação.....	16
2.4.3) Extensão da vida de prateleira	18
2.5) Filmes Comestíveis	25
2.5.1) Filmes Comestíveis de Quitosana	27
3) MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1) Parte Experimental: Etapa I	31
3.1.1) Matéria Prima	32
3.1.2) Tratamentos	32
3.1.3) Análises físico-químicas	34
3.1.4) Análise Estatística	38

3.2) Parte Experimental: Etapa II	40
3.2.1) Matéria Prima	41
3.2.2) Tratamentos realizados após o recebimento	42
3.2.3) Análises visuais	43
3.3) Parte Experimental: Etapa III	44
3.3.1) Matéria Prima	44
3.3.2) Procedimentos realizados após o recebimento	45
3.3.3) Análise Sensorial	45
4) RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	52
4.1) Parte Experimental: Etapa I	52
4.1.1) Caracterização dos frutos no recebimento: Tratados termicamente x Não tratados termicamente	52
4.1.2) Estudo dos efeitos Tempo, Tratamento, e Irradiação para todas as variáveis	53
4.1.3) Considerações Finais da 1ª Etapa da Parte Experimental	106
4.2) Parte Experimental: Etapa II	107
4.3) Parte Experimental Etapa III	113
5) CONCLUSÃO	122
6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.1	Exportação anual de mamão papaia brasileiro	4
Figura 3.1.1	Fluxograma da Primeira Etapa da Parte Experimental.....	31
Figura 3.1.1.1	Plantação de Mamão - Gaia Papaya. Linhares- ES.....	32
Figura 3.1.2.1	Etapa de higienização - Gaia Papaya. Linhares- ES.....	32
Figura 3.1.2.2	Tratamento térmico - Gaia Papaya. Linhares- ES.....	33
Figura 3.1.2.3	Imersão em solução de quitosana	33
Figura 3.1.2.4	Secagem da quitosana em temperatura ambiente	33
Figura 3.1.3.1	Diagrama de croma a^* e b^*	36
Figura 3.1.3.2	Sólido do sistema $L a^* b^*$	36
Figura 3.1.3.3	Colorímetro Minolta CR 300	36
Figura 3.1.3.4	Texturômetro Stable Micro System, modelo TA-TX2i	37
Figura 3.2.1	Fluxograma da Segunda Etapa da Parte Experimental	41
Figura 3.2.2.1	Gamma Cell, CTR - IPEN	42
Figura 3.2.3.1	Escala de Estádio de maturação	43
Figura 3.3.1	Fluxograma da Terceira Etapa da Parte Experimental	44
Figura 3.3.3.1	Apresentação das amostras ao provador	48
Figura 4.1.2.1	Médias de cada tratamento para a variável doenças ao longo do tempo	54
Figura 4.1.2.2	Médias de cada tratamento para a variável doenças para cada nível de Irradiação	54
Figura 4.1.2.3	Médias de cada tratamento para a variável massa ao longo do tempo	58
Figura 4.1.2.4	Médias de cada tratamento para a variável massa em cada nível de irradiação	58
Figura 4.1.2.5	Efeito linear da variável Massa em relação ao Tempo	59
Figura 4.1.2.6	Efeito linear da variável Massa em relação ao Tempo – tratamento térmico	59
Figura 4.1.2.7	Médias de cada tratamento para a variável <i>Hue</i> - Casca em cada dia de Análise	61
Figura 4.1.2.8	Médias de cada tratamento para a variável <i>Hue</i> - Casca em cada nível de irradiação	61
Figura 4.1.2.9	Médias de cada tratamento para a variável Croma em cada dia de análise	66
Figura 4.1.2.10	Médias de cada tratamento para a variável Croma - Casca em cada nível de Irradiação	66
Figura 4.1.2.11	Médias de cada tratamento para a variável <i>Lightness</i> casca em cada dia de análise	70
Figura 4.1.2.12	Médias de cada tratamento para a variável <i>Lightness</i> - Casca em cada nível de irradiação.....	70
Figura 4.1.2.13	Médias de cada tratamento para a variável <i>Hue</i> - Polpa em cada dia de análise.....	74
Figura 4.1.2.14	Médias de cada tratamento para a variável <i>Hue</i> - Polpa em cada nível de irradiação.....	74
Figura 4.1.2.15	Efeito linear da variável <i>Hue</i> (polpa) em relação ao Tempo.....	76
Figura 4.1.2.16	Médias de cada tratamento para a variável Croma - Polpa em cada dia de análise.....	78

Figura 4.1.2.17	Médias de cada tratamento para a variável Croma - Polpa em cada nível de irradiação.....	78
Figura 4.1.2.18	Efeito linear da variável Croma (polpa) em relação ao Tempo.....	79
Figura 4.1.2.19	Efeito linear da variável Croma (polpa) em relação ao Tempo para o Tratamento Térmico	79
Figura 4.1.2.20	Médias de cada tratamento para a variável <i>Lightness</i> - Polpa em cada dia de análise.....	80
Figura 4.1.2.21	Médias de cada tratamento para a variável <i>Lightness</i> - Polpa em cada nível de irradiação.....	80
Figura 4.1.2.22	Médias de cada tratamento para a variável pH em cada dia de análise	82
Figura 4.1.2.23	Médias de cada tratamento para a variável pH em cada nível de irradiação.....	82
Figura 4.1.2.24	Médias de cada tratamento para a variável Acidez titulável em cada dia de análise.....	85
Figura 4.1.2.25	Médias de cada tratamento para a variável Acidez titulável em cada nível de irradiação.....	85
Figura 4.1.2.26	Médias de cada tratamento para a variável Sólidos Solúveis em cada dia de análise.....	90
Figura 4.1.2.27	Médias de cada tratamento para a variável Sólidos Solúveis em cada nível de irradiação.....	90
Figura 4.1.2.28	Médias de cada tratamento para a variável <i>ratio</i> em cada dia de análise.....	95
Figura 4.1.2.29	Médias de cada tratamento para a variável <i>ratio</i> em cada nível de irradiação.....	95
Figura 4.1.2.30	Médias de cada tratamento para a variável Energia de Penetração em cada dia de análise.....	99
Figura 4.1.2.31	Médias de cada tratamento para a variável Energia de penetração em cada nível de irradiação	99
Figura 4.1.2.32	Modelo Preditivo para a variável Energia de Penetração.....	105
Figura 4.2.1	Porcentagem de perda de massa para os quatro tratamentos ao longo do tempo.....	107
Figura 4.2.2	Porcentagem de frutos excluídos devido a presença de fungos para os quatro tratamentos ao longo do tempo	108
Figura 4.2.3	Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 1° DAI	109
Figura 4.2.4	Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 5° DAI	109
Figura 4.2.6	Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 10° DAI	110
Figura 4.2.7	Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 14° DAI.....	110
Figura 4.2.8	Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 15° DAI	110
Figura 4.2.9	Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 16° DAI.....	110
Figura 4.2.11	Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 18° DAI	110

Figura 4.2.12	Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 19º DAI.....	110
Figura 4.2.13	Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 20º DAI	111
Figura 4.3.1	Médias do Grau de Aceitação das Frutas Irradiadas e Não Irradiadas Para os Quatro Parâmetros Analisados	114
Figura 4.3.2	Nível de escolaridade dos provadores	115
Figura 4.3.3	Idade dos provadores.....	115
Figura 4.3.4	Médias da Intenção de compra segundo a escolaridade dos provadores	116
Figura 4.3.5	Médias da Intenção de compra segundo a idade dos provadores....	116
Figura 4.3.6	Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provadores sem nível superior	117
Figura 4.3.7	Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provadores sem nível superior	117
Figura 4.3.8	Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provadores com nível Superior Incompleto	117
Figura 4.3.9	Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provadores com nível Superior Incompleto	117
Figura 4.3.10	Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provadores com nível Superior Completo.....	117
Figura 4.3.11	Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provadores com nível Superior Completo.....	117
Figura 4.3.12	Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provadores com Pós Graduação	117
Figura 4.3.13	Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provadores com Pós Graduação	117
Figura 4.3.14	Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provadores com idade até 20 anos.....	118
Figura 4.3.15	Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provadores com idade até 20 anos.....	118
Figura 4.3.16	Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provadores com idade entre 21 e 25 anos	118
Figura 4.3.17	Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provadores com idade entre 21 e 25 anos	118
Figura 4.3.18	Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provadores com idade entre 26 e 30 anos	118
Figura 4.3.19	Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provadores com idade entre 26 e 30 anos	118
Figura 4.3.20	Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provadores com idade entre 31 e 35 anos	118
Figura 4.3.21	Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provadores com idade entre 31 e 35 anos	118
Figura 4.3.22	Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provadores com idade maior que 35 anos	119
Figura 4.3.23	Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provadores com idade maior que 35 anos.....	119

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1.1	Principais produtores de mamão papaia em 2003.....	4
Tabela 2.1.2	Principais exportadores de mamão papaia em 2002	4
Tabela 2.1.3	Porcentagem das exportações em relação à produção dos principais países exportadores em 2002.....	4
Tabela 2.1.4	Principais países importadores de mamão papaia brasileiro em 2003.....	4
Tabela 2.1.5	Exportação anual de mamão papaia brasileiro e o crescimento em relação ao ano anterior	4
Tabelas 4.1.1.1	Médias de cada variável no tempo -1 DAI, ou seja, um dia antes da irradiação	53
Tabelas 4.1.1.2	Médias de cada variável no tempo -1 DAI, ou seja, um dia antes da irradiação	53
Tabela 4.1.2.1	Análise de variância para a variável Massa (g)	59
Tabela 4.1.2.2	Análise de variância para a variável Massa (g) para o tratamento térmico do 3° ao 21° DAI	59
Tabela 4.1.2.3	Análise variância para a variável <i>Hue</i> (casca) – modelo completo..	62
Tabela 4.1.2.4.	Análise de variância para a variável <i>Hue</i> (casca) para o tratamento térmico do 3° ao 21° DAI	62
Tabela 4.1.2.5	Comparação das médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise para a variável <i>Hue</i> - Casca.....	63
Tabela 4.1.2.6	Comparação das médias duas a duas nos tempos subseqüentes de cada tratamento em cada nível de irradiação da variável <i>Hue</i> casca	63
Tabela 4.1.2.7	Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável <i>Hue</i> casca	63
Tabela 4.1.2.8	Análise variância para a variável Cromo (casca)	67
Tabela 4.1.2.9	Análise de variância para a variável Cromo (casca) para o tratamento térmico do tempo 3 ao 21 DAI	67
Tabela 4.1.2.10	Comparação das médias tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise para a variável Cromo - Casca	68
Tabela 4.1.2.11	Comparação das médias duas a duas nos tempos subseqüentes de cada tratamento em cada nível de irradiação da variável Cromo - casca	68
Tabela 4.1.2.12	Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável Cromo - casca	68
Tabela 4.1.2.13	Análise variância para a variável <i>Lightness</i> casca	71
Tabela 4.1.2.14	Análise de variância para a variável <i>Lightness</i> (casca) – tratamento térmico incluindo o Tempo 21.....	71
Tabela 4.1.2.15	Comparação das médias globais dos dois tratamentos para a variável <i>Lightness</i> Casca.....	71
Tabela 4.1.2.16	Comparação das médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise para a variável <i>Lightness</i> - Casca.....	72

Tabela 4.1.2.17	Comparação das médias duas a duas nos tempos subsequentes de cada tratamento em cada nível de irradiação da variável <i>Lightness</i> - casca.....	72
Tabela 4.1.2.18	Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável <i>Lightness</i> - casca.....	72
Tabela 4.1.2.19	Análise de variância para a variável <i>Hue</i> (polpa)	75
Tabela 4.1.2.20	Análise de variância para a variável <i>Hue</i> (polpa) para o tratamento térmico do tempo 3 ao 21 DAI	75
Tabela 4.1.2.21	Comparação das médias do tratamento térmico em cada nível de irradiação no tempo 21 DAI para a variável <i>Hue</i> - polpa.....	76
Tabela 4.1.2.22	Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável <i>Hue</i> - polpa	76
Tabela 4.1.2.23	Análise de variância para a variável Cromo (polpa)	79
Tabela 4.1.2.24	Análise de variância para a variável Cromo (polpa) para o tratamento térmico do tempo 3 ao 21 DAI	79
Tabela 4.1.2.25	Análise variância para a variável <i>Lightness</i> (polpa)	81
Tabela 4.1.2.26	Análise de variância para a variável <i>Lightness</i> (polpa) – tratamento térmico incluindo o Tempo 21 - modelo final	81
Tabela 4.1.2.27	Análise variância para a variável pH – modelo completo	83
Tabela 4.1.2.28	Análise de variância para a variável pH para o tratamento térmico do 3° ao 21° DAI	83
Tabela 4.1.2.29	Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise para a variável pH	84
Tabela 4.1.2.30	Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise da variável pH.....	84
Tabela 4.1.2.31	Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável pH.....	84
Tabela 4.1.2.32	Análise de variância para a variável Acidez titulável	86
Tabela 4.1.2.33	Análise de variância para o Tratamento Térmico da variável Acidez titulável do 3° ao 21° DAI	86
Tabela 4.1.2.34	Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise para a variável Acidez Titulável (% Ácido Cítrico).....	87
Tabela 4.1.2.35	Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise da variável Acidez Titulável (% Ácido Cítrico).....	87
Tabela 4.1.2.36	Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável Acidez Titulável (% Ácido Cítrico).....	87
Tabela 4.1.2.37	Análise variância para a variável Sólidos Solúveis	91
Tabela 4.1.2.38	Análise de variância para o Tratamento Térmico da variável Sólidos Solúveis do 3° ao 21° DAI	91
Tabela 4.1.2.39	Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise para a var. Sólidos Solúveis (°Brix).....	92
Tabela 4.1.2.40	Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise da variável Sólidos Solúveis (°Brix)	92

Tabela 4.1.2.41	Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável Sólidos Solúveis (°Brix)	92
Tabela 4.1.2.42	Análise variância para a variável <i>Ratio</i>	96
Tabela 4.1.2.43	Análise de variância para o Tratamento Térmico da variável <i>Ratio</i> do 3° ao 21° DAI.....	96
Tabela 4.1.2.44	Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise para a variável <i>Ratio</i>	97
Tabela 4.1.2.45	Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise da variável <i>Ratio</i>	97
Tabela 4.1.2.46	Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável <i>Ratio</i>	97
Tabela 4.1.2.47	Análise variância para a variável Energia de Penetração.....	100
Tabela 4.1.2.48	Análise de variância para o Tratamento Térmico da variável Energia de Penetração do 3° ao 21° DAI.....	100
Tabela 4.1.2.49	Comparação das médias globais da variável Energia de Penetração (mJ) para os dois tratamentos.....	100
Tabela 4.1.2.50	Médias dos tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise para a var. Energia de Penetração (mJ).....	101
Tabela 4.1.2.51	Comparação das médias duas a duas nos tempos subseqüentes de cada tratamento em cada nível de irradiação da variável Energia de Penetração (mJ).....	101
Tabela 4.1.2.52	Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável Energia de Penetração (mJ).....	101
Tabela 4.1.2.53	Valores para a Energia de penetração (mJ) gerados a partir do modelo desenvolvido.....	105

LISTA DE SIGLAS

AIEA	Agência Internacional de Energia Atômica
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
APHIS	Animal and Plant Health Inspection Service
BRAPEX	Associação Brasileira dos Exportadores de Papaya
CBE	Companhia Brasileira de Esterilização
CEASA	Centrais de Abastecimento S. A.
CENA	Centro de Energia Nuclear na Agricultura
CTR	Centro de Tecnologia das Radiações
DAC	Dias Após a Colheita
DAI	Dias Após a Irradiação
ES	Estado do Espírito Santo
EUA	Estados Unidos da América
FAO	Food and Agricultural Organization of the United Nations
FCF	Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo
FDA	Food and Drug Administration
FRUTOHTEC	Centro de Tecnología de Hortifrutículas
Gy	gray: unidade de medida. Representa a quantidade de energia absorvida em joule (J) por um quilograma (kg) de matéria
IPEN	Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
ITAL	Instituto de Tecnologia de Alimentos
IME	Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo
OMS	Organização Mundial da Saúde
POLI	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
SECEX	Secretária de Comércio Exterior/ Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior
WHO	World Health Organization
UE	União Européia
USDA	United States Department of Agriculture
USP	Universidade de São Paulo

**ESTUDO DO TRATAMENTO COMBINADO DE RADIAÇÃO IONIZANTE E
COBERTURA DE QUITOSANA EM MAMÃO PAPAIA (*Carica papaya L.*)**

Rita Junqueira de Camargo

RESUMO

Nesta pesquisa, numa primeira etapa foi estudado o efeito de dois tratamentos: térmico ou com cobertura de quitosana, combinados com quatro diferentes doses de irradiação: 0,00 kGy, 0,50 kGy, 0,75 kGy e 1,00 kGy no amadurecimento do mamão papaia (*Carica Papaya*) Cv. Golden. Com o objetivo de avaliar a influência destes fatores nas características físico-químicas da fruta ao longo do tempo foram realizadas análises de cor, tanto na casca quanto na polpa, firmeza, sólidos solúveis, pH e acidez titulável. A incidência de fungos na casca também foi avaliada. Desta primeira etapa, concluiu-se que a quitosana na concentração de 2% não foi capaz de conter o desenvolvimento de fungos, e também influenciou de forma significativa a variável pH. Quanto às doses de irradiação testadas obteve-se um resultado mais expressivo para as dose de 0,75 e 1,00 kGy, onde no início foi observado um aceleração do amadurecimento através das variáveis cor da casca e da energia de penetração na polpa da fruta. Porém ao passar o armazenamento das frutas para uma câmara de 25°C, esta situação se inverteu para estas mesmas variáveis e observou-se um retardo de dois dias no amadurecimento da fruta quanto ao desenvolvimento de coloração amarela na casca e perda de firmeza na polpa da fruta. As variáveis acidez titulável, sólidos solúveis e a cor da polpa não foram influenciadas de forma marcante nem pelo tratamento e tampouco pela irradiação. Numa segunda etapa, as frutas, nas mesmas condições da etapa anterior, foram analisadas quanto à sua massa e ao seu estágio de maturação de acordo com a escala de maturação fornecida pelo produtor, para desta forma avaliar a evolução do amadurecimento em relação aos tratamentos (quitosana 3%, térmico e controle) e às doses de irradiação (0,00 kGy e 0,75 kGy). Condizendo com o resultado obtido na etapa anterior, a irradiação foi capaz de conter o amadurecimento resultando, num atraso de um dia e meio, aproximadamente, no amadurecimento completo da fruta. A quitosana nestas novas condições testadas propiciou o desenvolvimento de fungos e não amadureceu da forma esperada. Uma última etapa foi realizada para verificar o comportamento de provadores em relação a um mamão papaia irradiado. Através de três diferentes testes sensoriais verificou-se se os provadores percebiam diferenças significativas entre as amostras irradiadas e não irradiadas de mamão papaia, qual a aceitação da amostra irradiada e quais as diferenças na intenção de compra de um mamão papaia irradiado e de um não irradiado. Destes testes conclui-se que a diferença estabelecida pelo teste triangular não foi o suficiente para alterar a aceitação do produto, onde não se pode estabelecer diferenças significativas entre as aceitações das duas amostras testadas nos quatro parâmetros avaliados: aparência, textura, aroma e sabor. Do teste de intenção de compra, verificou-se que o fato da fruta ter sido irradiada não é uma barreira para o consumidor no momento da compra.

**ESTUDY ABOUT PAPAYA (*Carica papaya L.*) CONSERVATION SUBMITTED TO A
COMBINED TREATMENT OF IRRADIATION AND AN EDIBLE FILM OF
QUITOSAN**

Rita Junqueira de Camargo

ABSTRACT

In this research, on a first stage the effect of two treatments were studied: thermal, and a chitosan edible coating, combined with four different irradiation doses: 0,00 kGy, 0,50 kGy, 0,75 kGy and 1,00 kGy for effects in the ripening of papaya (*Carica Papaya*) cv. Golden. To evaluate the influence of these two factors in the physical-chemical characteristics of the fruit during ripening, analysis on color, both skin and pulp, firmness, soluble solids, pH and titrable acidity were performed. The incidence of fungi in fruit skin was also analyzed. The fruits were first maintained at 10°C chamber for fifteen days to simulate maritime transportation to the importer country and then transferred to a 25°C chamber aiming simulation of the commercialization conditions. From this first step, the conclusion was that chitosan in the concentration of 2% was not able to contain the fungi development and that it also influenced in a significant form the variable pH. A more expressive result was obtained for irradiation doses of 0,75 kGy and 1,00 kGy, as it was observed in the beginning the acceleration in ripening through the variables skin color and penetration energy of the fruit pulp. When storage temperature was changed to 25°C this situation inverted for these same variables and a two day delay was observed on the development of yellow color on the fruit skin and loss of pulp firmness. The variables titrable acidity, soluble solids and pulp color were not influenced by treatment or by irradiation. On a second stage, the fruits, in the same condition of the previous stage, were analyzed in relation of their mass and ripening stage using a ripening scale provided by the producer of the fruits for this experiment, as to evaluate the gradual development of fruit ripening according to the various treatments (chitosan 3%, thermal or control) and irradiation dose (0,00 kGy and 0,75 kGy). Confirming the results obtained in the first stage, the irradiation was able to delay ripening in one day and a half approximately. The chitosan in these new conditions of test propitiated fungi development and the fruits coated with chitosan did not ripe in the way it was seen to come. A last stage was done to verify consumer behavior in respect to an irradiated papaya. By three different sensorial tests it was verified if provers were able to perceive significant difference between irradiated and non irradiated samples, what was the acceptance of a irradiated sample and the intention of purchase of a irradiated and a non irradiated papaya. Conclusion from these tests was that the difference established in the triangular test was not enough to establish significant difference between the acceptances of the two samples in the four parameters tested: appearance, texture, aroma and flavor. For the purchase intention it was verified that the irradiation is not a barrier for the consumer.

1) INTRODUÇÃO

O Brasil, segundo dados da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004), é o maior produtor mundial de mamão papaia, porém exporta uma quantidade ínfima em relação a sua produção. Em 2003 apenas 1,9% do produzido foi exportado, enquanto países com produção muito menor, como México e Malásia, exportam muito mais dominando o mercado de exportação. O total que é exportado mundialmente representa apenas 3,51% do que é produzido, o que evidencia a necessidade de se investir em estudos e pesquisas de novas técnicas que viabilizem o aumento das exportações de produtos frescos.

Além dos acordos comerciais internacionais que legislam sobre a importação/exportação desses produtos, no caso das frutas, em particular no do mamão papaia, há alguns fatores que contribuem para que esses valores sejam tão baixos: aqueles intrínsecos à natureza da própria fruta: alta perecibilidade e rápido amadurecimento; e aqueles relativos às restrições quarentenárias (exigências dos países importadores em receber a mercadoria com ausência de pragas não comuns a eles).

A irradiação de alimentos vem sendo estudada há alguns anos como uma alternativa para a conservação e desinfestação de alimentos. Embora ainda vista por muitos com algumas restrições, é considerada segura e extremamente eficaz em aplicações específicas pelos principais órgãos regulatórios: Organização Mundial da Saúde; Food and Drug Administration of United States, Agência Internacional de Energia Atômica e Agência Nacional de Vigilância Sanitária. No Havaí, por exemplo, a técnica de desinfestação por irradiação já é utilizada corriqueiramente para a eliminação de pragas em frutas destinadas ao continente norte americano.

A dose de radiação necessária para o retardo do amadurecimento é maior que a necessária para a eliminação de pragas, o que a torna eficaz também para esta última, dispensando o tratamento térmico atualmente utilizado como parte das exigências quarentenárias. Quanto à prevenção de doenças causadas por fungos, geralmente atendida através do tratamento térmico, pode ser resolvida por meio de uma cobertura com filme de

quitosana, dadas suas características fungiestáticas. Esse procedimento simplifica as etapas para se atingir uma melhor qualidade sanitária da fruta.

No caso específico da irradiação do mamão papaia para o retardo do amadurecimento e para a eliminação de pragas, muitos estudos foram feitos, também no Havaí, mostrando resultados satisfatórios quanto a esses dois objetivos. A utilização de tal tecnologia para outras regiões produtoras de mamão papaia requer muita pesquisa, porque são muitos os fatores que influenciam a resposta de uma fruta à irradiação. Clima, solo, irrigação e cuidados durante o desenvolvimento da fruta afetam o seu desenvolvimento e conseqüentemente sua resposta à irradiação. Verificar a validade dessa técnica para as condições brasileiras é plenamente justificável, pois dependendo dos resultados pode representar uma boa alternativa para o aumento da exportação do mamão papaia, uma vez que poderemos alcançar mercados mais distantes e vencer as barreiras fitosanitárias.

Esta pesquisa tem por objetivo testar esse procedimento sob as condições de uma região produtora de mamão papaia no Brasil. Para tanto foi escolhido um tratamento combinado, possivelmente sinérgico, de irradiação com quitosana em mamão papaia, buscando prescindir do tratamento térmico. O desenvolvimento desta pesquisa pode facilitar a exportação dessa fruta para os países que já a importam; viabilizar a exportação para novos mercados com restrições quarentenárias ou aqueles muito distantes, que exigem longo período de transporte.

Este trabalho foi desenvolvido através do Programa Aplicações de Técnicas Nucleares: Linha de Pesquisa 001 – Aplicação da radiação ionizante em alimentos e produtos agrícolas, no Centro de Tecnologia das Radiações do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, e contou com a colaboração do Instituto de Tecnologia de Alimentos e das seguintes unidades da Universidade de São Paulo: Laboratório de Engenharia de Alimentos do Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica e do Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas.

2) REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1) Mamão Papaia (*Carica papaya* L.)

O mamoeiro é uma árvore frutífera muito comum em quase todos os países da América tropical e cujo centro de origem é, muito provavelmente, o noroeste da América do Sul, ou mais precisamente a Bacia Amazônica superior. Porém já no início do século XVIII se tornou amplamente conhecido no Oriente. Atualmente é muito cultivado na Índia, Sri Lanka e muitos outros países asiáticos, nos países da América do Sul, América Central e Antilhas, bem como na África tropical, Havaí e Austrália. O mamoeiro é cultivado tanto para abastecer os mercados locais e de exportação da fruta fresca, como também por ser importante fonte de papaína, enzima proteolítica de ação semelhante a da pepsina e tripsina, empregada para os mais variados usos nas indústrias têxteis, farmacêuticas, de alimentos e de cosméticos.

Foi somente a partir de 1973 com a introdução da cultivar Sunrise Solo também conhecido como 'mamão Havaí', 'Papaya' ou 'Mamão da Amazônia' que a cultura se expandiu no Brasil. Esta variedade Solo teve rápida aceitação pelos consumidores, e, por apresentar características que se adaptam melhor as exigências do mercado internacional, abriu novo e importante mercado externo para o Brasil (OLIVEIRA *et al.*, 1994).

Segundo dados da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2004), a exportação mundial de mamão papaia *in natura* teve início em 1965, com crescimento expressivo e contínuo nas décadas seguintes, sendo que em 2002 um total de 213.325 toneladas foram exportadas por diversos países.

O Brasil começou a ter participação nas exportações de mamão papaia no início da década de 80, sendo, portanto recente a sua participação no mercado externo (FAO, 2004). Até o início de 2004 esta participação era restrita ao mamão papaia cultivar solo, atualmente, também é permitida a exportação de mamões formosa para os Estados Unidos da América, embora ainda esteja sob fase de implementação (BRAPEX, 2004). O Brasil é o principal produtor mundial de mamão papaia tendo em 2003 uma produção de 1.500.000 toneladas, o que representa 24,25% da produção mundial em volume. Contudo, o México é o maior

exportador, tendo exportado 68.588 toneladas em 2002, o que representa 7,82% da sua produção total (FAO, 2004).

Em 2003, o mercado mundial movimentou um total de 213.325 toneladas, porém isto representa que apenas 3,51% do total produzido é exportado. No Brasil, o volume que é exportado em relação ao que é produzido é irrisório e corresponde apenas a 1,90% da produção total, caracterizando uma predominância do consumo interno.

Segue abaixo tabelas ilustrando a produção e a comercialização mundial de mamão papaia. Todos os dados das tabelas foram obtidos em FAO (2004).

Tabela 2.1.1 Principais produtores de mamão papaia em 2003

País	Volume (ton)	%
Brasil	1.500.000	24,25
Mexico	955.694	15,45
Nigeria	748.000	12,09
Índia	700.000	11,32
Indonésia	491.389	7,95
Outros	1.789.778	28,94
Total	6.184.861	100,00

Tabela 2.1.2 Principais exportadores de mamão papaia em 2002

País	Volume (ton)	%
Mexico	68.558	32,14
Malásia	60.892	28,54
Brasil	28.541	13,38
EUA	7.106	3,33
Outros	48.228	22,61
Total	213.325	100,00

Tabela 2.1.3 Porcentagem das exportações em relação à produção dos principais países exportadores em 2002.

País	Volume (ton)		
	Produzidas	Exportadas	%
Mexico	876.150	68.558	7,82
Malásia	65.000	60.892	93,68
Brasil	1.500.000	28.541	1,90
EUA	20.820	7.106	34,13
Outros	3.610.264	48.228	1,34
Total	6.072.234	213.325	3,51

Tabela 2.1.4 Principais países importadores de mamão papaia brasileiro em 2003

Países	Volume (ton)	%
Holanda	13.494	34,17
EUA	7.678	19,44
Reino Unido	5.071	12,84
Portugal	4.292	10,87
Canadá	2.624	6,64
Outros	6.334	16,04
Total	39.493	100,00

Tabela 2.1.5 Exportação anual de mamão papaia brasileiro e o crescimento em relação ao ano anterior.

Ano	Volume (Ton)	Crescimento (%)
1996	5.693	
1997	7.868	38,21
1998	9.878	25,54
1999	17.709	59,03
2000	21.509	36,92
2001	22.804	6,02
2002	28.540	25,16
2003	39.492	38,37



Figura 2.1.1 Exportação anual de mamão papaia brasileiro.

Segundo Souza (2002), dentre os frutos tropicais, o mamão se encontra listado na pauta de exportações do Brasil, com uma tendência de crescimento futuro. Contudo, o Brasil tem enfrentado barreiras no mercado internacional provocadas por tarifas impostas aos nossos produtos e por restrições fitossanitárias existentes nos principais mercados importadores. Além disto há a falta de especificações dos produtos brasileiros para atender as exigências do mercado externo. Apesar dos problemas citados anteriormente, o Brasil possui vantagens comparativas que, no caso do mamão, se resumem na produção da fruta durante o ano inteiro, podendo-se exportar durante alguns meses quase sem concorrência.

Fica claro portanto, claro que há espaço para o crescimento das exportações do mamão papaia brasileiro e que há necessidade de melhorar os procedimentos atuais, e estudar novas maneiras de preservá-lo e adequá-lo para que seja viável este crescimento. Procedimentos para superar as exigências quarentenárias e alternativas para o prolongamento da vida-de-prateleira do mamão papaia são questões que devem ser bem compreendidas para alcançar tal objetivo.

2.2) Problemas encontrados na comercialização

O mamão papaia é um fruto que se caracteriza por uma vida pós-colheita relativamente curta, completando o seu amadurecimento em poucos dias sob condições ambientes. No entanto, vários outros fatores de pré e pós colheita, como patógenos ou fatores abióticos (não relacionados a organismos vivos), podem reduzir a sua vida pós-colheita (COSTA e BALBINO, 2002).

Por serem extremamente perecíveis exigem cuidados especiais desde a colheita até o consumidor. Qualquer estresse, dano mecânico ou físico causado à fruta em qualquer das etapas de comercialização pode afetar a sua maturação. A rapidez com que amadurecem e a grande distância que devem percorrer até alcançar o centro consumidor dificultam ainda mais a sua comercialização. Uma vez que frutas e vegetais fazem parte da nossa dieta, estender a vida de prateleira e expandir os seus mercados para diferentes partes do mundo são sempre os objetivos da indústria de alimentos.

A deterioração por fungos também deve ser superada para que a fruta chegue ao seu destino em perfeitas condições de consumo. A antracnose é uma doença causada pelo fungo

Colletotrichum gloeosporioides Penz., que pode atacar os frutos em qualquer estágio do desenvolvimento, porém ocorre em maior intensidade nos frutos maduros. É considerada a principal doença dos frutos do mamoeiro no Havaí, no Brasil e em muitos países (OLIVEIRA *et al.*, 1994).

Para Thomas (1986), tirando a sensibilidade ao frio que a maioria das frutas tropicais tem quando expostas a baixas temperaturas por longos períodos de tempo, necessários para o transporte econômico destas frutas por meio marítimo, a maior dificuldade para o comércio internacional de frutas como manga e papaia são as restrições quarentenárias impostas por alguns países onde existe um grande potencial para a popularização destas frutas exóticas.

Pothisiri e outros (1991) afirmam que a inabilidade dos países satisfazerem uns aos outros quanto aos regulamentos quarentenários e de saúde pública é a maior barreira ao comércio de alimentos.

2.3) Alternativas utilizadas atualmente que viabilizam a exportação

Para o mercado interno ou para exportação para países vizinhos, uma alternativa para prolongar a vida útil do mamão papaia é o uso do transporte refrigerado. As alternativas para exportação para outros continentes são o transporte aéreo, que reduz o período de trânsito, ou o marítimo refrigerado. Este último apresenta a vantagem de possibilitar uma redução nos custos de exportação, mas tem como limitação o longo período em que a fruta deve permanecer sob refrigeração até o país de destino (COSTA e BALBINO, 2002).

Miller e McDonald (1999) concluem, em um trabalho sobre o efeito da temperatura de armazenamento na qualidade da fruta, que transportar o mamão papaia em temperaturas baixas em navios por longos períodos de tempo, com ou sem irradiação é um procedimento de risco para a manutenção da qualidade da fruta. Ainda neste trabalho, os autores citam que Sommer e Mitchel (1978) reportaram que 12,5°C pode ser a temperatura mais baixa suportada pela variedade de papaia cultivada no Havaí.

Existem muitos produtores que ainda utilizam a fumigação química com brometo de metila para a desinfestação, porém tal produto deve ser banido até 2015 conforme estabelecido no Protocolo de Montreal. Tilton e Burditt (1983) e McMurray *et al.* (1998) expõem uma série de limitações do uso da fumigação. Agentes fumigantes não conseguem penetrar suficientemente em alguns produtos para que haja controle da praga. Em alguns casos,

tratamentos químicos podem causar problemas gerando danos na fruta ou grão ou deixando resíduos indesejáveis. A resistência aos inseticidas desenvolvida pelos insetos é outro incentivo a se desenvolver tecnologias alternativas para controle de pragas.

Para Loaharanu, (1994) a proibição do brometo de metila terá uma consequência econômica significativa no comércio internacional de algumas mercadorias, e novas alternativas devem ser imediatamente estudadas.

Regiões como o norte do Espírito Santo possuem manejo integrado de pragas (ou *System Approach*, como a técnica é conhecida internacionalmente), o que evita a realização da fumigação, mas o tratamento térmico a 48°C por vinte minutos entra como exigência quarentenária, para extermínio de possíveis ovos e larvas de moscas que possam estar presentes.

O tratamento térmico tem também por objetivo o controle de fungos. Ao fazê-lo os fungos são eliminados e evita-se desta forma posteriores deteriorações. Alguns produtores utilizam também fungicidas como forma de controlar essa deterioração. Para Moy (1986) a grande desvantagem do tratamento térmico está no fato de altas temperaturas por um período relativamente longo poderem causar distúrbios fisiológicos no tecido, resultando na incapacidade da fruta amadurecer normalmente. Num estudo sobre a eficácia do tratamento térmico Moy (1993) constatou que as frutas tratadas com o duplo banho em imersão de água quente (42°C, 30 min e 49°C, 20 min) apresentaram falta de sabor e textura granulosa.

A atividade das enzimas em frutas diminui em temperaturas menores que 30°C, mas a temperatura na qual enzimas específicas se tornam inativas varia. Muitas permanecem ativas a 35°C, mas outras tem a sua atividade minimizada a 40°C. Quando a fruta é exposta a temperaturas superiores a 35°C, o metabolismo pode se tornar anormal e resultar na quebra da integridade da membrana e da estrutura, com rompimento da organização celular e rápida degradação do produto (WILLS *et al.*, 1989).

Para Cenci *et al.* (2002) a atmosfera modificada também é uma alternativa, porém para Moy (1977), o uso de baixas temperaturas e atmosferas controladas faz sentido uma vez que as alterações fisiológicas são desaceleradas, mas é ineficiente ou inadequado para o controle da larva de insetos e seus ovos, assim como para doenças causadas por fungos ou bactérias. O retardo no amadurecimento se dá devido à redução das trocas gasosas, mantendo uma atmosfera endógena modificada, com redução do aporte de oxigênio da atmosfera para o fruto e limitando a saída do dióxido de carbono, gerado pela respiração da fruta. Uma outra função dos filmes plásticos e ceras é a formação de uma barreira física que reduz a perda de água.

O estágio de maturação das frutas no momento da colheita também é um fator limitante na exportação de mamão papaia. A fruta deve ser colhida num ponto em que já tenha se desenvolvido completamente permitindo a maturação fora do pé. Ao mesmo tempo ela tem que ser verde o suficiente para que permita ser transportada para longas distâncias, e já estar completamente desenvolvida para possibilitar o amadurecimento fora do mamoeiro. Deve-se, portanto levar em consideração o tempo necessário entre a colheita e a entrega do produto no centro consumidor. Tal período envolve as etapas de beneficiamento dos frutos, o tempo para arrumação das caixas no container, o tempo de transporte do container para o porto ou aeroporto, bem como para transporte aéreo ou marítimo para o país de destino e aquele necessário para a distribuição do produto no mercado varejista.

Costa e Balbino (2002) definem o período entre o estádios 0 e 2 como a maturação ideal para a colheita de frutos para a exportação. Os frutos nessas condições têm as seguintes características: desenvolvimento completo, 100% verde (estádio 0) e fruto com 25% de coloração amarela e o restante com coloração verde clara (estádio 2). A colheita dos frutos é feita de forma subjetiva em relação à coloração da casca dos frutos.

2.4) A irradiação de alimentos como uma alternativa

A irradiação de alimentos está cada vez mais sendo reconhecida como um método efetivo para reduzir perdas na pós-colheita, garantir a qualidade sanitária dos alimentos e facilitar a comercialização em alguns produtos. A irradiação oferece uma alternativa para alimentos em que o tratamento térmico não é apropriado ou onde existem receios em relação aos resíduos químicos.

A segurança dos alimentos irradiados tem sido conclusivamente demonstrada e avaliada por especialistas internacionais nas últimas três décadas. Baseado num consenso internacional, a Junta FAO/WHO *Codex Alimentarius Commission* em 1983 aceitou a irradiação de alimentos como uma tecnologia segura e efetiva para o tratamento de alimentos ao adotar o *Codex General Standard for Irradiated Foods*. Em maio de 1993, a Organização Mundial da Saúde realizou uma consultoria com especialistas para atualizar os dados quanto à segurança de alimentos irradiados. A consultoria reconfirmou as afirmações anteriores e concluiu que os alimentos irradiados sob as boas práticas de irradiação são considerados seguros e nutricionalmente adequados (LOAHARANU, 1994).

Para Crawford e Ruff (1996) talvez nenhum outro processamento de alimentos tenha sido tão pesquisado e revisto quanto à irradiação de alimentos. Para eles a base científica e os mecanismos da irradiação de alimentos são tão compreendidos pela comunidade científica e agências regulatórias como qualquer outro processo tradicional da indústria de alimentos. Os autores fazem tais colocações com convicção uma vez que acreditam existir uma forte concordância entre renomados pesquisadores internacionais, organizações de saúde e agências regulatórias que os produtos radiolíticos formados durante a radiação não apresentam perigo aos humanos. Para eles, há o consenso da opinião científica internacional de que a irradiação de alimentos deve ser considerada como uma forte ferramenta entre um número de importantes passos que devem ser tomados para combater as doenças causadas por alimentos contaminados.

Muitos comitês internacionais, organizações e agências regulatórias reviram a segurança dos alimentos irradiados, que incluiu a Organização Mundial da Saúde (OMS), a *Food and Agricultural Organization of the United Nations* (FAO), a Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), o *Codex Alimentarius Commission*, a *Food and Drug Administration* (FDA) e a APHIS (*Animal and Plant Health Inspection Service*). Todas as organizações concluíram que a irradiação de alimentos é segura e nutricionalmente adequada para o consumidor, ressaltando a importância de utilizar as Boas Práticas de Fabricação e Boas Práticas de Irradiação (EHLERMANN, 1990; HACKWOOD, 1991; LOAHARANU, 1994; DIEHL, 2002; MOREHOUSE, 2002, MOY e WONG, 2002).

Diehl (2002) destaca ainda que Organização Mundial da Saúde encoraja o uso do processo de irradiação de alimentos, o qual descreve como sendo uma tecnologia para preservar e melhorar a segurança dos alimentos.

Na União Européia existe uma dificuldade de se chegar a uma legislação comum aos atualmente 25 países membros. Desde 1986, existem esforços para conciliar a legislação a respeito da irradiação de alimentos, mas apenas em 1999 uma diretiva foi adotada. Apesar do *Codex General Standard for Irradiated Foods* permitir a irradiação de qualquer alimento com dose média de 10 kGy, a diretiva adotada inclui apenas um item: especiarias, e exige rigorosa rotulagem, e a especificação de qualquer ingrediente que tenha sido irradiado. A Comissão Européia se propôs a elaborar uma lista final, única a todos os países da União Européia, até o final de 2000, com os itens e classes de alimentos que se permite a irradiação, porém esta lista ainda não está definida. Até que esta lista esteja em vigor, permanece válida a legislação existente de cada país. Desta forma, há países que são a favor (Bélgica, Dinamarca,

Finlândia, França, Itália, Holanda, Espanha, Suécia e Reino Unido), contra (Áustria, Alemanha e Luxemburgo) e os que não tem legislação específica a respeito (Grécia, Irlanda e Portugal), isto considerando os 15 países que pertenciam a EU até 2003. Mesmos nos países a favor não são todos os alimentos que se permite irradiar, cada um deles possui uma lista com os alimentos permitidos, especificando doses máximas e mínimas a que cada um pode ser submetido (EHLERMANN, 2002).

Na África do Sul já em 1989 foi obtida autorização geral pelo Departamento de Saúde para a irradiação de alimentos fornecidos para as Forças de Defesa da África do Sul. Atualmente mesmo doses superiores a 10 kGy são utilizadas na irradiação de carnes para serem comercializadas em supermercados do país (BRUYN, 2000).

Países da região do Pacífico, na Ásia, reconhecem a irradiação de alimentos como uma tecnologia útil na redução de patógenos e também como uma aplicação importante na comercialização de alimentos por ser uma eficiente ferramenta no tratamento quarentenário e no retardo do amadurecimento. Existe, como no caso da União Européia, uma dificuldade de se chegar a uma legislação comum que facilite a comercialização de produtos irradiados entre estes países. Em 1998, foi elaborada uma regulamentação harmoniosa em que treze países da região se propuseram a adotar num futuro próximo. Esta regulamentação define quais grupos de alimentos permite-se irradiar e estabelece como a dose mínima àquela necessária para atingir o efeito desejado, e a dose máxima sendo determinada como a maior dose que o alimento tolera sem alterar suas características funcionais e sensoriais. Os países que adotaram esta regulamentação são: Bangladesh, China, Índia, Indonésia, Coréia, Malásia, Filipinas, Singapura, Sri Lanka, Tailândia e Vietnã. Austrália e Nova Zelândia não adotaram a regulamentação harmoniosa. Estes dois países têm uma posição mais conservadora, que proíbe a irradiação de ingredientes alimentícios para uso doméstico a não ser que uma aprovação específica seja dada (LUCKMAN, 2002). O Japão tem apenas um alimento que se permite irradiar: batatas (ROBERTS, 2000).

No estado de São Paulo a irradiação de alimentos tem sido estudada desde 1968, sendo o Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da Universidade de São Paulo o pioneiro nesta área. Desde de 1991 o Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN) passou a estudar também a irradiação de alimentos (DEL MASTRO, 1991). Atualmente além destes dois centros de pesquisas, o Instituto de Biociências, a Faculdade de Ciências Farmacêuticas e a Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, a Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade de Campinas e o ITAL também desenvolvem pesquisas na área.

Segundo a resolução da ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) RDC nº 21 de 26 de janeiro de 2001 é estabelecido que qualquer alimento poderá ser tratado por radiação desde que sejam observados as seguintes condições: a) A dose mínima absorvida deve ser suficiente para alcançar a finalidade pretendida; b) A dose máxima absorvida deve ser inferior àquela que comprometeria as propriedades funcionais e ou os atributos sensoriais do alimento. É estabelecido também por esta mesma resolução que, na rotulagem dos alimentos irradiados, além dos dizeres exigidos para os alimentos em geral e específico do alimento, deve constar no painel principal a frase: “ALIMENTO TRATADO COM RADIAÇÃO IONIZANTE”, com letras de tamanho não inferior a um terço (1/3) do da letra de maior tamanho dos dizeres da embalagem. E quando um produto irradiado é utilizado como ingrediente em outro alimento, deve declarar essa circunstância na lista de ingredientes, entre parênteses, após o nome do mesmo. O símbolo da radura é opcional, assim como uma explicação do porquê tal produto ter sofrido este processo.

Thakur e Singh (1995) destacam a necessidade de se adotar uma mesma legislação, que seja mundialmente aceita, para facilitar o comércio internacional de alimentos irradiados e ajudar no desenvolvimento do mercado para estes produtos. O mesmo é enfatizado por Hackwood (1991) que afirma que a desarmonia que existe nas legislações e regulamentos relacionados com a irradiação de alimentos é o maior inibidor na comercialização de alimentos irradiados. A falta de harmonia constitui uma barreira para o comércio internacional.

2.4.1) Vantagens e limitações da irradiação de alimentos

Baseado num grande volume de dados pesquisados e com a utilização da fonte de radiação adequada, Moy (1986) afirma que alimentos irradiados para vários propósitos não se tornam radioativos. O autor justifica tal colocação a partir da constatação de que os produtos radiolíticos formados em quantidades mínimas com baixas doses de radiação são similares a componentes naturais dos alimentos ou suas concentrações são tão baixas que não se tornam nocivos à saúde humana.

