

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

**DISSERTAÇÃO**

**AVALIAÇÃO DA CLIMATIZAÇÃO E IRRADIAÇÃO NA MANUTENÇÃO DE  
QUALIDADE DE FRUTOS DE BANANA ‘PRATA’ E ‘PRATA-ANÃ’**

**MARISTELLA MARTINELI**

**2010**



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

**AVALIAÇÃO DA CLIMATIZAÇÃO E IRRADIAÇÃO NA  
MANUTENÇÃO DE QUALIDADE DE FRUTOS DE BANANA ‘PRATA’ E  
‘PRATA-ANÃ’**

**MARISTELLA MARTINELI**

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

*e Co-orientação do Pesquisador*  
**Marco Antonio da Silva Vasconcellos**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no curso de Pós-Graduação em Fitotecnia.

Seropédica, RJ  
fevereiro de 2010

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

**MARISTELLA MARTINELI**

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

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 26/02/2010

---

Regina Celi Cavestré Coneglian. Dr<sup>a</sup>. UFRRJ  
(orientadora)

---

Marcos José de Oliveira Fonseca. Dr. Embrapa Agroindústria de Alimentos

---

Hélio de Carvalho Vital. Dr. Centro Tecnológico do Exército - RJ

Aos meus pais, Jonacy e Luzia, pela confiança  
em mim depositada.

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

À Deus

À Prof<sup>a</sup>. Dr. Regina Coneglian e Prof. Dr. Marco Antonio Vasconcellos pela orientação e sugestões no decorrer do trabalho.

Ao Doutor Hélio Vital, que, por sempre de maneira gentil, se colocou à disposição para irradiar os frutos de banana.

Ao CTE<sub>x</sub> pela disponibilidade do irradiador, bem como todos os funcionários que participaram, de alguma forma, na construção desse trabalho.

Aos funcionários do IA: Agnaldo, Graça, Roberto (Dpt<sup>o</sup> Solos), Nilson (PPGEA), Valdeídes;

Aos Laboratórios Química da Rizosfera (Prof. Jorge Jacob), Fertilidade (Prof. Zonta), Matéria Orgânica (Prof. Marcos Gervásio), Clínica Vegetal (Prof. João Araújo).

Aos colegas Aldir, Joice, Arcangelo, Samuel, Maíza, Carrerinha, Karen pela grande ajuda laboratorial.

Ao professor Rubens Busquet pela colaboração na parte experimental e esclarecimentos teóricos.

À Doutora Ariane Castricini pelos esclarecimentos quanto à metodologia.

Aos Doutores José Carlos Polidoro, Janaína Ribeiro e, principalmente aos amigos Khalil Rodrigues, Carlos Barreto e Arcangelo Loss pela grande ajuda na estatística.

Aos amigos Michelle Barbosa e Vinícius Miranda pela disponibilidade do carro.

Aos colegas Maruzanete, Janiélio, Camila, Júnior, Carlos Eduardo, Fernanda Delgado, Maíza, Analia, Joice, Aldir, Paula pela fundamental ajuda nas análises.

Ao Eduardo pela amizade, dedicação e profissionalismo.

Ao Laboratorista Juarez Vicente (LAAB) e Aline (Embrapa CTAA) pela ajuda na metodologia do amido.

À Capes, CNPq e Faperj pelo apoio financeiro.

À UFRRJ por esses 7 anos de acolhimento e oportunidades.

À família pela confiança e apoio.

Às queridas primas Dulce e Lívia por me acolherem com tanto carinho.

Aos amigos, pelos momentos agradáveis e inesquecíveis.

*“Cada um que passa em nossa vida passa sozinho, pois cada pessoa é única, e nenhuma substitui outra.*

*Cada um que passa em nossa vida passa sozinho, mas não vai só, nem nos deixa sós.*

*Leva um pouco de nós mesmos, deixa um pouco de si mesmo.*

*Há os que levam muito; mas não há os que não levam nada.*

*Há os que deixam muito; mas não há os que não deixam nada.*

*Esta é a maior responsabilidade de nossa vida e a prova evidente que nada é ao acaso.”*

*Antoine de Saint-Exupéry*

## **BIOGRAFIA**

Maristella Martineli nasceu na cidade de Colatina, ES, em 06 de junho de 1980. Obteve, em 2000, o título de Técnico em Agropecuária. Ingressou na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro em 2002, diplomando-se em Agronomia em 2007. Durante a graduação, estagiou no Laboratório de Pós-Colheita da UFRRJ sob orientação da Professora Dr<sup>a</sup>. Regina Céli Coneglian e, posteriormente, na Embrapa Agroindústria de Alimentos, no Laboratório de Análise Sensorial e Instrumental, sob a orientação da Doutora Rosires Deliza, no qual era bolsista de Iniciação Científica. Em março de 2008, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, concluindo a dissertação em fevereiro de 2010.

## RESUMO

MARTINELLI, Maristella. **Avaliação da climatização e irradiação na manutenção de qualidade de frutos de banana ‘Prata’ e ‘Prata-anã’**. 2010. 80 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Instituto de Agronomia, Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pós-Colheita da UFRRJ, com os objetivos de observar os efeitos da competição dos processos de irradiação e climatização seqüenciais, sobre a maturação banana ‘Prata’ e ‘Prata-anã’. Para aplicação dos tratamentos, os frutos foram separados em dois lotes. O 1º lote foi levado ao Centro Tecnológico do Exército no RJ (CTEx) para receber as doses de 0,25 kGy e 0,50 kGy em irradiador com fonte de  $^{137}\text{Cs}$ . O 2º lote permaneceu no Laboratório de Pós-Colheita, no qual foram submetidos à exposição do carbureto de cálcio na dose de 7 g m<sup>-3</sup>. Parte do 1º lote retornou ao Laboratório de Pós-Colheita, sendo exposta, nas mesmas condições e doses do carbureto de cálcio. Da mesma forma descrita anteriormente, parte do 2º lote foi levado ao CTEx para exposição às mesmas doses de radiação gama do 1º lote. Foram realizados dois experimentos separadamente. Nos dois experimentos, avaliou-se a coloração da casca, índice de doenças, perda de massa fresca, firmeza, clorofila total da casca, acidez titulável, amido, sólidos solúveis totais, atividade enzimática (pectinametilesterase) e atividade respiratória. No experimento 1, frutos de banana ‘Prata’ foram submetidos a um delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 8x5, exceto para as avaliações de amido e pectinametilesterase (8x3) e firmeza (8x2). A temperatura média de armazenamento foi de 27° C. No experimento 2, frutos de banana ‘Prata-anã’ também foram submetidos ao delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 8x5 (cor casca, índice de doenças e perda de massa fresca) e 8x3 para as demais variáveis. A temperatura média de armazenamento foi de 23° C. Nos experimentos 1 e 2, para a atividade respiratória, utilizou-se esquema de parcela subdividida no tempo, com 6 repetições. Nas condições do presente trabalho os frutos obtidos na região de Angra dos Reis/RJ não apresentaram respostas positivas em termos de qualidade com a aplicação da irradiação, denotando que o manejo inadequado dos frutos em campo, influenciou significativamente nos resultados em pós-colheita quando a irradiação foi utilizada como processo para aumentar a vida útil dos mesmos. A seqüência dos processos utilizados, climatização e irradiação, independente da ordem, não apresentou efeitos diferenciados, uma vez que, os frutos, de ambas as cultivares, apresentaram comportamento semelhante durante o armazenamento. De forma mais evidente para a banana ‘Prata-anã’, o tratamento com radiação gama na dose 0,25 kGy isolada foi eficiente em retardar os processos que levam ao amadurecimento.

**Palavras-chave:** *Musa* spp., climatização, irradiação gama.



## ABSTRACT

MARTINELLI, Maristella. **Evaluation of climatization and irradiation in maintenance of fruit quality of banana 'Prata' and 'Prata-anã'**. 2010. 80 p. Dissertation (Masters in Plant Science). Agronomy Institute, Phytotechny Department, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, 2010.