McMurray *et al.* (1998) colocam que, como um todo, os efeitos da radiação nos valores nutricionais são mínimos e estas observações são substanciadas pelos resultados de estudos que foram conduzidos para determinar a segurança do alimento irradiado. Para os autores o uso da radiação deve ser seriamente considerado se é para tornar um alimento mais seguro. Enquanto que os autores confiam que a ciência já esclareceu todos os mitos, muito trabalho

ainda tem que ser feito para melhorar a percepção do consumidor quanto a esta tecnologia. Antes que isto seja feito, dificilmente o consumidor será capaz de visualizar as vantagens desta tecnologia aplicada aos alimentos.

Para Ehlermann (1990) as principais vantagens no processo de irradiação de alimentos são: o pequeno aumento da temperatura induzido pelo tratamento; a ausência de resíduos, e o tratamento de produtos já em suas embalagens finais. Entre as desvantagens cita os altos custos de implementação da tecnologia e a ausência de aceitação do consumidor. Segundo ele a irradiação de alimentos é um método efetivo de sanitização e preservação, e pode contribuir para a saúde do homem. Ela não irá substituir técnicas tradicionais, mas complementá-las e também solucionar muitos problemas que até agora não tem soluções.

Para Byrne (1996) apenas alimentos com boa qualidade sanitária devem ser irradiados, da mesma forma como ocorre com alimentos tratados pela pasteurização à quente ou por congelamento. Nenhum método de processamento de alimentos deve ser utilizado como um substituto das Boas Práticas de Fabricação.

Uma quantidade significativa de produtos agrícolas é perdida nos países em desenvolvimento, particularmente durante o período pós-colheita, como resultado da infestação de insetos, apodrecimento, ou desordens fisiológicas. Enquanto nem todas perdas podem ser prevenidas pela irradiação de alimentos, a tecnologia oferece potencial no controle de insetos e redução da deterioração para aumentar significativamente a oferta de alguns produtos (LOAHARANU, 1994).

Para Moy (1977), especialista na área de irradiação de frutas, a irradiação de frutas tropicais como um tratamento pós-colheita e pré-transporte alcança todos os requerimentos para ser de uma boa técnica de preservação de frutas frescas. Segundo ele para que seja um tratamento eficaz, as seguintes características devem ser superadas: (1) efeito de controle completo nas larvas e ovos de insetos nas frutas, (2) não afetar os nutrientes e qualidade dos alimentos, (3) eficiência e (4) efeito de preservação sinérgico se e quando combinado com outras técnicas de preservação.

Em estudos posteriores, Moy (1986 e 1989) ressalta que a irradiação de alimentos pode significar a expansão da exportação de muitos produtos. O processo de irradiação pode ajudar a salvar parte do estimado 25-10% dos suprimentos alimentares que são perdidos anualmente devido à ação de pestes e brotamento, aumentando a oferta e expandindo mercados, beneficiando os consumidores e a economia dos países envolvidos.

Num estudo mais recente, Moy e Wong (2002) apontam as razões e justificativas que levaram a pesquisar e desenvolver a tecnologia de irradiação de alimentos no Havaí: melhorar a comercialização de produtos frescos e *in natura*, permitir desenvolvimento da produção para a exportação, melhorar a saúde pública, proporcionar a desinfestação de produtos para a exportação e trazer benefícios e crescimento sustentável para a agricultura e para a indústria de alimentos do Havaí.

Para Hackwood (1991) uma extensão na distribuição não só tem um impacto no potencial de exportação como também proporciona uma dieta mais variada e nutricionalmente superior à população que antes não tinha acesso a produtos que com a irradiação se tornam viáveis para a exportação, seja pela extensão da vida de prateleira, seja pelo vencimento das barreiras quarentenárias impostas.

Entre as vantagens da irradiação de frutas em relação aos procedimentos tradicionais apresentadas por Moy (1977) pode-se citar a eficiência (por ser um processo contínuo); a garantia de uma desinfestação completa; a ausência de resíduos na fruta e ao contrário da fumigação e do tratamento térmico, ela possibilita retardo no amadurecimento. Ressalta ainda que a irradiação, com a finalidade de desinfestação, pode ser realizada de forma contínua quando as frutas já tiverem sido refrigeradas. Este, em contraste com os outros dois tratamentos nos quais as frutas devem permanecer em temperaturas ambientes, possibilita o retardo no amadurecimento.

A unidade de medida da irradiação é o gray (Gy), que representa a quantidade de energia absorvida em joule (J) por um quilograma (kg) de matéria. E a dose absorvida corresponde a quantidade de energia proveniente da radiação ionizante que foi atingida na matéria que esta sendo irradiada.

Uma grande quantidade de resultados acumulados nos últimos 30 anos demonstra que a preservação por irradiação e processamento de alimentos a baixas (até 1,0 kGy) e médias (até 10 kGy) doses de radiação é uma tecnologia simples, versátil e eficaz. Para frutas e vegetais, a aplicação mais viável tecnicamente e promissora inclui a desinfestação de pragas através de doses baixas (0,15 kGy ou mais), um processo mais eficiente que o térmico, o químico ou a aplicação do frio; a extensão da vida de prateleira de frutas selecionadas retardando o amadurecimento; e a descontaminação de vegetais desidratados. Combinando irradiação com outros processos e embalagem para obter a sinergia das aplicações acima, a eficácia e os custos de processos podem ser futuramente otimizados (MOY, 1989).

Para Thakur e Singh (1995) a irradiação de alimentos já se provou eficaz e viável em uma série de aplicações, e demonstrou também algumas limitações que podem ser superadas através de tratamentos combinados com atmosfera modificada, vácuo, uso da aplicação do frio e do calor, da exclusão do oxigênio e de uso de alguns conservantes como o caso dos a base de sorbatos.

Um dos grandes questionamentos no início das pesquisas sobre a irradiação de alimentos era a falta de um método que comprovasse que a mercadoria teria de fato sido irradiada. Uma vez que a irradiação causa alterações ínfimas na aparência e composição do alimento irradiado, a sua identificação em relação a um não irradiado era muito difícil. Porém, como afirma Diehl (2002), enquanto que há vinte anos não era possível através de análises químicas diferenciar amostras de alimentos irradiados das dos não irradiados, hoje um número de métodos analíticos confiáveis são disponíveis, garantindo a confirmação do processo sempre que necessário.

Para Ranken e Kill (1993) os três métodos de detecção de alimentos irradiados mais promissores são a ressonância de elétrons spin, a termoluminescência e a formação de compostos voláteis em alimentos que contenham lipídios.

Segundo Marin-Huachaca *et al.* (2002) frutas frescas que passaram pelo processo de radiação ionizante, seja por feixe de elétrons ou por raios gama, podem ser detectadas através de vários métodos analíticos, entre eles o teste do cometa (análise do DNA) e o *half-embryo test*.

Diehl (2002) numa tentativa de explicar a polêmica que envolve a irradiação de alimentos, a comparou com a biotecnologia. Segundo ele, em muitas situações o alimento irradiado é similar ao alimento produzido com o apelo de organismos geneticamente modificados. Nos dois casos o benefício potencial para o consumidor e para a indústria de alimentos é evidente, mas nos dois casos existe uma oposição determinada em prevenir ou retardar a aplicação prática das novas tecnologias. Para McMURRAY *et al.* (1998) progressos no uso comercial da irradiação de alimentos têm sido lento, principalmente devido ao medo e falsos entendimentos sobre assuntos relacionados com a energia nuclear e as conotações emocionais que envolvem este tema, algumas vezes referido como radiofobia.

Para Thakur e Singh (1995), a irradiação de alimentos irá emergir como um importante método de preservação de alimentos somente se houver uma educação do consumidor e um sistema regulatório internacional.

2.4.2) Tratamento quarentenário

O controle eficiente de insetos e a sua remoção de produtos alimentícios têm sido um desafio há muito tempo de produtores e processadores de alimentos. Apesar da já existência de muitos métodos de controle a indústria de alimentos continua buscando um método mais seguro e mais viável economicamente.

Um grande número de insetos pode ser carregado por frutas e vegetais durante o manuseio na pós-colheita. Muitas dessas espécies de insetos podem causar distúrbios na comercialização destas mercadorias entre os países. Conseqüentemente, um tratamento efetivo de desinfestação de insetos, que não seja prejudicial ao consumidor, ao comerciante e ao produto, é essencial para permitir a distribuição irrestrita de frutas e vegetais.

Para solucionar tal problema surgiram as restrições ou exigências quarentenárias. Segundo Aegerter e Folwell (2000), tratamentos quarentenários e de pós-colheita são utilizados para desinfestar produtos após a colheita e promover segurança quarentenária. Segurança quarentenária pode ser definida como o nível de probabilidade estatística necessária para desinfestar produtos através de tratamentos, de forma que durante o transporte, as pestes alvo não sejam capazes de se estabelecer em qualquer área aonde ainda não existam. A medida atual em relação ao tratamento quarentenário aceita pelos EUA e pela maioria de seus parceiros comerciais é o conceito de “proibit-9”. “Proibit-9” exige uma mortalidade de 99,9968% ou não mais que 3 sobreviventes por 100.000 pestes tratadas. Tais exigências existem para proteger a agricultura dos países importadores de pestes exóticas a eles.

Para Tilton e Burditt (1983) a tecnologia da irradiação para a eliminação de pestes parece oferecer soluções desejáveis em muitos aspectos. O tratamento com irradiação leva menos tempo que a fumigação, não deixa resíduos indesejáveis e pode ser tão efetiva quanto qualquer outro método existente em controlar a infestação de insetos. Os autores colocam ainda que o desenvolvimento de resistência a inseticidas pelas espécies de insetos é um problema crescente. Desta forma, a desinfestação pelo uso da radiação tem uma grande vantagem em relação aos produtos químicos utilizados uma vez que os insetos não se tornam mais radorresistentes com o uso da radiação.

Para Byrne (1996) o uso da irradiação de alimentos pode superar barreiras ao satisfazer diferentes regulamentações quarentenárias. Moy e Wong (2002) afirmam que a eficiência da irradiação baseia-se na sua capacidade de controlar todas as larvas e ovos de pestes que possam

estar presentes. Para Karder (1986) a possibilidade do uso da radiação ionizante para a desinfestação de insetos é a sua mais promissora aplicação.

O mesmo foi constatado por Diehl (2002) ao afirmar que uma aplicação potencial do processo é a irradiação de papaias e de outras frutas tropicais no Havaí para a entrada no continente Norte Americano. AAPHIS autorizou formalmente a irradiação de papaias cultivadas no Havaí com a dose de 0,15 kGy como tratamento quarentenário, em janeiro de 1989 e a *Ínterim Commission of Phytosanitary Measure of International Plant Protection Convention* considerou a irradiação como sendo uma medida fitossanitária em abril de 2002. A irradiação de alimentos para fins quarentenários pode eventualmente facilitar e estimular o comércio de frutas no mundo. De acordo com Moy e Wong (2002), o uso da radiação permitiu um aumento substancial nas exportações de frutas tropicais do Havaí, durante os 5 anos seguintes da legalização da irradiação como tratamento quarentenário. Diehl (2002) ressalta ainda que o desenvolvimento desta tecnologia como tratamento quarentenário, que permite exportar uma fruta de melhor qualidade é também de grande interesse para a América Latina.

Segundo Ross e Engeljohn (2000) frutas provenientes do Havaí e comercializadas no Estados Unidos estão sendo corriqueiramente irradiadas. O tratamento por irradiação permite a importação de uma série de frutas que antes não podiam ser feitas devida a falta de métodos de tratamentos viáveis.

Atualmente a dose requerida para o tratamento quarentenário determinada pela APHIS foi revista e passou de 0,15 kGy, determinada inicialmente em 1989, para 0,25 kGy (HALLMAN, 1999, BOYLSTON *et al.*, 2002).

2.4.2.1) Determinação da dose de desinfestação

Para a desinfestação de moscas-da-fruta, a dose de radiação, segundo Moy (1986), deve corresponder em três conceitos nos quais não existe completa concordância entre os cientistas: (a) dose suficientemente alta para resultar no não desenvolvimento dos ovos, normalmente entre 0,40 e 0,60 kGy; (b) dose moderada para que o inseto não se desenvolva normalmente até o estágio adulto, resultando em insignificante risco de peste, normalmente doses de 0,25 e 0,35 kGy; (c) baixas doses, mínima de 0,15 kGy, para afetarem os genes dos insetos a ponto de fazer perdê-los a habilidade de se reproduzirem.

Existe, portanto uma variação na definição precisa da eficácia da irradiação como um tratamento quarentenário para moscas das frutas. A eficácia da irradiação já foi definida como prevenção de emergência para a fase adulta, prevenção da capacidade de voar das moscas, e prevenção da capacidade de se reproduzir. Atualmente a APHIS baseia a eficácia do tratamento na prevenção da capacidade de voar das moscas, com o objetivo de prevenir que qualquer mosca da fruta sobrevivente ao tratamento quarentenário seja detectada pela inspeção e fazendo com que deixe de ser necessário programas de erradicação da mosca (HALLMAN, 1999).

Uma dose absorvida de 0,25 kGy foi sugerida por Kader (1986) como um tratamento quarentenário efetivo para frutas frescas e vegetais, uma vez que pára a reprodução dos insetos e causa mínimos efeitos na qualidade. Isto, contudo, irá requerer alterações nas regulamentações quarentenárias, a qual estabelece que praticamente todas as espécies vivas de pestes devem ser mortas para que o tratamento quarentenário seja aceito. O critério de avaliação da efetividade do tratamento quarentenário deve então ser baseado na habilidade de reproduzir, mais do que na mortalidade do inseto, isto porque a dose de irradiação que mata ovos e larvas e/ou induz a esterilidade ou outras anormalidades nos adultos são efetivas em parar a reprodução. Para Hallman (1999) o fato de o inseto permanecer vivo por algum tempo após a irradiação tem sido um dos maiores obstáculos para a utilização da tecnologia.

Thomas (1986) coloca que doses abaixo de 0,10 kGy nem sempre resultam na morte imediata de larvas e ovos, porém são suficientes para prevenir a emergência à fase adulta. O autor cita resultados que demonstram que uma dose aplicada de 0,13 kGy promove segurança quarentenária, ou seja, 99,9968% de mortalidade.

Para Thomas (1986) está claro que moscas de frutas de todas as espécies que infestam frutas tropicais são geralmente afetadas por baixas doses de radiação, mesmo que a radiação não mate ovos ou larvas, ela irá prevenir o inseto de desenvolver à fase adulta ou irá resultar num adulto incapaz de se reproduzir. Baseado em quatro anos de experiência em mandar frutos do Havá para teste de irradiação nos EUA, Hallman (1999) afirma que o processo demonstrou-se ser viável como um tratamento quarentenário e substitui o brometo de metila em muitos casos. Para este mesmo autor, a irradiação é provavelmente o tratamento quarentenário que pode ser mais amplamente aplicado do ponto de vista da qualidade da fruta.

2.4.3) Extensão da vida de prateleira

Um dos benefícios da irradiação em frutas tropicais é a extensão da vida de prateleira, retardando o processo de maturação e senescência. Bananas, mangas e papaias pertencem à classe climática de frutas, as quais exibem, após a colheita, uma evolução na taxa de dióxido de carbono e no consumo de oxigênio que lentamente decai a um mínimo chamado de mínimo pré climático, logo antes do início do estágio de maturação (THOMAS, 1986).

A irradiação tem se mostrado capaz de retardar o processo de amadurecimento e senescência de frutas climáticas, assim como retardar a degradação da pectina (BRODRICK *et al*, 1976; AKAMINE e MOY, 1983; MOY, 1986; THOMAS, 1986; PAULL, 1996; ZHAO, 1996, D'INNOCENZO e LAJOLO, 2001).

Prolongar a vida de prateleira de vários produtos através da irradiação pode se dar de duas maneiras, através da inibição de brotamento de tubérculos e bulbos como batatas e cebolas e através do retardo do amadurecimento de frutas frescas como papaias. A dose para prolongar a vida de prateleira tem que ser abaixo da dose de tolerância e normalmente acima da dose de desinfestação (MOY, 1986).

Um atraso no amadurecimento ocorre apenas em frutas climáticas, as quais amadurecem normalmente após a colheita, uma vez que frutas não climáticas só devem ser colhidas quando apresentarem maturação completa.

Segundo Moy, (1989) a regra geral para frutas e vegetais irradiados é que quanto mais maduros eles estão, melhor eles toleram a radiação. Normalmente, se uma fruta é colhida muito cedo não irá desenvolver mais tarde todo o seu sabor e pode sofrer injúrias com a radiação. Para frutas climáticas, a irradiação deve ser feita antes do início do processo climático, para que seja possível o retardo no amadurecimento.

Moy (1989) definiu doses necessárias para o retardo no amadurecimento de algumas frutas. Doses de 0,12-0,75 kGy irão retardar o amadurecimento de frutas tropicais como papaias, mangas, e algumas variedades de bananas. Um retardo na senescência foi observado para papaia, damasco e cerejas em doses variando de 0,75 a 2,0 ou 3 kGy. Contudo acredita-se que doses de 2 a 3 kGy possam exceder a dose tolerada para estas frutas, e pode causar amolecimento do fruto, o que tornaria a prática inviável.

O comportamento de cada fruta em relação a sua irradiação assim como as doses de radiação necessárias para retardar o amadurecimento variam de fruta para fruta e cabe aqui,

portanto uma revisão de dados encontrados para o mamão papaia, objeto deste estudo. Vale ressaltar, porém que resultados encontrados pelos autores sobre um mesmo assunto são de difícil comparação uma vez que uma série de parâmetros externos à irradiação influenciam no resultado final.

De acordo com Moy (1973) citado por Thomas (1986) a grande variação na qualidade inicial, no estágio de maturação, no tamanho e nível de infecção das frutas no campo, assim como a não uniformidade dos tratamentos com água quente e irradiação, e as flutuações das condições de estocagem, podem causar grandes variações nos resultados e por isso todos estes dados devem ser reportados, identificados e mencionados.

Gómez e colaboradores (1999) ressaltam a importância da necessidade de adequar a dose aplicada a cada fruto, de modo a evitar reações indesejáveis como o amolecimento indiscriminado ou escurecimento da casca. Deve-se levar em consideração a cultivar, tamanho e estágio de amadurecimento, uma vez que a eficácia do tratamento varia com estas características.

Diversos são os fatores relacionados às características de cada produto ou ao procedimento de radiação que influenciam na resposta da fruta ou vegetal ao tratamento com radiação ionizante. As características dos produtos que podem influenciar na resposta à radiação são as seguintes: o tipo e o seu cultivar, a região de produção e a época do ano em que foi cultivado, o estágio de maturação na hora da colheita, a qualidade inicial, e os procedimentos de manuseio pós-colheita. Fatores pré-colheita como condições climáticas e as práticas de cultura afetam a composição e qualidade final da fruta, o que podem influenciar na sua resposta ao estresse induzido pela radiação ionizante. Entre os procedimentos da irradiação que afetam o resultado do tratamento pode-se citar: a dose de radiação utilizada, a taxa de dose aplicada e as condições do ambiente durante a irradiação: temperatura e composição atmosférica (KARDER, 1986).

Devido às diferenças mencionadas acima como variedade, clima, tamanho e composição da fruta, temperatura de estocagem e adequação de equipamentos, os dados resultantes de uma pesquisa em diferentes regiões não são completamente válidos para comparação, contudo algumas considerações podem ser assumidas.

Para Moy (1986), entre as 27 frutas estudadas em pesquisas em todo o mundo, o mamão papaia se mostra como a fruta mais tolerante e receptiva à radiação gama até 1 kGy, e desta

forma pode ser beneficiada com a desinfestação de moscas da fruta e com o retardo do amadurecimento e senescência.

Brodrick *et al.* (1976) num estudo sobre a eficiência de um tratamento combinado de banho quente (49°C, 20 minutos) e irradiação (0,75 kGy), onde simularam o transporte da África do Sul para os países importadores por 3 semana a 11°C, concluíram que a deterioração das frutas foi bem controlada apenas com o tratamento térmico, porém as frutas amadureceram rapidamente quando colocadas em temperatura de 20°C. Para a realização do teste, com análises apenas visuais e sensoriais, utilizaram de 15 a 20 frutas por tratamento, por dia de análise. O tratamento combinado proposto por eles resultou num excelente controle da deterioração e o efeito do retardo da senescência, prolongando a vida de prateleira do mamão papaia em até oito dias, através principalmente do retardo da senescência obtido pelo processo de irradiação. Para os autores o controle da deterioração é o fator determinante tendo em vista a exportação, enquanto que para o mercado interno a principal preocupação é retardar o amolecimento.

Estes mesmos autores concluíram, a partir de um teste sensorial de diferença triangular, que os mamões irradiados não apresentaram diferenças significativas no sabor em relação aos não irradiados, mesmo quando a dose de irradiação foi de 1,50 kGy.

Moy (1977) reportou que a textura da papaia (variedade Solo) permaneceu firme por mais tempo quando tratada na faixa de dose de 0,25 a 1,00 kGy, sendo que a dose 0,75 kGy teve o melhor efeito. O amadurecimento foi normal, porém retardou por 3 a 4 dias quando comparado ao controle armazenado em temperatura ambiente. O mamão papaia irradiado teve aparência limpa com uma coloração amarelo-ouro brilhante.

Akamine e Moy (1983) reportaram limites de dose de radiação para diversos fatores de qualidade no mamão papaia: danos na casca: 1 kGy; desenvolvimento de cor na superfície: 2 kGy; alterações no aroma e sabor: 4 kGy; rompimento do tecido: 5 kGy. Desta forma a dose máxima tolerada pela papaia é limitada pelos danos na casca, ou seja, 1 kGy. Estudos demonstram que 1 kGy é a dose ótima pra retenção da firmeza.

Estes mesmos autores reportaram que as avaliações sensoriais de papaias que foram feitas por Moy *et al.* (1969) indicam que não houve diferença significativa nos atributos sensoriais e nos sólidos solúveis totais entre as frutas irradiadas (0,75 kGy e água quente) e as que sofreram fumigação (água quente e dibromato de etileno) exceto pelo fato que as irradiadas estavam mais firmes que as fumigadas e as irradiadas desenvolveram um aroma floral depois de um longo período de estocagem, contudo este aroma não foi considerado determinante

pelos provadores. Moy *et al.* (1969) concluem ainda através de avaliações sensoriais que a qualidade de frutas irradiadas foi superior que as tratadas com vapor ou fumigação.

Neste mesmo trabalho reportaram também que os estudos que simularam o transporte de navio mostram que a vida de prateleira de papaias irradiadas (0,25 a 1,0 kGy) foi em geral melhor ou igual aos métodos convencionais.

Thomas (1986) fez uma revisão da literatura bastante completa sobre a preservação por irradiação de frutas tropicais, da qual os resultados mais significantes são apresentados a seguir.

Akamine e Wong (1966) *apud* Thomas (1986) num estudo onde testaram diversas doses de radiação em frutas colhidas em diferentes pontos de maturação encontraram que uma dose de 0,75 kGy foi eficiente para retardar o amolecimento em dois dias. Enquanto que uma dose de 0,25 kGy foi ineficiente para retardar a taxa de amadurecimento, uma dose de 0,75 kGy não teve efeito na taxa de maturação em frutas que tinham 25% ou mais de coloração amarela da casca quando irradiadas. Ainda citando Akamine and Wong (1966), Thomas (1986) mostrou que a dose maior que pode ser tolerada pelas frutas no estágio verde pré-climatérico, ou na fase de mudança de cor (verde para amarelo) foi determinada como 1 kGy acima da qual as frutas desenvolveram queimaduras e escurecimento da superfície. Doses acima de 2 kGy causaram aumento progressivo nas queimaduras acompanhadas por outros efeitos deteriorantes como no desenvolvimento da cor da superfície, no sabor e aroma assim como na textura. Os mesmos autores concluíram que a irradiação de papaia com coloração de 1/8 a 1/2 amarelas com dose de 0,75 kGy retardou o amadurecimento em dois dias e a taxa de senescência em três dias. O resultado obtido com dose de 1,0 kGy não foi melhor que o obtido para 0,75 kGy.

Thomas (1986) apresentou que Loaharanu (1971) obteve um prolongamento de 10 dias na vida de prateleira de papaias mantidas a 18°C e irradiadas a 0,30 e 0,50 kGy, enquanto que as frutas que receberam 0,70 kGy tiveram o seu retardo no amadurecimento ainda maior, porém perdas devido à infecções foram maiores.

Moy *et al.* (1973) *apud* Thomas (1986) reportaram algum retardo no amadurecimento devido a irradiação e confirmaram descobertas anteriores de outros pesquisadores que papaias irradiadas mesmo quando a fruta já está com sua coloração amarela final, a polpa permanece mais firme que as não irradiadas no seu estado pronta para ser consumida.

Paull (1996) encontrou que a resposta à maturação da papaia após o tratamento com irradiação (utilizando uma dose de 0,25 kGy) era dependente do estágio de maturação na hora

do tratamento. Neste mesmo estudo o autor reportou que frutas estocadas a 10°C após a irradiação desenvolveram queimaduras na superfície, contudo este problema foi solucionado esperando 12 horas entre a irradiação e o armazenamento na temperatura de 10°C. Este intervalo de tempo entre a irradiação e o armazenamento pode ter permitido reparos no metabolismo e fisiologia das células, deixando-as mais resistentes para sofrer um segundo estresse, que é o armazenamento a 10°C. Para a realização das análises o autor utilizou dez a quinze frutas por tratamento e as análises foram feitas em duplicata.

Para Zhao *et al.* (1996) o estágio de maturação no momento da irradiação influencia o nível do retardo do amadurecimento e a magnitude das alterações nas frações de pectina. Para a realização do experimento os autores utilizaram três ou quatro frutas por tratamento e cada análise foi realizada em duplicata ou triplicata. As doses de irradiação utilizadas foram de 0,25; 0,50; 0,75; 1,00 e 1,5 kGy. Foi sugerido pelos autores que as frutas no início do amadurecimento têm a capacidade de reparar os danos da irradiação causados nas sínteses de proteínas e desta forma amadurecer numa taxa semelhante ao controle. Esta capacidade de reparo é em parte perdida quando a fruta é irradiada em estágios mais avançados de irradiação.

Os mesmos autores citados acima encontraram que a irradiação de frutas com coloração amarela na casca entre 25-30% na faixa de dose de 0,50 a 1,00 kGy resultou numa textura mais firme no estágio de maturação completo por mais dois dias que a fruta não irradiada, isto devido a redução de despolimerização de substâncias pécnicas. A retenção da firmeza também foi apresentada por Moy *et al.* (1973) *apud* Miller e McDonald (1999), onde relataram que a polpa da fruta irradiada permanece mais firme por um período maior do que a não irradiada mesmo a cor da casca e da polpa tendo alterado normalmente.

Miller e McDonald (1999) em estudos de irradiação de mamão papaia com dose de 0,6 kGy em diferentes estágios de maturação e temperaturas de refrigeração, não encontraram efeitos da irradiação no teor de sólidos solúveis e tão pouco no pH das frutas irradiadas. Constataram também que a firmeza das frutas irradiadas no estágio de maturação 0 (sem indícios de coloração amarela) foi maior que as irradiadas com um quarto de coloração amarela. Quando armazenadas a 10°C a firmeza da fruta não irradiada se mostrou maior à da irradiada, porém isto não ocorre quando a temperatura de armazenamento é elevada a 12°C ou 15°C.

Gómez e colaboradores (1999) concluíram ao comparar oito frutas irradiadas com outras oito não irradiadas que, quanto ao aspecto dos carboidratos, mamões podem ser irradiados com 0,50 kGy, sem que seja afetado o adoçamento e o sabor dos frutos.

D'Inncenzo e Lajolo (2001) concluíram que baixa dose de irradiação (0,50 kGy) é capaz de retardar muitos parâmetros do amadurecimento do mamão papaia como cor da casca, nível de açúcares e firmeza por dois dias. Para os autores o mecanismo de manutenção da firmeza não parece ser um efeito direto da irradiação em polissacarídeos, mas possivelmente ser devido à retardação do amadurecimento induzido por alterações na atividade das enzimas poligalacturanase, pectinametilesterase, β -galactosidase e da celulase responsáveis pela solubilização e quebras em cadeias menores das moléculas responsáveis pela estrutura da fruta.

Para Pimentel (2001) a irradiação na dose de 0,75 kGy provocou manutenção da firmeza da polpa dos mamões na medida que amadureciam, o que também foi percebida por provadores na análise sensorial, confirmando os resultados das análises físicas. Em seus ensaios, a irradiação modificou a cor verde dos mamões para tons mais claros, obtendo um desenvolvimento de cor mais homogêneo. Segundo ele a cor interna do mamão também ficou ligeiramente mais clara com a irradiação. Quanto ao atributo aceitabilidade, na análise sensorial, os mamões irradiados e colhidos num grau de maturação mais elevados obtiveram melhor resultado.

Ao contrário do estabelecido por outros autores que a irradiação é capaz de retardar o amadurecimento através da redução da capacidade da fruta irradiada produzir etileno, Boylston *et al.* (2002) não constataram nenhum retardo definitivo no amadurecimento das frutas estudadas.

Boylston *et al.* (2002) demonstraram que a irradiação não teve efeito significativo no teor de sólidos solúveis totais e na acidez titulável do mamão papaia, e que desta forma nenhuma diferença é esperada na doçura e acidez da fruta. Este mesmo estudo expõe que diversos estudos sobre a irradiação de inúmeras frutas, incluindo “grapefruit”, limões, mandarins, mangas, morangos e maçãs, mostram que tanto os níveis de açúcar quanto os de ácidos não foram alterados com a irradiação. Também mostraram em seu estudo que a irradiação de papaias através de raios X não causou alterações significantes na qualidade química e nos nutrientes e apenas alterações mínimas na qualidade sensorial quando comparada ao controle.

Existe considerável literatura contraditória, e é sugerido por Zhao *et al.* (1996) que o estágio de maturação da fruta no momento da irradiação é a maior causa de resultados discrepantes. Contudo, Pimentel (2001) conclui em sua dissertação de mestrado que não houve interações significativas entre a irradiação e o grau de maturação no momento da colheita.

Hackwood (1991) avalia que com o tratamento de frutas tropicais para o retardo no amadurecimento haja um aumento na quantidade e variedade de produtos que possam ser importados. Para o autor, as frutas apresentarão qualidade superior devido à redução de danos por insetos e brotamentos e também devido a uma redução nos danos mecânicos, uma vez que as frutas estarão mais firmes. O amadurecimento irá ocorrer naturalmente, uma vez que as enzimas não são afetadas pela irradiação. Aspectos como perda de umidade também não são afetados pela irradiação.

Para Karder (1986) o uso potencial da radiação ionizante para o retardamento da maturação dependerá da avaliação de custos/benefícios relativos a outros tratamentos que resultam numa mesma resposta, como a atmosfera modificada e métodos de remoção de etileno. O futuro da aplicação comercial da radiação ionizante em frutas e vegetais frescos irá depender do seu custo, aceitação do consumidor, e solução de problemas logísticos relacionados com o manuseio e tratamento de uma quantidade significativa de diversas mercadorias.

Os autores Brunh e Noell (1987) avaliaram a resposta de consumidores à irradiação de mamões vindos do Haváí, uma vez que tal procedimento é aprovado pelo FDA. Tal pesquisa é de extrema importância posto que, uma vez a eficácia tendo sido comprovada, a aceitação do consumidor em relação ao alimento irradiado é o principal fator no sucesso da adoção desta tecnologia. Como resultado desta pesquisa em duas cidades diferentes da Califórnia os autores apresentam que a maioria dos consumidores das duas lojas preferiu a aparência da fruta irradiada. Em uma das lojas a maioria preferiu a fruta irradiada também pelo seu sabor, enquanto que na outra loja os consumidores foram indiferentes quanto ao sabor da fruta irradiada e da não irradiada.

Tendo em vista que o principal critério de avaliação do consumidor no momento da compra é a aparência, o resultado apresentado anteriormente relativo à superioridade da aparência da fruta irradiada, mostra que a irradiação pode ter um impacto positivo no potencial de compra do produto. Nesta mesma pesquisa, os autores relataram que em uma das lojas 66% e na outra 80% dos participantes afirmaram que comprariam papaia irradiada no futuro. Desta forma concluíram que a irradiação não é uma barreira à aceitação do produto.

Os autores ressaltam a importância do consumidor estar informado quanto aos propósitos do tratamento com irradiação. Ao serem informados das razões pelas quais as frutas haviam sido tratadas por irradiação e de sua aprovação pelo FDA, a aceitação pelo produto aumentou. Uma vez que a legislação exige a rotulagem de alimentos irradiados, os consumidores devem ser informados o porquê de se realizar tal procedimento, justificando o uso da tecnologia.

2.5) Filmes comestíveis

Ao utilizar a irradiação como tratamento quarentenário não se faz mais necessário o uso do tratamento com banho de água quente como medida complementar dos tratamentos fitossanitários. O banho de água quente seria então utilizado apenas para o controle de fungos, uma vez que para controlá-lo através da irradiação seria necessário doses que a fruta não suporta. Uma vez que o tratamento térmico pode causar distúrbios no amadurecimento da fruta, resultando numa fruta de pior qualidade, alternativas para o controle de fungos durante a maturação se faz necessário.

Tratamentos combinados foram vastamente investigados, uma vez que normalmente resultam num efeito sinérgico. Estudos reportam que irradiação gama combinada com outros tratamentos (por exemplo calor, lavagem e ceras) diminuem a contaminação microbiana levando a uma melhora na vida de prateleira do alimento.

Recentemente surgiu um grande interesse pelo desenvolvimento de biofilmes comestíveis ou degradáveis biologicamente, principalmente devido à demanda por alimentos de alta qualidade, às preocupações ambientais sobre o descarte das matérias não renováveis das embalagens para alimentos e às oportunidades para criar novos mercados às matérias primas formadoras de filme, derivadas de produtos agrícolas (PALMU *et al.*, 2002).

Biofilme é um filme fino preparado de materiais biológicos, que age como barreira a elementos externos e, conseqüentemente, pode proteger o produto e aumentar a sua vida de prateleira. Eles possuem potencial para controlar a perda de umidade e para controlar também a troca de oxigênio, etileno e dióxido de carbono do tecido de frutas; desta forma podem controlar a respiração do produto e aumentar sua vida de prateleira, funcionando como alternativa ao tratamento por atmosfera modificada (PALMU *et al.*, 2002).

Uma outra definição de revestimentos comestíveis é dado por Jacometti *et al.* (2003), que os definem como finas camadas de material aplicados e formados diretamente na superfície do produto, sendo usados para substituir o revestimento de cera de proteção natural e para reduzir a perda de água de frutas e hortaliças, e nem sempre podem substituir materiais de embalagem sintética não comestível, mas servem como adjunto para proporcionar maior qualidade, estendendo a vida de prateleira, possibilitando economia com materiais de embalagens.

Para Kester e Fennema (1986) a utilidade dos filmes comestíveis consiste na capacidade de ele agir como um complemento para melhorar a qualidade global do alimento, prolongando a sua vida-de-prateleira e possivelmente melhorando a eficiência econômica de materiais de embalagens.

Entre as possíveis propriedades funcionais de filmes e coberturas comestíveis, Kester e Fennema (1986) citam como as mais importantes: a capacidade destes filmes retardarem a migração de umidade, o transporte de gases (O_2 , CO_2), a migração de óleos e gorduras e o transporte de solutos; de melhorarem as propriedades mecânicas e a integridade estrutural dos alimentos; de reterem compostos voláteis e a possibilidade de carregarem aditivos alimentares.

Filmes e coberturas comestíveis podem também melhorar propriedades mecânicas e estruturais de um produto alimentício. Coberturas podem fornecer proteção física a produtos que são susceptíveis a injúrias durante o transporte, como frutas frescas e vegetais (DONHOWE e FENNEMA, 1994).

Donhowe e Fennema (1994) acrescentam ainda que as propriedades funcionais, nutricionais, sensoriais e mecânicas de um filme podem ser alteradas pela adição de vários componentes químicos em pequenas quantidades. A incorporação destes aditivos pode, contudo, causar alterações significantes nas propriedades de barreira do filme. Por exemplo, a adição de plasticidas hidrofílicos normalmente aumenta a permeabilidade ao vapor d'água no filme. Outros tipos de aditivos acrescentados aos filmes são agentes antimicrobianos, vitaminas, antioxidantes, aromas e pigmentos. Desta forma, os filmes comestíveis podem ajudar a enfrentar muitos desafios envolvidos no marketing de alimentos nutritivos, seguros, de alta qualidade, estáveis e econômicos.

Grant e Burns (1994) colocam que um novo grupo deve ser considerado para a aplicação de coberturas e filmes comestíveis, as frutas tropicais. Controle da perda de água nessas mercadorias são essenciais e coberturas têm sido escolhidas de acordo com a capacidade de prevenir a perda de água. Segundo os autores as coberturas para frutas tropicais são na maioria das vezes emulsões compostas de cera de carnaúba.

Kester e Fennema (1986) esclarecem que devido as suas polaridades relativamente baixas, a função primária de uma cobertura da base de lipídios é bloquear o transporte de umidade. Coberturas à base de lipídios em fruta, contudo, podem ter outras funções, como diminuir a abrasividade durante o manuseio e a incidência de queimaduras na casca.

Num primeiro momento, a função do filme é restringir a perda de umidade da fruta para o ambiente ou para diminuir a absorção de oxigênio pela fruta e desta forma diminuir a taxa respiratória. O filme pode também servir para estabilizar o gradiente de atividade de água e preservar diferentes propriedades de textura apresentadas em diferentes componentes do alimento. Além de melhorar a aparência, o filme pode atuar como um meio para aplicação de fungicidas (GRANT e BURNS, 1994; DONHOWE e FENNEMA, 1994).

Quando o filme é aplicado em frutas e vegetais para retardar a perda de umidade, um certo nível de permeabilidade ao oxigênio e dióxido de carbono é necessário para evitar a respiração anaeróbica a qual resulta em desordens fisiológicas e rápida perda da qualidade (KESTER e FENNEMA, 1986).

Coberturas comestíveis baseadas em goma de celulose têm sido utilizadas e obtidos resultados positivos no retardo do amadurecimento de algumas frutas climatéricas como mangas, papaias, e bananas (VACHON *et al.*, 2003).

O trabalho de Vachon *et al.* (2003) demonstrou que o processo de cobertura com filme comestível à base de proteínas do leite e tratamento com radiação gama (dose média de 1,5 kGy) são efetivos na redução de infecção por bolores e desta forma prolonga a vida de prateleira do morango.

Os filmes podem ser à base de proteínas, lipídios como já ilustrado anteriormente ou ainda à base de polissacarídeos. A escolha da composição do filme varia de acordo com o seu objetivo. Conforme esclarecido anteriormente, devido as suas polaridades relativamente baixas, a função primária de uma cobertura a base de lipídios é bloquear o transporte de umidade, enquanto no caso de filmes à base de polissacarídeos devido à natureza hidrofílica dos polímeros de polissacarídeos, apenas mínima barreira a umidade deve ser esperada (KESTER e FENNEMA, 1986).

2.5.1) Filmes comestíveis de Quitosana

A quitina é o segundo composto orgânico mais abundante no mundo depois da celulose. É um amino-polissacarídeo acetilado natural que em redes de ligação covalentes com proteínas e dihidroxi fenilalanina e com alguns metais e carotenóides formam a cobertura de proteção de crustáceos e insetos. Ela ocorre como sendo a maioria das substâncias orgânicas presentes nos esqueletos de invertebrados e como constituinte da parede celular de algas marinhas. A

quitina está em grande abundância na sua forma impura uma vez que é descarte das indústrias de crustáceos. Porém devido a sua insolubilidade e sua associação com outras substâncias, o seu isolamento requer o uso de métodos drásticos para remover as substâncias contaminantes (BeMILLER, 1965; PORTER *et al.*, 2000.).

A quitina não existe sozinha e sim como parte de um sistema complexo. É encontrada em associação com carbonato de cálcio e/ou proteínas e outras substâncias orgânicas tornando o componente estável à maioria dos reagentes. A quitina normalmente é preparada de cascas de crustáceos através de tratamentos com ácidos e bases fortes. A sua fusão com álcalis gera o produto quitosana, uma substância heterogênea em vários estágios de desacetilação e despolimerização. A quitosana é, portanto, um biopolímero policatiônico de cadeia longa, com afinidade natural com as membranas biológicas normalmente negativamente carregadas. (BeMILLER, 1965; NISPEROS-CARRIEDO, 1994; PORTER *et al.*, 2000).

No seu estado natural, a quitina é muito mais abundante que a quitosana. A quitosana é moderadamente solúvel em soluções com pH menores que 5 e forma filme quando neutralizada, e num pH acima deste torna-se insolúvel. O filme de quitosana tem boas propriedades flexíveis e boa barreira ao oxigênio, porém tem alta transmissão de vapor d'água. Em altas umidades, até mesmo em pH neutro, ela se torna higroscópica e muito permeável ao oxigênio e vapor d'água (PORTER *et al.*, 2000). Segundo Gällsted e Hedenqvist (2002) esta propriedade de ser excelente barreira ao oxigênio é devido à grande quantidade de pontes de hidrogênio presentes na estrutura da molécula. Porém estes mesmos autores ressaltam que a quitosana é muito sensível à umidade para serem utilizadas em contato direto com alimentos com alto teor de umidade. Sugerem então, para que a quitosana possa desempenhar o seu papel de ser uma excelente barreira ao oxigênio, estes alimentos devem ser antes cobertos por uma barreira contra água e vapor d'água. Esta barreira, segundo os autores pode ser obtida através de filmes de cera de abelha, nitrocelulose ou alcalóides.

Segundo Porter *et al.* (2000), existe concordância que a quitina não é tóxica ao sistema imune humano e que ela estimula o crescimento da bactéria benéfica bifidobacteria no trato intestinal de frangos, e que seus produtos resultantes de sua quebra no organismo podem ser usados metabolicamente sem danos.

Neste mesmo trabalho sobre as possíveis aplicações da quitosana em alimentos, os autores citados acima reportam que muitos trabalhos mostraram que a quitosana inibe certas cepas de bactérias e fungos. A quelação de metais essenciais para o crescimento, como o

zinco, é uma possibilidade, mas a capacidade de aglomeração do polícatión em relação aos microrganismos aniônicos é outra.

Porter *et al.* (2000) da marinha americana, testaram a ação antimicrobiana da quitosana com soluções de 1 e 2% de quitosana. Os testes foram conduzidos *in vitro*, e resultou em três grupos de bactérias quanto a sua sensibilidade à quitosana: completamente inibido (*Bacillus cereus*, *Shigella sonnei*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Proteus vulgaris*, *Yersinia enterocolitica*), muito inibido (*Escherichia coli*, *Shigella flexneri*, *Pseudomonas lundensis*, *Citrobacter freundii*, *Enterococcus faecalis*) e parcialmente inibido (*Salmonella typhimurium*, *S. typhimurium*, *S. enteritidis*, *S. heidelberg*).

Filmes à base de hidrocolóides como proteínas, derivados da celulose, alginatos, pectinas, amidos, e outros polissacarídeos, podem ser utilizados em aplicações onde o controle do vapor d'água não seja o principal objetivo. Estes filmes possuem propriedades de boa barreira ao oxigênio, dióxido de carbono e lipídios. A maioria destes filmes tem desejáveis propriedades mecânicas se fazendo útil para melhorar a integridade estrutural de produtos frágeis (DONHOWE e FENNEMA, 1994).

A quitosana pode formar filmes semipermeáveis, os quais podem modificar a atmosfera interna, e desta forma retardar o amadurecimento e diminuir a taxa de transpiração em frutas e vegetais (NISPEROS-CARRIEDO, 1994).

Para Nisperos-Carriedo (1994) a quitosana deveria ser teoricamente um material de cobertura ideal, devido aos seus inúmeros efeitos positivos. Inibe o crescimento de fungos e fitopatógenos, e pode induzir a quitinase, uma enzima de defesa.

Em estudos pós-colheita a quitosana tem sido reportada como capaz de manter a qualidade das frutas e vegetais, reduzir a taxa de respiração, a produção de etileno e a transpiração. Um outro atributo importante deste composto natural está associado as suas propriedades fúngiestáticas ou fungicidas contra patógenos de várias frutas e vegetais. (Baños *et al.*, 2003)

Em estudos *in situ* El Ghaouth *et al.* (1991, 1992) *apud* Baños *et al.* (2003) reportaram o efeito fungicida da quitosana em morangos contra *Botrytis cinérea* e *R. stolonifer*. Os mesmos citam o trabalho de Luna *et al.* (2001) que também reportaram menores perdas pós-colheita por podridão, quando a papaia foi mergulhada em solução de quitosana, do que quando comparado com outros tratamentos pós-colheita como banho de água quente e thiabendazole, um fungicida.

Srinivasa *et al.* (2002) num estudo sobre a vida de prateleira de mangas embaladas em caixa de papelão e esta coberta por filme de quitosana com o intuito de promover uma embalagem de atmosfera modificada, concluíram que a perda de massa dos frutos embalados com o filme de quitosana em relação ao controle (em caixas de papelão, porém sem cobertura) foi menor. Verificaram também que os frutos armazenados nas caixas de papelão cobertas com quitosana apresentaram menor índice de deterioração devido à ação de microrganismos, indicando a ação antimicrobiana da quitosana. Os frutos embalados com o filme de quitosana permaneceram sadios até o décimo oitavo dia do experimento, enquanto que os frutos controles apresentaram deteriorações a partir do décimo segundo dia.

Baños *et al.* (2003) descrevem que o crescimento de micelas de *Colletotrichum gloeosporioides in vitro* foi completamente inibido pela quitosana nas concentrações de 2,5% e 3% durante um período de incubação de 7 dias (25°C). Os mesmos concluíram que existe diferença significativa entre os tratamentos nas frutas inoculadas após o tratamento, nos experimentos *in situ*. O maior efeito fungicida foi observado nas papaias tratadas com 1,5% de quitosana. Quando as frutas foram inoculadas antes do tratamento, nenhuma diferença significativa foi observada.

Os autores acreditam que o controle da antracnose em 60% das papaias alcançado com a quitosana é suficiente para considerar a quitosana como um produto natural para controlar doenças da pós-colheita na papaia.

3) METODOLOGIA

3.1) Parte Experimental: Etapa I

Esta primeira e mais complexa etapa foi estruturada com o objetivo de estudar os efeitos da cobertura de quitosana e do tratamento térmico combinados com a radiação ionizante no amadurecimento do mamão papaia.

Segue fluxograma representativo desta etapa. A descrição das matérias primas, procedimentos e materiais utilizados em cada tratamento, bem como as análises realizadas seguem após o fluxograma.

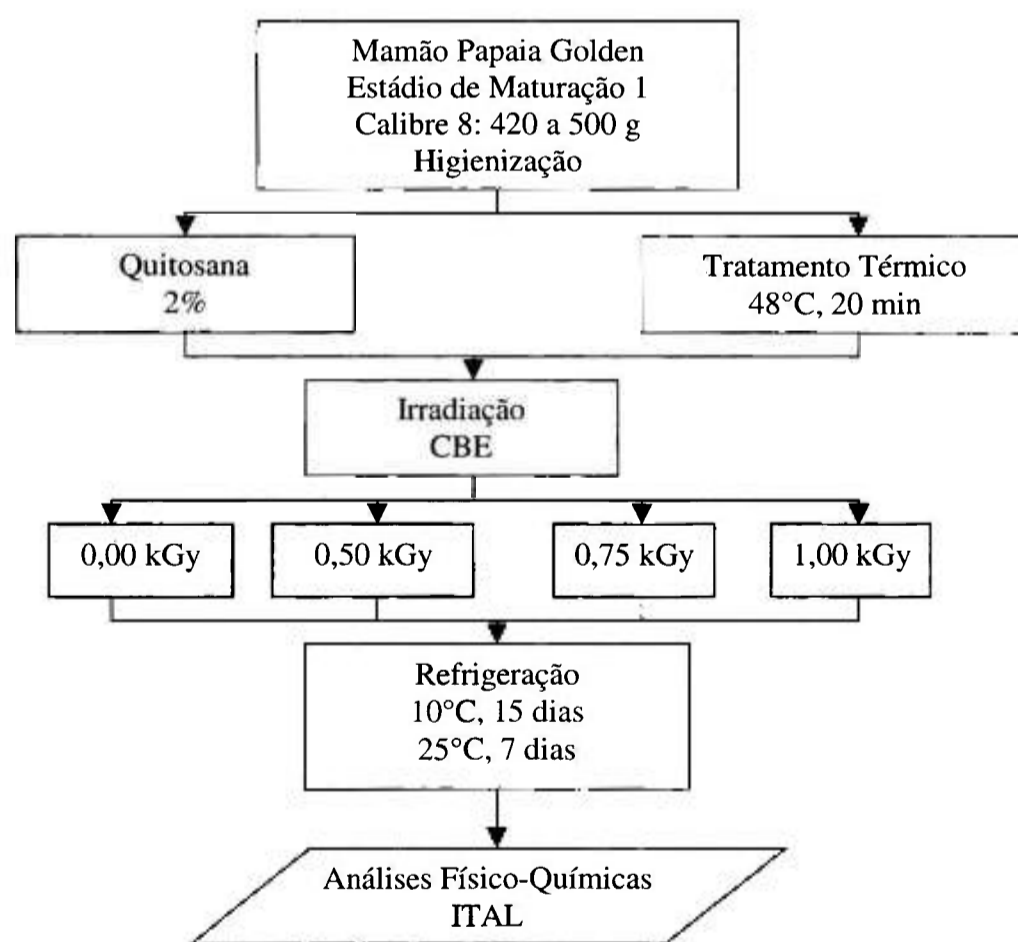


Figura 3.1.1 Fluxograma da Primeira Etapa da Parte Experimental

3.1.1) Matéria Prima

Mamão Papaia

As papaias, variedade Golden, foram doadas pela Gaia Papaya, cultivadas na cidade de Linhares, no estado do Espírito Santo. Os mamões foram cultivados durante os meses novembro e dezembro de 2003 e janeiro de 2004. Essa época do ano é caracterizada por altas temperaturas e por um período de alta



umidade devido à incidência de chuvas. As

Figura 3.1.1.1. Plantação de Mamão - Gaia Papaya. Linhares- ES.

frutas foram colhidas de acordo com estágio de maturação que foi determinado de forma subjetiva de acordo com a coloração da casca. As frutas foram colhidas quando apresentavam os primeiros indícios de coloração amarela, “color breaking” (termo utilizado para designar este estágio de maturação), até no máximo 10% de coloração amarela na casca, ou seja, estágio de maturação 1. Para o experimento foram selecionadas as frutas de calibre 8, ou seja com peso entre 420 e 500 gramas.

Quitosana

A quitosana foi preparada e cedida pela Faculdade de Ciências Farmacêutica da USP, segundo formulação apresentada por El Ghaouth *et al.*, 1991, e reutilizada por Bautista-Baños, 2003. Para 100 mL de solução, dissolveu-se 2 g de quitosana em água destilada com 2 mL de ácido acético e depois a solução ficou em constante agitação por 24 horas. A solução foi então ajustada para pH 5,5 adicionando hidróxido de sódio 1N, depois 0,1 mL de Tween 80 (Fabricante: Aldrich Co - USA, n°. catálogo 27,436-4) foi adicionado. Vinte litros desta solução foram preparados.

3.1.2) Tratamentos

Higienização

As frutas foram higienizadas em banho de água clorada a 112 ppm no mesmo dia em que colhidas.



Figura 3.1.2.1 Etapa de higienização - Gaia Papaya. Linhares- ES.

Tratamento térmico

No mesmo dia em que colhidas, metade do lote sofreu tratamento térmico de 48°C por 20 minutos e em seguida passaram por uma imersão no tanque frio por 15 minutos com a temperatura entre 12°C e 14°C.



Figura 3.1.2.2 Tratamento térmico - Gaia Papaya. Linhares- ES.

Armazenamento e transporte

As frutas foram acondicionadas em engradados plásticos com aproximadamente 40-50 frutas cada um. As frutas permaneceram em câmara refrigerada a 10°C até 3 DAC (Dias Após a Colheita) quando foram transportadas para Campinas em caminhão refrigerado também a 10°C. O trajeto até Campinas durou dezoito horas.

Os mamões foram entregues no CEASA de Campinas 4 DAC, e transportados até o ITAL sem refrigeração. No ITAL foi feita uma seleção para garantir a padronização das frutas quanto ao estágio de maturação e injúrias mecânicas causadas durante todo o transporte.

Aplicação da Quitosana

Apenas nas frutas que não sofreram tratamento térmico foi feito o tratamento com solução de quitosana no mesmo dia em que chegaram do Espírito Santo. As frutas foram submersas na solução por 10 minutos e depois colocadas para secar em temperatura ambiente.

Depois de tratadas com quitosana as frutas foram acondicionadas em caixas de papelão e levadas para a câmara refrigerada a 10°C. As frutas que foram tratadas termicamente foram colocadas em caixas de papelão e somente refrigeradas quando o tratamento com quitosana tinha terminado.



Figura 3.1.2.3. Imersão em solução de quitosana



Figura 3.1.2.4 Secagem da quitosana em temperatura ambiente

Irradiação

No dia seguinte à chegada em Campinas (5 DAC), as frutas foram levadas para serem irradiadas. O transporte até a CBE – Companhia Brasileira de Esterilização – em Jarinu, foi feito em carro sem refrigeração. O trajeto tem 60 km e durou aproximadamente 40 minutos. As frutas que faziam parte dos controles (dose de radiação 0,0 kGy), tanto de quitosana quanto de tratamento térmico, também foram levadas para a CBE para que sofressem o mesmo estresse que os demais tratamentos. O irradiador utilizado é industrial com fonte de cobalto 60, com taxa de dose de 0,3 kGy/hora. As doses utilizadas foram de 0,50; 0,75 e 1,00 kGy, com o objetivo de estudar as variações que diferentes doses poderiam causar na fruta. Tomou-se o cuidado de que as doses fossem o mais uniforme possível, havendo um desvio de dose de aproximadamente 5%.

As doses de 0,00 kGy e 0,50 kGy foram liberadas primeiro, por volta das 12:30 h, e já levadas ao ITAL para que se iniciassem as análises. Foram deixadas em temperatura ambiente até a chegada dos outros dois tratamentos.

As outras duas doses foram liberadas no final do dia, por volta das 17:30 h e levadas diretamente para o ITAL onde junto com as demais foram acondicionadas na câmara refrigerada a 10°C.

Armazenamento

As frutas ficaram estocadas em câmara frigorífica com temperatura média de $9,8\text{ °C} \pm 0,2\text{ °C}$, e umidade relativa média de $80,8\% \pm 3,0\%$ por quinze dias para simular o transporte marítimo das frutas até os países importadores. Após este período as frutas foram transferidas para câmara refrigerada, com temperatura média de $24,8\text{ °C} \pm 0,1\text{ °C}$ e umidade relativa de $80,4\% \pm 3,2\%$ onde permaneceram armazenadas por uma semana.

3.1.3) Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Análises Físicas e Químicas do Fruthotec (Centro de Tecnologia de Hortifrutícolas)/ ITAL (Instituto de Tecnologia de Alimentos). O cronograma de análises foi realizado com o objetivo de acompanhar as alterações nas características da fruta devido à maturação.

Durante o período em que as frutas ficaram armazenadas a 10°C, elas foram analisadas três vezes: -1 DAI (ou seja, 1 dia antes da irradiação), 3 DAI (dias após a irradiação), 7 DAI e no dia em que foram transferidas para a câmara de 25°C, ou seja, 14 DAI. No período em que permaneceram sob a temperatura de 25°C foram feitas análises físico-químicas a cada dois dias: 17, 19 e 21 DAI, e nos últimos 5 dias foi realizada análise visual todos os dias.

Uma vez as análises sendo destrutivas, a cada análise um grupo diferente de frutas, de um mesmo tratamento, era analisado. Desta forma o número de amostras de cada tratamento a ser analisado deveria ser representativo de todo o lote. Estipulou-se junto com os pesquisadores do ITAL e o fornecedor do mamão que, oito amostras por tratamento seria um número ao mesmo tempo representativo e viável de se analisar num único dia. No total foram analisadas 448 amostras nos sete dias de análises quanto aos parâmetros massa, cor de casca e polpa, textura, pH, acidez titulável e sólidos solúveis.

Equipamentos:

1. Agitador Magnético, marca Marca: VEBMLW, Modelo: R3T
2. Balança digital semi analítica, marca Mettler, modelo PB 3002, Resolução 3100g
3. Centrífuga doméstica, marca Arno
4. Colorímetro, marca Minolta e modelo CR 300
5. Texturômetro, marca Stable Micro Systems, modelo TA-TX2i
6. peagômetro, marca MIcronal, modelo B274
7. refratômetro manual, marca Atago, modelo ATC-1E, com correção do Brix pela temperatura.

Materiais:

- Hidróxido de Sódio, marca Synth e para padronizá-lo o
- Biftalato de Potássio, marca Nuclear (utilizado na padronização do hidróxido de sódio)
- Solução Tampão pH 4,0, marca Merck
- Solução Tampão pH 7,0, marca Merck.

Variação de massa

Amostras medidas em balança semi-analítica (item 2 da lista de equipamentos), com o objetivo de analisar a variação de massa ao longo do amadurecimento.

Cor da Casca

Para avaliar a coloração das frutas foi utilizado o colorímetro Minolta (item 4 da lista de equipamentos). O sistema de cor adotado foi CIE Lab. Este sistema de cor permite a localização de uma cor dentro de um sistema tridimensional, onde se encontram todas as cores organizadas em três eixos, a^* , b^* e L . O eixo a^* tem a cor verde em um extremo e a cor vermelha no outro. O eixo b^* tem o azul em uma das extremidades e em seu oposto o amarelo. O eixo L varia de branco a preto, é a luminosidade da cor. Estes três eixos formam um sólido onde se enxerga toda as variações de intensidade de cor. O centro deste sólido é acromático, sem cor, e conforme os valores de a^* e b^* , em módulo, aumentam e o ponto se distancia do centro, a saturação da cor aumenta.

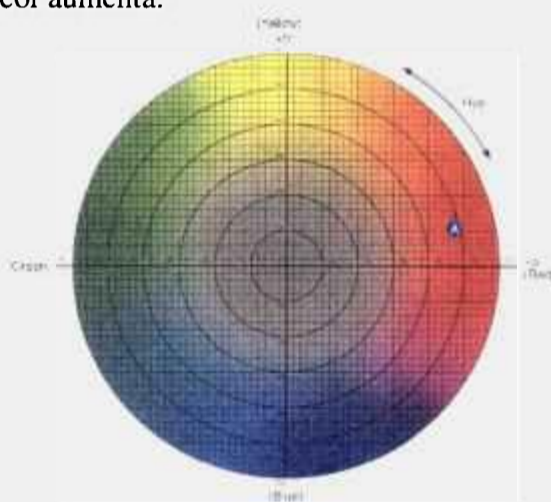


Figura 3.1.3.1 Diagrama de cromatização a^* e b^*
Fonte: Minolta

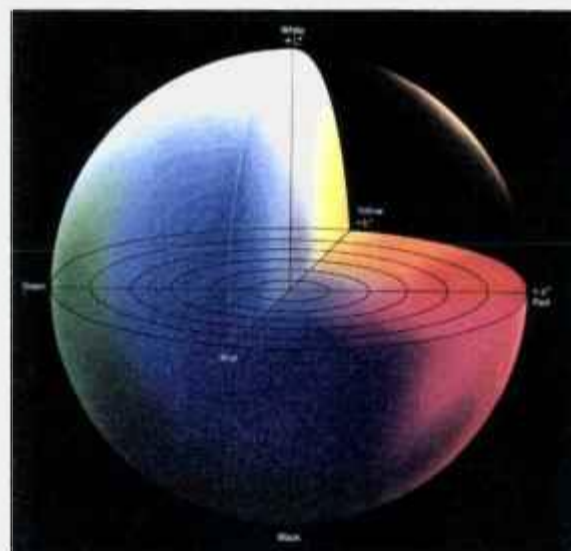


Figura 3.1.3.2 Sólido do sistema $L a^* b^*$
Fonte Minolta

Foram tiradas seis medidas de cor da casca de cada mamão, sendo duas na região próxima ao pedúnculo, duas na extremidade oposta ao pedúnculo e as outras duas na região central da fruta.



Figura 3.1.3.3 Colorímetro Minolta CR 300.

Firmeza e energia de penetração das frutas inteiras

A firmeza das frutas foram analisadas no texturômetro (item 5 da lista de equipamentos), através de testes de penetração onde era obtida a maior força e a energia de penetração. As condições do teste de penetração são as seguintes:

Velocidade pré-teste: 5 mm/s

Velocidade de teste: 1mm/s

Velocidade pós-teste: 10 mm/s

Distância de penetração: 8mm

Tais parâmetros foram estabelecidos conforme recomendado pelo fabricante do equipamento.

Foi retirada uma parte da casca com o *fruit peeler* para que esta película retirada fosse o mais padronizada possível, uma vez que a espessura retirada influencia na medida da firmeza da fruta. A textura das frutas foi medida em três pontos e, portanto em três pontos foi retirada a película.



Figura 3.1.3.4 Texturômetro Stable Micro System, modelo TA-TX2i.

Cor da Polpa

Foi utilizado o mesmo aparelho e sistema de cor que o adotado para a cor da casca. Os mamões foram cortados longitudinalmente, e em uma das metades foram realizadas quatro medidas, duas de cada lado.

Preparo das amostras para as análises de pH, acidez titulável e sólidos solúveis

As frutas foram descascadas e em seguida centrifugadas (item 3 da lista de equipamentos) para que fosse possível a realização das análises seguintes.

Após, centrifugada, pesou-se 10,0 gramas de amostra centrifugada para a medição de pH e acidez titulável.

pH

O pH foi medido no peagômetro (item 6 da lista de equipamento) e durante a medição a solução permaneceu em constante agitação.

Acidez Titulável (expressa em porcentagem de ácido cítrico)

A porcentagem de ácido cítrico presente em 10,0 gramas de amostras foi determinada através da titulação com hidróxido de sódio 0,5 N até a solução atingir pH da fenolfetaleína, conforme metodologia descrita em AOAC (1995).

Teor de sólidos Solúveis (°Brix)

O teor de sólidos solúveis foi determinado através do refratômetro (item 7 da lista de equipamentos) que corrige temperatura automaticamente. E depois foi realizada a correção do Brix, segundo norma estabelecida em AOAC (1995).

Presença de doenças

A presença de fungos foi analisada através da porcentagem da casa atacada pelo fungo.

3.1.4) Análise Estatística

Os dados coletados das análises físico-químicas foram tratados estatisticamente pelo Centro de Estatística Aplicada do Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo. O programa utilizado para análise de dados é o software estatístico R for Windows 1.7.1

A análise estatística realizada pelo Centro mencionado acima procedeu da seguinte forma:

Após a realização de uma análise descritiva dos dados obtidos foi realizada uma análise inferencial dos resultados: ajustes de modelos de Análise de Variância para explicar as variáveis dependentes (variação de massa, firmeza, energia de penetração, pH, °Brix, acidez titulável, *ratio* e cor da casca e da polpa: *Hue*, *Croma* e *Lightness*) em função das variáveis independentes (Tratamento, Irradiação, Tempo) e das interações entre elas. As variáveis Tratamento, Irradiação e Tempo foram consideradas como fatores de efeitos fixos. A análise inferencial foi dividida em duas partes: inicialmente foram considerados nos ajustes os dois tratamentos, os quatro níveis de irradiação e apenas os tempos 3 a 19 DAI, visto que o tratamento com quitosana no

tempo 21 DAI só foram obtidas observações sob o nível de irradiação igual a 0; numa segunda etapa foi considerado apenas o tratamento térmico, as quatro irradiações e os tempos 3 a 21 DAI. Nesta etapa o interesse principal foi comparar os tempos 19 e 21 DAI e as quatro irradiações no tempo 21 DAI.

Análises para os tempos 3 a 19 DAI

Foram ajustados modelos com três efeitos principais e quatro efeitos de interação (modelo completo) assumindo-se distribuição normal para as variáveis dependentes. Em seguida foram realizadas análises de resíduos para os modelos ajustados. Nos casos em que estes ajustes não foram satisfatórios, as análises de variância foram obtidas por meio de ajustes de modelos em que se supões distribuição gama para as variáveis dependentes. Os efeitos foram testados começando-se pelo de interação entre os três fatores, seguido dos de interação entre dois fatores (quando o de interação três a três foi não significante) e de cada efeito principal (quando nenhum efeito de interação relacionado a ele foi significante). Quando um efeito de interação é significante, o modelo final fica composto deste efeito e de seus correspondentes efeitos principais. Utilizou-se um nível de significância global de 10% para o teste dos efeitos de interesse (a cada um dos sete testes foi associado um nível de significância igual a 1,4%).

Análises Incluindo o tempo 21 DAI

Considerando apenas o tratamento térmico, foram ajustados modelos com dois efeitos principais e um efeito de interação (modelo completo) assumindo-se distribuição normal para as variáveis dependentes. Em seguida foram realizadas análises de resíduo para os modelos ajustados de forma semelhante às realizadas para os tempos 3 a 19 DAI. Nos casos em que estes ajustes não foram satisfatórios, as Análises de Variância foram obtidas por meio de ajustes de modelos em que se supôs distribuição gama para as variáveis dependentes. Os efeitos foram testados começando-se pelo de interação entre dois fatores. Quando este efeito não foi significante testou-se cada efeito principal. Quando o efeito de interação é significante, o modelo final fica composto deste efeito e dos dois efeitos principais. Utilizou-se um nível de significância global de 10% para o teste dos efeitos de interesse (a cada um dos três testes foi associado um nível de significância igual a 3,3%).

Para maiores detalhes da metodologia utilizada nas aplicações dos testes estatísticos consultar o relatório completo disponível na biblioteca do Instituto de Matemática e Estatística

da Universidade de São Paulo: BOTTER, D. A., SANDOVAL, M. C., TÔRRES, C. H. *Relatório de análise estatística sobre o projeto: “Estudo da conservação de mamão papaia submetido ao tratamento combinado entre irradiação e cobertura de quitosana”*; São Paulo, IME, USP, 2003. (RAE – CEA – 04P07).

3.2) Parte Experimental: Etapa II

Conforme será discutido na primeira etapa da parte experimental, alguns procedimentos desta etapa causaram danos, principalmente visuais, no mamão. Sendo a principal hipótese para isto os danos mecânicos, resolveu-se refazer parte do experimento com cuidados dobrados a fim de eliminar qualquer dúvida quanto aos efeitos da radiação.

O principal fator a ser analisado nesta etapa é o aspecto visual, a aparência da fruta, fator pelo qual o consumidor avalia a fruta no momento da compra e consumo.

Como a quitosana não apresentou os resultados esperados, uma nova tentativa foi realizada nesta etapa. Uma solução mais concentrada de quitosana e sem o componente tensoativo foi elaborada para substituir a fórmula anterior.

Nesta etapa apenas uma dose de irradiação foi estudada, a de 0,75 kGy. Tal dose é a que apresenta maior literatura a respeito, o que possibilitará comparações com os resultados aqui obtidos. Como diferencial da etapa anterior foi analisado também o controle, sem tratamento térmico e sem quitosana.

Segue fluxograma ilustrativo dos tratamentos testados nesta etapa. Após o fluxograma estão as especificações da matéria prima e procedimentos realizados nesta etapa.

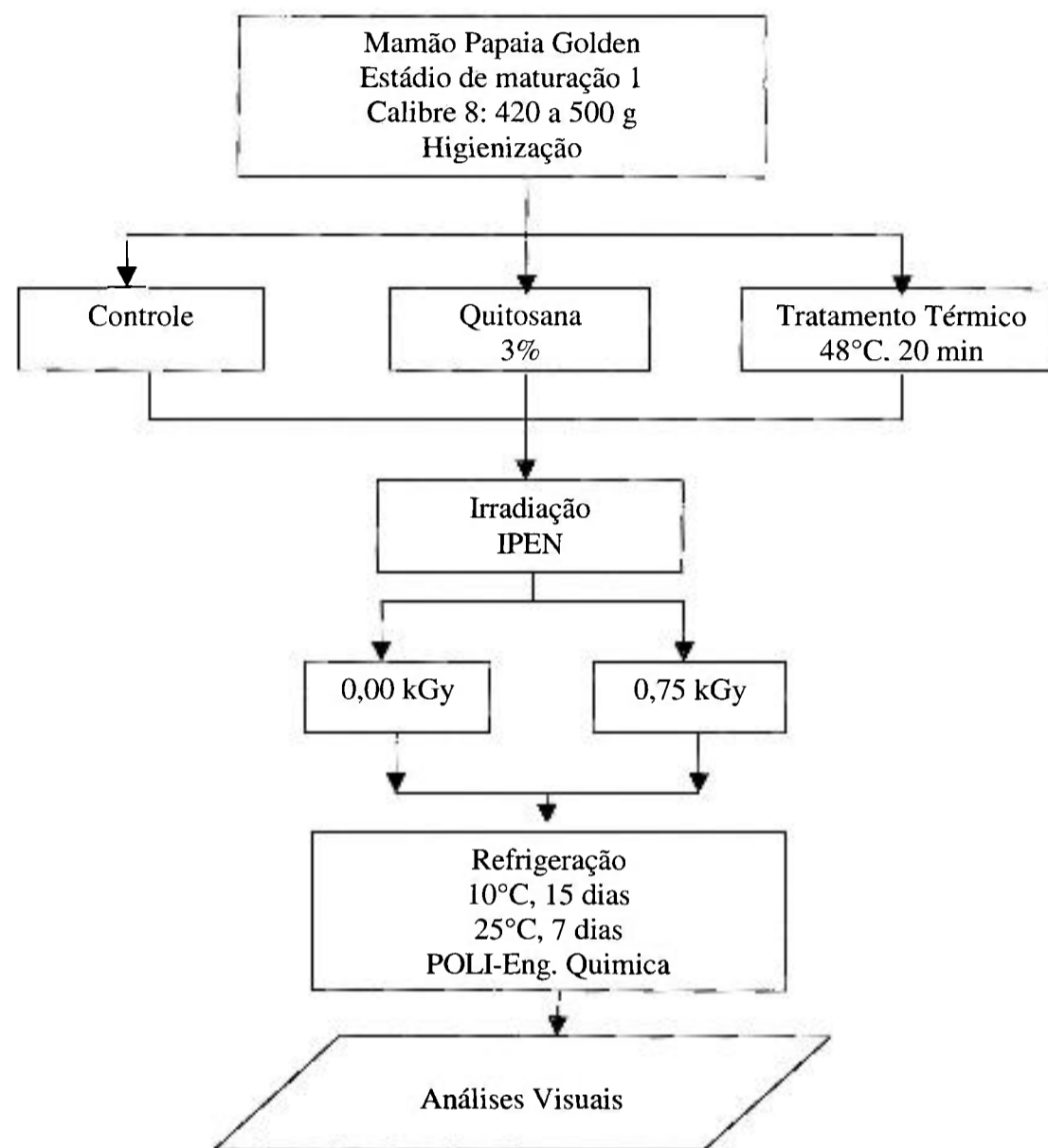


Figura 3.2.1 Fluxograma da Segunda Etapa da Parte Experimental

3.2.1) Matéria Prima

Mamão papaia

Os frutos, nas mesmas condições que os da etapa anterior, foram também doados pela Gaia Papaya, porém desta vez entregues em São Paulo. Uma quantidade menor de frutos foi pedida uma vez que as análises desta etapa não são destrutivas. Para cada tratamento 24 frutos foram analisados. Os frutos foram transportados em caixas de papelão próprias para o empilhamento com 8 frutos em cada caixa. Para o transporte de Linhares a São Paulo foi utilizado caminhão refrigerado a 10°C.

Quitosana

A quitosana foi elaborada pela Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, numa concentração de 3% e sem o componente tensoativo utilizado na etapa anterior. A metodologia e os outros componentes da fórmula são os mesmos utilizados na primeira etapa.

3.2.2) Tratamentos realizados após o recebimento

Aplicação da quitosana

A aplicação da quitosana ocorreu da mesma forma que na etapa anterior, ou seja, imersão por 10 minutos na solução de quitosana e secagem à temperatura ambiente. Os frutos controle e os tratados termicamente permaneceram nesta mesma temperatura enquanto era realizada a aplicação para garantir que todos os frutos sofressem as mesmas condições.

Irradiação

Os frutos foram irradiados no Centro de Tecnologia das Radiações no IPEN. A fonte de radiação utilizada foi o Cobalto 60 da Gamma Cell 220 AECL, procedente do Atomic Energy of Canadá Ltd. A taxa de dose da fonte no centro do irradiador no período da irradiação era de $4,24 \text{ kGy/h} \pm 1,7\%$. A



Figura 3.2.2.1 Gamma Cell. CTR - IPEN.

dose de irradiação utilizada foi de $0,75 \text{ kGy}$. A dosimetria foi feita utilizando dosímetro de rotina Amber (Hawell, UK) e a taxa de dose foi estabelecida usando dosímetro de referência Fricke. O sistema dosimétrico está inserido no Programa IDAS (International Dosimetry Assurance System) da IAEA.

Armazenamento

Os mamões aguardaram um período de 16 horas em temperatura ambiente entre o final da irradiação e a refrigeração a fim de evitar possíveis danos na casca.

Os mamões foram armazenados a 10°C na câmara FEUTRON climatic-test chamber, marca ILKA, modelo 3626/51 do Laboratório de Engenharia de Alimentos do Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica. Permaneceram nesta temperatura por duas

semanas e depois a temperatura da câmara passou a ser de 25 °C, onde permaneceram até atingirem o ponto de consumo.

3.2.3) Análises visuais

Os frutos foram analisados quanto a sua massa e seu estágio de maturação de acordo com a escala de maturação fornecida pelo produtor. Quanto à avaliação do estágio de maturação foi utilizada a escala de amadurecimento utilizada pelo produtor. Foi acrescentado a esta escala um último nível, o 6, que representa o mamão com coloração da casca 100% amarela, que conforme indicado pelo consumidor é como ele deve ser consumido.



Figura 3.2.3.1 Escala de Estádio de maturação.

A análise de fungos foi realizada da seguinte forma: uma vez que os frutos apresentassem incidência de fungos estes foram quantificados através da porcentagem da casca atingida. Os frutos que atingissem mais de 10% de incidência de fungo na superfície eram descartados.

Durante o período em que permaneceram a 10°C os frutos foram analisados a cada 5 dias, e quando estiveram a 25°C as análises foram diárias.

3.3) Parte Experimental: Etapa III

Esta etapa teve por objetivo verificar se as possíveis alterações causadas pela irradiação são perceptíveis pelos consumidores, se há diferença na aceitação do mamão irradiado pelo consumidor e qual a sua intenção de compra em relação ao mamão papaia irradiado.

Segue fluxograma ilustrativo desta última etapa experimental.

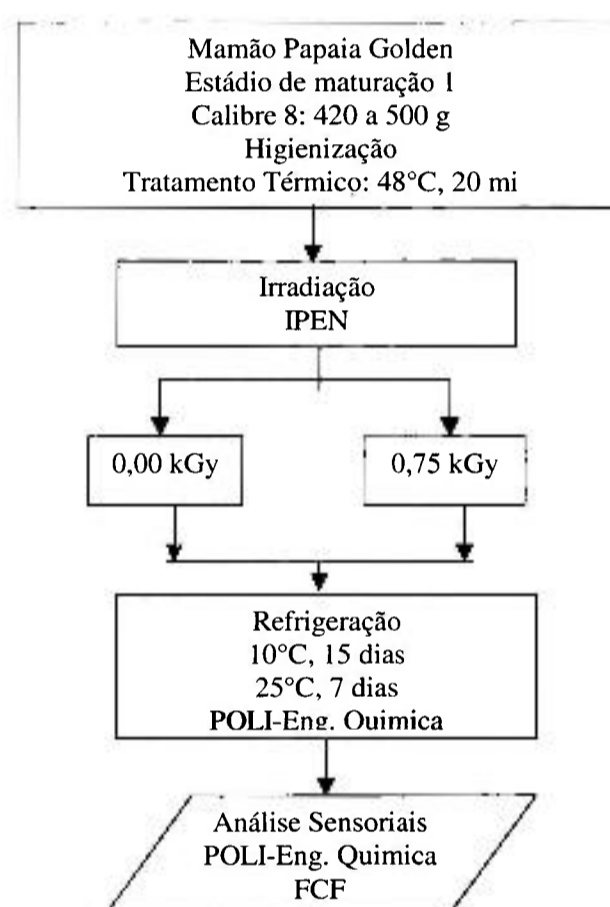


Figura 3.3.1 Fluxograma da Terceira Etapa da Parte Experimental

3.3.1) Matéria Prima

Mamão papaia

Os frutos, doados pela Gaia Papaya, foram todos higienizados e tratados termicamente para o controle de fungos, uma vez que para a realização da análise sensorial se faz necessária a ausência de doenças. A quitosana não se mostrou eficiente neste controle, bem como o fruto sem qualquer tratamento não suporta os 15 dias de armazenamento a 10°C e a seguir mais uma semana a 25°C. Os frutos foram transportados em caixas de papelão próprias para o empilhamento com 8 frutos em cada caixa. Para o transporte de Linhares a São Paulo foi utilizado caminhão refrigerado a 10°C.

3.3.2) Procedimentos realizados após o recebimento

Irradiação

Os frutos foram irradiados no Centro de Tecnologia das Radiações no IPEN. A fonte de radiação utilizada foi o Cobalto 60 da Gamma Cell 220 AECL, procedente do Atomic Energy of Canadá Ltd.. A taxa de dose da fonte no centro do irradiador no período da irradiação era de 4,24 kGy/h \pm 1,7%. A dose de irradiação utilizada foi de 0,75 kGy.

Armazenamento

Os mamões aguardaram um período de 16 horas em temperatura ambiente entre o final da irradiação e a refrigeração a fim de evitar possíveis danos na casca.

Os mamões foram armazenados a 10°C na câmara FEUTRON climatic-test chamber, marca ILKA, modelo 3626/51 do Laboratório de Engenharia de Alimentos do Departamento de Engenharia Química da Escola Politécnica. Permaneceram nesta temperatura por duas semanas e depois a temperatura da câmara passou a ser de 25 °C, onde permaneceram até atingirem o ponto de consumo.

3.3.3) Análise Sensorial

As análises sensoriais foram elaboradas juntamente com Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciência Farmacêutica da Universidade de São Paulo.

A análise sensorial fornece informações importantes sobre a percepção humana sobre um produto que pode ter sofrido alterações devido a ingredientes, processamentos, embalagem, vida de prateleira entre outros fatores que podem alterar um produto (Lawless e Heymann, 1999). Muitas vezes o que é significativo instrumentalmente e analiticamente, não é perceptível sensorialmente pelo consumidor. Por isso a importância de se realizar testes sensoriais para concluir uma pesquisa em que a opinião do consumidor é de extrema relevância.

Para a realização dos testes sensoriais tomou-se o cuidado de que as frutas dos dois tratamentos estivessem no mesmo estágio de maturação, para que as possíveis diferenças entre elas fossem apenas devido ao tratamento. Para que isto fosse possível, as frutas que chegavam no ponto de consumo (100% de coloração amarela) eram retiradas da câmara à 25°C e colocadas sob refrigeração (refrigerador doméstico) até que as demais atingissem o ponto de consumo.

Teste Triangular

Com o objetivo de verificar se existe diferença significativa entre as amostras (irradiada e não irradiada) foi realizado o teste triangular. Este é um teste bastante utilizado para verificar a existência de diferença global entre duas amostras. Este método é particularmente útil em situações em que os efeitos do tratamento podem gerar alterações, as quais não podem ser simplesmente caracterizadas por um ou dois atributos (Meilgaard *et al.*, 1987).

Dentre os testes de diferença entre duas amostras, o triangular é o teste mais sensível, pois tem menor probabilidade de acerto ao acaso ($1/3$), ou seja, rejeita-se a hipótese nula, de que não há diferença entre as amostras, com um menor número de respostas e desta forma pode-se dizer que o poder do teste triangular é maior.

Recomenda-se um número de provadores, não treinados, entre 20 e 40, sendo no mínimo 12 provadores necessários para a realização do teste (Meilgaard *et al.*, 1987). No teste triangular o provador recebe três amostras codificadas, sendo duas iguais e uma diferente, e deve identificar qual das amostras é a amostra diferente. Deve-se tomar o cuidado de que todas as seis combinações possíveis de apresentação das amostras sejam apresentadas o mesmo número de vezes aos provadores, para eliminar possíveis erros de tendência que possam ocorrer.

Aplicação do teste

O teste foi realizado no laboratório de análise sensorial do Laboratório de Engenharia de Alimentos da Engenharia Química da Escola Politécnica/USP.

As amostras de mamão papaia, todas no mesmo estágio de maturação, foram cortadas em 8 pedaços iguais, codificadas aleatoriamente e dispostas em bandeja branca, seguindo a norma NBR 12995 da ABNT, de forma que respeitassem a seqüência de irradiadas e não irradiadas, garantindo que todas as combinações possíveis fossem apresentadas aos provadores o mesmo número de vezes. O teste foi aplicado em cabines individuais conforme exigido pela norma citada anteriormente.

A ficha que segue na próxima página foi apresentada aos provadores para o teste triangular.

TESTE TRIANGULAR		
Nome: _____	Data: _____	
<p>Por favor, antes de iniciar o teste tome um pouco de água. Você está recebendo 3 amostras codificadas de mamão papaia, sendo duas idênticas e uma diferente. Prove as amostras apenas uma vez, na seqüência apresentada, da esquerda para a direita e depois circule o número da mostra diferente.</p>		
462	589	347
<p>O que achou diferente entre as amostras: _____</p>		

A análise estatística dos resultados do teste triangular foi realizada através da distribuição binomial monocaudal, em que se determina se o resultado de um teste deu-se ao acaso ou se de fato os provadores foram capazes de identificar a diferença entre as amostras. O resultado foi calculado com base na tabela apresentada em O'Mahony (1986), em que se estabelece o número mínimo de respostas corretas para estabelecer diferença significativa em vários níveis de probabilidade.

Teste de aceitação

Um outro teste sensorial foi aplicado no dia seguinte, caso o teste triangular determinasse diferença significativa entre as amostras, para identificar como tal diferença influenciaria na aceitação do consumidor.

O teste de aceitação tem por objetivo avaliar o grau de gostar ou de desgostar de um determinado produto. É utilizada uma escala hedônica de nove pontos para avaliar a aceitação do provador em cada atributo testado. Ao numerar os intervalos da escala hedônica garante-se que eles sejam iguais, padronizando-se assim os intervalos entre as categorias, possibilitando uma análise paramétrica dos dados (Lawless e Heymann, 1999).

No teste de aceitação é possível avaliar uma série de atributos a partir de uma mesma amostra e desta forma, é um teste em que se consegue obter diversas informações sobre o produto. Por isso, o teste de aceitação, neste caso, é mais recomendado em relação ao teste de preferência. Caso necessário, a preferência pode ser inferida a partir do teste de aceitação.

Para a realização deste teste, segundo Meilgaard *et al.* (1987), são necessários de 30 a 50 provadores, de preferência consumidores habituais ou potenciais do produto. Sendo que,

quanto maior o número de provadores mais próximo da distribuição normal dos dados e, portanto mais correta a análise estatística. Neste teste a apresentação das amostras ao provador é monádica, ou seja, uma de cada vez para evitar comparações entre elas, e ele deve avaliar a amostra através do quanto ele gostou ou desgostou de cada atributo.

Aplicação do teste

O teste foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial do Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos do Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas/USP.

As amostras de mamão papaia, todas no mesmo estágio de maturação, foram cortadas em 8 pedaços iguais, codificadas aleatoriamente e dispostas em bandeja branca de forma aleatória para evitar qualquer indução da resposta e também a comunicação entre os provadores. Os provadores receberam primeiro uma amostra com sua ficha correspondente e



Figura 3.3.3.1 Apresentação das amostras ao provador somente depois de retirada a primeira amostra e a ficha, a segunda amostra era apresentada com sua respectiva ficha. O teste foi aplicado seguindo a norma NBR 12994 da ABNT, em cabines individuais com condições de teste adequadas.

A ficha utilizada no teste de aceitação segue na próxima página.

TESTE DE ACEITAÇÃO	
Nome: _____	Data: _____
<p>Você está recebendo uma amostra codificada de mamão papaia. Por favor, avalie os atributos abaixo listados e marque com X, o quanto você gostou ou desgostou de cada um deles na correspondente escala.</p>	
Amostra:	
Aparência	9. Gostei MUITÍSSIMO 8. Gostei Muito 7. Gostei Moderadamente 6. Gostei Ligeiramente 5. Nem gostei nem desgostei 4. Desgostei Ligeiramente 3. Desgostei Moderadamente 2. Desgostei Muito 1. Desgostei MUITÍSSIMO
Aroma	9. Gostei MUITÍSSIMO 8. Gostei Muito 7. Gostei Moderadamente 6. Gostei Ligeiramente 5. Nem gostei nem desgostei 4. Desgostei Ligeiramente 3. Desgostei Moderadamente 2. Desgostei Muito 1. Desgostei MUITÍSSIMO
Textura	9. Gostei MUITÍSSIMO 8. Gostei Muito 7. Gostei Moderadamente 6. Gostei Ligeiramente 5. Nem gostei nem desgostei 4. Desgostei Ligeiramente 3. Desgostei Moderadamente 2. Desgostei Muito 1. Desgostei MUITÍSSIMO
Sabor	9. Gostei MUITÍSSIMO 8. Gostei Muito 7. Gostei Moderadamente 6. Gostei Ligeiramente 5. Nem gostei nem desgostei 4. Desgostei Ligeiramente 3. Desgostei Moderadamente 2. Desgostei Muito 1. Desgostei MUITÍSSIMO
Comentários: _____	

A análise estatística foi feita através do teste t-student, utilizando o programa Excel. Este é um teste de comparação de médias, em que se determina se duas médias de amostras diferentes são significativamente diferentes.

Teste de Intenção de Compra

O teste de intenção de compra tem por objetivo saber o quanto o consumidor compraria ou não o produto apresentado, e deve ser realizado nas condições mais próximas possíveis de uma situação real de compra de um produto de modo a reproduzir a ação do consumidor nos pontos de vendas.

A realização deste teste tem por objetivo verificar a reação dos provadores quanto ao fato do mamão ser irradiado e como isto afeta a intenção de compra do produto.

Aplicação do teste

Este último teste foi aplicado aos mesmos provadores que realizaram o teste de aceitação. Devido a polêmica que é gerada em cima do fato do produto ser irradiado, após a realização do teste de aceitação os provadores foram encaminhados a uma sala próxima onde foram questionados sobre a sua intenção de compra do mamão papaia irradiado e do não irradiado. Foi deixado como única variável entre as amostras o fato de ele ser irradiado, considerando que a amostra irradiada custava igual a não irradiada.

Os provadores foram informados sobre as razões de irradiar a fruta e que tal procedimento é permitido pela legislação brasileira (ANVISA, RDC nº 21 de 26 de janeiro de 2001), assim como pela Organização Mundial de Saúde (WHO, 1994). Os motivos pelos quais cada provador estabeleceu a sua intenção de compra também foram questionados. Duas amostras de cada tratamento (irradiado e não irradiado) foram apresentadas separadamente ao provador. As quatro amostras foram selecionadas de forma que se parecessem o máximo possível entre elas.

A idade e escolaridade dos provadores foram perguntadas para que se pudesse tentar estabelecer alguma relação entre estas duas variáveis e a intenção de compra do provador.

Segue na próxima página as fichas utilizadas no teste de intenção de compra do mamão papaia irradiado e não irradiado.

**TESTE INTENÇÃO DE COMPRA
MAMÃO PAPAIA IRRADIADO**

Nome: _____ Data: _____

O mamão papaia, aqui apresentado, foi irradiado com baixa dose de irradiação para controle de pragas, evitando distúrbios ecológicos, e para retardar o amadurecimento, o que aumenta o tempo de vida útil do produto, melhorando a comercialização desta fruta. O processo de irradiação é seguro e a irradiação de alimentos é permitida pela legislação brasileira assim como pela Organização Mundial da Saúde.

Supondo que você encontre este produto em uma rede de supermercados e considerando que o preço do mamão papaia irradiado seja igual ao do não irradiado, avalie o produto apresentado e indique com um X, na escala abaixo, a sua intenção de compra deste produto.

1. Certamente não compraria
2. Provavelmente não compraria
3. Talvez comprasse/talvez não comprasse
4. Provavelmente compraria
5. Certamente compraria

Justifique o porquê de sua resposta: _____

**TESTE INTENÇÃO DE COMPRA
MAMÃO PAPAIA**

Nome: _____ Data: _____

Este é um mamão papaia não irradiado, comumente encontrado nos supermercados. Avalie o produto e indique com X, na escala abaixo, a sua intenção de compra deste produto.

1. Certamente não compraria
2. Provavelmente não compraria
3. Talvez comprasse/talvez não comprasse
4. Provavelmente compraria
5. Certamente compraria

Justifique o porquê de sua resposta: _____

O mesmo teste estatístico que o utilizado no teste de aceitação, t-student, foi utilizado na análise dos resultados do teste de intenção de compra.

4) RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1) Parte Experimental: Etapa I

Esta etapa do trabalho foi realizada, conforme explicado em Materiais e Métodos, com o objetivo de avaliar o amadurecimento de mamões papaia devido à irradiação ionizante e ao tipo de tratamento empregado, térmico ou quitosana, ao longo do tempo. Para isto foram analisadas as variáveis dependentes: variação de massa, firmeza, energia de penetração, pH, sólidos solúveis, acidez titulável, expressa em porcentagem de ácido cítrico, *ratio* e cor da casca e da polpa: *Hue*, *Croma* e *Lightness* em relação às variáveis independentes: tratamento (térmico ou com quitosana), irradiação (0,00 kGy, 0,50 kGy, 0,75 kGy e 1,00 kGy) e tempo, assim como as interações entre estes fatores.

4.1.1) Caracterização dos frutos no recebimento: Tratados termicamente x Não tratados termicamente

Estas análises foram realizadas com o intuito de verificar se o tratamento térmico influenciou o desenvolvimento dos frutos antes da irradiação. Conforme pode ser observado nas tabelas 4.1.1.1 e 4.1.1.2 que seguem na próxima página, as médias diferem apenas para as variáveis *Lightness* (casca), *Lightness* (polpa) e *Croma* (polpa). Para a comparação entre as médias foi feito o teste de Tukey com coeficiente de confiança igual a 95%.

Tabelas 4.1.1.1 e 4.1.1.2 (abaixo) - Médias de cada variável no tempo -1 DAI, ou seja, um dia antes da irradiação.

Tratamento	-1 DAI (Um dia antes da irradiação)						
		Massa (g)	pH	Acidez Tit. (% Ac. Citrico)	Sólidos Solúveis (°Brix)	Ratio	Energia de Penetração (mJ)
	N	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Sem tratamento	5	447,45 ^a	5,27 ^a	0,11 ^a	12,20 ^a	111,89 ^a	524,39 ^a
Térmico	5	452,87 ^a	5,31 ^a	0,11 ^a	10,88 ^a	103,61 ^a	561,01 ^a

Tratamento	-1 DAI (Um dia antes da irradiação)						
		Lightness Casca	Hue Casca	Croma Casca	Lightness Polpa	Hue Polpa	Croma Polpa
	N	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Sem tratamento	5	61,72 ^a	114,87 ^a	49,88 ^a	63,154 ^a	67,87 ^a	49,28 ^a
Térmico	5	58,98 ^b	115,51 ^a	49,02 ^a	66,44 ^b	68,97 ^a	45,37 ^b

Letras Iguais na mesma coluna indicam médias estatisticamente iguais ao nível de 95% de confiança.

O fato da variável Croma - polpa da fruta tratada termicamente ter apresentado uma média menor que a não tratada termicamente indica um possível retardo no desenvolvimento da cor da polpa, uma vez que a variável croma ilustra a intensidade da cor.

Apenas pela diferença na luminosidade da casca não se pode concluir nada a respeito do estágio de maturação da fruta, uma vez que as variáveis *Hue* e *Croma* da casca não apresentaram alterações significantes.

4.1.2) Estudo dos efeitos Tempo, Tratamento e Irradiação para todas as variáveis.

O primeiro resultado a ser apresentado será quanto à presença de doenças, que irá justificar o porquê de não ter sido realizado análises físico-químicas nas frutas tratadas com quitosana no último dia de análise. Para este parâmetro apenas uma análise estatística descritiva bastou para compreender o que ocorreu.