The experiment was conducted at the Postharvest Laboratory of UFRRJ, aiming to observe the effects of competition of the processes of irradiation and climatization sequences, on the maturation of banana 'Prata' and 'Prata-anã'. For the treatments, the fruits were separated into two lots. The first batch was taken to Centro Tecnológico do Exército (CTEx), in Rio de Janeiro, to receive doses of 0.25 kGy and 0.50 kGy in irradiator with a source of  $^{137}\text{Cs}$ . The second batch remained in the Postharvest Laboratory, and were underwent to exposure of calcium carbide in a dose of 7 g m<sup>-3</sup>. Part of the first batch returned to the Laboratory, being exposed under the same conditions and doses of calcium carbide. In the same manner described above, part of the second batch was taken to CTEx for exposure to the same doses of gamma radiation from the first batch. Two experiments were conducted separately. In both experiments, we evaluated the skin color, index of diseases, weight loss, firmness, peel chlorophyll, acidity, starch, soluble solids, enzymatic activity (pectinmetilesterase) and respiratory activity. In the first experiment, fruits of banana 'Prata' underwent a randomized design in factorial 8x5, except for evaluations of starch and pectinmetilesterase (8x3) and firmness (8x2). The average temperature of storage was 27 ° C. In experiment two, fruits of banana 'Prata-dwarf' were also subjected to completely randomized design with 8x5 factorial design (skin color, index and weight loss) and 8x3 for the other variables. The average temperature of storage was 23 ° C. In Experiments 1 and 2 for respiratory activity, we used a split plot design in time, with six replicates. Under the conditions of this study, the fruits obtained in the region of Angra dos Reis, Rio de Janeiro showed no positive responses in terms of quality with the application of irradiation, suggesting that the inappropriate handling of the fruits in the field, significantly influenced the results in post-harvest when the irradiation was used as a process to increase their useful life. The sequence of processes used, climatization and irradiation, regardless of the order, did not show different effects, since the fruits of both cultivars showed similar behavior during storage. More evident for the banana 'Prata-anã', treatment with gamma radiation at 0.25 kGy dose alone was effective in slowing the processes that lead to maturity.

Keywords: *Musa* spp., climatization, gamma irradiation

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Frutos de banana ‘Prata’ no momento da colheita.....	12
Figura 2 - (A) Irradiador gama com fonte de $^{137}\text{Cs}$ , CTEEx – RJ; (B) Caixas de Climatização com Carbureto de Cálcio.....	13
Figura 3 - Frutos de banana ‘Prata-anã’ na aplicação dos tratamentos.....	14
Figura 4 - Notas para coloração da casca em frutos de banana ‘Prata’ (A) e ‘Prata-anã’ (B).....	15
Figura 5 - Frutos em recipientes para fixação de $\text{CO}_2$ oriundos do processo de respiração.....	17
Figura 6 - Notas para coloração da casca em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de $27^\circ\text{C}$ , onde: 1 (verde), 2 (verde-claro), 3 (verde- amarelado), 4 (mais amarelado que verde), 5 (amarelo com pontas verde), 6 (totalmente amarelo) e 7 (amarelo com manchas marrons).....	21
Figura 7 - . Frutos de banana ‘Prata’ no quinto dia após os tratamentos armazenados em temperatura média de $27^\circ\text{C}$ , onde: A) controle; B) climatizados; C) climatizados seguidos de dose de radiação gama 0,25 kGy; D) climatizados seguidos de dose de radiação gama 0,50 kGy; E) irradiados à dose de 0,25 kGy; F) irradiados à dose de 0,50 kGy; G) irradiados à dose de 0,25 kGy seguidos de climatização e H) irradiados à dose de 0,50 kGy seguidos de climatização.....	21
Figura 8 - Notas para incidência de doenças em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de $27^\circ\text{C}$ , onde: zero (bananas sem nenhum sintoma de doença); 1 (bananas com lesões de diâmetro inferior a 1,0 cm); 2 (bananas com lesões de diâmetro entre 1,0 e 2,0 cm); 3 (bananas com lesões de diâmetro maior que 2,0 cm).....	22
Figura 9 - Teor de clorofilas totais da casca em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de $27^\circ\text{C}$ .....	27
Figura 10 - Sólidos solúveis totais em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de $27^\circ\text{C}$ .....	30
Figura 11 - Taxa respiratória acumulada em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de $27^\circ\text{C}$ .....	32
Figura 12 - Atividade de Pectinametilsterase ( $\text{U. g. min}^{-1}$ ) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de $27^\circ\text{C}$ .....	34