Presença de doenças

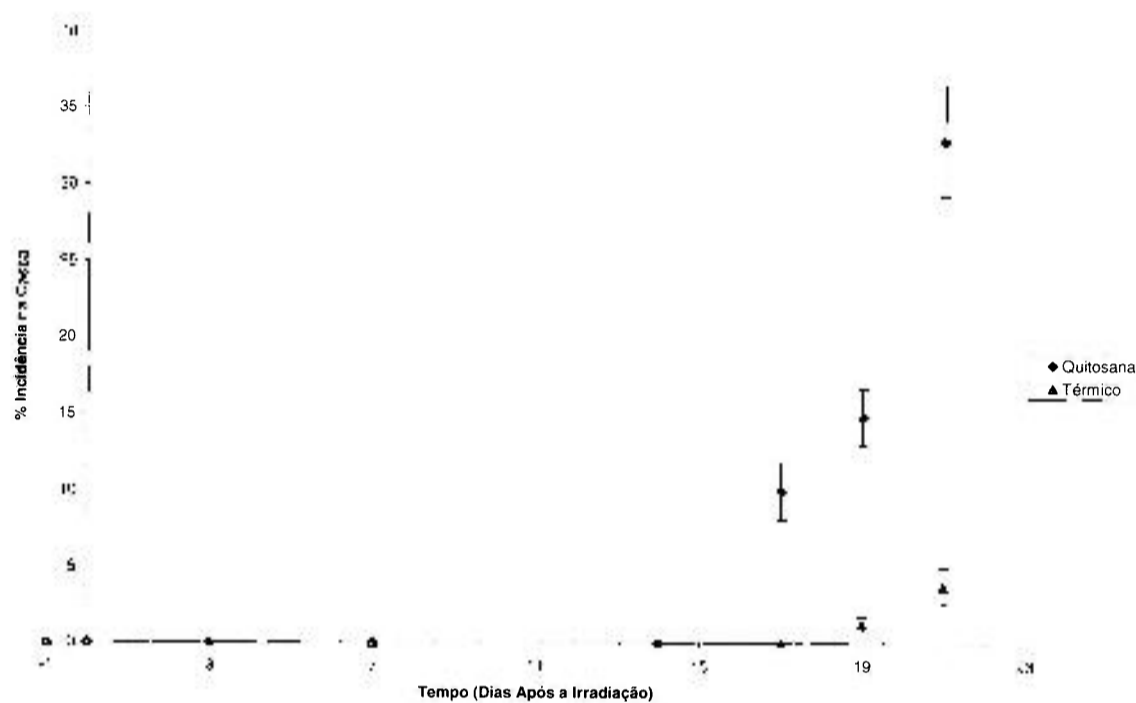


Figura 4.1.2.1: Médias de cada tratamento para a variável doenças ao longo do tempo

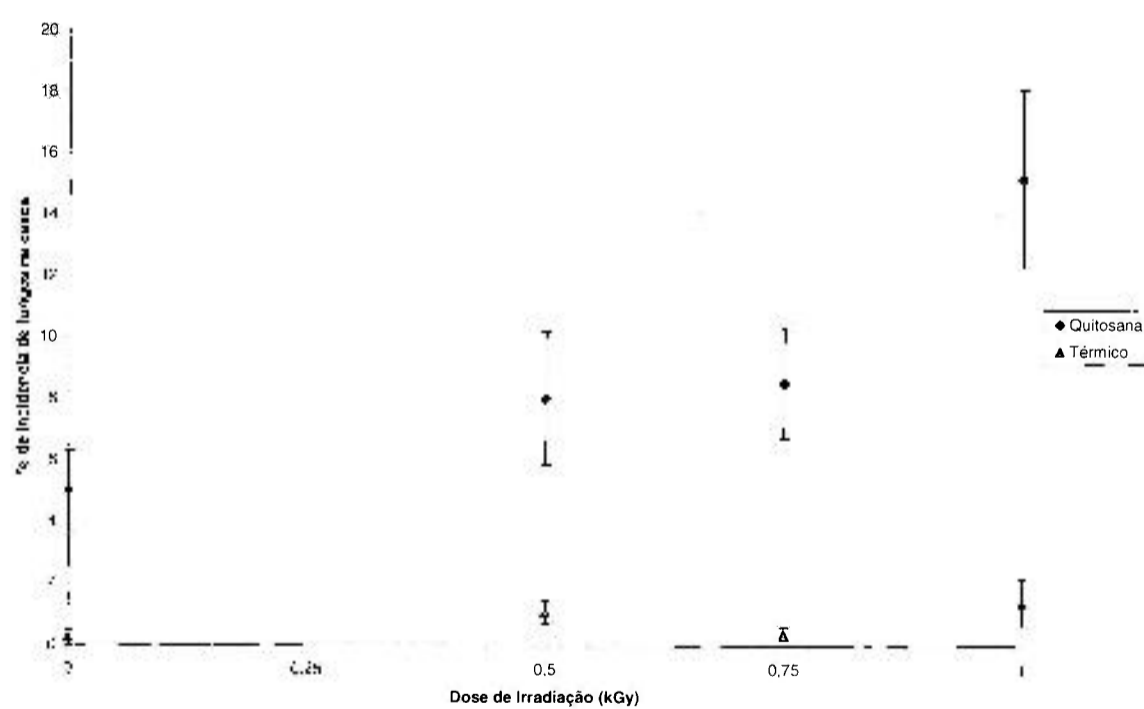


Figura 4.1.2.2: Médias de cada tratamento para a variável doenças para cada nível de irradiação.

Conforme pode ser observado pelos gráficos apresentados, a quitosana não pareceu ser efetiva no controle do desenvolvimento de fungos, isto na concentração em que foi aplicada e nas condições em que foram armazenadas as frutas. A diferença entre o crescimento de fungos no tratamento térmico e no tratamento com quitosana foi evidente.

Algumas hipóteses foram formuladas para tentar compreender o porquê da quitosana não ter controlado o desenvolvimento de fungos. A propriedade fungiestática e bactericida da quitosana está relacionada com sua capacidade de alterar o equilíbrio homeostático do microrganismo. Ao formar o filme e passar para o estado sólido o movimento de íons fica debilitado e desta forma não é capaz de agir sobre o microrganismo. Outro fator que também pode ter colaborado para o desenvolvimento de fungos ou até mesmo propiciado o aparecimento deste foi a presença do Tween 80 na formulação. O Tween 80 é um tensoativo que foi adicionado à formulação para facilitar a aderência do filme de quitosana à casca do mamão. Porém, por conter características hidrofílicas pode ter aumentado a umidade na superfície da casca da fruta, favorecendo o crescimento de fungos.

Conforme visto na revisão bibliográfica, filmes de polissacarídeos por conterem características hidrofílicas não são uma boa barreira a umidade. Segundo Stöllman *et al.* (1994), o filme a base de polissacarídeo irá absorver gradualmente a umidade liberada pelo produto. Ao absorver tanto a umidade do meio quanto a liberada pelo produto há a formação de um meio favorável ao desenvolvimento de microrganismos.

Ao analisar a variável pH foi possível verificar que as frutas tratadas com quitosana apresentaram valores maiores de pH, o que significa uma fruta menos ácida. Uma acidez menor favorece o desenvolvimento de microrganismos e desta forma pode ter colaborado para o aparecimento de fungos na casca dos frutos cobertos com quitosana. Os resultados obtidos para o pH serão melhores apresentados na discussão específica desta variável.

Em relação a influência da irradiação no desenvolvimento de fungos, observa-se que frutos tratados com doses maiores de radiação apresentaram uma incidência maior de fungos, principalmente nas frutas cobertas com quitosana. Uma possível razão para isto ter ocorrido é o fato de que frutos tratados com maiores doses de irradiação sofrem um estresse maior, lesando mais o sistema de reparo das células tornando-as mais susceptíveis a ação dos microrganismos. Thomas (1986) mostra que Loaharanu (1971) relata que as frutas que receberam 0,70 kGy tiveram o seu retardo no amadurecimento maior do que frutas tratadas com 0,30 kGy e 0,50 kGy, porém obteve mais perdas devido infecções, mostrando que quanto maior a dose mais susceptível a fruta está à ação de microrganismos.

Uma outra hipótese para explicar o ocorrido nos frutos com quitosana é a sua interação com a radiação. Sabe-se que polissacarídeos são extremamente sensíveis a radiação, podendo ter havido quebra da estrutura da quitosana facilitando ainda mais o acúmulo de água na superfície da fruta, propiciando assim o desenvolvimento de fungos.

Existe um número significativo de trabalhos que comprovam a eficiência do filme de quitosana e justifica-se desta forma um novo teste (parte Experimental: Etapa II) com uma solução mais concentrada de quitosana e sem a adição do componente tensoativo na formulação.

Análise Inferencial das demais variáveis

De acordo com o explicado no item 3.1.4 sobre a análise estatística aplicada a esta etapa, a análise inferencial para todas as variáveis que seguem foi dividida em duas partes: inicialmente foram considerados nos ajustes os dois tratamentos, os quatro níveis de irradiação e apenas os tempos 3 a 19 DAI (Dias Após a Irradiação), visto que as frutas tratadas com quitosana não foram analisadas físico-quimicamente no tempo 21 DAI devido a grande incidência de fungos; numa segunda etapa foi considerado apenas o tratamento térmico, as quatro irradiações e os tempos 3 a 21 DAI. Nesta etapa o interesse principal foi comparar os tempos 19 e 21 DAI e as quatro irradiações no tempo 21 DAI.

Para as duas análises realizadas, quando um efeito de interação é significativo, a análise fica composta deste efeito e de seus correspondentes efeitos principais. Utilizou-se um nível de significância global de 10% para o teste dos efeitos de interesse, e desta forma na primeira etapa da análise, em que se inclui também o tratamento com quitosana, à cada um dos sete testes foi associado um nível de significância igual a 1,4% e na segunda etapa o nível de significância da análise de variância foi de 3%, uma vez que o fator tratamento (quitosana ou térmico) não fez parte da análise. Ou seja, quando o valor p de um teste for menor que 0,014 (primeira etapa) ou que 0,03 (segunda etapa) o fator, ou o efeito de interação entre os fatores são considerados significativos.

Para as variáveis em que não houve o efeito de interação entre os três fatores: tratamento, tempo e irradiação, foi utilizado o método de Tukey para a comparação das médias, com um coeficiente de confiança global de 95%. Nas variáveis em que o efeito de entre os três fatores interação foi significativo, as médias das variáveis foram agrupadas segundo o método descrito em Hinkelman e Kempthorne *Apud*. Botter *et al.* (2004) considerando um coeficiente de confiança global de 95%.

Os resultados do tempo 3 ao 19 DAI apresentados a seguir são referentes à uma análise que envolve todas as variáveis aqui testadas. E os resultados do tempo 21 DAI e sua respectiva comparação com o tempo 19 DAI são referentes apenas ao tratamento térmico e sua interação com tempo e irradiação. O tempo 19 DAI utilizado para comparar com o dia 21 também se refere apenas ao tratamento térmico.

A comparação dos níveis de irradiação em relação ao tempo foi feita dois a dois entre os tempos subsequentes com o objetivo de analisar a evolução do amadurecimento.

Será primeiro apresentado os gráficos dos perfis médios com os respectivos erros padrões para cada tratamento em relação ao tempo e em seguida em relação a dose de irradiação aplicada, referente à análise descritiva dos resultados. Após os gráficos é apresentada a análise de variância onde é verificada quais efeitos são significativos. E, em seguida são apresentadas as tabelas com as médias onde é possível identificar entre quais dias, tratamentos e níveis de irradiação está a diferença identificada com a análise de variância. Após a apresentação dos resultados para cada variável encontra-se a sua discussão.

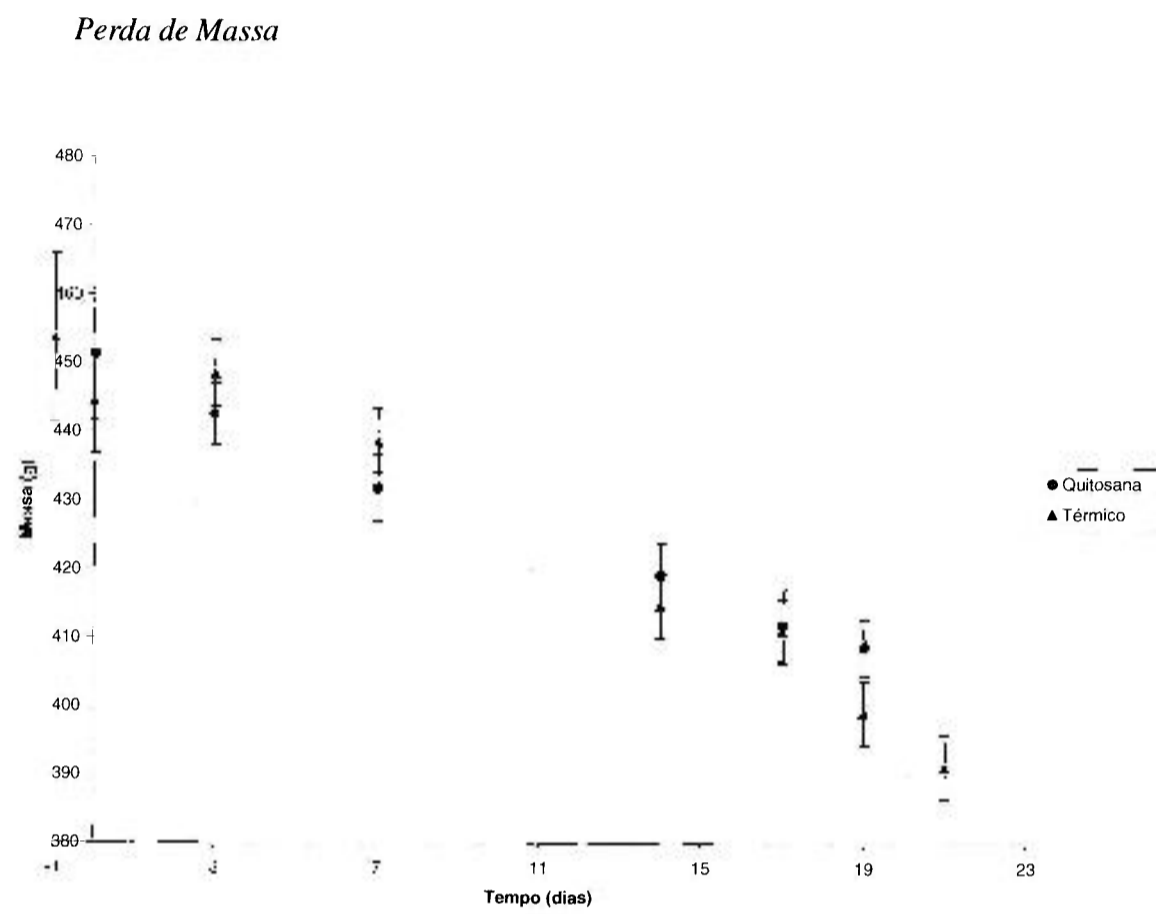


Figura 4.1.2.3: Médias de cada tratamento para a variável massa ao longo do tempo

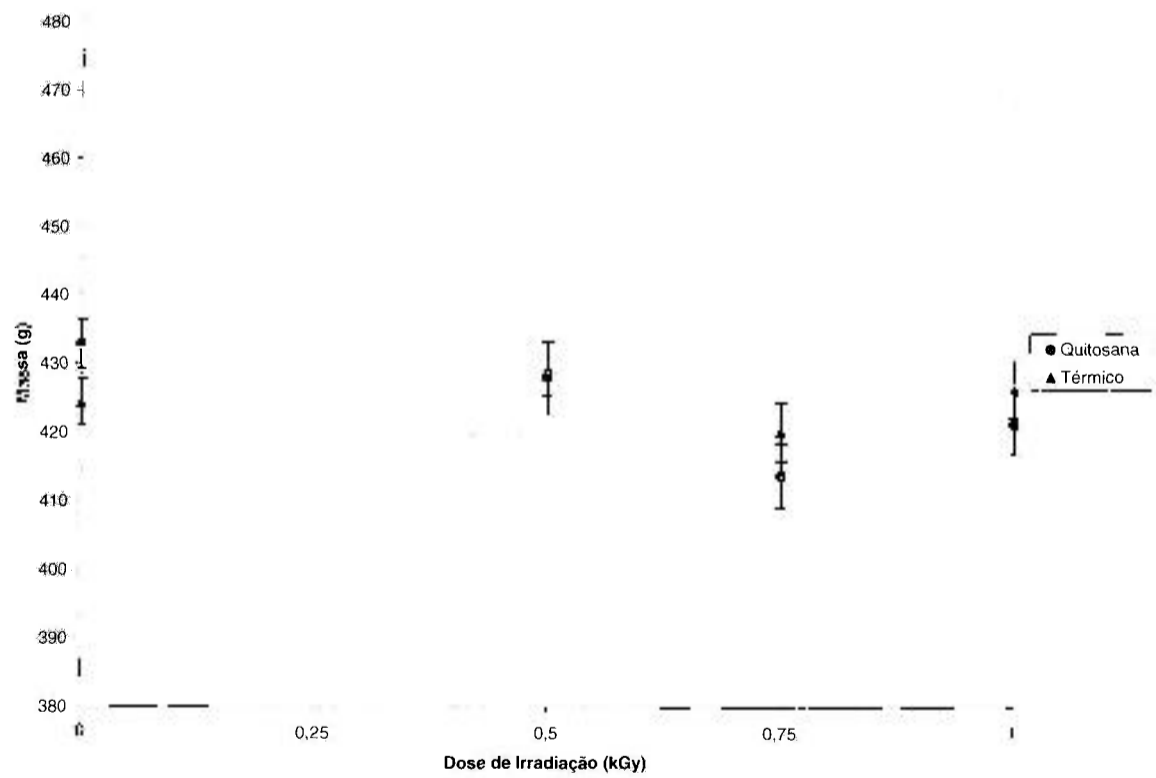


Figura 4.1.2.4: Médias de cada tratamento para a variável massa em cada nível de irradiação

Tabela 4.1.2.1: Análise de variância para a variável Massa (g).

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Tratamento	1	3	3	0,004	0,951
Irradiação	3	3602	1201	1,66	0,176
Tempo	4	74601	18650	25,75	0,000
Tratamento * Irradiação	3	1683	561	0,77	0,509
Tratamento * Tempo	4	3858	964	1,33	0,258
Irradiação * Tempo	12	7276	606	0,84	0,612
Tratamento * Irradiação * Tempo	12	7106	592	0,82	0,632
Resíduo	280	202817	724		

Tabela 4.1.2.2: Análise de variância para a variável Massa (g) para o tratamento térmico do 3° ao 21° DAI.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Tempo	5	81678	16336	22,82	0,000
Resíduo	186	133160	716		

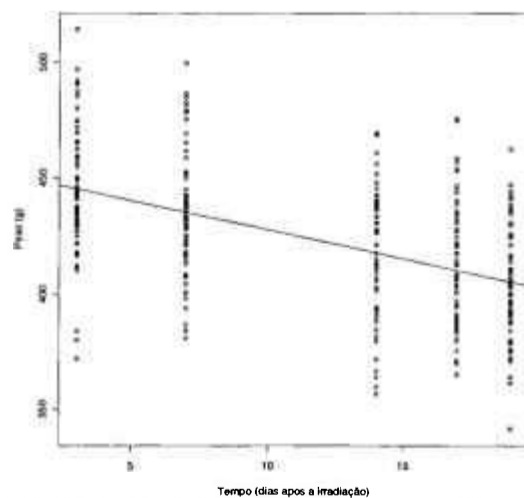


Figura 4.1.2.5: Efeito linear da variável Massa em relação ao Tempo

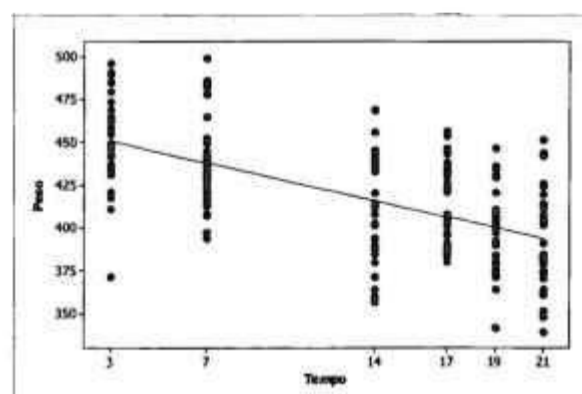


Figura 4.1.2.6: Efeito linear da variável Massa (g) em relação ao Tempo – tratamento térmico.

A análise da perda de massa foi realizada em relação à média das massas dos mamões de cada tratamento em cada dia de análise. Já pela análise descritiva dos resultados pode-se observar que há uma perda de massa ao longo tempo. De acordo com a análise inferencial dos dados, resulta que o único fator que influenciou o desenvolvimento desta variável foi o tempo, sendo a irradiação e o tratamento, seja o térmico ou a quitosana, indiferentes para ter ocorrido esta variação na massa dos frutos.

Honório (1980) encontrou que a perda de massa de mamões papaia cv. Solo armazenados a 10°C e em temperatura ambiente no final do amadurecimento (período de 44 dias) chegou a 30% em média do peso inicial.

Para Chan (1983) um dos motivos que levam a esta perda de massa ao longo do amadurecimento da fruta é o desaparecimento do látex subepidrmial presente na fruta verde.

A perda de massa será melhor analisada na segunda etapa da parte experimental (item 4.2) em que foi feita uma análise mais cuidadosa quanto a este parâmetro, sendo os mesmos mamões analisados durante todo o amadurecimento.

Cor da casca

Os valores de a^* e b^* obtidos foram transformados em Cromo (saturação) e *Hue*, para que a transformação do verde para o amarelo da casca fosse melhor caracterizada. As equações utilizadas nas transformações são as seguintes:

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

$$\text{Hue : } h = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

A cor da casca da fruta, composta pelas variáveis *Lightness*, Cromo e *Hue*, é um parâmetro de grande importância para avaliar o amadurecimento do fruto. A venda em supermercados de frutos em pacote fechados, sem a possibilidade de manipulação, impõe a cor como o principal critério utilizado pelos consumidores para determinar o amadurecimento da fruta.

As análises do tempo 17 DAI foram descartadas uma vez que o colorímetro encontrava-se descalibrado.

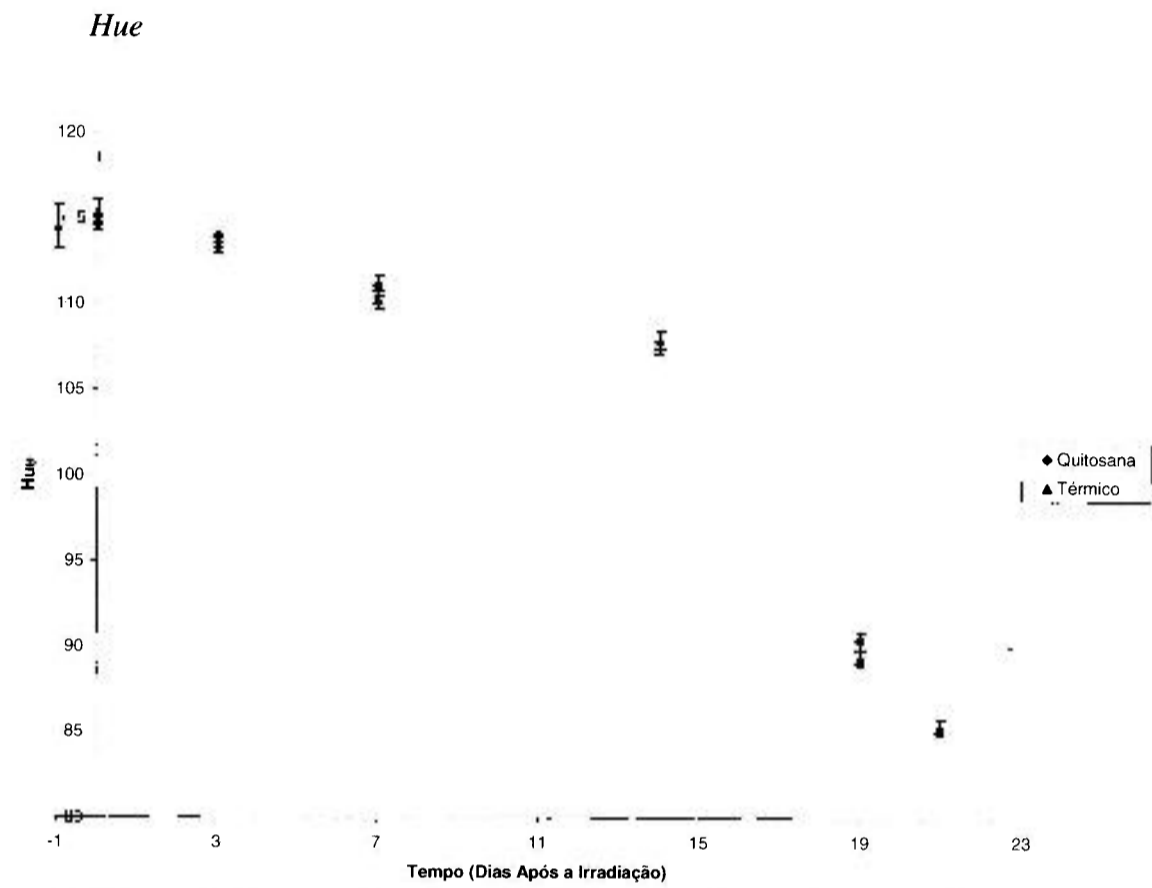


Figura 4.1.2.7: Médias de cada tratamento para a variável *Hue* - Casca em cada dia de análise

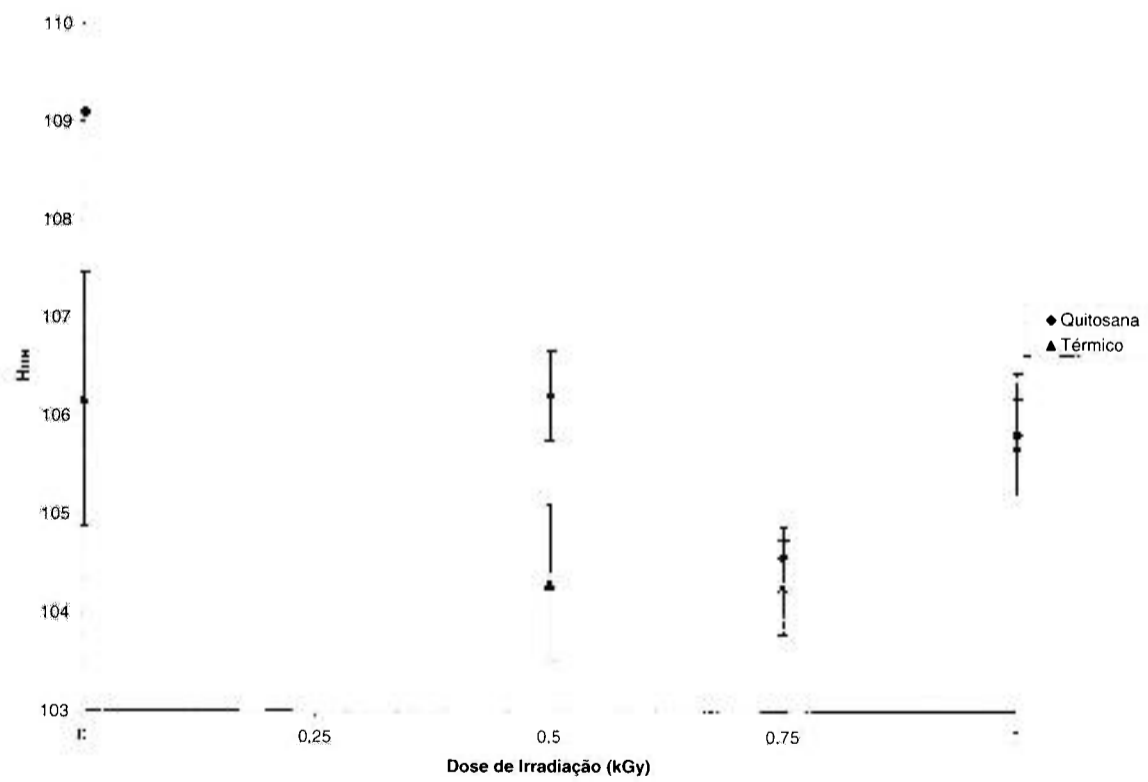


Figura 4.1.2.8: Médias de cada tratamento para a variável *Hue* - Casca em cada nível de irradiação

Tabela 4.1.2.3: Análise variância para a variável *Hue* (casca) – modelo completo.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Tratamento	1	20,4	20,4	4,42	0,037
Irradiação	3	431,2	143,7	31,08	0,000
Tempo	3	21869,6	7289,9	1576,16	0,000
Tratamento * Irradiação	3	12,6	4,2	0,91	0,439
Tratamento * Tempo	3	11,2	3,7	0,81	0,490
Irradiação * Tempo	9	867,7	96,4	20,84	0,000
Tratamento * Irradiação * Tempo	9	25,3	2,8	0,61	0,790
Resíduo	224	1036,0	4,6		

Tabela 4.1.2.4: Análise de variância para a variável *Hue* (casca) para o tratamento térmico do 3° ao 21° DAI.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Irradiação	3	132,2	44,1	9,56	0,000
Tempo	4	21073,2	5268,3	1143,51	0,000
Irradiação * Tempo	12	608,4	50,7	11,00	0,000
Resíduo	139	640,4	4,6		

De acordo com análise estatística inferencial é possível afirmar que apenas os fatores tempo, irradiação e o efeito de interação entre estes dois fatores foram significativos para esta variável. Mesmo que considerando o efeito do tratamento ($p=0.037$), este é apenas global, não existindo a sua interação com o tempo e tampouco com a irradiação. Desta forma considera-se que o que ocorre com o tratamento térmico em relação ao seu comportamento com o tempo e com a irradiação também ocorre com as frutas tratadas com quitosana. Segue as tabelas de comparação de médias onde é possível identificar aonde as médias diferem significativamente.

Tabela 4.1.2.5: Comparação das médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise para a variável *Hue* - Casca.

DAI	Tratamento	Nível de irradiação (kGy)			
		0,00	0,50	0,75	1,00
3	Térmico	116,27 ^a	112,11 ^b	112,58 ^b	112,60 ^b
	Quitosana	116,11 ^a	112,79 ^b	113,13 ^b	113,49 ^b
7	Térmico	114,19 ^a	108,62 ^b	107,88 ^b	110,11 ^b
	Quitosana	113,94 ^a	111,12 ^b	108,72 ^b	110,12 ^b
14	Térmico	112,02 ^a	105,40 ^b	106,95 ^b	106,89 ^b
	Quitosana	113,18 ^a	105,40 ^b	106,72 ^b	105,69 ^b
17	Térmico				
	Quitosana				
19	Térmico	86,59 ^a	88,30 ^b	89,29 ^b	93,15 ^c
	Quitosana	87,47 ^a	90,36 ^b	89,74 ^b	94,02 ^c
21	Térmico	82,86 ^a	86,92 ^b	85,11 ^{a,b}	86,25 ^{a,b}

*Letras iguais na mesma linha representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.6: Comparação das médias duas a duas nos tempos subseqüentes de cada tratamento em cada nível de irradiação da variável *Hue* casca.

Dose de Irradiação	DAI		DAI		DAI	
	3	7	7	14	14	19
Térmico + 0,00 kGy	116,27 ^a	114,19 ^b	114,19 ^a	112,02 ^a	112,02 ^a	86,59 ^b
Térmico + 0,50 kGy	112,11 ^a	108,62 ^b	108,62 ^a	105,40 ^b	105,40 ^a	88,30 ^b
Térmico + 0,75kGy	112,58 ^a	107,88 ^b	107,88 ^a	106,95 ^a	106,95 ^a	89,29 ^b
Térmico + 1,00 kGy	112,60 ^a	110,11 ^b	110,11 ^a	106,89 ^b	106,89 ^a	93,15 ^b
Quitosana + 0,00 kGy	116,11 ^a	113,94 ^b	113,94 ^a	113,18 ^a	113,18 ^a	87,47 ^b
Quitosana + 0,50 kGy	112,79 ^a	111,12 ^b	111,12 ^a	105,40 ^b	105,40 ^a	90,36 ^b
Quitosana + 0,75 kGy	113,13 ^a	108,72 ^b	108,72 ^a	106,72 ^a	106,72 ^a	89,74 ^b
Quitosana + 1,00 kGy	113,49 ^a	110,12 ^b	110,12 ^a	105,69 ^b	105,69 ^a	94,02 ^b

*Letras iguais nos pares de dias comparados representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.7: Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável *Hue* casca.

Tratamento	DAI	
	19	21
Térmico + 0,00 kGy	86,59 ^a	82,86 ^a
Térmico + 0,50 kGy	88,30 ^a	86,92 ^a
Térmico + 0,75kGy	89,29 ^a	85,11 ^b
Térmico + 1,00 kGy	93,15 ^a	86,25 ^b

*Letras iguais na mesma linha representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

As tabelas apresentadas mostram que nos tempos 3, 7 e 14 DAI a média da variável *Hue* (casca) no nível de irradiação 0,00 kGy (controle) foi maior, ou seja estavam mais verdes que todos os outros níveis de irradiação. A partir do tempo 19 DAI a situação se inverte. No tempo 19 DAI a média para as frutas irradiadas com 1,00 kGy é maior, ou seja mais verdes, que as médias dos outros níveis de irradiação. O que se pode discutir dos resultados acima é que devido a ação da irradiação, em qualquer dose, há um aceleração na alteração da cor da casca no início, e após o 14º DAI este aceleração é contido e as frutas não irradiadas passam a amadurecer mais rápido.

Uma outra discussão que pode ser feita é em relação a comparação do tempo 19 DAI e 21 DAI das frutas tratadas termicamente. Para os níveis de irradiação 0,00 kGy e 0,5 kGy não há diferença entre estes dois tempos, enquanto que para os níveis de 0,75 kGy e 1,00 kGy a média no tempo 19 DAI é maior que no tempo 21 DAI, indicando assim uma possível continuidade no amadurecimento para estas doses de irradiação e uma estabilização do amadurecimento nas doses menores.

O fator tempo ter sido significativo é fácil de explicar, uma vez que o mamão é uma fruta climatérica que tem o seu amadurecimento continuado após a colheita. A maneira com que a alteração de cor na casca da fruta ocorre é descrita a seguir com o intuito de tentar entender como a irradiação pode ter influenciado este mecanismo, uma vez que significativo para esta variável.

A cor verde dos frutos se deve à presença das clorofilas a e b que são um complexo orgânico de magnésio. A mudança de cor na casca resulta da quebra da estrutura da clorofila, causada principalmente pelas mudanças de pH, resultantes da presença de ácidos orgânicos provenientes do vacúolo; pela presença de sistemas oxidantes e pela atividade de clorofilases. A ação destes fatores acaba desorganizando a estrutura interna, fazendo com que a cor verde desapareça (AWAD, 1993).

Ao mesmo tempo em que desaparece a cor verde, podem ser revelados ou sintetizados pigmentos amarelos, alaranjados e vermelhos, que pertencem ao grupo dos carotenóides. A síntese de carotenóides ocorre durante o desenvolvimento do fruto e bem antes do desaparecimento da clorofila e neste caso a destruição da clorofila revela a presença dos carotenóides. Os carotenóides são compostos estáveis e permanecem intactos no tecido até quando a fruta já se encontra em estado de senescência avançado (WILLS, R.B.H et al., 1989, AWAD, 1993).

Uma vez conhecendo o mecanismo é possível formular a seguinte hipótese para o fato da irradiação primeiramente acelerar esta transformação. Conforme explicado, por Awad (1993) a presença de sistemas oxidantes é um dos fatores que afetam a alteração da estrutura da clorofila, e desta forma a mudança de cor da casca. A irradiação é responsável pela formação de radicais livres altamente reativos que podem ter acelerado este processo de oxidação da clorofila. Esta hipótese explica o porquê dos pigmentos carotenóides terem se sobressaídos primeiro nos frutos irradiados do que nos não irradiados.

Este processo é então contido uma vez que os radicais livres ao oxidarem a clorofila perdem a sua capacidade de reagirem novamente. A maneira com que a situação se inverte e assim as frutas irradiadas passam a ter a degradação da clorofila mais lentamente que as não irradiadas não foi compreendida.

D'Inncenzo e Lajolo (2001) concluíram que baixa dose de irradiação (0,50 kGy) é capaz de retardar por dois dias muitos parâmetros do amadurecimento do mamão papaia entre eles a cor da casca, o que confirma os resultados obtidos.

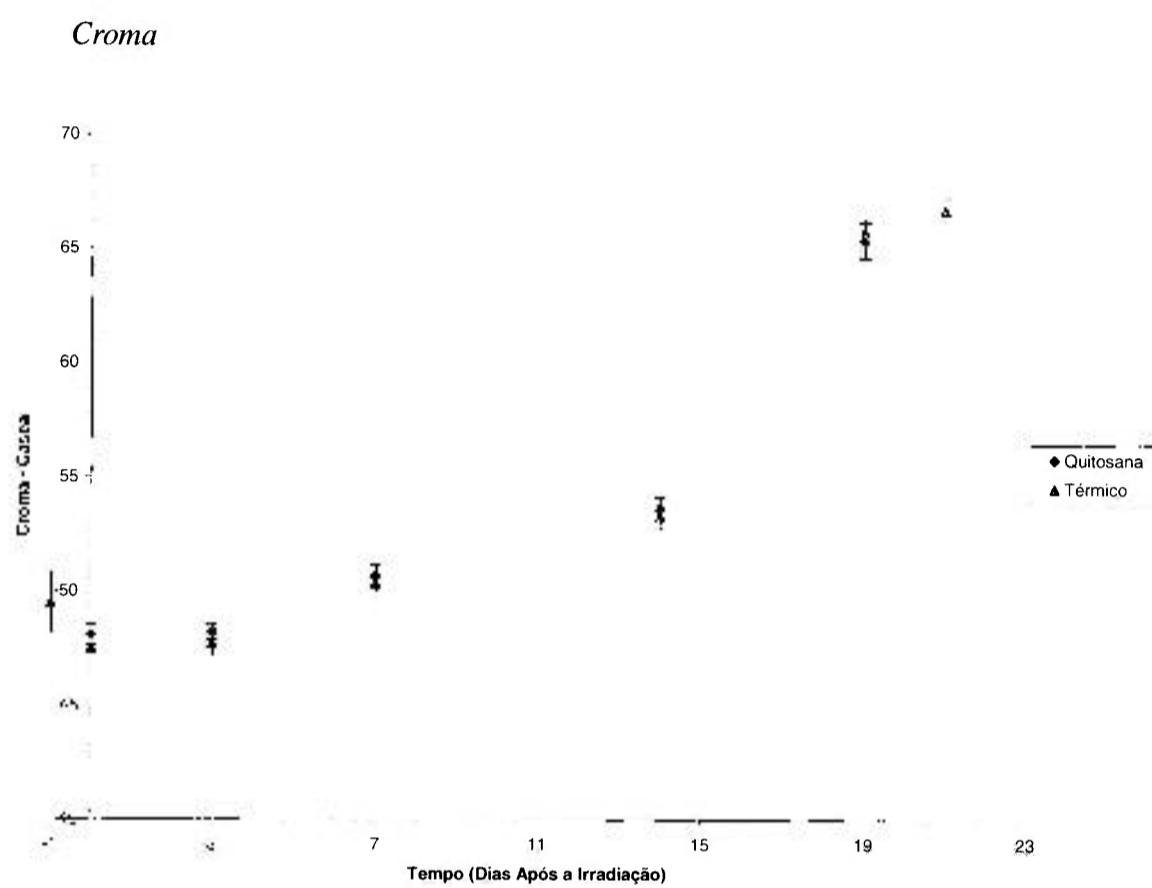


Figura 4.1.2.9: Médias de cada tratamento para a variável Croma em cada dia de análise

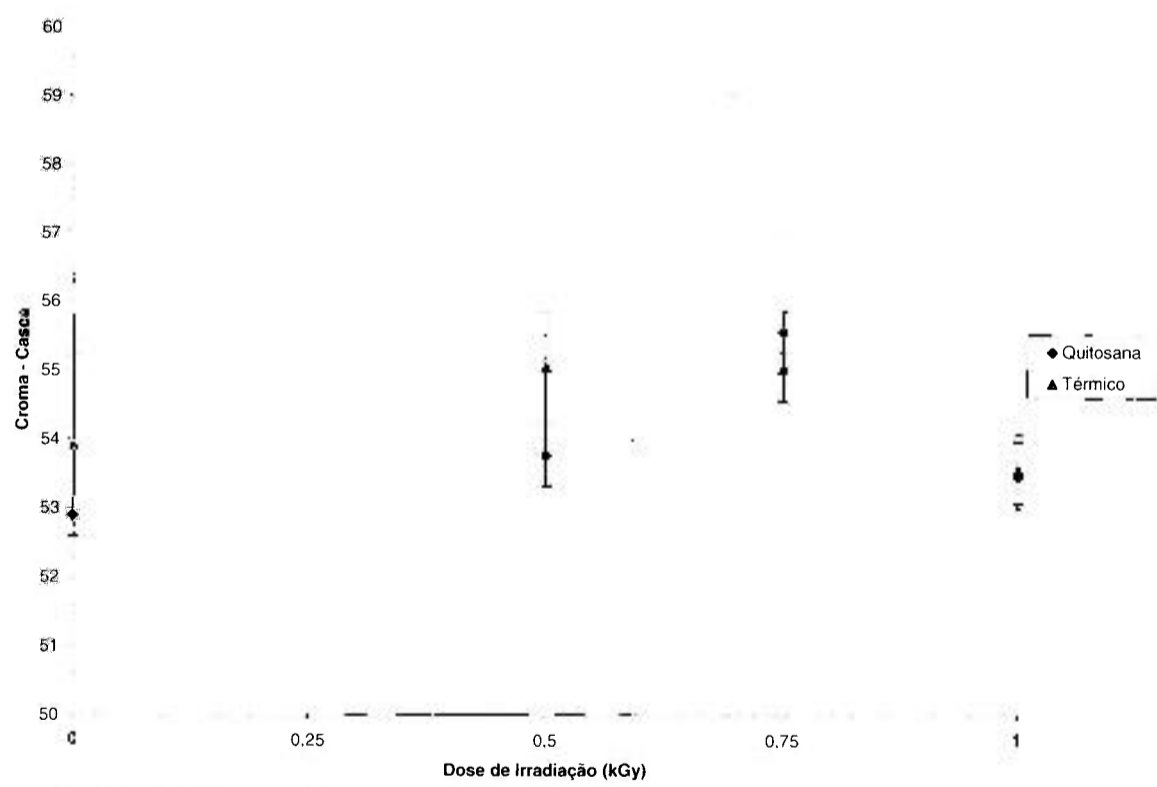


Figura 4.1.2.10: Médias de cada tratamento para a variável Croma - Casca em cada nível de irradiação.

Tabela 4.1.2.8: Análise variância para a variável Croma (casca).

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Tratamento	1	4,7	4,7	1,28	0,259
Irradiação	3	256,4	85,5	23,29	0,000
Tempo	3	11329,7	3776,6	1029,23	0,000
Tratamento * Irradiação	3	31,9	10,6	2,90	0,036
Tratamento * Tempo	3	2,7	0,9	0,24	0,866
Irradiação * Tempo	9	1298,3	144,3	39,32	0,000
Tratamento * Irradiação * Tempo	9	40,6	4,5	1,23	0,279
Resíduo	224	821,9	3,7		

Tabela 4.1.2.9: Análise de variância para a variável Croma (casca) para o tratamento térmico do tempo 3 ao 21 DAI.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Irradiação	3	70,12	23,37	4,64	0,004
Tempo	4	9223,68	2305,92	457,34	0,000
Irradiação * Tempo	12	983,44	81,95	16,25	0,000
Resíduo	139	700,84	5,04		

Tabela 4.1.2.10: Comparação das médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise para a variável Cromo - Casca.

DAI	Tratamento	Nível de irradiação (kGy)			
		0,00	0,50	0,75	1,00
3	Térmico	45,57 ^a	48,62 ^b	48,67 ^b	48,05 ^b
	Quitosana	46,48 ^a	49,42 ^b	48,81 ^b	48,21 ^b
7	Térmico	46,24 ^a	51,48 ^b	52,83 ^c	50,93 ^b
	Quitosana	48,63 ^a	49,90 ^b	53,46 ^c	50,74 ^b
14	Térmico	49,35 ^a	55,12 ^b	54,95 ^b	53,69 ^b
	Quitosana	49,13 ^a	55,12 ^b	55,57 ^b	54,61 ^b
17	Térmico				
	Quitosana				
19	Térmico	69,34 ^a	67,03 ^b	64,70 ^b	60,44 ^c
	Quitosana	71,44 ^a	65,02 ^b	64,44 ^b	60,38 ^c
21	Térmico	70,34 ^a	61,96 ^b	65,94 ^b	65,19 ^b

*Letras iguais na mesma linha representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.11: Comparação das médias duas a duas nos tempos subseqüentes de cada tratamento em cada nível de irradiação da variável Cromo - casca.

Dose de Irradiação	DAI		DAI		DAI	
	3	7	7	14	14	19
Térmico + 0,00 kGy	45,57 ^a	46,24 ^a	46,24 ^a	49,35 ^b	49,35 ^a	69,34 ^b
Térmico + 0,50 kGy	48,62 ^a	51,48 ^a	51,48 ^a	55,12 ^b	55,12 ^a	67,03 ^b
Térmico + 0,75kGy	48,67 ^a	52,83 ^b	52,83 ^a	54,95 ^b	54,95 ^a	64,70 ^b
Térmico + 1,00 kGy	48,05 ^a	50,93 ^b	50,93 ^a	53,69 ^b	53,69 ^a	60,44 ^b
Quitosana + 0,00 kGy	46,48 ^a	48,63 ^a	48,63 ^a	49,13 ^b	49,13 ^a	71,44 ^b
Quitosana + 0,50 kGy	49,42 ^a	49,90 ^a	49,90 ^a	55,12 ^b	55,12 ^a	65,02 ^b
Quitosana + 0,75 kGy	48,81 ^a	53,46 ^b	53,46 ^a	55,57 ^b	55,57 ^a	64,44 ^b
Quitosana + 1,00 kGy	48,21 ^a	50,74 ^b	50,74 ^a	54,61 ^b	54,61 ^a	60,38 ^b

*Letras iguais nos pares de dias comparados representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.12: Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável Cromo - casca.

Tratamento	DAI	
	19	21
Térmico + 0,00 kGy	69,34 ^a	70,34 ^a
Térmico + 0,50 kGy	67,03 ^a	61,96 ^b
Térmico + 0,75kGy	64,70 ^a	65,94 ^a
Térmico + 1,00 kGy	60,44 ^a	65,19 ^b

*Letras iguais nos pares de dias comparados representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

A variável croma (casca) teve, no ajuste do modelo de análise de variância, a interação entre os fatores tempo e irradiação como fatores significantes das alterações ocorridas em seus valores.

As tabelas de diferença de médias mostram que nos tempos 3, 7 e 14 para o nível de irradiação 0,00 kGy (controle) a média desta variável foi menor que todos os outros níveis de irradiação. Pode-se notar também que, no tempo 19 DAI, a média para as frutas irradiadas com 1,00 kGy é menor do que as médias de todos os outros níveis de irradiação. No tempo 21 as tabelas mostram que para os níveis de irradiação 0,50 kGy, 0,75 kGy e 1,00 kGy as médias da variável Croma (casca) são iguais porém menores do que no nível 0,00 kGy.

Um aumento na variável croma significa um aumento da intensidade da cor. E este aumento da intensidade de cor é decorrente do amadurecimento da fruta. Conforme visto na discussão da variável *Hue* (casca), os pigmentos carotenóides, responsáveis pela coloração amarela da casca, são sintetizados durante o seu desenvolvimento, e a degradação da clorofila é que faz com que eles apareçam. Quanto maior for a degradação da clorofila, mais o pigmento carotenóide irá se sobressair e mais intensa será a cor da fruta e, portanto maior o valor da variável Croma. Com base nestas duas afirmações conclui-se o mesmo que foi observado na variável *Hue*, de que no início há uma aceleração no desenvolvimento de cor na casca que é contido com o decorrer do tempo, invertendo a situação no final do armazenamento.

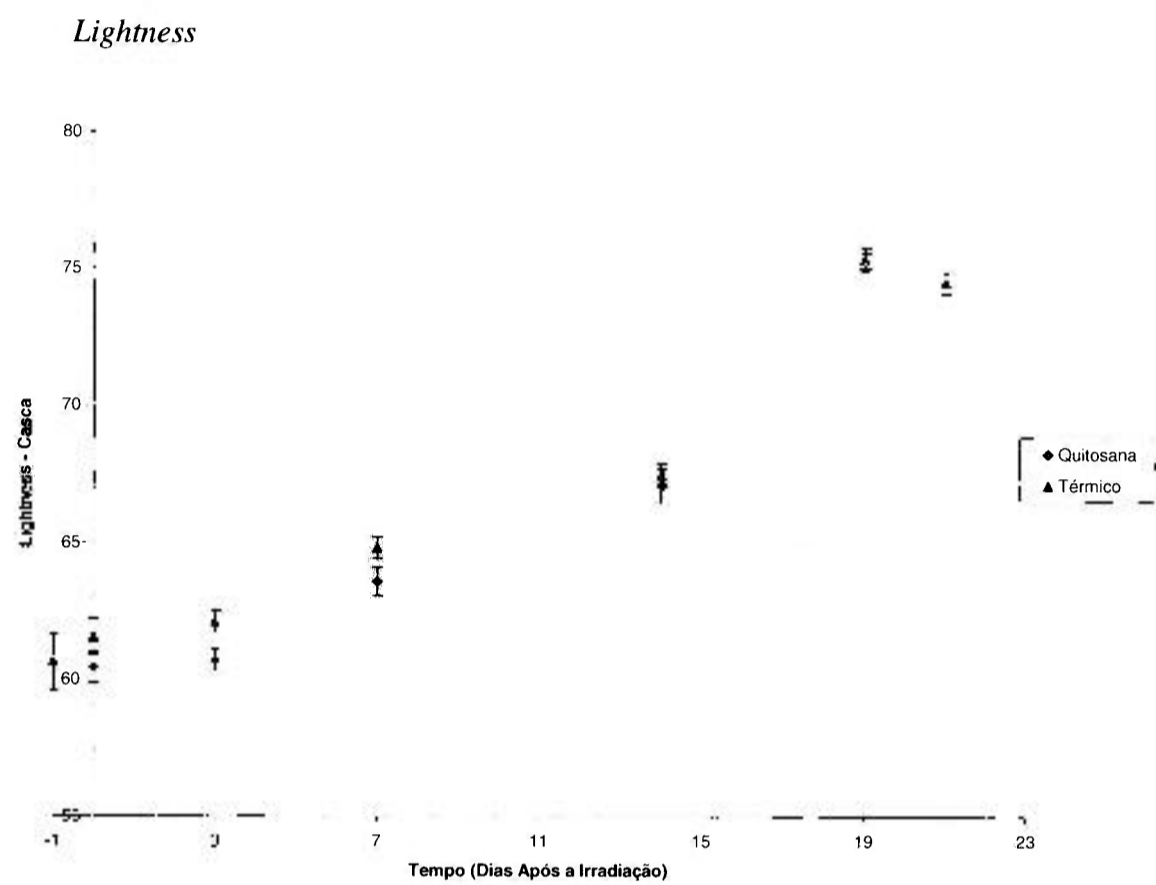


Figura 4.1.2.11: Médias de cada tratamento para a variável *Lightness* casca em cada dia de análise

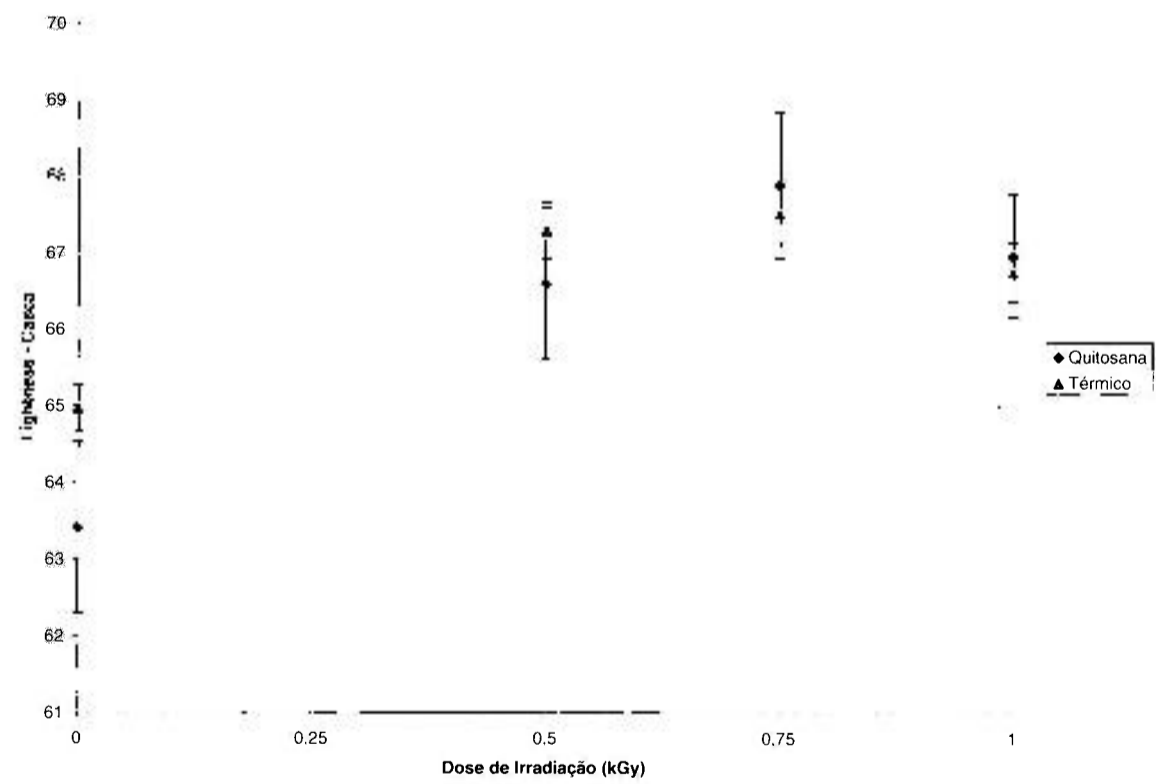


Figura 4.1.2.12: Médias de cada tratamento para a variável *Lightness* - Casca em cada nível de irradiação.

Tabela 4.1.2.13: Análise variância para a variável *Lightness* casca.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Tratamento	1	33,2	33,2	10,8	0,001
Irradiação	3	479,2	159,7	52,0	0,000
Tempo	3	6973,5	2324,5	757,0	0,000
Tratamento * Irradiação	3	7,9	2,6	0,9	0,465
Tratamento * Tempo	3	13,9	4,6	1,5	0,212
Irradiação * Tempo	9	507,5	56,4	18,4	0,000
Tratamento * Irradiação * Tempo	9	39,7	4,4	1,4	0,174
Resíduo	223	684,8	3,1		

Tabela 4.1.2.14: Análise de variância para a variável *Lightness* (casca) – tratamento térmico incluindo o Tempo 21 - modelo final.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Irradiação	3	169,0	56,4	20,5	0,000
Tempo	4	4466,0	1116,5	406,2	0,000
Irradiação * Tempo	12	307,4	25,6	9,3	0,000
Resíduo	139	382,0	2,8		

A variável *Lightness* foi influenciada pelo fator tratamento, tempo, irradiação e do efeito de interação entre estes dois últimos fatores. Uma vez não havendo interação entre os fatores tratamento e tempo, e, tratamento e irradiação, será analisado a média global (todos os dias em todos os níveis) dos dois tratamentos para esta variável.

Tabela 4.1.2.15: Comparação das médias globais dos dois tratamentos para a variável *Lightness* Casca.

	Tratamento	
	Térmico	Quitosa
<i>Lightness</i> - casca	67,44 ^a	66,64 ^b

*Letras iguais nos pares de dias comparados representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.16: Comparação das médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise para a variável *Lightness* - Casca.

DAI	Tratamento	Nível de irradiação (kGy)			
		0,00	0,50	0,75	1,00
3	Térmico	60,12 ^a	63,03 ^b	62,50 ^b	62,78 ^b
	Quitosana	57,64 ^a	61,58 ^b	61,71 ^b	61,85 ^b
7	Térmico	60,76 ^a	66,06 ^b	67,00 ^b	65,45 ^b
	Quitosana	60,99 ^a	62,96 ^b	65,93 ^b	64,46 ^b
14	Térmico	63,30 ^a	69,3 ^b	68,74 ^b	68,68 ^b
	Quitosana	61,83 ^a	69,30 ^b	68,55 ^b	68,67 ^b
17	Térmico				
	Quitosana				
19	Térmico	76,26 ^a	76,24 ^a	75,61 ^a	73,27 ^b
	Quitosana	76,70 ^a	75,87 ^a	75,37 ^a	72,94 ^b
21	Térmico	74,84 ^a	73,50 ^a	74,83 ^a	74,67 ^a

*Letras iguais na mesma linha representam médias estatisticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.17: Comparação das médias duas a duas nos tempos subsequentes de cada tratamento em cada nível de irradiação da variável *Lightness* - casca.

Dose de Irradiação	DAI		DAI		DAI	
	3	7	7	14	14	19
Térmico + 0,00 kGy	60,12 ^a	60,76 ^a	60,76 ^a	63,3 ^a	63,3 ^a	76,26 ^b
Térmico + 0,50 kGy	63,03 ^a	66,06 ^a	66,06 ^a	69,30 ^b	69,30 ^a	76,24 ^b
Térmico + 0,75kGy	62,50 ^a	67,00 ^b	67,00 ^a	68,74 ^a	68,74 ^a	75,61 ^b
Térmico + 1,00 kGy	62,78 ^a	65,45 ^b	65,45 ^a	68,68 ^b	68,68 ^a	73,27 ^b
Quitosana + 0,00 kGy	57,64 ^a	60,99 ^a	60,99 ^a	61,83 ^a	61,83 ^a	76,70 ^b
Quitosana + 0,50 kGy	61,58 ^a	62,96 ^a	62,96 ^a	69,30 ^b	69,30 ^a	75,87 ^b
Quitosana + 0,75 kGy	61,71 ^a	65,93 ^b	65,93 ^a	68,55 ^a	68,55 ^a	75,37 ^b
Quitosana + 1,00 kGy	61,85 ^a	64,46 ^b	64,46 ^a	68,67 ^b	68,67 ^a	72,94 ^b

*Letras iguais nos pares de dias comparados representam médias estatisticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.18: Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável *Lightness* - casca.

Tratamento	DAI	
	19	21
Térmico + 0,00 kGy	76,26 ^a	74,84 ^a
Térmico + 0,50 kGy	76,24 ^a	73,50 ^a
Térmico + 0,75kGy	75,61 ^a	74,83 ^a
Térmico + 1,00 kGy	73,27 ^a	74,67 ^a

*Letras iguais nos pares de dias comparados representam médias estatisticamente iguais ao nível de 95% de confiança

A Figura 4.1.2.11 mostra que a média da variável *Lightness* (casca) é maior para o tratamento térmico, o que também é ilustrado pela tabela 4.1.2.15. Pelo teste de Tukey é possível perceber que nos tempos 3, 7 e 14 DAI, a média desta variável é igual para os níveis 0,50 kGy, 0,75 kGy e 1,00 kGy do fator Irradiação e maior do que no nível 0,00 kGy de Irradiação. Por esta variável também é possível visualizar o aceleração do amadurecimento no início, uma vez que pela Figura 4.1.2.11, notamos que a média da variável *Lightness* (casca) cresce em função do Tempo, e desta forma quanto maior o valor de *Lightness* mais maduro está o fruto. Da mesma forma como ocorreu nas outras variáveis que compõe a cor da casca, no tempo 19 DAI a média no nível de Irradiação 1,00 kGy é menor do que todos os outros níveis, indicando um estágio de maturação menor. As tabelas 4.1.2.16 e 4.1.2.18 mostram que no tempo 21 não há diferença entre os níveis de Irradiação e para todos os níveis de Irradiação não há diferença entre os tempos 19 e 21.

Cor da polpa: Hue, Croma e Lightness.

A cor da polpa também foi analisada em relação às três variáveis: *Hue*, *Croma* e *Lightness*. A discussão dos resultados se dará após apresentado os resultados destas três variáveis.

As análises do tempo 17 DAI foram descartadas devido o colorímetro estar descalibrado.

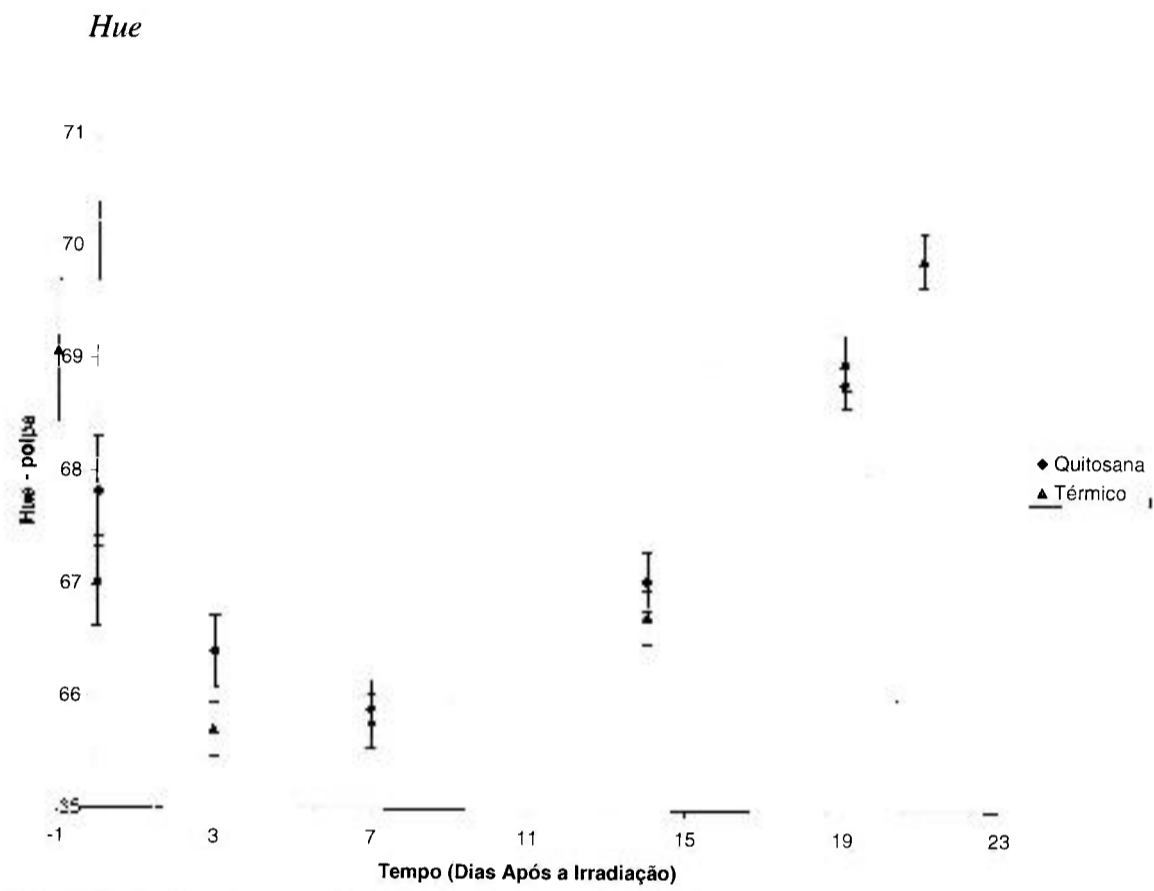


Figura 4.1.2.13: Médias de cada tratamento para a variável *Hue* - Polpa em cada dia de análise.

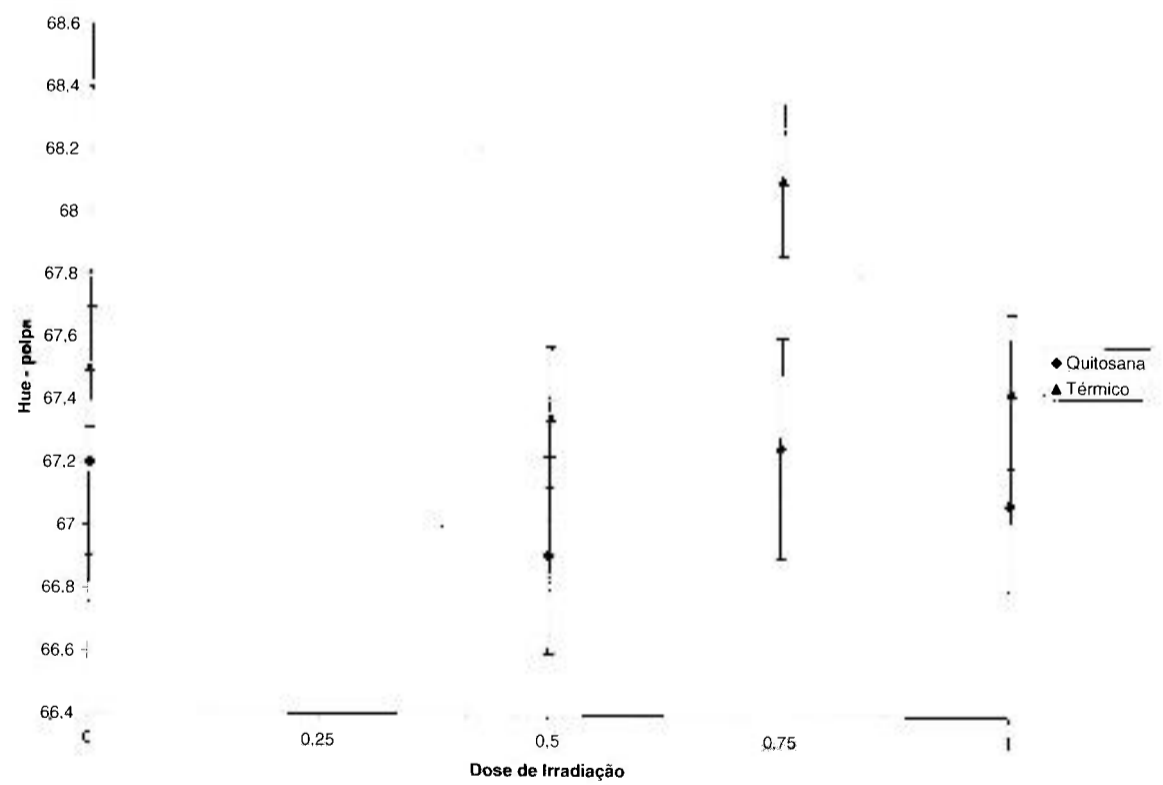


Figura 4.1.2.14: Médias de cada tratamento para a variável *Hue* - Polpa em cada nível de irradiação.

Tabela 4.1.2.19: Análise de variância para a variável *Hue* - polpa.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Tratamento	1	3,27	3,27	1,60	0,207
Irradiação	3	11,86	3,95	1,94	0,124
Tempo	3	371,25	123,75	60,70	0,000
Tratamento * Irradiação	3	0,83	0,28	0,14	0,939
Tratamento * Tempo	3	6,63	2,21	1,08	0,357
Irradiação * Tempo	9	19,16	2,13	1,04	0,406
Tratamento * Irradiação * Tempo	9	23,77	2,64	1,30	0,241
Resíduo	223	454,67	2,04		

Tabela 4.1.2.20: Análise de variância para a variável *Hue* - polpa para o tratamento térmico do tempo 3 ao 21 DAI.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Irradiação	3	12,774	4,248	1,91	0,131
Tempo	1	440,386	110,096	49,45	0,000
Irradiação * Tempo	3	61,373	5,114	2,30	0,011
Resíduo	56	311,677	2,226		

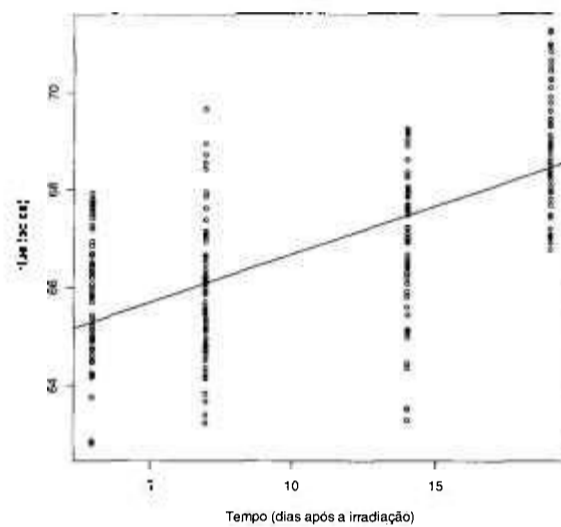


Figura 4.1.2.15: Efeito linear da variável *Hue* (polpa) em relação ao Tempo.

Tabela 4.1.2.21: Comparação das médias do tratamento térmico em cada nível de irradiação no tempo 21 DAI para a variável *Hue* - polpa.

		Nível de irradiação (kGy)			
DAI	Tratamento	0,00	0,50	0,75	1,00
21	Térmico	69,15 ^a	70,28 ^a	70,87 ^a	69,33 ^a

*Letras iguais na mesma linha representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.22: Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável *Hue* - polpa.

Tratamento	DAI	
	19	21
Térmico + 0,00 kGy	69,25 ^a	69,15 ^a
Térmico + 0,50 kGy	68,36 ^a	70,28 ^a
Térmico + 0,75kGy	69,93 ^a	70,87 ^a
Térmico + 1,00 kGy	68,42 ^a	69,33 ^a

*Letras iguais nos pares de dias comparados representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

O que pode-se discutir sobre este resultado é que a diferença apontada pela análise de variância (tabela 4.1.2.20) não ocorre do tempo 19 DAI para o 21 DAI, e tampouco entre os níveis de irradiações do tempo 21 DAI (tabelas 4.1.2.21 e 4.1.2.22).

Para a análise do tempo 21, foi construído um modelo só para o tratamento térmico contendo o fator irradiação (com 4 níveis) e o tempo (considerando os dias 3, 7, 14, 17, 19 e 21; o dia 17 foi descartado para as variáveis referentes a cor da casca e da polpa). Quando o efeito de interação entre irradiação e tempo for significativo, isto significa que em algum tempo há diferença entre as irradiações e para alguma irradiação há diferença entre os tempos. Neste caso portanto, a diferença significativa deve estar entre algum tempo que não entre o 19 e 21 e entre algum nível de irradiação em algum dia que não o 21. Embora todos os tempos tenham sido considerados no modelo, só interessa comparar o dia 19 com o dia 21 (para cada irradiação) e comparar as irradiações no dia 21, uma vez que as comparações para os outros tempos já foram realizadas anteriormente quando o modelo também incluía o tratamento quitosana. Porém, no modelo em que incluía os dois tratamentos, apenas o fator tempo foi significativo. Isto mostra que esta diferença encontrada não é acentuada, isto pode ser ilustrado com a Figura 4.1.2.13, onde se vê que a maior diferença entre as médias não passa de 5°. Uma diferença de 5° para a cor da polpa não é percebida visualmente.

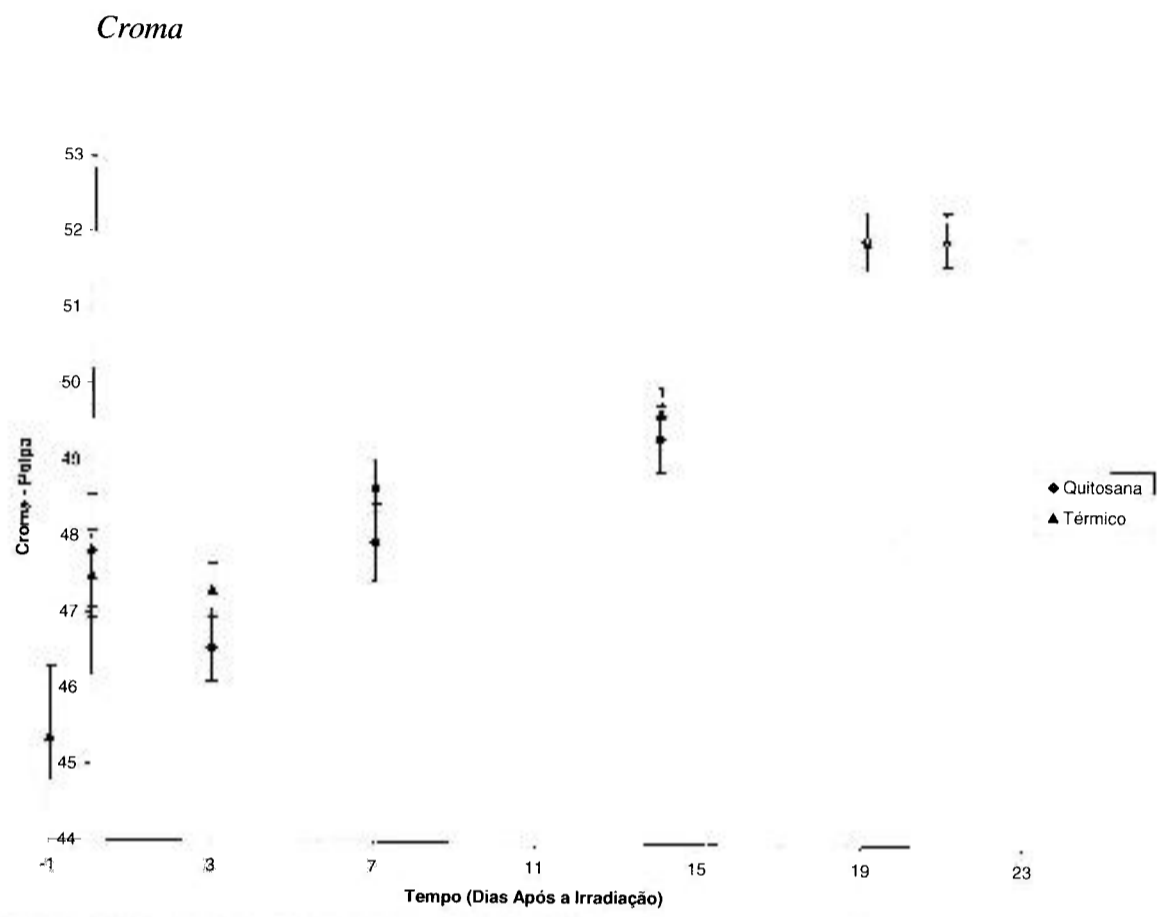


Figura 4.1.2.16: Médias de cada tratamento para a variável Croma - Polpa em cada dia de análise.

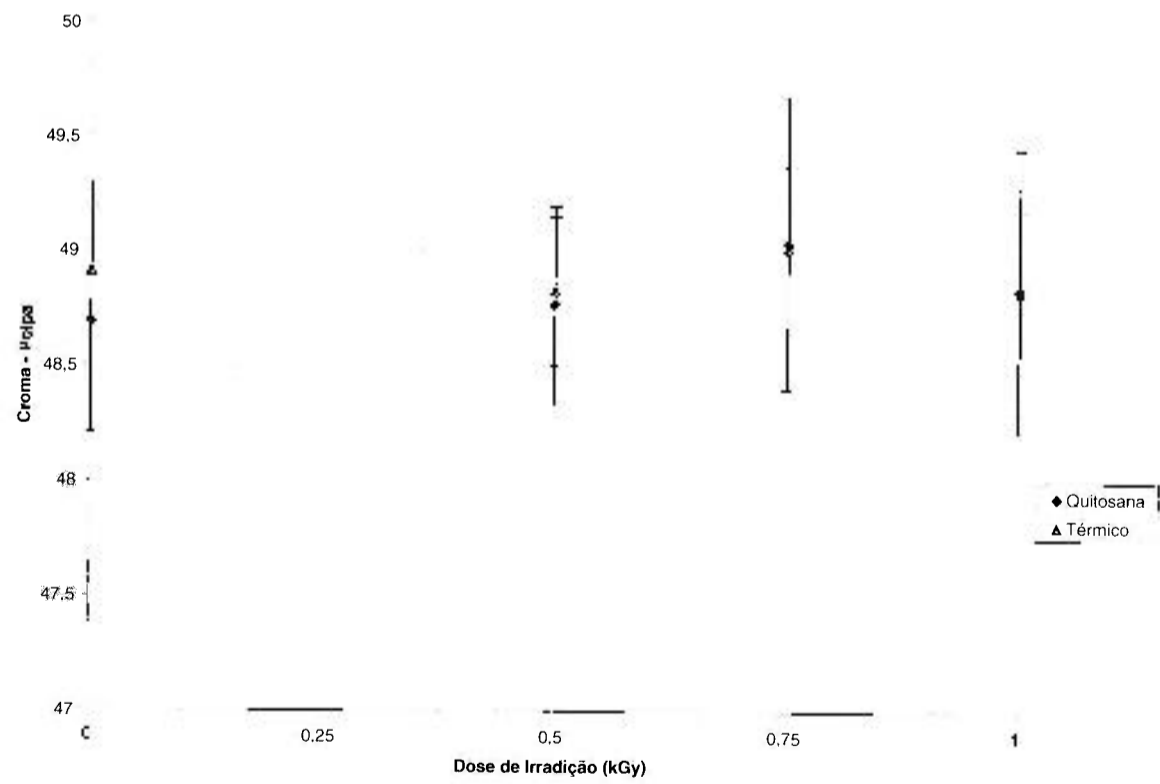


Figura 4.1.2.17: Médias de cada tratamento para a variável Croma - Polpa em cada nível de irradiação.

Tabela 4.1.2.23: Análise de variância para a variável Croma (polpa).

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Tratamento	1	16,60	16,60	3,24	0,073
Irradiação	3	0,92	0,31	0,06	0,981
Tempo	3	827,25	275,75	53,80	0,000
Tratamento * Irradiação	3	0,61	0,20	0,04	0,989
Tratamento * Tempo	3	9,28	3,09	0,60	0,613
Irradiação * Tempo	9	36,36	4,04	0,79	0,628
Tratamento * Irradiação * Tempo	9	51,58	5,73	1,12	0,351
Resíduo	223	1143,02	5,13		

Tabela 4.1.2.24: Análise de variância para a variável Croma (polpa) para o tratamento térmico do tempo 3 ao 21 DAI.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Tempo	4	526,15	131,54	37,15	0,000
Resíduo	155	548,81	3,54		

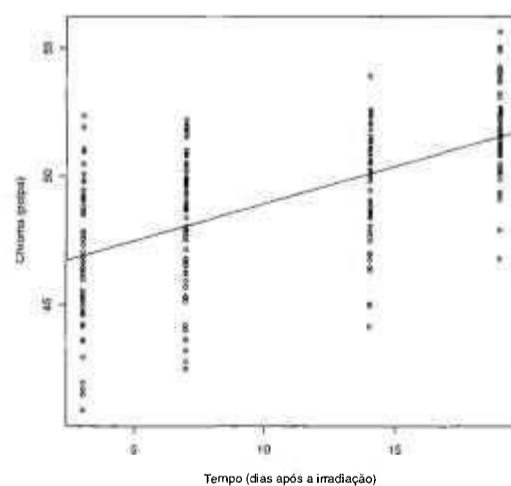


Figura 4.1.2.18: Efeito linear da variável Croma (polpa) em relação ao Tempo

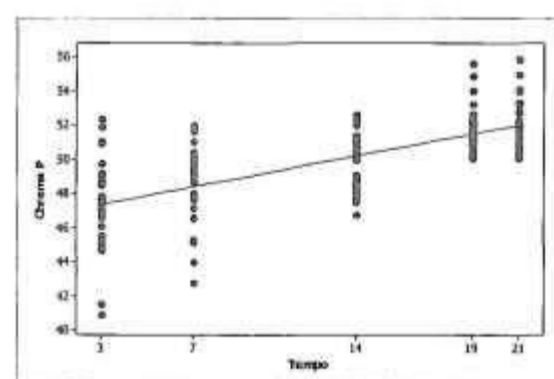


Figura 4.1.2.19: Efeito linear da variável Croma (polpa) em relação ao Tempo para o Tratamento Térmico.

Lightness

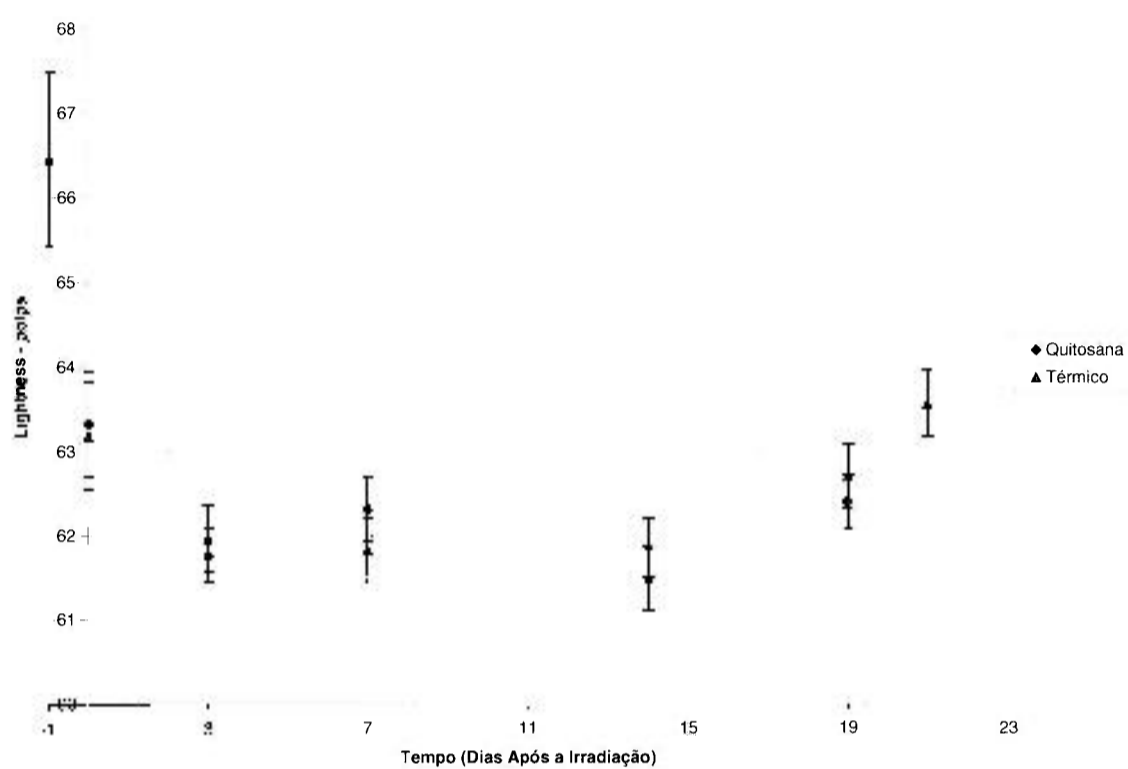


Figura 4.1.2.20: Médias de cada tratamento para a variável *Lightness* - Polpa em cada dia de análise.

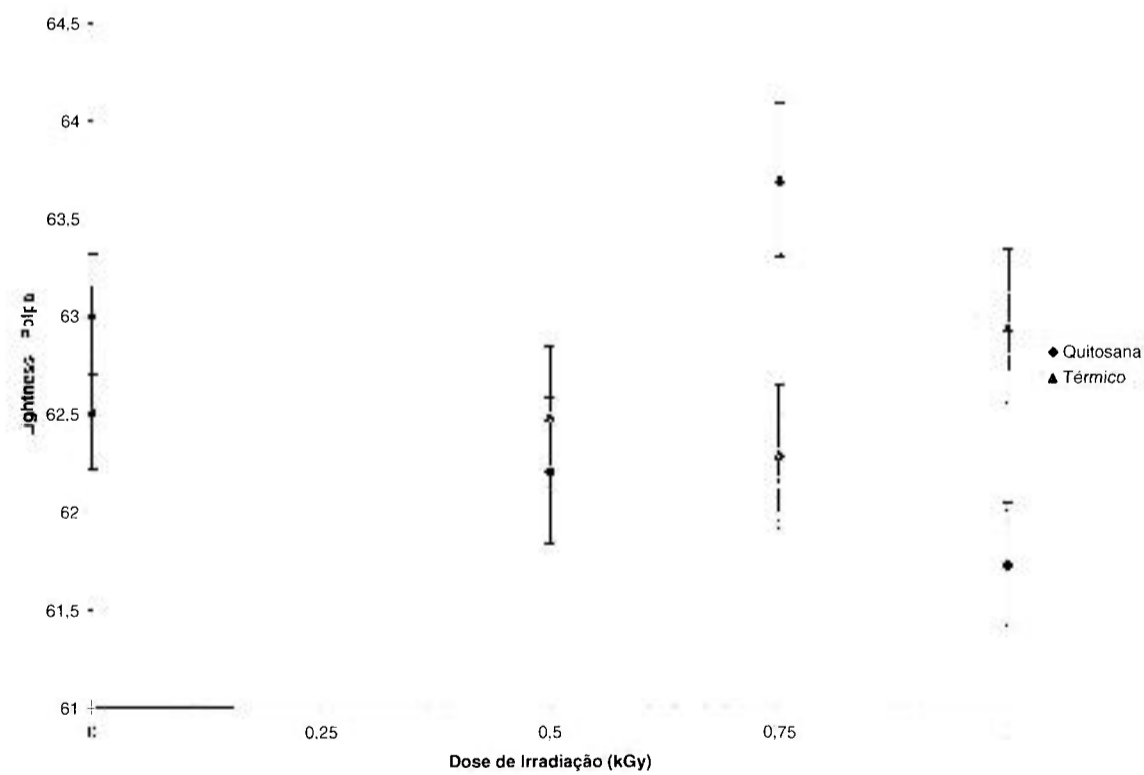


Figura 4.1.2.21: Médias de cada tratamento para a variável *Lightness* - Polpa em cada nível de irradiação.

Tabela 4.1.2.25: Análise variância para a variável *Lightness* (polpa).

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Tratamento	1	0,4	0,4	0,1	0,759
Irradiação	3	25,0	8,3	1,8	0,142
Tempo	3	27,4	9,1	2,0	0,113
Tratamento * Irradiação	3	5,1	1,7	0,4	0,774
Tratamento * Tempo	3	8,1	2,7	0,6	0,619
Irradiação * Tempo	9	37,0	4,1	0,9	0,520
Tratamento * Irradiação * Tempo	9	21,3	2,4	0,5	0,859
Resíduo	224	1016,2	4,5		

Tabela 4.1.2.26: Análise de variância para a variável *Lightness* (polpa) – tratamento térmico incluindo o Tempo 21 - modelo final.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Tempo	4	87,7	21,9	4,6	0,002
Resíduo	155	744,0	4,8		

Apesar do modelo em que são analisados os dois tratamentos nenhum fator ter se mostrado significativo, ao analisar o tratamento térmico individualmente o fator tempo foi significativo. Aqui, da mesma forma com o que ocorreu com a variável *Hue* – polpa, esta diferença não é percebida visualmente uma vez que a maior variação entre as médias não é nem de 3 unidades.

A cor alaranjada da polpa é devida a presença de pigmentos carotenóides, que já foi descrito como sendo um pigmento muito estável, podendo ser sintetizado ao longo do amadurecimento da fruta.

A cor da polpa, fazendo uma análise conjunta das três variáveis que a compõe, foi influenciada apenas o fator tempo e sendo a principal variável o Croma. Isto pode ser explicado pelo fato dos pigmentos carotenóides serem sintetizados ao longo do tempo e por serem compostos altamente estáveis e por isso não terem sido afetado pela irradiação. É compreensível então que apenas a intensidade da cor (Croma) mude ao longo do tempo, uma vez que os pigmentos são os mesmos, ou seja, com o mesmo valor da variável *Hue*, o que muda portanto, é sua concentração ao longo do tempo e com isto a intensidade da cor.

D’Inncenzo e Lajolo (2001) também encontraram que a cor da polpa das frutas irradiadas com dose de 0,50 kGy não foi afetada pela irradiação. Enquanto que para Pimentel (2001), a cor interna do mamão ficou ligeiramente mais clara com a irradiação na dose de 0,75 kGy.

pH e Acidez Titulável

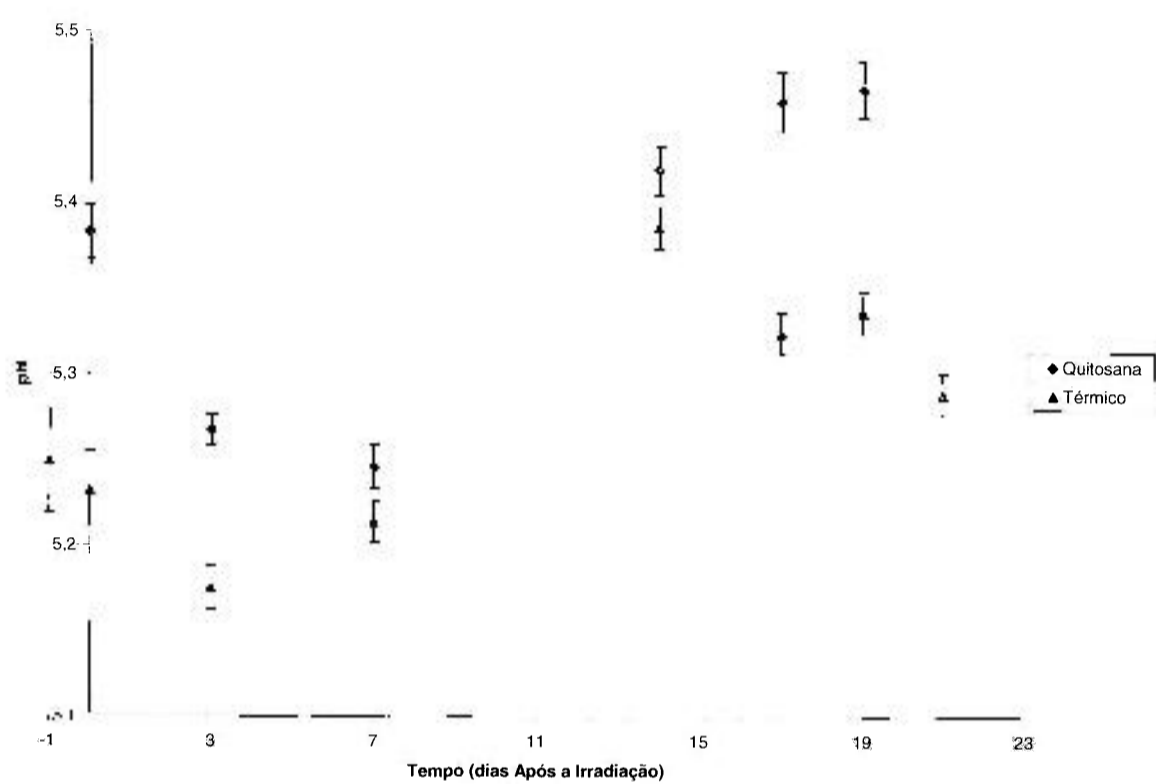


Figura 4.1.2.22: Médias de cada tratamento para a variável pH em cada dia de análise.

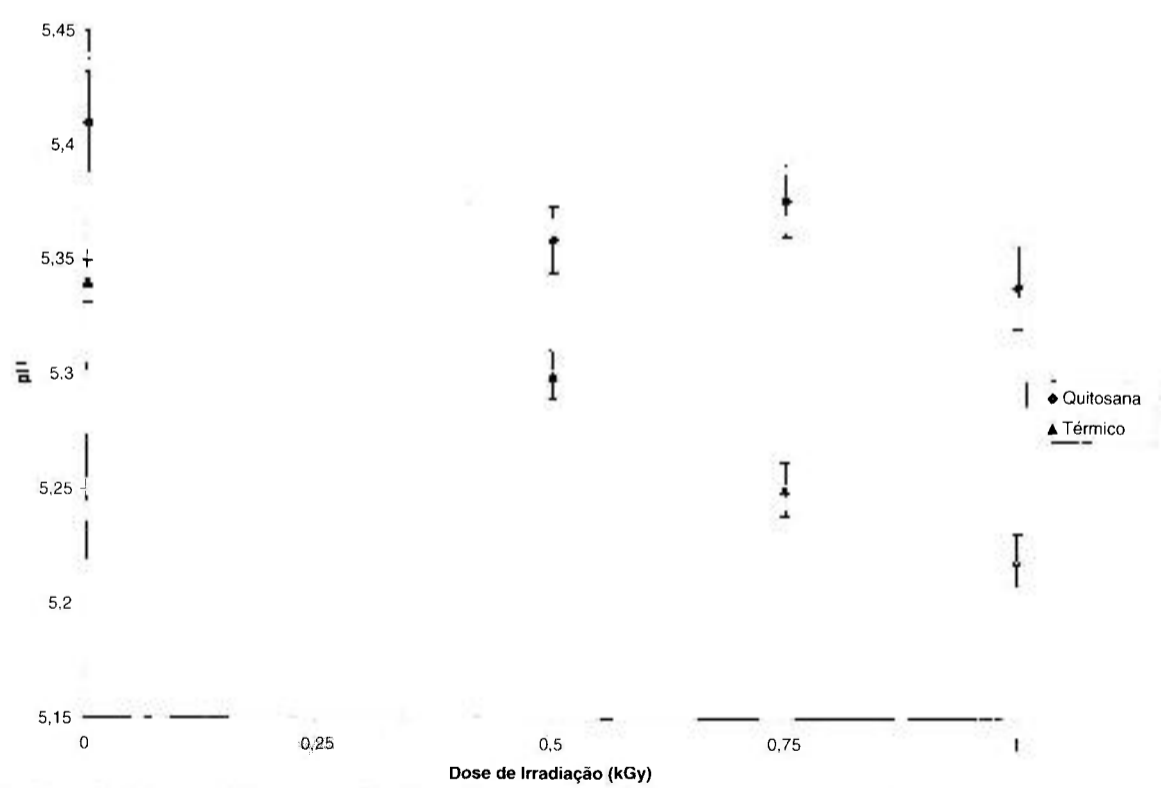


Figura 4.1.2.23: Médias de cada tratamento para a variável pH em cada nível de irradiação.