Figura 13 - Notas para cor da casca em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23° C, onde: 1 (verde), 2 (verde-claro), 3 (verde- amarelado), 4 (mais amarelado que verde), 5 (amarelo com pontas verde), 6 (totalmente amarelo) e 7 (amarelo com manchas marrons).....35

Figura 14 - Frutos de banana ‘Prata-anã’ no quinto dia após os tratamentos armazenados em temperatura média de 23° C, onde: A) frutos controle; B) frutos climatizados; C) frutos climatizados seguidos de dose de radiação gama 0,25 kGy; D) frutos climatizados seguidos de dose de radiação gama 0,50 kGy; E) frutos irradiados à dose de 0,25 kGy; F) frutos irradiados .....36

Figura 15 - Notas para incidência de doenças em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23° C, onde: zero (nenhum sintoma de doença); 1 (lesões de diâmetro inferior a 1,0 cm); 2 (lesões de diâmetro entre 1,0 e 2,0 cm); 3 (lesões de diâmetro maior que 2,0 cm).....37

Figura 16 - Taxa de respiração acumulada em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama em temperatura média de 23° C.....45

Figura 17 - Atividade da PME em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23°C.....46

## ÍNDICE DE TABELAS

- Tabela 1 - Valores de perda de massa fresca (%) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....24
- Tabela 2 - Valores de firmeza (N) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 10 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....25
- Tabela 3 - Valores de clorofila total da casca ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de casca) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....26
- Tabela 4 - Valores de ATT (g de ácido málico. 100 g de polpa<sup>-1</sup>) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....28
- Tabela 5 - Valores de Amido (%) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....29
- Tabela 6 - Valores de SST (° Brix) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....30
- Tabela 7 - Taxa respiratória em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama, armazenados em temperatura média de 27° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....31
- Tabela 8 - Atividade de Pectinametilsterase (U.g.min<sup>-1</sup>) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....33
- Tabela 9 - Valores de perda de massa fresca (%) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23°C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....38
- Tabela 10 - Valores de Firmeza (N) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 10 dias de armazenamento em temperatura média de 23°C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....39
- Tabela 11 - Valores de Clorofila total da casca ( $\mu\text{. g}$  de casca<sup>-1</sup>) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de

armazenamento em temperatura média de 23°C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....40

Tabela 12 - Valores de ATT (mg ácido málico. 100 g<sup>-1</sup> de polpa) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23°C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....41

Tabela 13 - Valores de amido (%) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23°C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....42

Tabela 14 - Valores de SST (° Brix) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23°C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....43

Tabela 15 - Valores da Taxa Respiratória em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama e armazenados em temperatura média de 23° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....44

Tabela 16 - Valores de PME (U.g. min<sup>-1</sup>) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23°C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....46

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>2</b>
2.1 Aspectos Gerais Sobre a Cultura da Banana ( <i>Musa spp.</i> ).....	2
2.1.1 Aspectos econômicos e sociais da cultura.....	2
2.1.2 Aspectos botânicos da cultura.....	3
2.1.3 Cultivar ‘Prata’.....	4
2.1.4 Cultivar ‘Prata-anã’.....	4
2.1.5 Pós-colheita.....	4
2.1.6 Características físico-químicas, sensoriais e fitossanitárias dos frutos.....	5
2.1.7. Respiração e etileno.....	8
2.1.8 Amadurecimento induzido dos frutos.....	8
2.1.9 Irradiação Gama.....	10
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>12</b>
3.1 Experimento 1.....	12
3.2 Experimento 2.....	13
3.3 Análises Físicas, Químicas e Bioquímicas .....	14
3.3.1 Análises físicas.....	15
3.3.1.1 Coloração da casca.....	15
3.3.1.2 Índice de doenças.....	15
3.3.1.3 Perda de massa fresca.....	15
3.3.1.4 Firmeza com casca.....	15
3.3.2 Análises químicas.....	15
3.3.2.1 Teores de clorofilas totais da casca dos frutos.....	15
3.3.2.2 Acidez total titulável (ATT).....	16
3.3.2.3 Amido.....	16
3.3.2.4 Sólidos solúveis totais (SST).....	17
3.3.2.5 Determinação da atividade respiratória (eliminação de CO <sub>2</sub> ) .....	17
3.3.3 Análise bioquímica .....	17
3.3.3.1 Atividade enzimática - pectinametilesterase (PME) .....	18
3.4 Análise Estatística .....	18
3.4.1 Experimento 1 .....	18
3.4.2 Experimento 2 .....	18
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>20</b>
4.1 Experimento 1 .....	20
4.1.1 Coloração da casca .....	20
4.1.2 Índice de doenças .....	22
4.1.3 Perda de massa fresca .....	23
4.1.4 Firmeza com casca.....	24
4.1.5 Teor de clorofila total da casca.....	25
4.1.6 Acidez total titulável .....	27
4.1.7 Amido .....	28
4.1.8 Sólidos solúveis totais .....	29
4.1.9 Atividade respiratória .....	30
4.1.9 Atividade enzimática – pectinametilesterase (PME) .....	32