Tabela 4.1.2.27: Análise variância para a variável pH – modelo completo.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Tratamento	1	0,55	0,55	133,63	0,000
Irradiação	3	0,36	0,12	29,04	0,000
Tempo	4	2,23	0,56	136,38	0,000
Tratamento * Irradiação	3	0,02	0,008	1,85	0,138
Tratamento * Tempo	4	0,16	0,04	9,62	0,000
Irradiação * Tempo	12	0,25	0,02	5,02	0,000
Tratamento * Irradiação * Tempo	12	0,12	0,01	2,54	0,003
Resíduo	280	1,14	0,004		

Tabela 4.1.2.28: Análise de variância para a variável pH para o tratamento térmico do 3° ao 21° DAI.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Irradiação	3	0,4892	0,1631	40,80	0,000
Tempo	5	0,9418	0,1884	47,12	0,000
Irradiação * Tempo	15	0,2471	0,0165	4,12	0,000
Resíduo	168	0,6715	0,0040		

O efeito de interação entre os fatores Tratamento, Tempo e Irradiação foi significativo e desta forma as médias das variáveis foram agrupadas segundo o método descrito em Hinkelman e Kempthorne *Apud*. Botter *et al.* (2004) considerando um coeficiente de confiança global de 95%. Este método analisa cada dia de análise com as oito combinações possíveis de tratamento e irradiação; e cada uma dessas oito combinações individualmente em cada dia de análise.

Tabela 4.1.2.29: Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise para a variável pH

DAI	Tratamento	Nível de irradiação (kGy)			
		0,00	0,50	0,75	1,00
3	Térmico	5,269 ^a	5,160 ^b	5,199 ^b	5,108 ^b
	Quitosana	5,293 ^a	5,234 ^a	5,296 ^a	5,248 ^a
7	Térmico	5,233 ^a	5,254 ^a	5,179 ^a	5,191 ^a
	Quitosana	5,191 ^a	5,33 ^b	5,259 ^a	5,205 ^a
14	Térmico	5,465 ^a	5,355 ^b	5,359 ^b	5,363 ^b
	Quitosana	5,474 ^a	5,355 ^b	5,460 ^a	5,386 ^b
17	Térmico	5,368 ^a	5,335 ^a	5,303 ^a	5,291 ^a
	Quitosana	5,566 ^c	5,419 ^b	5,431 ^b	5,418 ^b
19	Térmico	5,416 ^b	5,340 ^a	5,348 ^a	5,241 ^a
	Quitosana	5,544 ^c	5,488 ^b	5,435 ^b	5,436 ^b
21	Térmico	5,426 ^a	5,356 ^a	5,219 ^b	5,152 ^b

*Letras iguais no mesmo dia representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.30: Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise da variável pH

Tratamento	DAI				
	3	7	14	17	19
Térmico + 0,00 kGy	5,269 ^a	5,233 ^a	5,465 ^b	5,368 ^b	5,416 ^b
Térmico + 0,50 kGy	5,160 ^a	5,254 ^a	5,355 ^b	5,335 ^b	5,340 ^b
Térmico + 0,75kGy	5,199 ^a	5,179 ^a	5,359 ^b	5,303 ^b	5,348 ^b
Térmico + 1,00 kGy	5,108 ^a	5,191 ^a	5,363 ^b	5,291 ^b	5,241 ^a
Quitosana + 0,00 kGy	5,293 ^a	5,191 ^a	5,474 ^b	5,566 ^b	5,544 ^b
Quitosana + 0,50 kGy	5,234 ^a	5,330 ^b	5,355 ^b	5,419 ^c	5,448 ^c
Quitosana + 0,75 kGy	5,296 ^a	5,259 ^a	5,460 ^b	5,431 ^b	5,435 ^b
Quitosana + 1,00 kGy	5,248 ^a	5,205 ^a	5,386 ^b	5,418 ^b	5,436 ^b

*Letras iguais na mesma linha representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.31: Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável pH.

Tratamento	DAI	
	19	21
Térmico + 0,00 kGy	5,416 ^a	5,426 ^a
Térmico + 0,50 kGy	5,340 ^a	5,356 ^a
Térmico + 0,75kGy	5,348 ^a	5,219 ^b
Térmico + 1,00 kGy	5,241 ^a	5,152 ^a

*Letras iguais na mesma linha representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Acidez Titulável

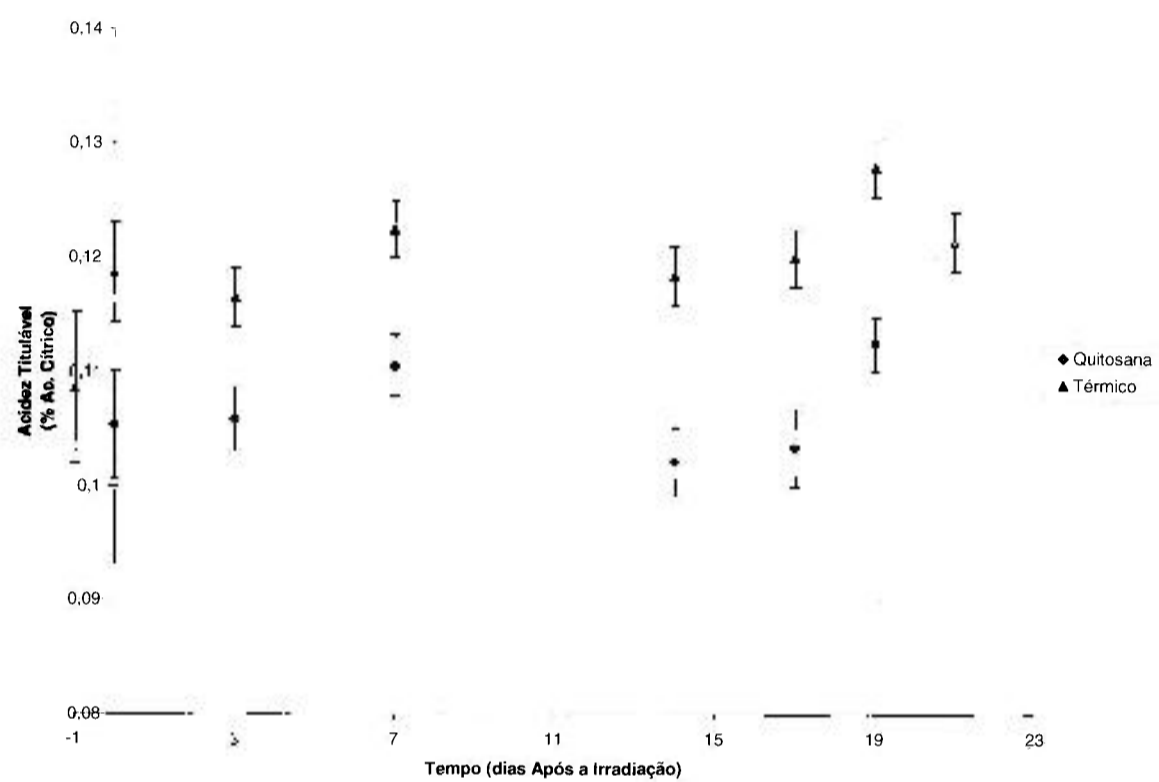


Figura 4.1.2.24: Médias de cada tratamento para a variável Acidez titulável em cada dia de análise.

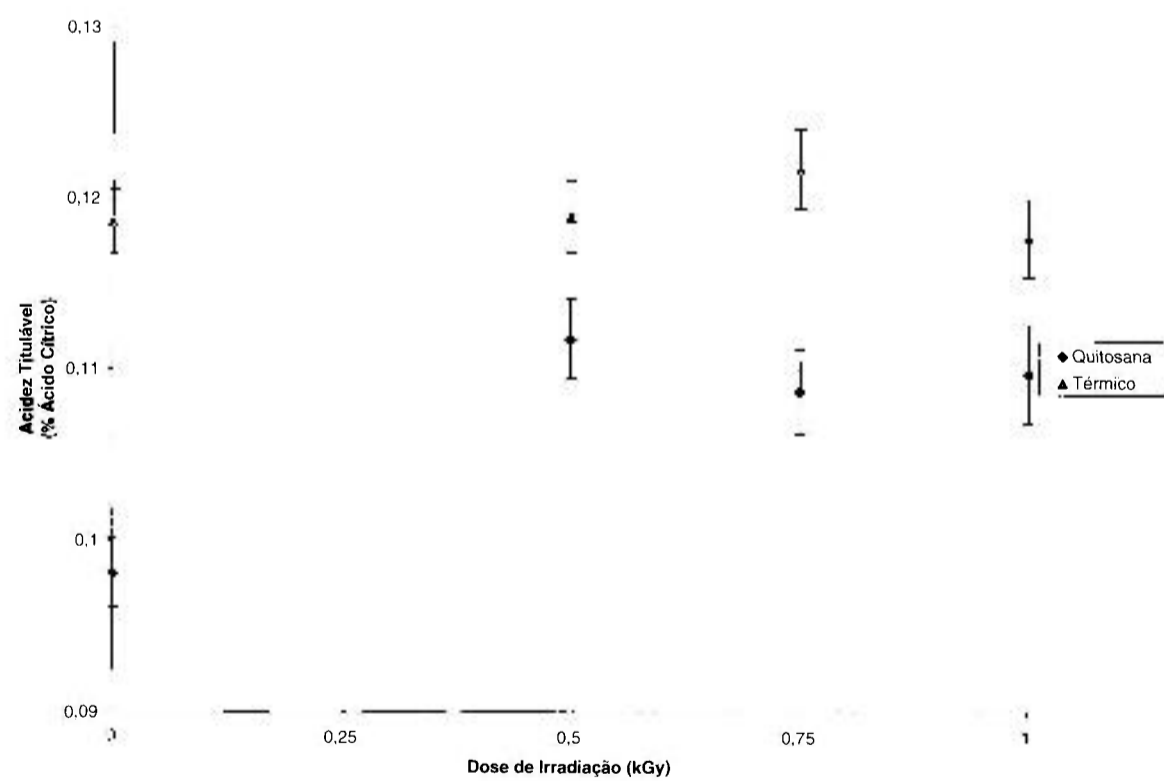


Figura 4.1.2.25: Médias de cada tratamento para a variável Acidez titulável em cada nível de irradiação.

Tabela 4.1.2.32: Análise de variância para a variável Acidez titulável

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Tratamento	1	0,020	0,020	85,09	0,000
Irradiação	3	0,003	0,001	5,34	0,001
Tempo	4	0,005	0,001	6,04	0,0001
Tratamento * Irradiação	3	0,002	0,001	3,75	0,011
Tratamento * Tempo	4	0,0005	0,0001	0,62	0,647
Irradiação * Tempo	12	0,008	0,001	3,40	0,0001
Tratamento * Irradiação * Tempo	12	0,008	0,001	3,47	0,000
Resíduo	280	0,050	0,0002		

Tabela 4.1.2.33: Análise de variância para o Tratamento Térmico da variável Acidez titulável do 3° ao 21° DAI.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Irradiação	3	0,00077	0,00026	1,39	0,247
Tempo	5	0,00254	0,00051	2,75	0,021
Irradiação * Tempo	15	0,00892	0,00059	3,21	0,000
Resíduo	168	0,03109	0,00019		

Da mesma forma que ocorreu com o pH o efeito de interação entre os fatores Tratamento, Tempo e Irradiação foi significativa e desta forma as médias das variáveis foram agrupadas segundo o método descrito em Hinkelman e Kempthorne *Apud. Botter et al.* (2004) considerando um coeficiente de confiança global de 95%. Para a análise do tratamento térmico nos tempos 19 e 21 DAI foi utilizado o método de Tukey uma vez que não havia efeito de interação de três fatores.

Tabela 4.1.2.34: Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise para a variável Acidez Titulável (% Ácido Cítrico)

DAI	Tratamento	Nível de irradiação (kGy)			
		0,00	0,50	0,75	1,00
3	Térmico	0,166 ^b	0,126 ^b	0,188 ^b	0,106 ^b
	Quitosana	0,09 ^a	0,133 ^b	0,115 ^b	0,106 ^b
7	Térmico	0,133 ^b	0,188 ^b	0,124 ^b	0,166 ^b
	Quitosana	0,095 ^a	0,121 ^b	0,115 ^b	0,111 ^b
14	Térmico	0,106 ^a	0,120 ^b	0,134 ^b	0,114 ^b
	Quitosana	0,093 ^a	0,120 ^b	0,103 ^a	0,094 ^a
17	Térmico	0,118 ^b	0,123 ^b	0,124 ^b	0,116 ^b
	Quitosana	0,098 ^a	0,098 ^a	0,103 ^a	0,116 ^b
19	Térmico	0,128 ^b	0,130 ^b	0,121 ^b	0,133 ^b
	Quitosana	0,188 ^b	0,103 ^a	0,109 ^a	0,121 ^b
21	Térmico	0,122 ^a	0,109 ^a	0,129 ^a	0,132 ^a

*Letras iguais no mesmo dia representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.35: Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise da variável Acidez Titulável (% Ácido Cítrico).

Tratamento	DAI				
	3	7	14	17	19
Térmico + 0,00 kGy	0,116 ^a	0,133 ^b	0,106 ^a	0,188 ^a	0,128 ^b
Térmico + 0,50 kGy	0,126 ^a	0,188 ^a	0,120 ^a	0,123 ^a	0,130 ^a
Térmico + 0,75kGy	0,106 ^a	0,116 ^a	0,114 ^a	0,116 ^a	0,133 ^b
Térmico + 1,00 kGy	0,118 ^a	0,124 ^a	0,134 ^a	0,124 ^a	0,121 ^a
Quitosana + 0,00 kGy	0,090 ^a	0,095 ^a	0,093 ^a	0,098 ^a	0,118 ^b
Quitosana + 0,50 kGy	0,113 ^a	0,121 ^a	0,120 ^a	0,098 ^b	0,103 ^b
Quitosana + 0,75 kGy	0,115 ^a	0,115 ^a	0,103 ^a	0,103 ^a	0,109 ^a
Quitosana + 1,00 kGy	0,106 ^b	0,111 ^b	0,094 ^a	0,166 ^b	0,121 ^b

*Letras iguais na mesma linha representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.36: Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável Acidez Titulável (% Ácido Cítrico).

Tratamento	DAI	
	19	21
Térmico + 0,00 kGy	0,128 ^a	0,122 ^a
Térmico + 0,50 kGy	0,130 ^a	0,109 ^a
Térmico + 0,75kGy	0,121 ^a	0,129 ^a
Térmico + 1,00 kGy	0,133 ^a	0,132 ^a

*Letras iguais na mesma linha representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

O teor de ácidos orgânicos é baixo em frutos de mamão papaia, predominando os ácidos málico e cítrico em quantidades iguais, seguindo do α -cetoglutárico em quantidade bem menor, os quais juntamente com o ácido ascórbico, contribuem com 85% do total de ácidos do fruto. Segundo Arriola *et al.* (1980), Chan (1983), Paull (1993) e Costa e Balbino (2002), durante o amadurecimento do mamão ocorre um ligeiro aumento na acidez da polpa, que se deve, provavelmente à formação do ácido galacturônico, em consequência da hidrólise da pectina pelas enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase. De maneira geral, a acidez aumenta com o amadurecimento dos frutos até atingir 75% da superfície da casca com coloração amarela; a partir daí, os níveis decrescem, exceto no interior do mesocarpo, onde a acidez titulável aumenta até o fruto atingir completo amarelecimento.

O teor de acidez do mamão é muito baixo, em média 0,10%, calculado como ácido cítrico, o que contribui para que seu pH seja relativamente alto (em média de 5,0 a 5,5) (FOLEGATTI e MATSUURA, 2002).

Dados obtidos no Havaí são similares aos obtidos nas frutas do Brasil. Segundo Chan, 1983, dados adquiridos pelo USDA – Pesquisas Agrícolas, no laboratório do Havaí, durante muitos anos, mostram que o pH da polpa de mamão papaia varia entre 5.0 e 5.5 e que a acidez titulável total, expressa em quantidade de ácido cítrico, é de 0,099%. O mesmo é reportado por Paull (1993). Para Chan (1983) o fato de o mamão papaia ser significativamente baixo em ácidos orgânicos resulta no seu agradável sabor doce.

O ligeiro aumento da acidez mencionado nos parágrafos anteriores pode ser verificado na Figura 4.1.2.24 e na Tabela 4.1.2.35. Era esperado, portanto um decréscimo do valor de pH, porém pela Tabela 4.1.2.30 e pela Figura 4.1.2.22 pode-se observar um pequeno aumento, de no máximo 0,2 unidades, no pH. O que se pode discutir em relação a isto é que este pequeno aumento da acidez não foi o suficiente para diminuir o pH da fruta, uma vez que os ácidos formados são ácidos fracos. O pH da polpa pode ter sofrido este aumento devido, segundo Chan (1983), à ação da enzima fosfatase ácida, responsável pelas alterações do pH durante o armazenamento e processamentos da fruta ou de sua polpa.

É a partir dos gráficos apresentados para estas duas variáveis, pH e acidez titulável, que surge a hipótese já introduzida na discussão da variável presença de doenças de que os frutos com cobertura de quitosana por apresentarem uma acidez menor favoreceram o desenvolvimento de fungos. Conforme pode ser observado nos quatro gráficos apresentados para estas duas variáveis, que as frutas tratadas com quitosana apresentaram valores maiores

de pH e menores de acidez titulável, o que indica uma fruta menos ácida. Alimentos menos ácidos propiciam o desenvolvimento de microrganismos. Esta acidez menor pode então ter favorecido o desenvolvimento dos fungos nas frutas tratadas com quitosana. O porquê das frutas tratadas com quitosana apresentarem polpas menos ácidas não foi compreendido.

Ao observar a Figura 4.1.2.23, nota-se que com o aumento da dose de irradiação houve uma redução do valor de pH para o tratamento térmico e portando um aumento da acidez da polpa. A irradiação pode então ter favorecido a formação do ácido galacturônico, através da hidrólise da pectina. Porém ao observar a Figura 4.1.2.25 esta diferença não é encontrada.

De qualquer forma, estes valores estão dentro da faixa de pH e acidez titulável encontrada por outros autores. Para saber se este ligeiro aumento teve influência no sabor da fruta é necessário ver sua relação com os sólidos solúveis, ou seja ver como isto pode ter alterado o *ratio* da fruta, o que será discutido após a apresentação destes valores para esta variável.

Para outros autores como Miller e McDonald (1999) em estudos de irradiação de mamão papaia com dose de 0,6 kGy em diferentes estádios de maturação e temperaturas de refrigeração, os efeitos da irradiação no pH das frutas irradiadas não foi significativo. Boylston *et al.* (2002) também demonstraram que a irradiação não teve efeito na acidez titulável do mamão papaia, e que desta forma nenhuma diferença é esperada na acidez da fruta.

Sólidos Solúveis Totais

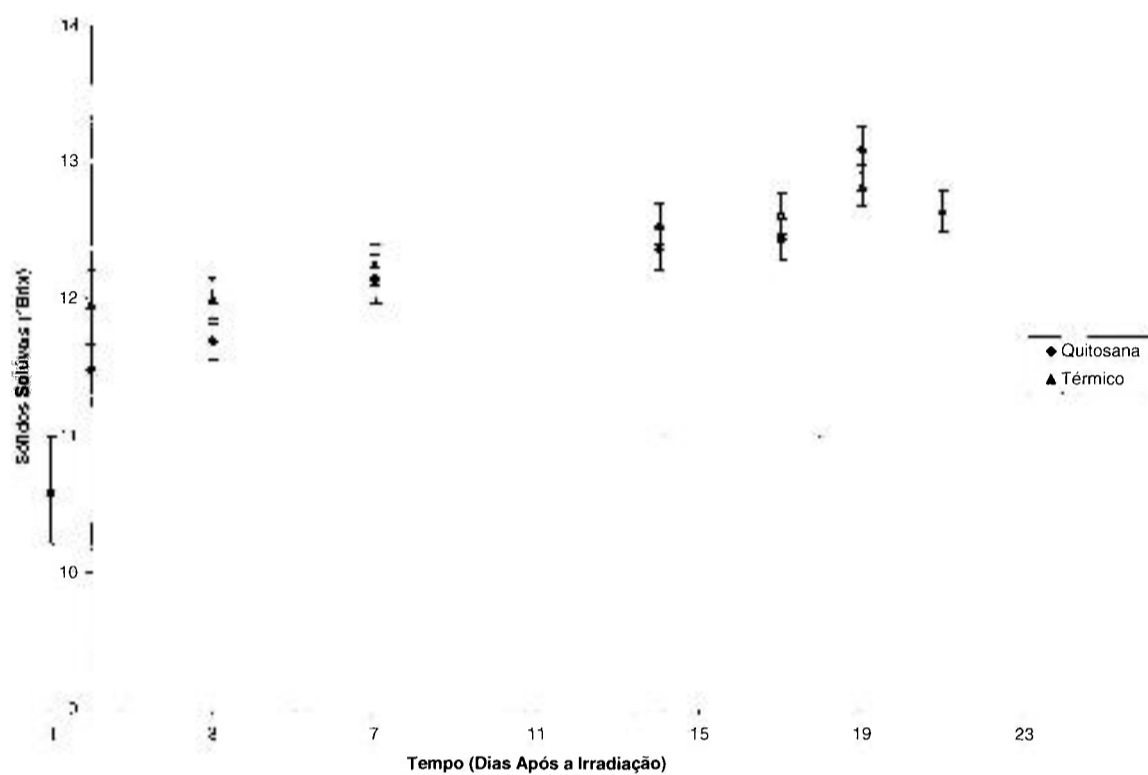


Figura 4.1.2.26: Médias de cada tratamento para a variável Sólidos Solúveis em cada dia de análise.

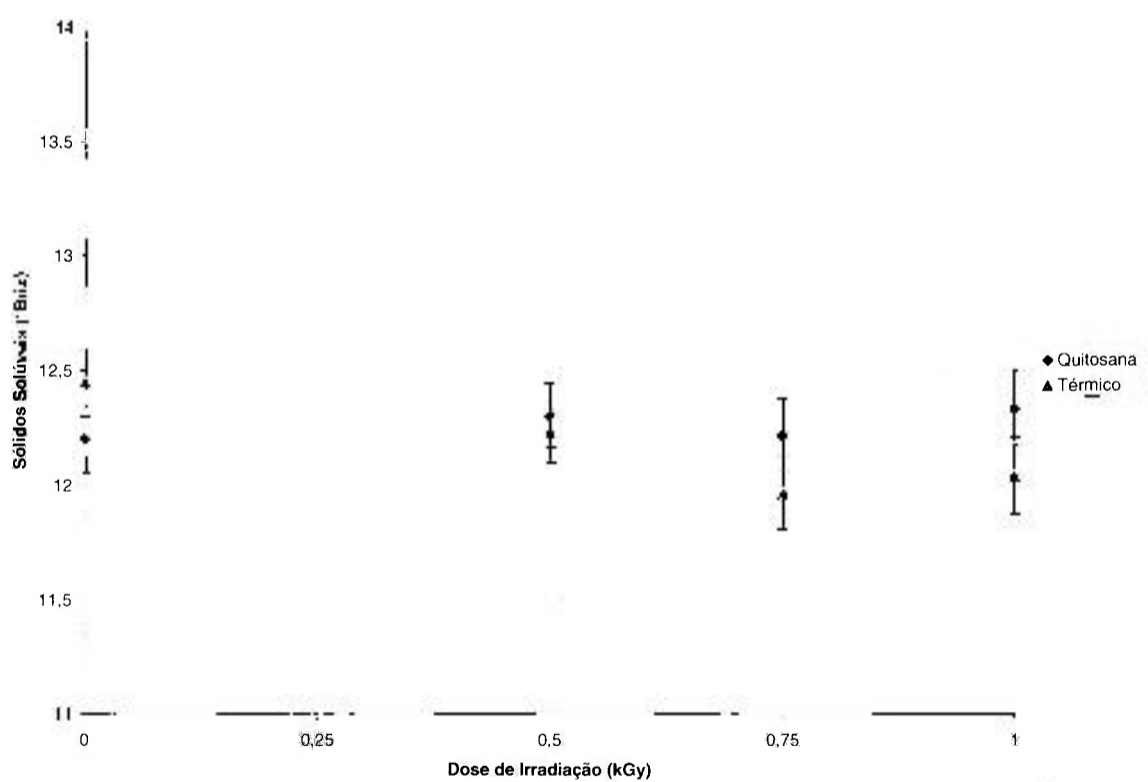


Figura 4.1.2.27: Médias de cada tratamento para a variável Sólidos Solúveis em cada nível de irradiação.

Tabela 4.1.2.37: Análise variância para a variável Sólidos Solúveis.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Tratamento	1	0,87	0,87	1,27	0,261
Irradiação	3	5,44	1,81	2,64	0,050
Tempo	4	42,97	10,74	15,66	0,000
Tratamento * Irradiação	3	1,65	0,55	0,80	0,494
Tratamento * Tempo	4	2,98	0,75	1,09	0,363
Irradiação * Tempo	12	16,21	1,35	1,97	0,027
Tratamento * Irradiação * Tempo	12	17,73	1,48	2,15	0,014
Resíduo	280	192,04	0,69		

Tabela 4.1.2.38: Análise de variância para o Tratamento Térmico da variável Sólidos Solúveis do 3° ao 21° DAI.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Irradiação	3	5,5666	1,8555	3,11	0,028
Tempo	5	14,4804	2,8961	4,86	0,000
Irradiação * Tempo	15	19,6661	1,3111	2,20	0,008
Resíduo	168	100,1001	0,5958		

Dá mesma forma que ocorreu com as duas últimas variáveis, o efeito de interação entre os fatores Tratamento, Tempo e Irradiação foi significativo e desta forma as médias das variáveis foram agrupadas segundo o método descrito em Hinkelman e Kempthorne *Apud*. Botter *et al.* (2004) considerando um coeficiente de confiança global de 95%. Para a análise do tratamento térmico nos tempos 19 e 21 DAI foi utilizado o método de Tukey uma vez que não havia efeito de interação de três fatores.

Tabela 4.1.2.39: Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise para a variável Sólidos Solúveis (°Brix).

DAI	Tratamento	Nível de irradiação (kGy)			
		0,00	0,50	0,75	1,00
3	Térmico	12,461 ^a	12,039 ^a	11,636 ^a	11,833 ^a
	Quitosana	11,630 ^a	11,909 ^a	11,486 ^a	11,710 ^a
7	Térmico	12,115 ^a	11,863 ^a	12,739 ^a	12,263 ^a
	Quitosana	12,506 ^a	12,115 ^a	12,286 ^a	11,661 ^a
14	Térmico	12,959 ^a	12,963 ^a	11,965 ^a	12,258 ^a
	Quitosana	12,355 ^a	12,963 ^a	12,010 ^a	12,083 ^a
17	Térmico	13,038 ^a	12,638 ^a	12,564 ^a	12,236 ^a
	Quitosana	12,631 ^a	12,306 ^a	11,884 ^a	12,911 ^a
19	Térmico	12,590 ^a	13,715 ^b	12,213 ^a	12,740 ^a
	Quitosana	12,713 ^a	12,808 ^a	13,434 ^b	13,339 ^b
21	Térmico	12,765 ^a	12,560 ^a	12,491 ^a	12,739 ^a

*Letras iguais no mesmo dia representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.40: Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise da variável Sólidos Solúveis (°Brix).

Tratamento	DAI				
	3	7	14	17	19
Térmico + 0,00 kGy	12,461 ^a	12,115 ^a	12,959 ^a	13,038 ^a	12,590 ^a
Térmico + 0,50 kGy	12,039 ^a	11,863 ^a	12,963 ^b	12,638 ^a	13,715 ^b
Térmico + 0,75kGy	11,636 ^a	12,739 ^a	11,965 ^a	12,564 ^a	12,213 ^a
Térmico + 1,00 kGy	11,833 ^a	12,263 ^a	12,258 ^a	12,236 ^a	12,740 ^a
Quitosana + 0,00 kGy	11,63 ^a	12,506 ^a	12,355 ^a	12,631 ^a	12,713 ^a
Quitosana + 0,50 kGy	11,909 ^a	12,115 ^a	12,963 ^a	12,306 ^a	12,808 ^a
Quitosana + 0,75 kGy	11,486 ^a	12,286 ^a	12,010 ^a	11,884 ^a	13,434 ^b
Quitosana + 1,00 kGy	11,710 ^a	11,661 ^a	12,083 ^a	12,911 ^b	13,339 ^b

*Letras iguais na mesma linha representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.41: Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável Sólidos Solúveis (°Brix).

Tratamento	DAI	
	19	21
Térmico + 0,00 kGy	12,590 ^a	12,765 ^a
Térmico + 0,50 kGy	13,715 ^a	12,560 ^a
Térmico + 0,75kGy	12,213 ^a	12,491 ^a
Térmico + 1,00 kGy	12,740 ^a	12,739 ^a

*Letras iguais na mesma linha representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

O teor de açúcares é um importante atributo associado à qualidade dos frutos, cujo conteúdo e composição têm papel fundamental no sabor. No mamão papaia, a concentração de açúcares aumenta ligeiramente durante o desenvolvimento dos frutos e de forma brusca com o início do amadurecimento, ainda na árvore. Porém após a colheita este aumento da concentração é estabilizado uma vez que esta fruta tem como característica o baixo teor de amido, não ultrapassando 1% durante o seu desenvolvimento, e desta forma apresenta, após a colheita, baixos teores de amido para serem hidrolizados e serem transformados em açúcares. Portanto não é esperado um adoçamento na polpa da fruta com o seu amadurecimento (PAULL, 1996; COSTA e BALBINO, 2002).

Segundo Chan (1983), os sólidos solúveis totais na polpa do mamão variam entre 11,5 e 13,5°Brix. Os dados fornecidos por Paull (1993) são condizentes com os valores acima, e segundo o autor, no mamão papaia colhido no Havaí o valor mínimo para sólidos solúveis é de 11,5°Brix, com uma alteração total durante o amadurecimento de 1,5 a 2%, se a fruta tiver sido colhida no estágio em que a cor da casca inicia a sua alteração de cor do verde para o amarelo. De acordo com Costa e Balbino (2002), essa composição pode variar entre e até mesmo dentro da mesma cultivar ou, dependendo das condições climáticas, da fertilidade do solo, da época, do estágio de maturidade no momento da colheita e da região de cultivo do fruto. Dados fornecidos em www.gaiapapaya.com.br/Portugues/Golden_Sunrise.asp (2004) pelo produtor de mamão papaia que doou as frutas para o projeto, informam que o teor de açúcar das frutas cultivadas pela empresa na região varia entre 9 a 12°Brix.

Pela Figura 4.1.2.26 é possível perceber uma tendência, ainda que pequena, no aumento do teor de sólidos solúveis da polpa ao longo tempo. De acordo com as informações acima e com a análise estatística inferencial, em que não é possível chegar a nenhuma tendência específica em relação ao tratamento e as diferentes doses de irradiação, considera-se que os resultados são fisiologicamente iguais. Isto é, apesar das oito combinações de tratamento de irradiação terem sido considerados estatisticamente diferentes, os resultados estão dentro da faixa de variação esperada, e tais variações não causam nenhum distúrbio que atrapalhe o amadurecimento da fruta. Para concluir se este pequeno aumento no teor de sólidos solúveis ao longo tempo influenciou no sabor da fruta é necessário relacioná-lo com a acidez, o que será feita na análise da variável *ratio*.

Outros pesquisadores também encontraram estes resultados de que a irradiação não influenciou o teor de sólidos solúveis da fruta. Akamine e Moy (1983) reportaram que não

houve diferença significativa nos sólidos solúveis totais entre as frutas irradiadas (0,75 kGy e água quente) e o controle.

Miller e McDonald (1999) em estudos de irradiação de mamão papaia com dose de 0,6 kGy em diferentes estádios de maturação e temperaturas de refrigeração, não encontraram efeitos da irradiação no teor de sólidos solúveis.

Gómez e colaboradores (1999) concluíram ao comparar oito frutas irradiadas com outras oito não irradiadas que, quanto ao aspecto dos carboidratos, mamões papaia cv. Solo podem ser irradiados com 0,50 kGy, sem que seja afetado o adoçamento e o sabor dos frutos.

D'Inncenzo e Lajolo (2001) concluíram que a irradiação não alterou os sólidos solúveis de mamões papaia irradiados com 0,50 kGy.

Boylston *et al.* (2002) demonstraram que a irradiação, com dose de 0,75 kGy, não teve efeito significativo no teor de sólidos solúveis totais do mamão papaia, e que desta forma nenhuma diferença é esperada na doçura da fruta.

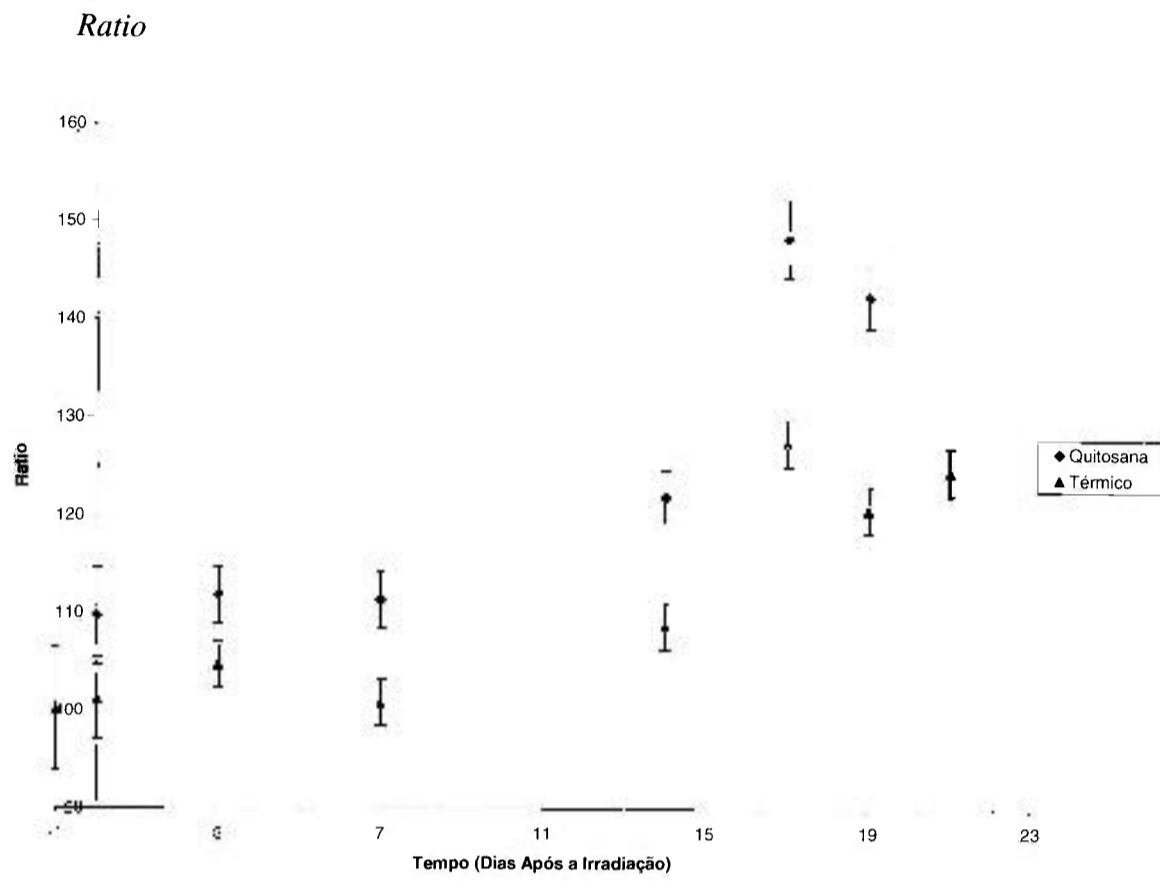


Figura 4.1.2.28: Médias de cada tratamento para a variável *ratio* em cada dia de análise.

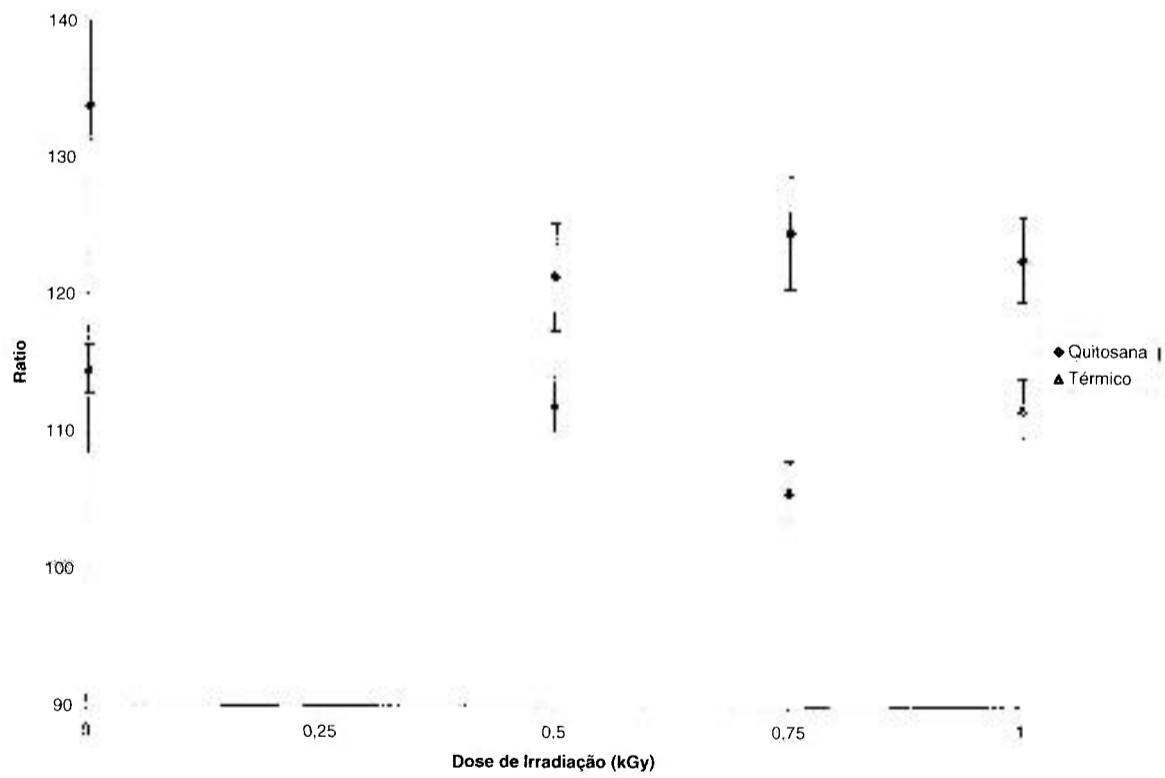


Figura 4.1.2.29: Médias de cada tratamento para a variável *ratio* em cada nível de irradiação.

Tabela 4.1.2.42: Análise variância para a variável *Ratio*.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Tratamento	1	17264	17264	94,20	0,000
Irradiação	3	4638	1546	8,44	0,000
Tempo	4	50897	12724	69,43	0,000
Tratamento * Irradiação	3	1914	638	3,48	0,016
Tratamento * Tempo	4	2633	658	3,59	0,007
Irradiação * Tempo	12	11203	934	5,09	0,000
Tratamento * Irradiação * Tempo	12	7937	661	3,61	0,000
Resíduo	280	51313	183		

Tabela 4.1.2.43: Análise de variância para o Tratamento Térmico da variável *Ratio* do 3° ao 21° DAI.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Irradiação	3	1873,5	624,5	4,54	0,004
Tempo	5	19587,4	3917,5	28,47	0,000
Irradiação * Tempo	15	8741,4	582,8	4,23	0,000
Resíduo	168	23118,2	137,6		

Tabela 4.1.2.44: Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise para a variável *Ratio*.

DAI	Tratamento	Nível de irradiação (kGy)			
		0,00	0,50	0,75	1,00
3	Térmico	108,39 ^a	97,33 ^a	99,58 ^a	113,84 ^a
	Quitosana	128,34 ^b	108,23 ^a	100,63 ^a	110,54 ^a
7	Térmico	91,30 ^a	101,61 ^a	104,26 ^a	106,60 ^a
	Quitosana	132,41 ^a	100,40 ^a	108,07 ^a	104,87 ^b
14	Térmico	123,93 ^c	109,73 ^b	89,78 ^a	111,40 ^b
	Quitosana	132,91 ^c	109,74 ^b	116,93 ^b	128,02 ^c
17	Térmico	134,46 ^a	125,17 ^a	122,57 ^a	127,15 ^a
	Quitosana	159,12 ^b	152,94 ^b	142,33 ^a	138,66 ^a
19	Térmico	120,25 ^a	126,14 ^a	121,33 ^a	114,57 ^a
	Quitosana	130,63 ^a	152,22 ^b	155,14 ^b	131,06 ^a
21	Térmico	124,67 ^a	137,74 ^a	117,61 ^a	117,74 ^a

*Letras iguais no mesmo dia representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.45: Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise da variável *Ratio*.

Tratamento	DAI				
	3	7	14	17	19
Térmico + 0,00 kGy	108,39 ^a	91,30 ^a	123,93 ^b	134,46 ^b	120,25 ^b
Térmico + 0,50 kGy	97,33 ^a	101,61 ^a	109,72 ^a	125,17 ^b	126,14 ^b
Térmico + 0,75kGy	99,58 ^a	104,26 ^a	89,78 ^a	122,57 ^b	121,33 ^b
Térmico + 1,00 kGy	113,84 ^a	106,60 ^a	111,4 ^a	127,15 ^a	114,57 ^a
Quitosana + 0,00 kGy	128,34 ^a	132,41 ^a	132,91 ^a	159,12 ^b	130,63 ^a
Quitosana + 0,50 kGy	108,23 ^a	100,40 ^a	109,74 ^a	152,94 ^b	152,22 ^b
Quitosana + 0,75 kGy	100,63 ^a	108,07 ^a	116,93 ^a	142,33 ^b	155,14 ^b
Quitosana + 1,00 kGy	110,54 ^a	104,87 ^a	128,02 ^b	138,66 ^b	131,06 ^b

*Letras iguais na mesma linha representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.46: Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável *Ratio*.

Tratamento	DAI	
	19	21
Térmico + 0,00 kGy	120,25 ^a	124,67 ^a
Térmico + 0,50 kGy	126,14 ^a	137,74 ^a
Térmico + 0,75kGy	121,33 ^a	117,61 ^a
Térmico + 1,00 kGy	114,57 ^a	117,74 ^a

*Letras iguais na mesma linha representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

O *ratio* é a razão entre os sólidos solúveis e a acidez. Esta razão determina se prevalece a doçura em relação à acidez, ou o contrário e desta forma, o sabor do fruto. Este parâmetro é muito utilizado comercialmente para determinar a maturação e a qualidade do fruto. No mamão papaia, conforme visto anteriormente nas discussões do teor de sólidos solúveis e da acidez titulável, a doçura prevalece sobre a acidez.

Para esta variável também é possível perceber um comportamento diferente do tratamento térmico em relação a quitosana, isto devido aos resultados obtidos para a acidez do fruto. As frutas tratadas com quitosana apresentaram valores do *ratio* maior, ou seja, uma fruta mais doce que as tratadas termicamente. Isto ocorreu por terem uma acidez menor.

Quanto aos níveis de irradiação, para o tratamento térmico apenas a dose de 0,75 kGy destoou das demais. Enquanto que para as frutas tratadas com quitosana a irradiação, resultou numa fruta com um valor de *ratio* menor e, portanto menos doce que a não irradiada. Este resultado também é decorrente daqueles obtidos para a acidez da fruta, uma vez que para os sólidos solúveis esta diferença entre os dois tratamentos não foi tão marcante.

É possível também perceber um aumento do *ratio* ao longo do tempo, como é ilustrado pela figura 4.1.2.28 e pela tabela 4.1.2.45. Este aumento é mais evidente que o ocorrido pelas variáveis que o compõe, pois ao dividir uma pela outra esta diferença é ressaltada. Conclui-se então, que a fruta tem o seu sabor mais doce ao final do amadurecimento e que apenas no tratamento quitosana foi possível identificar claramente a diferença entre as frutas irradiadas e não irradiadas, sendo a não irradiada mais doce que a irradiada.