4.2 Experimento 2 .....	34
4.2.1 Coloração da casca .....	34
4.2.2 Índice de doenças .....	36
4.2.3 Perda de massa fresca .....	37
4.2.4 Firmeza com casca .....	38
4.2.5 Teores de clorofila total da casca .....	39
4.2.6 Acidez total titulável .....	40
4.2.7 Amido .....	41
4.2.8 Sólidos solúveis totais .....	42
4.2.9 Atividade respiratória .....	43
4.2.10 Atividade enzimática – pectinametilesterase (PME) .....	45
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>47</b>
5.1 Experimento 1 .....	47
5.2 Experimento 2 .....	47
<b>6 CONCLUSÕES .....</b>	<b>48</b>
<b>7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>49</b>
<b>8 ANEXOS .....</b>	<b>59</b>
A - Análise de variância para os dados sólidos solúveis totais (SST), perda de massa fresca (PMF), clorofilas totais da casca <sup>1</sup> (CTC) e acidez total titulável (ATT) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 27° C.....	59
B - Análise de variância para os dados perda de massa fresca (PMF) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 27° C.....	59
C - Análise de variância para os dados firmeza em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 27° C.	
D - Análise de variância para os dados de amido e pectinametilesterase (PME) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 27° C.....	60
E - Análise de variância para os dados da taxa respiratória <sup>1</sup> em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 27° C.....	60
F - Análise de variância para os dados da taxa respiratória acumulada em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 27° C.....	60
G - Análise de variância para sólido solúveis totais ( SST), clorofila total da casca (ctc), Acidez total titulável (ATT), firmeza, amido <sup>1</sup> e Pectinametilestersase (PME) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 23° C.....	61
H - Análise de variância para os dados de perda de massa fresca (PMF) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 23° C.....	62
I - Análise de variância para os dados de perda de massa fresca (PMF) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 23° C.....	62

J - Análise de variância para os dados de firmeza em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 23° C.....	63
L - Análise de variância para os dados de firmeza em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 23° C.....	63
M. Análise de variância para os dados da taxa respiratória <sup>1</sup> em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 23° C.....	63
N. Análise de variância para os dados da taxa respiratória acumulada em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 23° C.....	64



# 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutas, com volume em torno de 35 milhões de toneladas por ano, perdendo apenas para a Índia (AGRIANUAL, 2008) e é o segundo maior produtor de banana do mundo alcançando 7,1 milhões de toneladas anuais em uma área estimada de 504 mil hectares (DINIZ, 2009). Entretanto, possui um dos maiores índices de perdas em pós-colheita, estimado em 30% (CHITARRA & CHITARRA, 2005). As principais causas dessas perdas são a deficiência de recursos humanos bem qualificados, o uso de tecnologias inadequadas do plantio ao armazenamento, o descuido no manuseio dos produtos, o ataque de pragas e doenças e a deficiência da infraestrutura para o atendimento das necessidades do setor agrícola.

A banana é produzida em todos os Estados brasileiros. As maiores regiões produtoras são o Vale do Ribeira, em São Paulo, região Norte de Santa Catarina e o Norte de Minas Gerais (NAPOLEÃO, 2008). De acordo com SILVA et al. (2008), as bananeiras ‘Pacovan’, ‘Prata’ e ‘Prata-anã’ ocupam, aproximadamente, 60 % da área cultivada com banana no Brasil.