Textura: Energia de Penetração

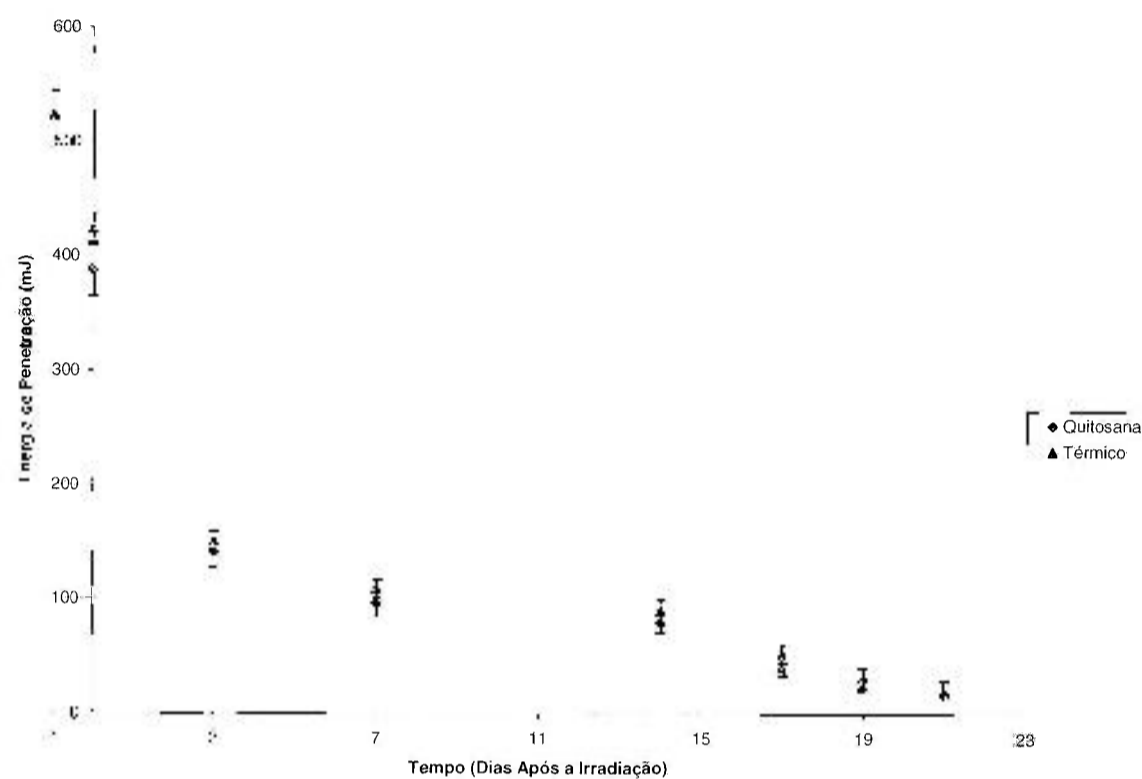


Figura 4.1.2.30: Médias de cada tratamento para a variável Energia de Penetração em cada dia de análise.

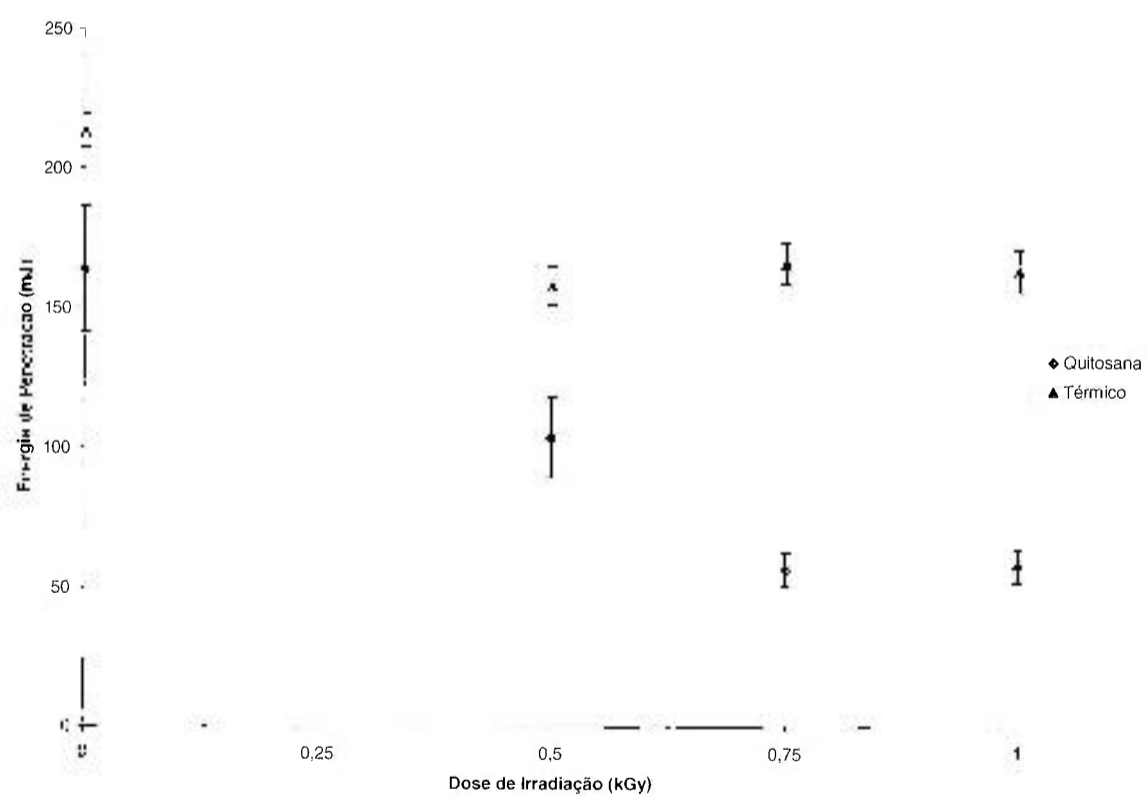


Figura 4.1.2.31: Médias de cada tratamento para a variável Energia de penetração em cada nível de irradiação.

Tabela 4.1.2.47: Análise variância para a variável Energia de Penetração.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Tratamento	1	14582	14582	7,67	0,006
Irradiação	3	186512	62171	32,72	0,000
Tempo	4	606927	151732	79,85	0,000
Tratamento * Irradiação	3	12888	4296	2,26	0,082
Tratamento * Tempo	4	776	194	0,10	0,982
Irradiação * Tempo	12	257671	21473	11,30	0,000
Tratamento * Irradiação * Tempo	12	19105	1592	0,84	0,611
Resíduo	280	532039	1900		

Tabela 4.1.2.48: Análise de variância para o Tratamento Térmico da variável Energia de Penetração do 3° ao 21° DAI.

	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Quadrado médio	F	Valor P
Irradiação	3	103765	34589	21,97	0,000
Tempo	5	445192	89038	56,56	0,000
Irradiação * Tempo	15	192112	12807	8,14	0,000
Resíduo	168	264492	1574		

Para a comparação das médias foi utilizado o método de Tukey com um coeficiente de confiança global de 95%, uma vez que o efeito de interação entre os três fatores: tempo, tratamento e irradiação, não foi significativo. O tratamento influenciou de forma global não havendo interação entre ele e o tempo e entre ele e a irradiação.

Tabela 4.1.2.49: Comparação das médias globais da variável Energia de Penetração (mJ) para os dois tratamentos.

	Tratamento	
	Térmico	Quitosana
Energia Penetração	88,92 ^a	75,42 ^b

*Letras iguais na mesma linha representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.50: Médias de cada tratamento em cada nível de irradiação para cada dia de análise para a variável Energia de Penetração (mJ).

DAI	Tratamento	Nível de irradiação (kGy)			
		0,00	0,50	0,75	1,00
3	Térmico	292,99 ^a	117,66 ^b	129,73 ^b	98,78 ^b
	Quitosana	244,07 ^a	107,26 ^b	114,51 ^b	98,10 ^b
7	Térmico	202,73 ^a	83,54 ^b	72,69 ^c	78,81 ^{b,c}
	Quitosana	143,85 ^a	115,36 ^b	59,91 ^c	67,70 ^{b,c}
14	Térmico	113,04 ^a	77,47 ^b	82,76 ^b	90,58 ^b
	Quitosana	122,28 ^a	77,47 ^b	56,79 ^b	58,33 ^b
17	Térmico	45,58 ^a	44,11 ^a	66,16 ^a	55,35 ^a
	Quitosana	23,22 ^a	58,06 ^a	33,04 ^a	39,33 ^a
19	Térmico	30,16 ^a	24,53 ^a	32,99 ^a	38,81 ^a
	Quitosana	18,82 ^a	25,36 ^a	18,88 ^a	26,09 ^a
21	Térmico	21,49 ^a	19,72 ^a	17,54 ^a	24,12 ^a

*Letras iguais na mesma linha representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.51: Comparação das médias duas a duas nos tempos subseqüentes de cada tratamento em cada nível de irradiação da variável Energia de Penetração (mJ).

Dose de Irradiação	DAI 3		DAI 7		DAI 14		DAI 17		DAI 19	
	3	7	7	14	14	17	17	19	19	19
Térmico + 0,00 kGy	292,99 ^a	202,73 ^b	202,73 ^a	113,04 ^a	113,04 ^a	45,58 ^b	45,58 ^a	30,16 ^a	30,16 ^a	30,16 ^a
Térmico + 0,50 kGy	117,66 ^a	83,54 ^a	83,54 ^a	77,47 ^a	77,47 ^a	44,11 ^b	44,11 ^a	24,53 ^b	24,53 ^b	24,53 ^b
Térmico + 0,75kGy	129,73 ^a	72,69 ^b	72,69 ^a	82,76 ^a	82,76 ^a	66,16 ^b	66,16 ^a	32,99 ^b	32,99 ^b	32,99 ^b
Térmico + 1,00 kGy	98,78 ^a	78,81 ^a	78,81 ^a	90,58 ^a	90,58 ^a	55,35 ^b	55,35 ^a	38,81 ^b	38,81 ^b	38,81 ^b
Quitosana + 0,00 kGy	244,07 ^a	143,85 ^b	143,85 ^a	122,28 ^a	122,28 ^a	23,22 ^b	23,22 ^a	18,82 ^a	18,82 ^a	18,82 ^a
Quitosana + 0,50 kGy	107,26 ^a	115,36 ^a	115,36 ^a	77,47 ^a	77,47 ^a	58,06 ^b	58,06 ^a	25,36 ^b	25,36 ^b	25,36 ^b
Quitosana + 0,75 kGy	114,51 ^a	59,91 ^b	59,91 ^b	56,79 ^b	56,79 ^b	33,04 ^c	33,04 ^c	18,88 ^d	18,88 ^d	18,88 ^d
Quitosana + 1,00 kGy	98,10 ^a	67,70 ^a	67,70 ^a	58,33 ^a	58,33 ^a	39,33 ^b	39,33 ^a	26,09 ^b	26,09 ^b	26,09 ^b

*Letras iguais nos pares de dias comparados representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

Tabela 4.1.2.52: Comparação das médias dos tempos 19 e 21 DAI para o tratamento térmico em cada nível de irradiação da variável Energia de Penetração (mJ).

Tratamento	DAI	
	19	21
Térmico + 0,00 kGy	30,16 ^a	21,49 ^a
Térmico + 0,50 kGy	24,53 ^a	19,72 ^a
Térmico + 0,75kGy	32,99 ^a	17,54 ^b
Térmico + 1,00 kGy	38,81 ^a	24,12 ^b

*Letras iguais nos pares de dias comparados representam médias estaticamente iguais ao nível de 95% de confiança

A Tabela 4.2.1.49, que ilustra a comparação entre as médias dos dois tratamentos, mostra que a média da variável Energia de penetração é maior para o tratamento térmico, e com isto supõe-se que apesar do tratamento térmico a fruta se manteve mais consistente que as tratadas com quitosana.

As tabelas de comparação de média entre os tratamentos e os dias de análise mostram que nos tempos 3, 7 e 14 DAI, a média da variável Energia de penetração para os níveis de Irradiação 0,50 kGy, 0,75 kGy e 1,00 kGy é menor do que no nível de Irradiação 0,00 kGy. Pela Figura 4.1.2.30, nota-se que a média da variável Energia de penetração decresce em função do tempo. Entre os tempos 0 DAI e 3 DAI houve o transporte até o irradiador, que não foi feita de maneira apropriada uma vez que utilizou-se caixas não adequadas ao empilhamento que pode ter causado danos físicos no fruto, justificando este decréscimo brusco no valor da energia de penetração após o transporte. De qualquer forma era esperado um decréscimo desta variável ao longo do tempo, uma vez que valores menores de energia de penetração indicam uma fruta mais mole e portando mais madura. Condizendo com os resultados obtidos para a cor da casca, através da tabela 4.1.2.50 é possível perceber uma aceleração na velocidade de amadurecimento dos frutos tratados por irradiação no início do armazenamento.

Quanto a análise do tratamento térmico para os níveis de Irradiação 0,00 kGy e 0,50 kGy não há diferença entre os tempos 19 e 21 DAI. Já para os níveis de Irradiação 0,75 e 1,00 kGy as médias são menores no tempo 21 DAI. Exatamente igual ao que ocorreu com a variável *Hue* - casca (Tabela 4.1.2.7), esta diferença entre os tempos 19 e 21 DAI indicam uma continuidade no amadurecimento nas doses de 0,75 kGy e 1,00 kGy, chegando a mesma situação dos níveis de irradiação de 0,00 kGy e 0,50 kGy, uma vez que a Tabela 4.2.1.50 mostra que no tempo 21 DAI não há diferença entre os níveis de Irradiação.

Com base nas discussões acima se supõe, igual ao ocorrido com a cor da casca, um aceleramento seguido de um retardo no amadurecimento nas frutas irradiadas com 0,75 kGy e 1,00 kGy em relação às frutas controle (0,00 kGy) e as irradiadas com 0,50 kGy.

As informações que seguem são necessárias para compreender como a irradiação pode ter afetado o amolecimento da fruta.

O amaciamento do mamão, mudança na textura do fruto de firme para macia, durante o amadurecimento, é atribuído à ação de pectinases (enzimas que degradam a pectina) presentes na parede celular, com ênfase especial a atividade da poligalacturonase. A atividade da poligalacturonase em mamão aumenta com o seu amadurecimento, sendo maior na porção

interna, decrescendo daí até o epicarpo. A desmetoxilação enzimática e a despolimerização da protopectina forma um polímero de peso molecular menor com menos grupos metoxil os quais são insuficientes para manter a firmeza da fruta (ARRIOLA et al., 1980; PAULL, 1993; COSTA e BALBINO, 2002).

Wills *et al.* (1989), explicam como ocorre este mecanismo. Segundo ele, a quebra dos polímeros de carboidratos, especialmente das substâncias pécticas e das hemiceluloses, enfraquece a parede celular e as forças de ligação que mantêm as células unidas. Durante o amadurecimento a protopectina é gradualmente quebrada em frações de pesos moleculares menores, as quais são mais solúveis em água. A taxa de degradação das substâncias pécticas esta diretamente relacionada com a taxa de amolecimento da fruta. A pectina, por ser um carboidrato, tem sua estrutura facilmente alterada pela irradiação. E desta forma justifica-se o fato de logo após a irradiação, a fruta ter se apresentado mais mole, com uma energia de penetração menor.

Awad (1993), explica melhor como pode ser que ocorram estas alterações. O amolecimento do fruto submetido à irradiação se deve, em parte, à despolimerização e solubilização de pectinas e de celulose da lamela média e da parede celular, provocada pelos radicais livres. O amolecimento se deve também à perda da turgescência resultante do dano provocado nas membranas celulares pela peroxidação de lipídios e alteração de sua funcionalidade. Para este mesmo autor a irradiação de frutos pode, em certos casos, provocar um aumento rápido da respiração e da produção de etileno (devido ao estresse) e assim a aceleração da maturação do fruto (AWAD, 1993).

A forma com que esta situação se inverte ao longo do tempo e as frutas irradiadas com doses maiores passam a ter uma textura mais firme que as não irradiadas ou que as irradiadas com uma dose menor (0,50 kGy), não foi explicada em trabalho algum uma vez que a maioria dos trabalhos apresentam apenas o resultado final dos testes.

Akamine e Wong (1966) *apud*. Thomas (1986) num estudo onde testaram diversas doses de radiação em frutas colhidas em diferentes pontos de maturação encontraram que uma dose de 0,75 kGy foi eficiente para retardar o amolecimento em dois dias.

Moy (1977) reportou que a textura da papaia (variedade Solo) permaneceu firme por mais tempo quando tratada na faixa de dose de 0,25 kGy a 1,00 kGy, sendo que a dose 0,75 kGy teve o melhor efeito.

Zhao *et al.* (1996) encontraram que a irradiação de frutas com coloração amarela na casca entre 25-30% na faixa de dose de 0,50 a 1,00 kGy resultou numa textura mais firme no estágio de maturação completo por mais dois dias que a fruta não irradiada, isto devido a redução de despolimerização de substâncias pécticas. A retenção da firmeza também foi apresentada por Moy *et al.* (1973) *apud* Miller e McDonald (1999), onde relataram que a polpa da fruta irradiada permanece mais firme por um período maior do que a não irradiada mesmo a cor da casca e da polpa tendo alterado normalmente.

D'Inncenzo e Lajolo (2001) concluíram que baixa dose de irradiação (0,50 kGy) é capaz de retardar a perda de firmeza do mamão papaia por dois dias. Para os autores o mecanismo de manutenção da firmeza não parece ser um efeito direto da irradiação em polissacarídeos, mas possivelmente ser devido à retardo do amadurecimento induzido por alterações na atividade das enzimas poligalacturanase, pectinametilesterase, β -galactosidase e da celulase responsáveis pela solubilização e quebras em cadeias menores das moléculas responsáveis pela estrutura da fruta.

Para Pimentel (2001) a irradiação na dose de 0,75 kGy provocou manutenção da firmeza da polpa dos mamões na medida que amadureciam, o que também foi percebida por provadores na análise sensorial, confirmando os resultados das análises físicas.

Porém Miller e McDonald (1999) constaram que quando armazenada a 10°C a firmeza da fruta não irradiada se mostrou maior que a da irradiada.

Para Boylston (2002) em um estudo sobre a irradiação de mamão papaia com raios X na dose de 0,75 kGy, as frutas irradiadas estavam mais moles que as não irradiadas, durante o período de armazenamento, conforme foi determinado por análises físicas e sensoriais.

Baseados no efeito da irradiação na textura final da fruta, a irradiação nas doses de 0,75 kGy e 1,00 kGy parece inibir o amadurecimento.

Modelo Preditivo

A variável energia de penetração, para as frutas tratadas termicamente foi a única em que foi possível elaborar um modelo preditivo de seu comportamento em relação à dose e ao tempo. Para todas as outras variáveis os modelos desenvolvidos apresentaram um coeficiente de correlação muito baixo, o que significa que não estavam expressando de maneira real o comportamento da variável em relação a estes dois fatores.

Com este modelo é possível prever o desempenho da variável energia de penetração em qualquer dose e dia, dentro do intervalo de dados estudado.

Segue o modelo e gráfico que melhor ajustou os dados para a variável energia de penetração:

$$Energia (mJ) = (415,831 - 21,2002 * Tempo - 347,218 * Dose + 19,9389 * Tempo * Dose) \pm 40,300$$

$$r^2 = 79,6984$$

$$0,00 \leq Dose(kGy) \leq 1,00$$

$$-1 \leq Tempo(Dias) \leq 21$$

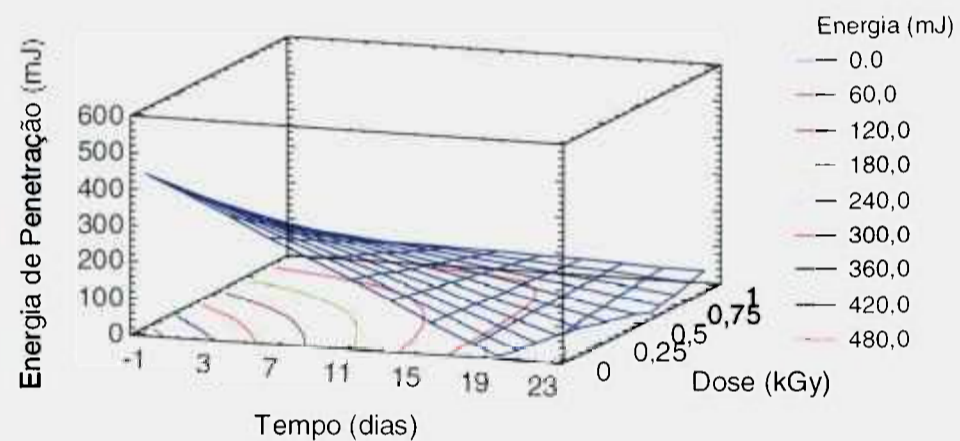


Figura 4.1.2.32: Modelo Preditivo para a variável Energia de Penetração.

Tabela 4.1.2.53: Valores para a Energia de penetração (mJ) gerados a partir do modelo desenvolvido

Dose de Irradiação (kGy)	Tempo (dias)								
	1	3	7	14	17	18	19	20	21
0,00	394,63	352,23	267,43	119,03	55,43	34,23	13,03	---	---
0,50	230,99	208,53	163,61	84,99	51,30	40,07	28,84	17,61	6,38
0,75	149,17	136,68	111,70	67,97	49,24	42,98	36,74	30,50	24,25
1,00	67,35	64,83	59,78	50,95	47,17	45,91	44,65	43,39	42,13

Através da tabela acima é possível identificar que apesar do resultado final ter sido favorável a irradiação, uma vez que a partir do dia 18 a situação se inverte e as frutas que foram irradiadas passam a ter uma textura mais firme que as não irradiadas, não se pode desconsiderar o fato de que no início a diferença entre as frutas irradiadas e as não irradiadas era muito maior que no final do amadurecimento da fruta. Este amolecimento da fruta no início é prejudicial a ela uma vez que a irradiação é feita antes de todo o período de transporte. O amolecimento da fruta pode ocasionar danos mecânicos facilitando a sua contaminação por microrganismos caso o transporte não seja feito de forma cuidadosa.

4.1.3) Considerações finais da 1ª Etapa da Parte experimental

Considerando a mudança de cor na casca do fruto, transformação esta que melhor representa o amadurecimento da fruta para o consumidor pode-se afirmar que a irradiação, nas doses de 0,75 kGy e 1,00 kGy, causou um retardo no amadurecimento de 2 dias. Esta afirmação é validada pela análise estatística apresentada para as variáveis *Hue* e *Croma* da casca, em que se pode observar uma continuação do amadurecimento do tempo 19 DAI para o tempo 21 DAI.

A segunda variável que melhor caracteriza o amadurecimento da fruta, a energia de penetração, também teve um resultado satisfatório se considerarmos apenas o final do amadurecimento, e para que este resultado seja de fato um benefício à fruta é necessário um transporte cuidadoso. Para esta variável também foi possível identificar a continuidade do amadurecimento entre os tempos 19 e 21 DAI nas doses de 0,75 kGy e 1,00 kGy.

A dose de 1,00 kGy encontrava-se num estágio de maturação menor que as demais frutas no tempo 19 DAI uma vez que apresentava valores menores para a variável *Hue* (quanto menor o valor de *Hue* mais verde está a fruta) e maiores para a energia de penetração (quanto maior a energia necessária para penetrar mais dura está a fruta)

A cor da polpa não foi influenciada pela irradiação, as transformações significativas ocorreram ao longo do tempo e foram decorrentes do próprio processo de amadurecimento da fruta.

Para a variável sólidos solúveis foi identificado um ligeiro aumento ao longo do tempo, porém não se estabeleceu nenhuma tendência marcante em relação ao tratamento e à irradiação. O pH, de maneira geral, aumentou ao longo do tempo e pôde se estabelecer que as frutas tratadas termicamente apresentaram valores menores que as tratadas com quitosana. Quanto à irradiação para esta variável concluiu-se que o aumento da dose fez com que seu valor diminuísse. Para a variável acidez titulável pouco se pôde discutir em relação ao tratamento e as doses de irradiação uma vez que a sua variação foi mínima. Para o *ratio*, variável que compõe o sabor da fruta, identificou-se um aumento ao longo do tempo, mostrando que o amadurecimento tornou a fruta mais doce, e que as variações quanto aos tratamentos foi decorrente desta diferença na variável acidez. A irradiação pareceu pouco influenciar o *ratio* da fruta para o tratamento térmico sendo que para as frutas tratadas com quitosana a irradiação tornou a fruta menos doce.

4.2) Parte Experimental: Etapa II

Os resultados desta etapa serão discutidos em relação aos parâmetros analisados: incidência de fungos, retardo no amadurecimento e perda de massa. Podendo desta forma estabelecer uma comparação quanto a eficiência dos tratamentos testados nesta etapa.

Perda de massa

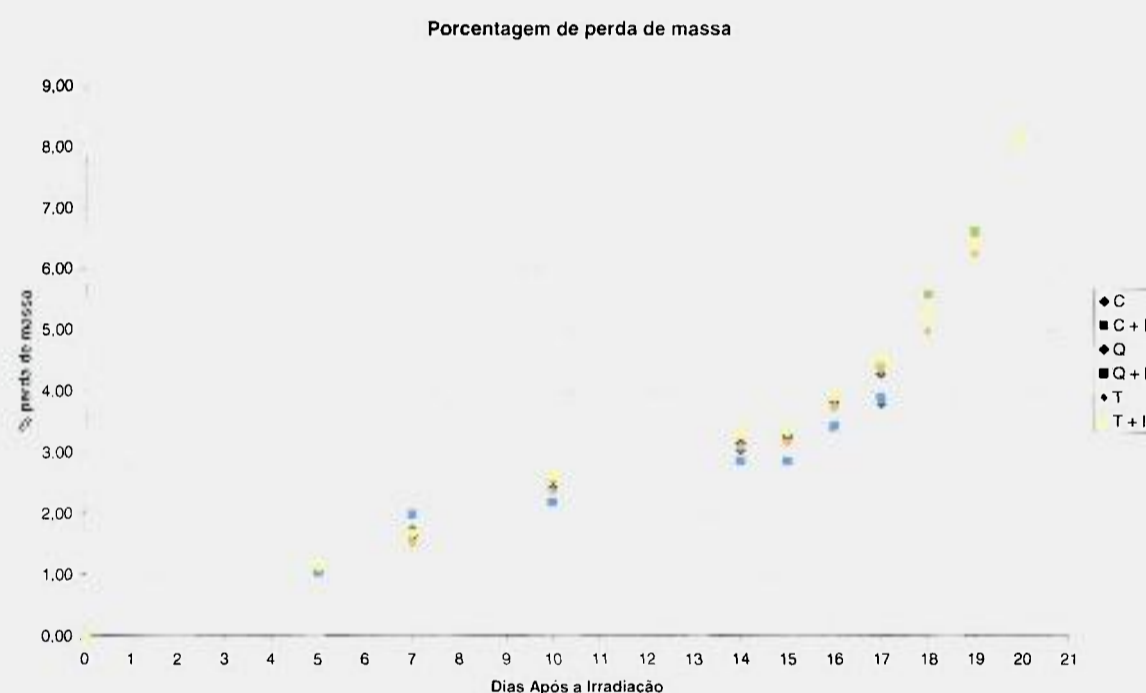


Figura 4.2.1: Porcentagem de perda de massa para os quatro tratamentos ao longo do tempo

Ao observar a Figura 4.2.1 acima se pode perceber uma tendência comum entre os frutos das seis combinações testadas (C: controle, C+I: controle + irradiação, Q: quitosana, Q+I: quitosana + irradiação, T: térmico e T+I: térmico + irradiação). A perda de massa aumentou ao longo do tempo, porém em nenhum dos tratamentos testados esta perda foi superior a 10%. Observa-se também que a partir do 15º dia após a irradiação, quando as frutas passaram para a temperatura de 25°C, a inclinação da curva aumentou, indicando uma taxa de perda de massa maior.

Conforme vimos anteriormente esta perda de massa é esperada devido a quebra da estrutura do látex presente na casca do fruto e pela eliminação de substâncias voláteis que são sintetizadas ao longo do amadurecimento.

Incidência de fungos

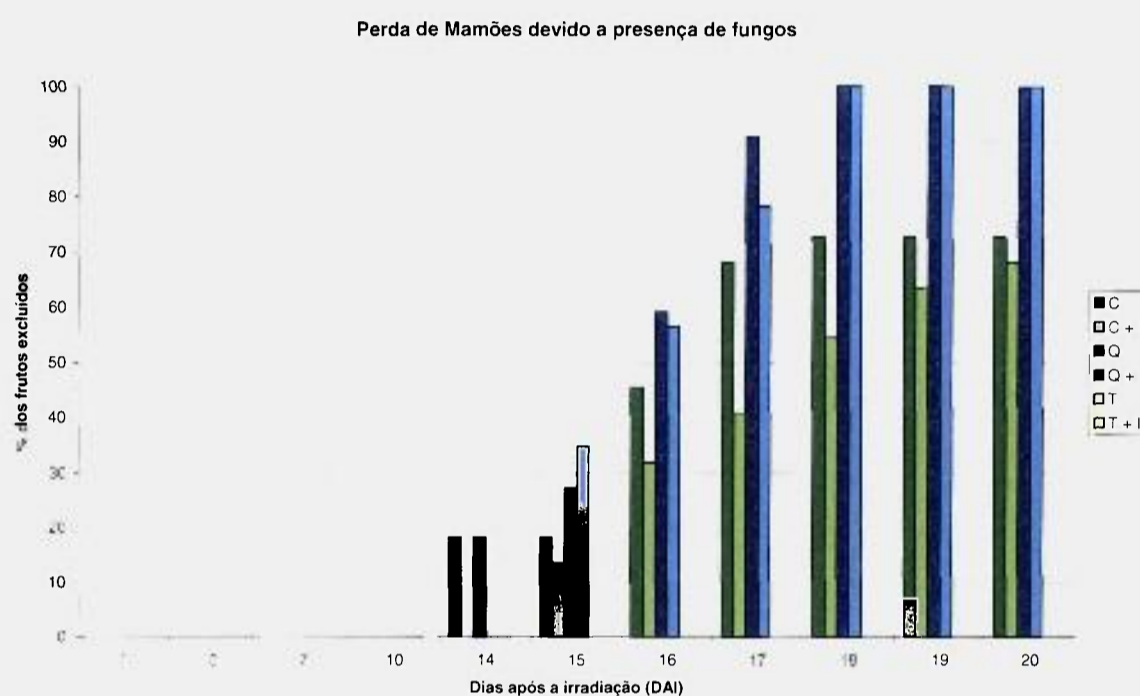


Figura 4.2.2: Porcentagem de frutos excluídos devido a presença de fungos para os quatro tratamentos ao longo do tempo

De acordo com a Figura 4.2.2 acima se pode concluir que os resultados obtidos nesta etapa confirmam os obtidos na etapa anterior, ou seja, que a quitosana favoreceu o aparecimento de fungos. A afirmação de que a quitosana proporcionou o desenvolvimento de fungos é clara, uma vez que a incidência de fungos nos frutos tratados com quitosana foi maior, 30 % a mais em média, que no controle.

Mesmo aumentando a concentração da quitosana para 3% e retirando o componente tensoativo, que por ter características hidrofílicas poderia ter aumentado a umidade na superfície dos frutos e assim propiciado o desenvolvimento de fungos, a quitosana, nas condições aqui testadas, não é eficiente no controle de fungos no mamão.

A hipótese formulada anteriormente de que o fato da quitosana formar um filme a base de polissacarídeos com características hidrofílicas e desta forma propiciar o desenvolvimento de fungos é a que melhor explica o porquê dos frutos tratados com quitosana terem tido uma incidência maior de fungos que os frutos controle. A outra hipótese formulada na Etapa I da parte experimental, de que ao formar o filme e os íons deixam de ter mobilidade e assim perdem a ação sobre os microorganismos também pode ter colaborado para este resultado, contudo outros estudos, como o de Baños *et al.* (2003), verificaram a eficiência da quitosana

aplicada na forma de filme em mamão papaia. Porém o estudo mencionado não informa a umidade relativa do ambiente onde foram armazenadas as frutas, e talvez por estarem em um ambiente com umidade relativa menor do que a de 80% utilizada neste estudo, não tenha incorporado no filme a água presente no ambiente.

Tanto no caso dos frutos controle (sem tratamento térmico e sem quitosana) e irradiados quanto nos frutos tratados com quitosana e depois irradiados o descarte de frutas devido a presença de fungos ocorreu a partir do 15º dia, quando foram passados para a temperatura de 25 °C. As frutas controle e quitosana, sem terem sido irradiadas, tiveram frutas descartadas devido a incidência um dia antes do que as irradiadas. Nas frutas controle a diferença entre as irradiadas e não irradiadas foi maior do que nas tratadas com quitosana. Nesta segunda etapa, ao contrário do que observado para esta variável na etapa anterior, principalmente no controle, a irradiação retardou o aparecimento de fungos. Porém, a porcentagem final de mamões que não chegaram ao seu estágio final de maturação e que foram descartados devido aos fungos foi similar dentro dos tratamentos controle e quitosana não importando se a fruta foi irradiada ou não.

O tratamento térmico se mostrou novamente eficiente para esta finalidade, uma vez que não teve nenhum fruto descartado devido a presença de mais de 10% fungos na casca.

Retardo no amadurecimento

Segue nas próximas páginas gráficos que ilustram o amadurecimento dos frutos de cada tratamento, mostrando a porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em cada dia de análise.

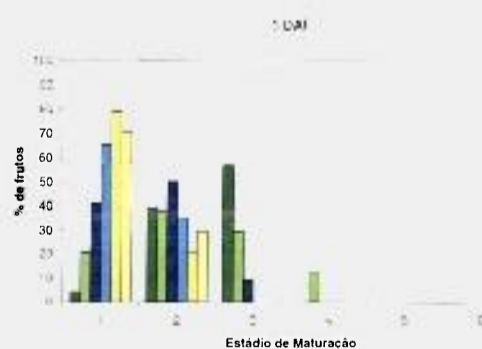


Figura 4.2.3. Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 1º DAI

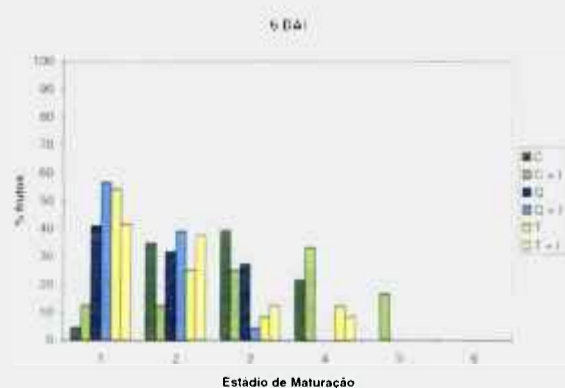


Figura 4.2.4. Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 5º DAI

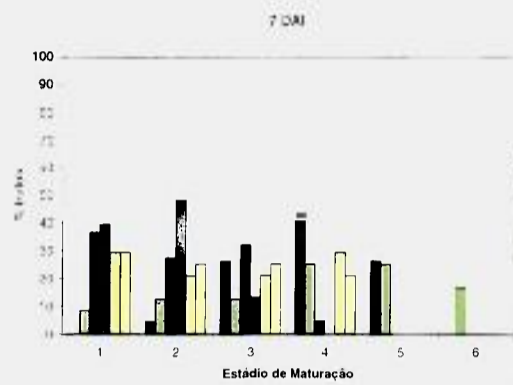


Figura 4.2.5: Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 7º DAI

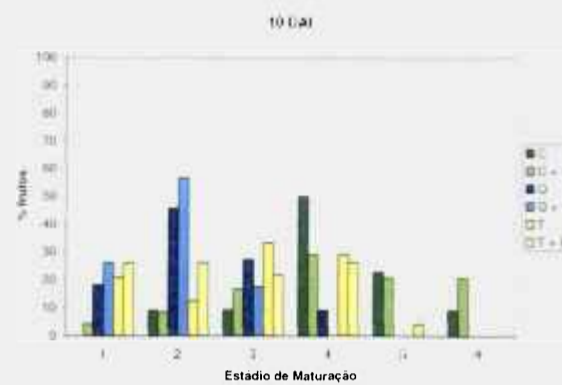


Figura 4.2.6: Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 10º DAI

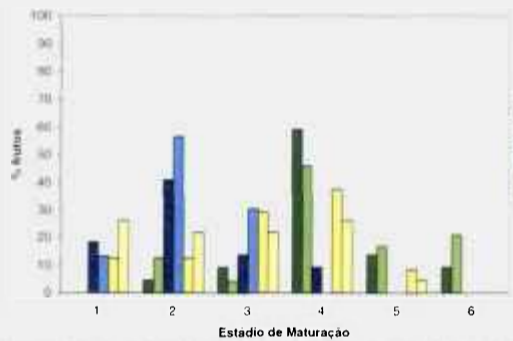


Figura 4.2.7: Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 14º DAI

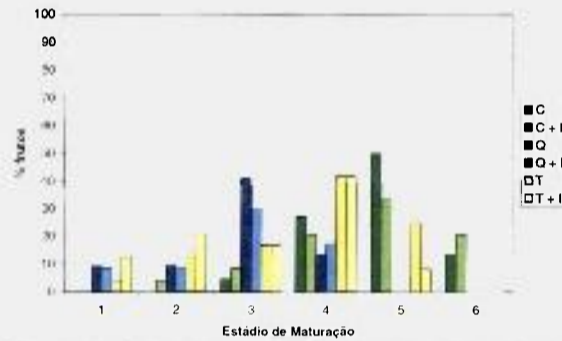


Figura 4.2.8: Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 15º DAI

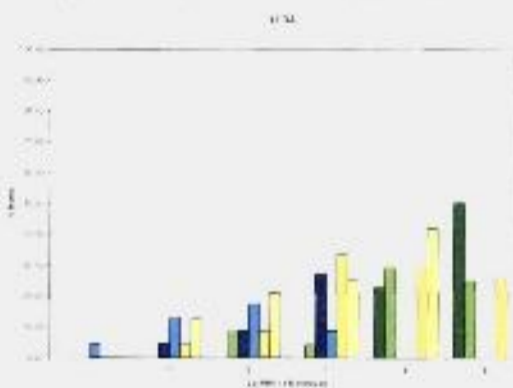


Figura 4.2.9: Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 16º DAI

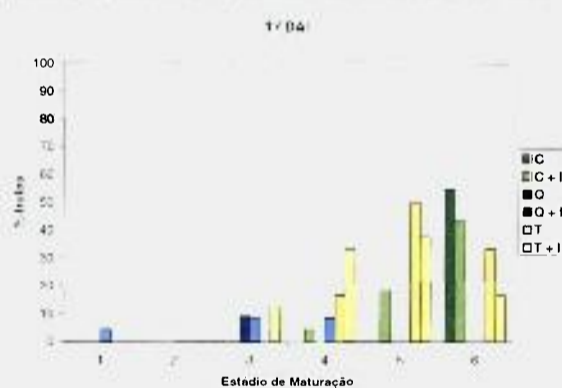


Figura 4.2.10: Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 17º DAI

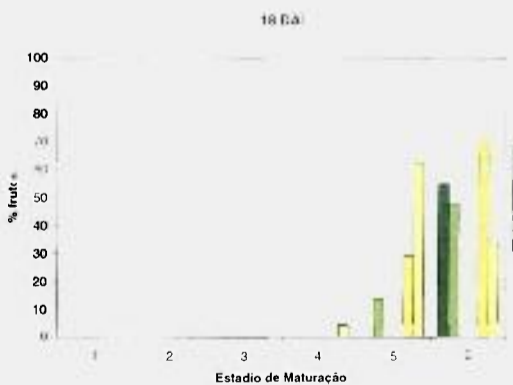


Figura 4.2.11: Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 18º DAI

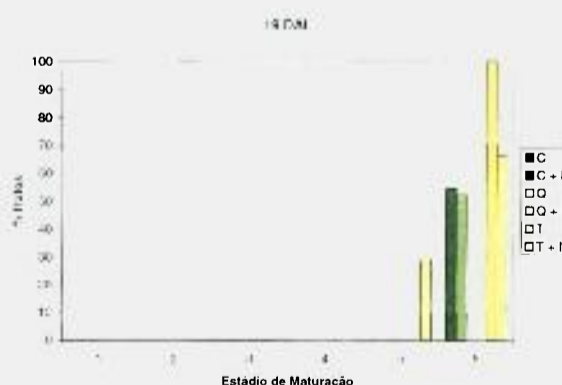


Figura 4.2.12: Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 19º DAI

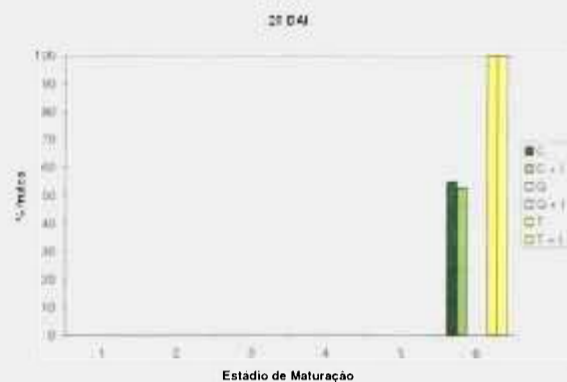


Figura 4.2.13. Porcentagem de frutos em cada estágio de maturação em relação a cada tratamento no 20º DAI

Pode-se observar um certo retardo no amadurecimento dos frutos tratados com quitosana em relação ao controle e ao tratamento térmico. A Figura 4.2.6 mostra bem esta diferença, o controle tem 9,09% dos frutos nos estádios de maturação 1 e 2, o controle irradiado tem 12,5%, o térmico tem 33,33% e o térmico irradiado tem 52,18% nestes dois primeiros estádios de maturação, enquanto que as frutas tratadas com quitosana tem 63,63% e as tratadas com quitosana e depois irradiadas tem 82,61%. Esta diferença também pode ser percebida na Figura seguinte 4.2.7: considerando os dois primeiros estádios de maturação, o controle tem 4,55%, o controle irradiado tem 12,50%, o térmico tem 25%, o térmico irradiado tem 47,83% enquanto que as frutas tratadas com quitosana tem 59,09% e as tratadas com quitosana e depois irradiadas tem 69,56%. Porém devido a grande incidência de fungos nenhum dos frutos tratado com quitosana chegou ao amadurecimento completo, o máximo que conseguiram se desenvolver foi até o 4º estágio de maturação. Ao aumentar a concentração de quitosana pode-se ter dificultado a troca de gases entre a fruta e o ambiente. Não é possível afirmar se o que ocorreu foi um retardo no amadurecimento, que se não houvesse a incidência de fungos os frutos amadureceriam normalmente, ou se a formação de um filme mais espesso atrapalhou a respiração da fruta impedindo um amadurecimento normal.

O tratamento térmico também influenciou no amadurecimento. Tal afirmação pode ser observada em praticamente todos os gráficos apresentados para o acompanhamento do estágio de maturação dos frutos. Os frutos tratados termicamente apresentaram sempre uma porcentagem maior de frutos mais verdes, num estágio de maturação menor, que os frutos controle. No 16º dia após a irradiação, 50% dos frutos controle já se apresentavam no ponto de consumo (estádio de maturação 6). Os frutos tratados termicamente apresentaram esta

mesma porcentagem de frutos neste estágio de maturação entre o 17º (33,33%) e 18º (70,00%) dias após a irradiação.

Fazendo agora uma análise em relação à irradiação. Aqui serão analisadas apenas as frutas tratadas termicamente, pois uma vez considerando que a irradiação é procedimento necessário apenas para a exportação de frutas, e o tratamento térmico foi o único capaz de conter o desenvolvimento de fungos, e assim é o único que satisfaz as condições necessárias para exportação. Se considerarmos até o 15º dia após a irradiação, que seria o período de transporte a 10°C, a irradiação tem uma influência grande, a fruta chegaria no país de destino com 50% das frutas nos estágios de maturação 1, 2 e 3. As frutas tratadas termicamente mas não irradiadas chegariam no destino com 33,34% das frutas nestas condições e outros 25% deste lote já estariam no estágio 5 de maturação. As frutas que sofreram tratamento térmico e depois irradiadas apresentariam apenas 8,33% das frutas neste estágio de maturação. Esta diferença entre as frutas irradiadas e as não irradiadas permanece após a alteração da temperatura de armazenamento de 10°C para 25°C, como pode ser observado pelos gráficos. Já no 16º dia após a irradiação 25% das frutas apenas tratadas termicamente apresentavam-se no ponto de consumo. As frutas irradiadas foram atingir esta porcentagem entre os dias 17º (16,67%) e 18º (33,33%). No 18º dia após a irradiação, as frutas que não foram irradiadas apresentavam mais que o dobro de frutas no ponto de consumo (70,83%) que as frutas irradiadas (33,33%). Esta diferença diminuiu no 19º dia, quando 100% das frutas não irradiadas atingiram o seu estágio final de maturação. No dia seguinte as frutas tratadas termicamente e irradiadas completaram o seu amadurecimento.

Conclui-se então que, do ponto de vista da coloração da casca, o tratamento com irradiação nas frutas tratadas termicamente resultou num retardo no amadurecimento de aproximadamente 1 dia e meio, ou seja, aproximadamente 36 horas.

4.3) Parte Experimental: Etapa III

Teste Triangular

Trinta e três provadores realizaram o teste diferença triangular (15 do sexo masculino e 18 do feminino). Dos trinta e três provadores, dezenove provadores acertaram qual era a amostra diferente entre as três apresentadas. De acordo com a tabela para o teste de diferença apresentada em O'Mahony (1986), em que se estabelece o número mínimo de respostas corretas para estabelecer significância em vários níveis de probabilidade para o teste triangular, as amostras irradiadas e não irradiadas são significativamente diferentes ao nível de 1% de significância.

Entre os provadores que acertaram qual a amostra diferente, 68,42% apresentaram como justificativa o fato das amostras irradiadas estarem mais doce. Apenas um provador (5,26%) entre os que identificaram a amostra correta, apontou a fruta irradiada como sendo menos doce. Estes resultados diferem do obtido nas análises químicas, em que não se pôde estabelecer uma tendência para o tratamento térmico entre as amostras irradiadas e não irradiadas quanto ao *ratio*, variável esta responsável pelo sabor da fruta.

Entre os provadores que acertaram qual a amostra diferente, 21,05% apresentaram como justificativa a consistência da fruta, sendo que 15,79% afirmaram a fruta irradiada estar mais firme que a não irradiada. Este resultado é condizente com os resultados das análises de energia de penetração da primeira etapa da parte experimental, em que as frutas irradiadas com 0,75 kGy e 1,00 kGy apresentavam-se mais firmes no final do amadurecimento que as irradiadas com 0,50 kGy e que as frutas controle.

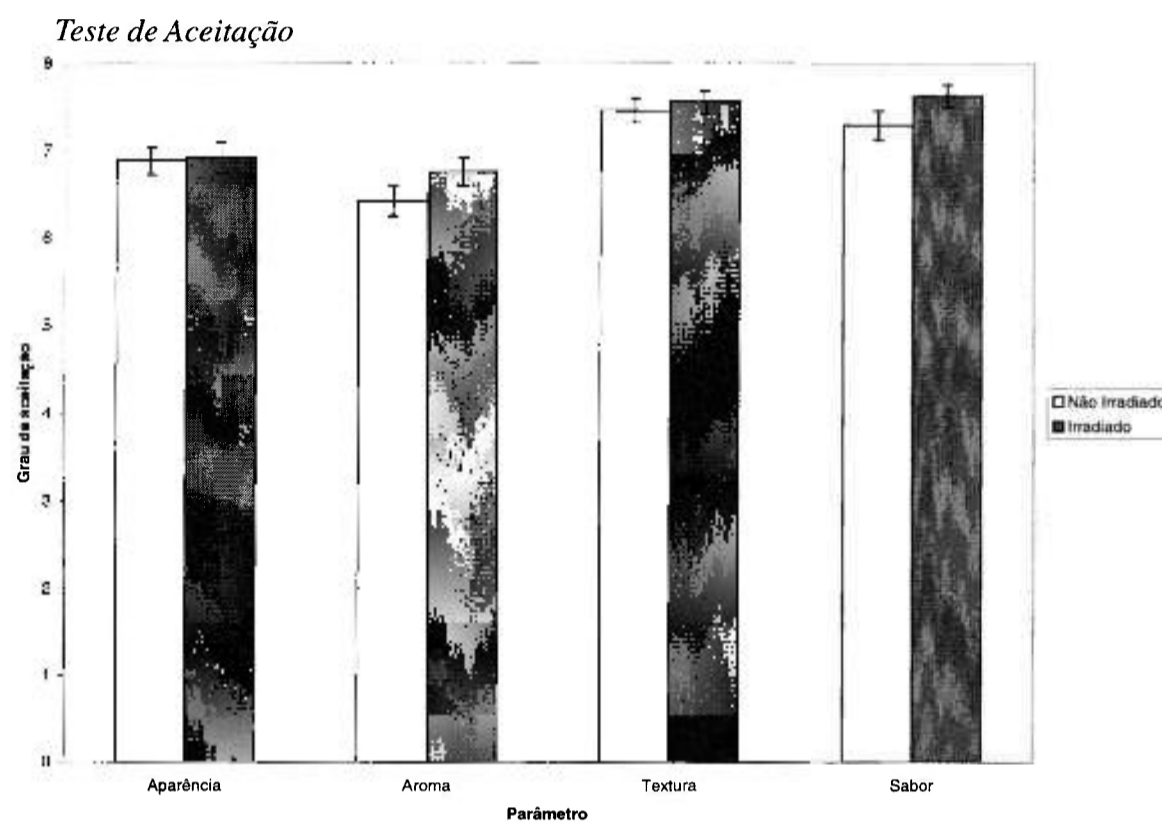


Figura 4.3.1: Médias do Grau de Aceitação das Frutas Irradiadas e Não Irradiadas Para os Quatro Parâmetros Analisados (1: Desgostei muitíssimo, 2: Desgostei muito, 3: Desgostei moderadamente, 4: Desgostei ligeiramente, 5: Nem gostei nem desgostei, 6: gostei ligeiramente, 7: Gostei moderadamente, 8: Gostei muito, 9: Gostei muitíssimo); $p=0,05$.

Sessenta e nove provadores realizaram o teste de aceitação e intenção de compra das frutas irradiadas e não irradiadas.

Para os quatro parâmetros analisados: aparência, aroma, textura e sabor, não foi possível estabelecer diferença entre o grau de aceitação das frutas irradiadas e das não irradiadas ao nível de 5% de significância, conforme ilustrado na figura 4.3.1.

Com este resultado, conclui-se que a diferença estabelecida no teste triangular não foi suficiente para influenciar na aceitação do produto.

Boylston (2002) demonstrou em seu estudo que a irradiação de papaias através de raios X não causou alterações significantes na qualidade química e nos nutrientes e alterações mínimas na qualidade sensorial quando comparada com o controle.

Os autores Brunh e Noell (1987) avaliaram a resposta de consumidores à irradiação de mamões vindos do Havaí, uma vez que tal procedimento é aprovado pelo FDA. Tal pesquisa é de extrema importância posto que, uma vez a eficácia tendo sido comprovada, a aceitação do consumidor em relação ao alimento irradiado é o principal fator no sucesso da adoção desta tecnologia. Como resultado desta pesquisa em duas cidades diferentes da Califórnia os

autores apresentam que a maioria dos consumidores das duas lojas preferiu a aparência da fruta irradiada. Em uma das lojas a maioria preferiu a fruta irradiada também pelo seu sabor, enquanto que na outra loja os consumidores estavam indiferentes quanto ao sabor da fruta irradiada e da não irradiada. Para estes autores, o fato da superioridade da aparência da fruta irradiada pode ter um impacto positivo no potencial de compra do produto, tendo em vista que o principal critério de avaliação do consumidor no momento da compra é a aparência.

Teste Intenção de Compra

Para que fosse possível melhor interpretar os resultados segue uma caracterização do grupo de provedores quanto a idade e escolaridade.



Figura 4.3.2: Nível de escolaridade dos provedores

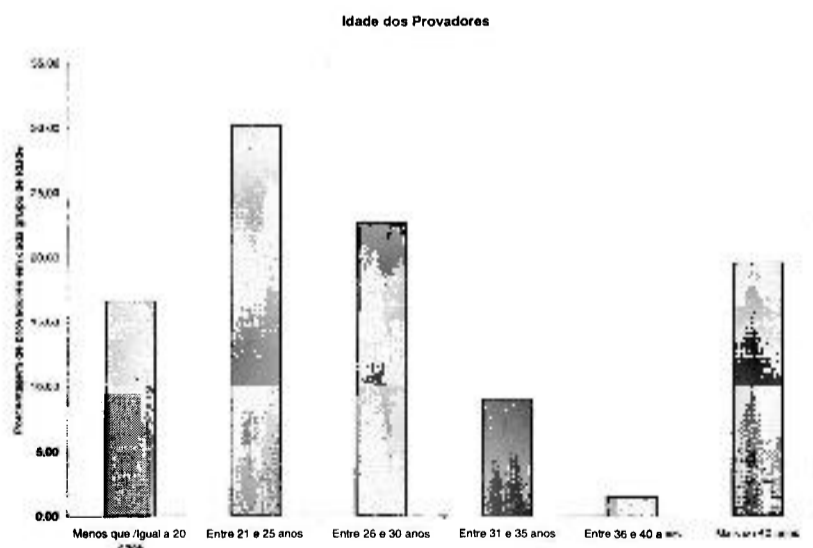


Figura 4.3.3: Idade dos provedores

Não foi possível estabelecer diferença entre as médias da intenção de compra entre qualquer grupo analisado e tão pouco no geral. As figuras abaixo ilustram esta situação.

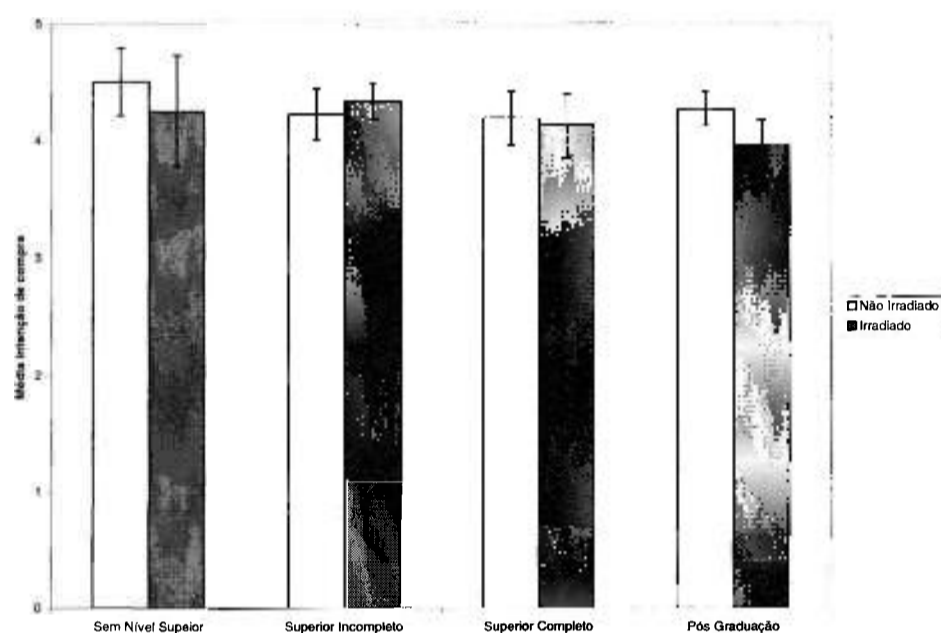


Figura 4.3.4: Médias da Intenção de compra segundo a escolaridade dos provadores

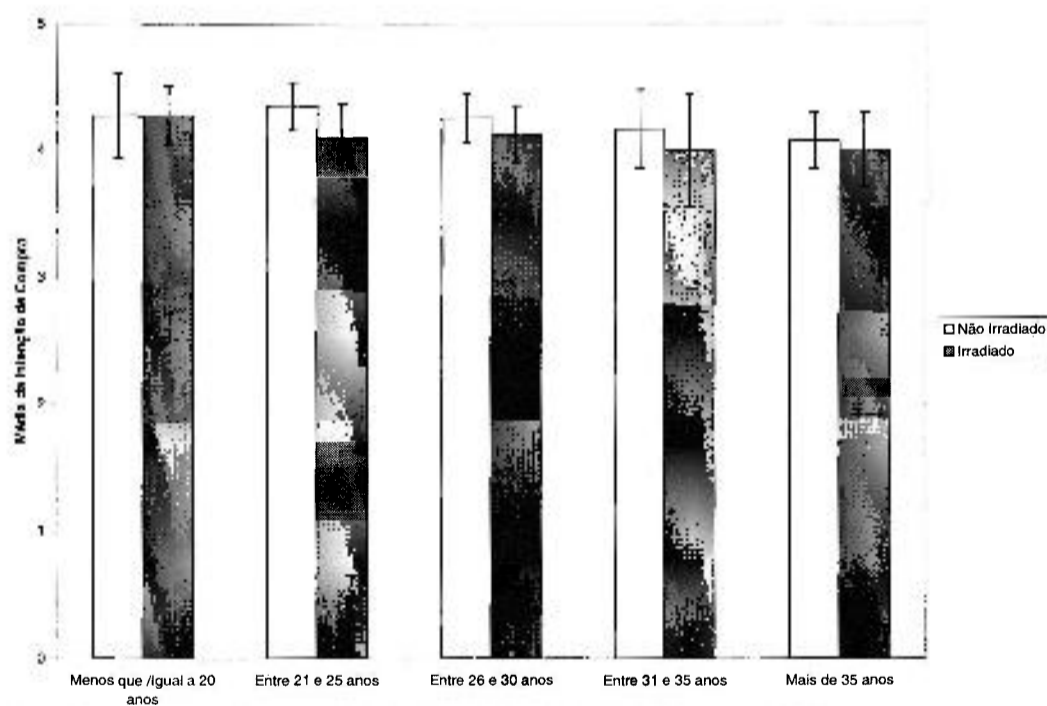


Figura 4.3.5: Médias da Intenção de compra segundo a idade dos provadores.

Com as figuras que seguem é possível entender melhor como foi o comportamento de cada grupo de provadores quanto à sua intenção de compra do mamão papaia não irradiado e do irradiado.

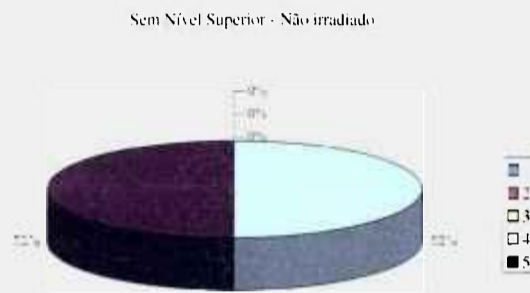


Figura 4.3.6: Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provadores sem nível superior

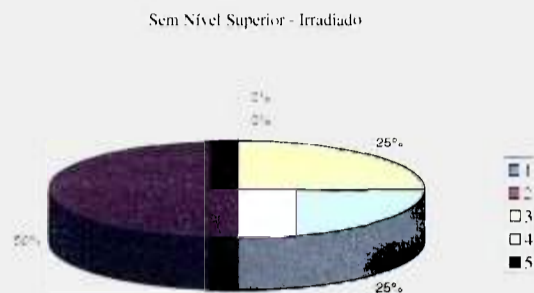


Figura 4.3.7: Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provadores sem nível superior



Figura 4.3.8: Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provadores com nível Superior Incompleto

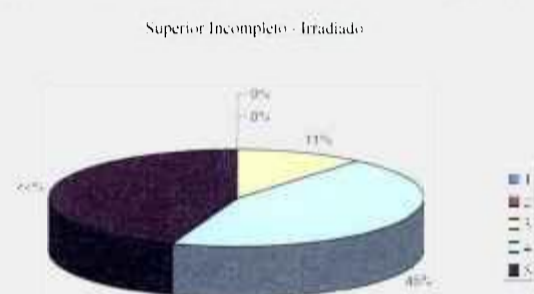


Figura 4.3.9: Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provadores com nível Superior Incompleto

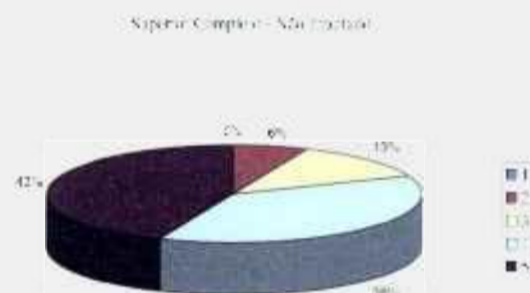


Figura 4.3.10: Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provadores com nível Superior Completo



Figura 4.3.11: Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provadores com nível Superior Completo

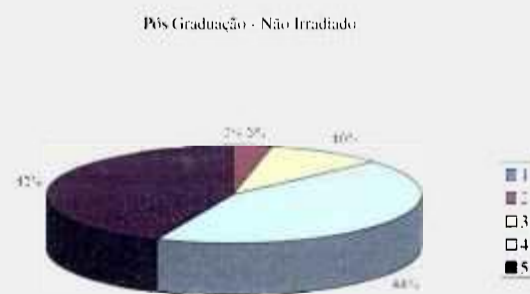


Figura 4.3.12: Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provadores com Pós Graduação

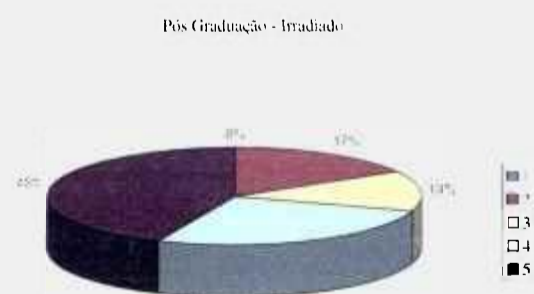


Figura 4.3.13: Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provadores com Pós Graduação

Menor que/Igual a 20 anos - Não Irradiado

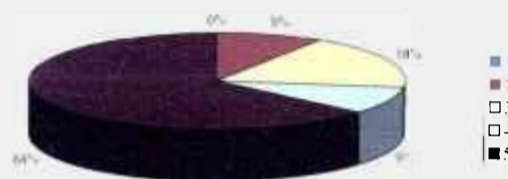


Figura 4.3.14: Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provedores com idade até 20 anos

Menor que/Igual a 20 anos - Irradiado

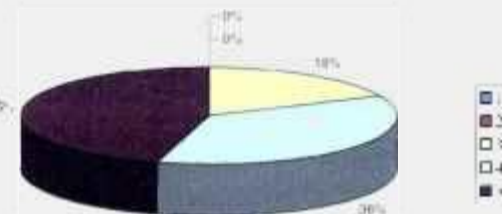


Figura 4.3.15: Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provedores com idade até 20 anos

Entre 21 e 25 anos - Não Irradiado

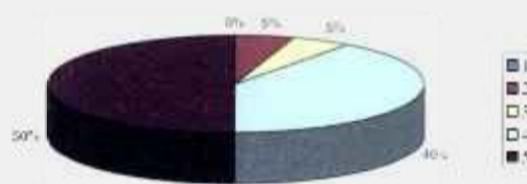


Figura 4.3.16: Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provedores com idade entre 21 e 25 anos

Entre 21 e 25 anos - Irradiado

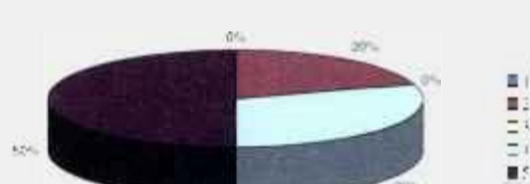


Figura 4.3.17: Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provedores com idade entre 21 e 25 anos

Entre 26 e 30 anos - Não Irradiado

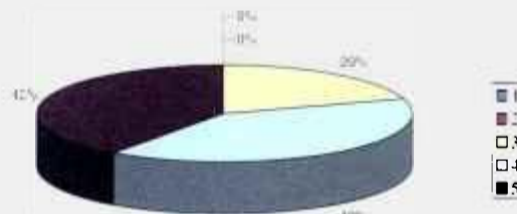


Figura 4.3.18: Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provedores com idade entre 26 e 30 anos

Entre 26 e 30 anos Irradiado

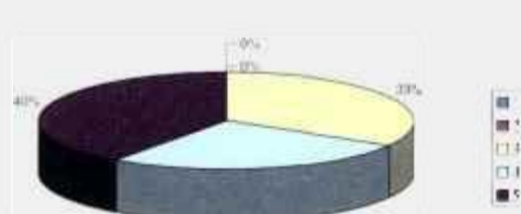


Figura 4.3.19: Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provedores com idade entre 26 e 30 anos

Entre 31 e 35 anos - Não Irradiado

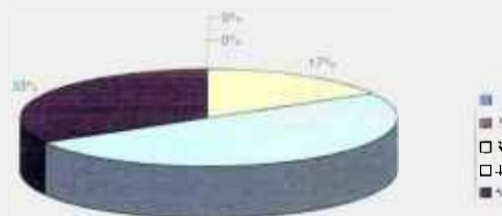


Figura 4.3.20: Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provedores com idade entre 31 e 35 anos

Entre 31 e 35 anos - Irradiado

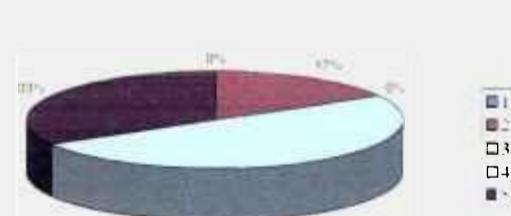


Figura 4.3.21: Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provedores com idade entre 31 e 35 anos

Maior que 35 anos - Não Irradiado

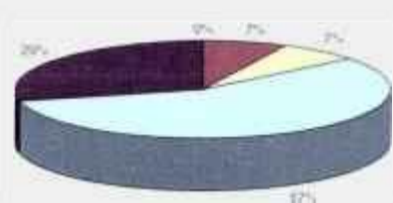


Figura 4.3.22: Porcentagem da Intenção de compra do mamão não irradiado dos provadores com idade maior que 35 anos

Maior que 35 anos - Irradiado

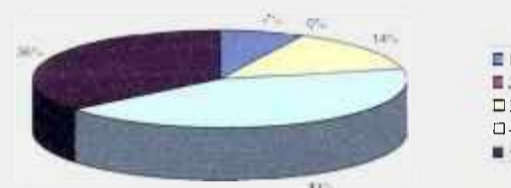


Figura 4.3.23: Porcentagem da Intenção de compra do mamão irradiado dos provadores com idade maior que 35 anos.

Os resultados ilustrados nos gráficos apresentados surpreendem uma vez que poderia se esperar uma rejeição das frutas tratadas com o processo de irradiação. Esperava-se esta rejeição devido à irradiação de alimentos ser pouco difundida no Brasil e pelos preconceitos que envolvem a utilização de uma tecnologia nuclear. Deliza *et al.* (2001) concluíram que os consumidores brasileiros têm pouca ou nenhuma informação sobre a irradiação de alimentos.

O que pode ter contribuído para este resultado favorável da fruta irradiada é o fato de 44,12% dos provadores serem alunos ou professores de pós-graduação, muitos destes sendo da Faculdade de Ciências Farmacêuticas e da Engenharia Química da USP, além de provadores do próprio IPEN. Estes provadores provavelmente já tinham conhecimento da tecnologia e por serem pesquisadores são mais receptivos a novas tecnologias. Mesmos os provadores com um nível de escolaridade menor eram funcionários da Universidade e por mais que não conhecessem a tecnologia da irradiação de alimentos convivem diariamente com pesquisa e inovação tecnológica. O teste de intenção de compra se realizado em outro local, mais próximo da situação real de compra, certamente daria um resultado mais representativo.

As informações positivas sobre os benefícios da irradiação de alimentos e a sua aprovação por órgãos nacionais e internacionais também contribuíram para este resultado. 40,58% dos provadores apresentaram como justificativa de sua intenção de compra favorável (provavelmente ou certamente compraria) alguma das informações contidas na ficha do teste. Desta parcela de 40,58% dos provadores, 53,57% apontaram como justificativa para comprar o mamão irradiado o fato dele amadurecer mais lentamente, e o restante, 46,43%, o fato de ser uma técnica segura e aprovada pelas organizações mencionadas na ficha do teste.

33,33% dos provadores apresentaram como fator determinante para a decisão de comprar ou não o produto, a aparência da fruta. Para estes provadores a aparência é mais importante

do que o fato dela ter sido irradiada, ou seja, uma vez tendo uma aparência semelhante, ou para alguns, até mesmo mais atraente, que a da fruta convencional eles a comprariam.

10,14% dos provadores apontaram o fator preço como sendo determinante na escolha, e como neste caso a fruta irradiada custava o mesmo preço que a não irradiada, eles não viam problema em comprá-la.

Apesar das informações terem influenciado positivamente a decisão da maioria dos provadores, para 62,5% dos que apresentaram como a sua intenção de compra a de que talvez comprassem / talvez não comprassem, provavelmente não compraria ou certamente não compraria o mamão papaia irradiado, estas informações não foram suficientes para convencê-los. Estes provadores afirmaram não estar seguro com a tecnologia e necessitam de mais informações sobre os efeitos desta prática na fruta, no ser humano e no meio ambiente. Os demais provadores (37,5%) com a mesma intenção de compra dos mencionados acima não comprariam a fruta por não terem o hábito de consumi-la.

Para Bord (1991), dado que muitas pessoas nunca ouviram falar em irradiação de alimentos e que daqueles que já escutaram conhecem muito pouco sobre a tecnologia e o processo, fornecer mais informações pode construir um conhecimento o qual consumidores possam tomar decisões mais bem informados.

Para Fox (2002) é justamente o fato de que a maioria das pessoas ainda não está familiarizada com o conceito de alimentos irradiados, que faz com que qualquer informação fornecida sobre a irradiação cause efeito na resposta dos provadores quando questionados sobre a intenção de comprar alimentos irradiados.

Como resultado de uma pesquisa extensa em que avaliou uma série de fatores que poderiam influenciar a intenção de compra de um alimento irradiado, Fox (2002) apresenta como conclusão o fato de uma vez que o consumidor que foi informado sobre os benefícios da irradiação ele apresenta interesse em comprar o produto, porém as informações anti-irradiação são muito eficientes em fazer com que estes mesmos consumidores se tornem contra a tecnologia. O autor afirma também que os efeitos de informações desfavoráveis podem ser neutralizados, e encoraja esforços na educação do consumidor que devem ser direcionados a combater percepções equivocadas incentivadas por oponentes da aplicação da tecnologia.

Hayes *et al.* (2002) concluíram num estudo sobre a intenção de compra de um alimento irradiado que uma informação negativa se sobressai sobre uma positiva. Segundo os autores,

uma informação positiva sozinha resulta em depoimentos favoráveis sobre o produto irradiado e maiores chances do consumidor comprá-lo, porém ao fornecer tanto a informação positiva quanto a negativa no momento do teste, o resultado da intenção de compra é o mesmo que se tivesse fornecido apenas a informação contra a irradiação.

Para Hunter (2000), enquanto que o consumidor não quer exatamente que sua comida seja irradiada, a maioria provavelmente compraria um alimento irradiado se isto oferecer a eles algum benefício. No teste de intenção de compra aqui realizado 21,43% do total de provadores justificaram como positiva a sua intenção de compra da fruta irradiada devido ao fato de que elas demoravam mais para amadurecer.

Brunh e Noell (1987) concluem num estudo sobre a resposta de consumidores sobre a intenção de compras em duas lojas de supermercados em estados distintos dos EUA, que a irradiação não é uma barreira na aceitação do produto pelo consumidor. E ressalta a importância de se ter informações positivas sobre o processo e a justificativa do porquê ser necessária a irradiação no produto.

Hunter (2000) sugere que para diminuir o preconceito do consumidor em relação aos alimentos irradiados, frutas e legumes frescos irradiados devem ser utilizados como um veículo para introduzir a tecnologia. Enquanto que carnes frescas, irradiadas ou não, não parecem apetitosas no ponto de venda, uma fruta fresca pode chamar a atenção do consumidor. O autor acredita que se frutas e carnes irradiadas fossem comercializadas juntas os consumidores irão aceitar com maior facilidade a tecnologia.

Desta etapa conclui-se que o fato do mamão papaia ter passado pelo processo de irradiação não é uma barreira para consumidores. Porém para se ter uma resposta mais precisa sobre a intenção real de compra é necessário um teste que simule melhor as condições reais de venda do produto, ou seja, com consumidores potenciais, no próprio local de venda e que apresente de fato o preço do produto.

5) CONCLUSÃO

A irradiação mostrou-se adequada no tratamento de mamão papaia, apresentando apenas efeitos positivos sobre a fruta, tanto nas variáveis da cor da casca e da textura, indicando o retardo no amadurecimento mencionado anteriormente. Para as variáveis químicas, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, a irradiação pouco ou até mesmo, nada influenciou nas transformações ao longo do tempo. Não conteve o seu desenvolvimento, mas tampouco o atrapalhou. Através da relação entre a acidez x os sólidos solúveis foi possível identificar um adoçamento da fruta ao longo do tempo, o que não era possível identificar apenas pela variável sólidos solúveis.

A irradiação do mamão papaia não provocou alterações significativas nas características sensoriais da fruta e nem constituiu uma barreira no momento da compra do produto, o que a torna uma técnica viável do ponto de vista sensorial.

Para uma avaliação mais precisa das reais vantagens da irradiação nessas condições é necessária uma análise econômica que identifique o quanto representa comercialmente um ganho de 48 ou 36 horas obtido na primeira e segunda etapa do experimento, respectivamente.

No caso analisado, no qual a região escolhida – o interior do estado do Espírito Santo – está livre de pragas e o tratamento térmico não pode ser eliminado, tendo que ser realizado devido ao combate aos fungos, a irradiação de alimentos atingirá apenas o prolongamento da vida de prateleira. Somente uma análise de custo poderá avaliar o significado comercial do ganho de dois dias, no máximo, que se obtém com a irradiação.

A quitosana nas concentrações e condições aqui testadas não se mostrou eficiente para conter o desenvolvimento de fungos. E caso a técnica da irradiação se faça viável economicamente, será necessária a pesquisa de uma alternativa ao tratamento térmico para o controle de fungos, uma vez que a irradiação já estará complementando as exigências quarentenárias necessárias para a exportação. A aplicação do tratamento térmico para essa finalidade seria uma redundância.

6) REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 12994: Métodos de análise sensorial dos alimentos e bebidas, julho de 1993

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBR 12995: Teste triangular em análise sensorial dos alimentos e bebidas, setembro de 1993.

AEGERTER, A.F., FOLWELL, R.J., Economics aspects of alternatives to methyl bromide in the postharvest and quarantine treatment of selected fresh fruits. *Crop Protection* v.19, p.161-168, 2000.

AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA), www.anvisa.gov.br/legis/resol/21_01rdc.htm, acessado em 19/05/2004.

AKAMINE, E. K., MOY J. H. Delay in postharvest ripening and senescence of fruits In: JOSEPHSON, E.S.; PETERSON, M.S. *Preservation of Food by Ionizing Irradiation*, CRC Press, Boca Raton, v. 3, cap. 5, p. 129-157, 1983.

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

ARRIOLA, M.C., CALZADA, J.F., MENCHU, J.F., ROLZ, C., GARCIA, R. Papaya In: NAGY, S.; SHAW, P.E. *Tropical and Subtropical Fruits: Composition, properties and uses*. AVI Publishing, INC. Westport, Connecticut, 1980.

AWAD, M. *Fisiologia pós-colheita de frutos*. Editora Nobel, São Paulo-S.P., 1993.

BALDWIN, E.A. Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: Past, Present and Future In: *Edible coatings and Films to improve food quality*. Edited by Krochta, J.M.; Baldwin, E.A.; Nisperos-Carriedo, M. Technomic Publishing Company, Inc. Pensilvânia, 1994

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; POTHAKAMYRY, U. R.; PALOU, E.; SWANSON, B. G. *Nonthermal preservation of foods*. New York: Marcel Dekker, 1998. 276p.

BAÑOS, S. B., LÓPEZ, M. H., MOLINA, E.B, WILSON, C.L. Effects of chitosan and plant extracts on growth of *Colletotrichum gloeosporioides*, anthracnose levels and quality of papaya fruit. *Crop Protection*, Elsevier Science Ltd., article in Press

BeMILLER, J.N. Chitin In: *Methods in Carbohydrate Chemistry: Volume V: General Polysaccharides* Edited by: WHISTLER, R.L. Academic Press, New York and London, 1965.

BORD, R.J Consumer Acceptance of Irradiated Food in the United States In: THORNE, S *Food Irradiation*. Elsevier Science Publishers LTD, New York, USA, 1991.

BOTTER, D. A., SANDOVAL, M. C., TÔRRES, C. H. *Relatório de análise estatística sobre o projeto: "Estudo da conservação de mamão papaia submetido ao tratamento combinado entre irradiação e cobertura de quitosana"*; São Paulo, IME,USP, 2003. (RAE – CEA – 04P07).

BOYLSTON, T.D, REITMEIER, C.A., MOY, J.H., MOSHER, G.A., TALADRIZ, L. Sensory Quality and Nutrient Composition of Three Hawaiian Fruits Treated by X-Irradiation. *Journal of Food Quality* v. 25, p. 419-433, 2002.

BRAPEX- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS EXPORTADORES DE PAPAYA, http://www.brापex.net/index_800.asp, acessado em 19/04/04.

BRODRICK, H.T., THOMAS, A.C., VISSER, F., BEYERS, M. Studies on the use of gamma irradiation and hot water treatments for shelf life extension of papayas. *Plant disease Reporter*, v. 60, n°9, p. 749-753. 1976.

BRUHN, C. e NOELL, J.W. Consumer In-Store Response to Irradiated Papayas. *Food Technology*, p. 83-85, September 1987.

BRUYN, I.N., The application of high dose food irradiation in South Africa. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 57, p. 223-225, 2000.

BYRNE, M., Irradiation Update. *Food Engineering International*, v.21, n°6, p. 37-41, 1996.

CENCI, S. A., FONSECA, M.J.O., SILVA, O.F., Procedimentos Pós Colheita. In: *Mamão pós-colheita*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Brasília: Embrapa Informação tecnológica. 59p. 2002, (Série Frutas do Brasil, 21).

CHAN, H.T., Papaya. In: CHAN, H.T.C., *Handbook of Tropical foods*. Marcel Dekker, Inc. New York and Basel, cap. 12, p. 469-488, 1983

COSTA, A.F.S, BALBINO, J.M.S. Características da fruta para exportação e normas de qualidade. In: *Mamão pós-colheita*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Brasília: Embrapa Informação tecnológica. 59p. 2002, (Série Frutas do Brasil, 21).

CRAWFORD, L.M., RUFF, E.R. A review of the Safety of cold pasteurization through irradiation. *Food Control*, v. 7, n° 2, p. 87-97, 1996.

DEL MASTRO, N.L., Development of Food Irradiation in Brazil. *Progress in Nuclear Energy*, v.35, n° 3-4, p. 229-248, 1999.

DELINCÉE, H. Analytical methods to identify irradiated food - a review. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 63, p. 455-458, 2002.

DELIZA, R.; ROSENTHAL, A.; HEDDERLEY, D. Consumer perception of irradiated food - are Brazilians concerned about it?. In: *The 4th Pangborn Sensory Science Symposium*, 2001, Dijon. Conference Abstracts. Dijon: INRA, 2001. p. 210-210.

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

DIEHL, J.F. Food Irradiation – Past, Present, and Future. *Radiation Physics and Chemistry* v. 63, p. 211-215, 2002.

D'INNOCENZO, M.; LAJOLO, F. M. Effect of gamma irradiation on softening changes and enzyme activities during ripening of papaya fruit. *Journal of Food Biochemistry*, Trumbull, v. 25, n. 5, p. 425-438, 2001.

DONHOWE, I.G., FENNEMA, O. Edible Films and Coatings: Characteristics, formation, definitions and testing methods In: *Edible coatings and Films to improve food quality*. Edited by Krochta, J.M.; Baldwin, E.A.; Nisperos-Carriedo, M. Technomic Publishing Company, Inc. Pennsylvania, 1994

DURANTE, R.W., Food processors requirements met by radiation processing. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 63, p. 289-294, 2002.

EHLERMANN, D.A.E. Food Irradiation In: *Engineering and Food V.2: Preservation Process and Related Techniques*, Edited by SPIESS, W.E.L, e SCHUBERT, H. Elsevier Science Publishers LTD, London, England, 1990.

EHLERMANN, D.A.E, Current situation of food irradiation in the European Union and forthcoming harmonization. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 63, p. 277-279, 2002.

FOLEGATTI, M. I.S. e MATSUURA, F.C.A.U., Produtos. In: *Mamão pós-colheita*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Brasília: Embrapa Informação tecnológica. 59p. 2002, (Série Frutas do Brasil, 21).

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), <http://faostat.fao.org/faostat/collections?subset=agriculture>, acessado em 19/04/2004

FOX, J.A. Influence on purchase of irradiated foods. *Food Technology*, v. 56, n°11, 2002.

GÄLLSTED, M., HEDENQVIST, M.S., Oxygen and water barrier properties of coated whey protein and chitosan films. *Journal of Polymers and the Environment*, v.10, n°1/2, p. 1-4, 2002.

GOMEZ, M. L. P. A; LAJOLO, F. M.; CORDENUNSI, B. R. Metabolismo de Carboidratos durante o amadurecimento do mamão (*Carica papaya* L. cv. Solo): influência da radiação gama. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 19, n. 2, p. 246-252, 1999.

GRANT, L.A., BURNS, J. Application of Coatings In: *Edible coatings and Films to improve food quality* Edited by Krochta, J.M.; Baldwin, E.A.; Nisperos-Carriedo, M. Technomic Publishing Company, Inc. Pennsylvania, 1994

HACKWOOD, S. An Introduction to the Irradiation Processing of Foods In: *Food Irradiation* Edited by THORNE, S. Elsevier Science Publishers LTD, New York, USA, 1991.

HALLMAN, G.J., Ionizing radiation quarantine treatments against tephritid fruit flies. *Postharvest Biology and Technology*. v. 16, p. 93-106, 1999.

HAYES, D.J., FOX, J.A., SHOGREN, J.F. Experts and activists: how information affects the demand for food irradiation *Food Policy*. v.27, p.185-193, 2002.

HONÓRIO, S. L. *Fisiologia pós-colheita de mamão (Carica papaya L.) cultivar Solo*. 1982. 101p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

HUNTER, C. Changing attitudes to irradiation throughout the food chain. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 57, p. 239-243, 2000.

HURST, W.C. Fresh Produce Processing - an Industry Perspective. *Journal of Food Protection*. v. 55, nº 10, p. 824-827, 1992.

IADEROZA, M., BLEINROTH, E.W., AZUMA, E.H Efeitos da radiação ionizante na atividade da pectina esterase do mamão cultivar solo. *Çoletânea ITAL*, v. 18, p. 76-82, 1998.

ICGFI – International Consultive Group on Food Irradiation – *Code of good irradiation practice for shelf-life extension of bananas, mangoes and papayas*. ICGFI document Nº 6. Viena, 1991.

JACOMETTI, G.A., MEGHEL, R.F.A., YAMASHITA, F. Aplicação de Revestimentos Comestíveis em Pêssego (*Prunus persica*). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, p. 95-100, jan.-abr. 2003.

KARDER, A.A. Potencial Applications of Ionizing Radiation in Postharvest Handling of Fresh Fruits and Vegetables. *Food Technology*, p. 117-121, June 1986.

KESTER, J.J., FENNEMA, O.R. Edible Films And Coatings: A review *Food Technology*, p. 47-58, dezembro de 1986.

LAM, P. F. Respiration rate, ethylene production and skin colour change of papaya at different temperatures. *Acta Horticulturae*, Wageningen, nº 269, p. 257-266, 1990.

LAWLESS, H., HEYMANN, H. *Sensory Evaluation of Food – Principles and Practices*. Aspen Publishers, Inc. 827 p. 1999.

LOAHARANU, P. Irradiation as a method to satisfy quarantine regulations in trade in tropical fruits. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 321, p. 837-849, 1992.

LOAHARANU, P. Cost/Benefit Aspects of Food Irradiation. *Food Technology*, v.48, p. 104-108. 1994.

LUCKMAN, G.J., Food Irradiation: Australian quarantine regulatory attitude toward food exports. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 57, p. 235-237, 2000.

LUCKMAN, G.J., Food Irradiation: regulatory aspects in the Asia and Pacific region. *Radiation Physics and Chemistry*, v.63, p. 285-288, 2000.

MARIN-HUACHACA, N.S., LAMY-FREUND, M.T., MANCINI-FILHO, J., DELINCÉE, H., VILLAVICENCIO, A.L.C.H., Detection of irradiated fresh fruits treated by e-beam or gamma rays. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 63, p. 419-422, 2002.

McGLASSON, W.B. Role of Hormones in Ripening and Senescence. *Postharvest Biology and Biotechnology* Edited by HULTIN, H.O. e MILNER, M. Food and Nutrition Press, INC. West port, Connecticut, USA, 1978.

McMURRAY, C.H., PATTERSON, M.F., STEWART, E.M. Food irradiation: a question of preservation. *Chemistry & Industry*, p. 433-438, June, 1998

MEDLICOTT, A.P., SEMPLE, A.J., THOMPSON, A.J., BLACKBOURNE, H.R., THOMPSON, A.K. Measurement of colour changes in ripening bananas and mangoes by instrumental, chemical and visual assessments. *Trop. Agric. (Trinidad)*, v. 69, nº 2, 1992.

MEILGAARD, M., CIVILLE, G.V.; CARR, BT. *Sensory Evaluation Techniques*. Boca Raton – FL, CRC Press, Inc. 281 p.1987.

MILLER, W.R., McDONALD, R.E Irradiation, Stage of Maturity at harvest, and Storage temperature during ripening Affect Papaya Fruit Quality. *HortScience*. v. 34, p. 1112-1115, 1999.

MINOLTA. *Precise Color Communication. Color Control from perception to instrumentation*. Manual do equipamento Colorímetro CR 300.

MOREHOUSE, K.M. Food Irradiation – US regulatory considerations *Radiation Physics and Chemistry*. v. 63, p. 281-284, 2002.

MORRIS, S. C. The practical and economic benefits of ionizing radiation for the postharvest treatment of fruit and vegetables: an evaluation. *Food Technology in Australia*, North Sydney NSW, v. 39, n. 7, p. 336-341, 1987.

MOY, J. H. Potential of gamma irradiation of fruits: A review. *Journal of Food Technology*, Oxford, v. 12, n. 5, p. 449-457, 1977.

MOY, J. H. Radurization and radicidation: fruits and vegetables. In: JOSEPHSON, E. S.; PETERSON, M. S. (Eds.). *Preservation of food by ionizing radiation*. Boca Raton: CRC Press, v. 3, Cap. 3, p. 83-108, 1983.

MOY, J.H., PARKER, J.G., O'SULLIVAN, PARKER, G. Optimizing Irradiation Processing and Packing of Papayas In: *Food Irradiation Processing*. Proceedings of a Symposium – IAEA, p. 157-158, 1985.

MOY, J.H. Low Dose Irradiation of Foods – Prospects and Problems In: *Food Engineering and Process Applications V. 1: Transport Phenomena* Edited by: LE MAGUER, M. e JELEN, P. Elsevier Applied Science Publisher LTD, 1986 New York, USA.

MOY, J. H. Irradiation Processing of fruits and vegetables, status and prospects. In: *Quality Factors of Fruits and Vegetables*. ACI Symposium Series, American Chemical Society, 1989

MOY, J. H. Efficacy of irradiation vs thermal methods as quarantine treatments for tropical fruits. *Radiation Physics Chemistry*, v. 42, nº1-3, p. 269-272, 1993.

MOY, J. H., WONG, L., The efficacy and progress in using radiation as a quarantine treatment of tropical fruits- a case study in Hawaii. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 63, p. 397-401, 2002.

NEYSSSEN, P.J.G., Practical implications of developments in the legislation in the European Union. *Radiation Physics and Chemistry*, v.57, p. 215-217, 2000.

NISPERO-CARRIEDO, M.O. Edible Coating and Films Based on Polysaccharides In: *Edible coatings and Films to improve food quality*. Edited by Krochta, J.M.; Baldwin, E.A.; Nisperos-Carriedo, M. Technomic Publishing Company, Inc. Pennsylvania, 1994

OLIVEIRA, A.M.G. (Organizadora). *Mamão para exportação: aspectos técnicos da produção*. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária, Secretária de Desenvolvimento Rural, Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. Brasília, EMBRAPA, 1994. 52 p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX; 9).

OLIVEIRA, L.C., Present Situation of food irradiation in South América and the regulatory perspective for Brazil. *Radiation Physics and Chemistry*. v.57, p. 249-252, 2000.

O'MAHONY, M., *Sensory Evaluation of Food – Statistical Methods and Procedures*, Marcel Dekker, inc. New York, 1986

O'MAHONY, M., WONG, S.Y., ODBERT, N., Inicial Sensory Evaluation of Bing Cherries Treated with Low Doses of Gamma Irradiation. *Journal of Food Science*. v. 50, p. 1048-1050, 1985.

PALMU, P.S.T., FAKHOURI, F.M., GROSSO, C.R.F. Filmes Biodegradáveis: Extensão da vida útil de frutas tropicais. *Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento*, nº26, p. 12-17, maio/junho 2002.

PAULL, R.E., Pineapple and Papaya. In: SEYMOUR, G.B, TAYLOR, J.E., TUCKER, G.A. *Biochemistry of Fruit Ripening*. Chapman and Hall, Londres, 1993.

PAULL, R. Ripening behaviour of Papaya (*Carica papaya L.*) exposed to gamma irradiation. *Postharvest Biology and Technology* v. 7, p. 359-370, 1996.

PIMENTEL, R.M.A., *Efeito da irradiação em mamão papaia (Carica papaya L.) colhido em três pontos de maturação*. 2001. Dissertação (Mestrado) Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

PORTER, W.L., CONCA, K.R., LACHICA, V., MAYER, J.M., PARISER, R. Chitin and Chitosan as Novel Protective Food Ingredients In: U.S Army Natick RD&E Center, Natick, MA, Marine Polymer Technologies, Danvers, MA, 2000.

POTHISIRI, P., KIATSURAYANONT, P., BANDITSING, C. The Impact of Irradiated Food on Developing Countries In: *Food Irradiation* Edited by THORNE, S. Elsevier Science Publishers LTD, New York, USA, 1991.

RANKEN, M.D., KILL, R.C., *Food Industries Manual*, 23rd ed. Chapman & Hall, London, 1993.

ROBERTS, P.B., Regulatory aspects of food irradiation in the Asia-Pacific region. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 57, p. 219-221, 2000.

ROSS, R.T., ENGELIJOHN, D., Food Irradiation in the United States: Irradiation as a phytosanitary treatment for fresh fruits and vegetables for the control of microorganisms in meat and poultry. *Radiation Physics and Chemistry*, v.57, p. 211-214, 2000.

SECRETARIA DE COMERCIO EXTERIOR (SECEX)/ ALICEWEB – Ministério de Desenvolvimento indústria e comercio, <http://alicesweb.mdic.gov.br/>, acessado em 19/04/04

SHEWFELT, R.L., What is Quality? *Postharvest Biology and Tecnology* v. 15, p. 197-200, 1999.

SOUZA, J.S., Mercado Mundial In: *Mamão pós-colheita*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento Brasília: Embrapa Informação tecnológica. 2002, 59p. (Série Frutas do Brasil, 21).

SRINIVASA, P.C., BASKARAN, R., RAMESH, M.N., PRASHANTH, K.V., THARANATHAN, R.N. Storage studies of mango packed using biodegradable chitosan film. *Eur. Food Res. Technol.* v. 215, p. 504-508, 2002.

STÖLLMAN, U., JOHANSSON, F., LEUFVÉN, A., Packing and Food Quality In: *Shelf Life Evaluation of Foods*. Edited by MAN, C.M.D. e JONES, A.A. Chapman & Hall, 1994.

THAKUR, B.R., SINGH, R.K., Combination Processes in Food Irradiation. *Trends in Food Science & Technology*. v.6, p. 7-11, January, 1995

THOMAS, P. Radiation preservation of foods of plant origin. III. Tropical fruits: bananas, mangoes, and papayas. In: *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Boca Raton, v. 23, n. 2, p. 147-205, 1986.

TILTON, E.W., BURDITT, A.K. Insect Disinfestation of grain and fruit In: JOSEPHSON, E. S.; PETERSON, M. S. (Eds.). *Preservation of food by ionizing radiation*. CRC Press, Boca Raton, v.3, cap. 7, p. 215-229, 1983.

URITANI, I. Temperature stress in Edible Plant Tissues after harvest. In: *Postharvest Biology and Biotechnology*. Edited by HULTIN, H.O. e MILNER, M. Food and Nutrition Press, INC. West port, Connecticut, USA, 1978.

VACHON, C., D'APRANO, G., LACROIX, M., LETENDRE M., Effect of edible coating process and Irradiation treatment of strawberry *fragaria spp* on storage-keeping quality. *Journal of Food Science*. v. 68, n°. 2, p. 608-612, 2003

WANG, C. Y. Postharvest quality decline, quality maintenance and quality evaluation. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 485, p. 389-392, 1999.

WILLS, R.B.H., McGLASSON, W.B., GRAHAM, D., LEE, T.H. e HALL, E.G. *Postharvest: An introduction to Physiology and Handling of Fruit and Vegetables* Published by Van Nostrand Reinhold, New York, 1989

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). Safety and Nutritional Adequacy of Irradiated Food, Genebra, 1994.

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