A banana é um fruto climatérico, altamente perecível, pois apresenta elevação na taxa respiratória e produção de etileno que desencadeia o amadurecimento, dificultando a comercialização do produto em locais mais distantes (PINHEIRO et al., 2007).

De um modo geral, considera-se que os frutos, quanto mais distantes estiverem do mercado consumidor, devem ser colhidos mais imaturos, porém, sempre fisiologicamente desenvolvidos (CANCIAN & CARVALHO, 1980). O amadurecimento se processa de forma natural ou induzida após a colheita.

Quando realizada no estágio correto de maturação da banana (frutos colhidos baseados na idade do cacho, no diâmetro do fruto da segunda penca e na avaliação visual da presença de quinas), a aplicação exógena de etileno (climatização) desencadeia aumento de sua síntese pelo produto, promovendo seu amadurecimento (CHITARRA E CHITARRA 2005; LICHTEMBERG et al., 2008).

O uso do carbureto de cálcio vem sendo utilizado com frequência, pois, em presença de água, promove o amadurecimento do fruto por meio da liberação do acetileno. A dose recomendada está diretamente ligada ao tamanho do recinto de maturação, ao volume de banana a ser armazenado e ao perigo de explosão (NOGUEIRA, 2005).

Com relação às perdas de banana em países em desenvolvimento, pode-se estimar que variam de 20 a 80% da produção. A alta perecibilidade do fruto e as dificuldades em seu armazenamento são os principais fatores responsáveis por essas perdas. Entre os métodos de diminuição da velocidade do amadurecimento de bananas está a exposição à radiação gama em baixas doses. Segundo CALORE & VIEITES (2003), associado aos procedimentos pós-colheita normalmente empregados, tem mostrado ser um excelente método para prolongar a vida comercial das frutas, retardando os processos de amadurecimento e senescência, além de retardar significativamente os processos de apodrecimento causados por fungos e bactérias patogênicas.

Desta forma, o presente trabalho teve como objetivo observar os efeitos da competição dos processos de irradiação e climatização seqüenciais, sobre a maturação banana ‘Prata’ e ‘Prata-anã’.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos Gerais Sobre a Cultura da Banana (*Musa* spp.)

Este tópico aborda as principais características econômicas e sociais, botânicas, bem como aspectos fisiológicos relacionados ao fruto da espécie *Musa* spp, no que diz respeito à colheita, mudanças pós-colheita e armazenamento.

#### 2.1.1 Aspectos econômicos e sociais da cultura

Explorada na maioria dos países tropicais, a banana (*Musa* spp.) é uma das frutas mais consumidas no mundo, tendo como condições favoráveis a faixa compreendida entre os paralelos de 30° de latitude Norte e Sul, nas regiões onde as temperaturas se situam entre os limites de 10° C e 40° C. Entretanto, existe a possibilidade do seu cultivo em latitudes acima de 30° (até 45°), desde que a temperatura seja adequada (ALVES, 1999).

De considerável importância socioeconômica nos países tropicais, a banana é fonte de calorias, vitaminas e sais minerais de baixo custo (VILAS BOAS et al., 2001), sendo consumida tanto na forma natural (crua), como na processada, por populações de baixo e alto poder aquisitivo. É a fruta mais consumida no mundo (SOUZA, 2008), e em termos de importância econômica, a banana ocupa o segundo lugar entre as frutas mais produzidas e consumidas no Brasil e a terceira posição em área colhida (CORDEIRO, 2003).

O consumo mundial de banana é de aproximadamente 9,1 kg/habitante/ano e, segundo a FAO, cresce a cada ano, graças ao empenho do setor produtivo na qualificação da produção e do setor mercadológico nos aspectos que envolvem sua apresentação e a divulgação dos benefícios para quem a consome (VIEIRA, 2009).

De acordo com a ABANORTE (2009), baseado em dados do IBGE, o Brasil em 2008 produziu 6.998.150 toneladas de banana *in natura* e exportou, entre junho de 2008 a julho de 2009, 141.646 toneladas de frutas frescas ou secas. Os estados de Santa Catarina, Rio Grande do Norte e Ceará responsáveis por 98% das exportações registradas no Ministério do Desenvolvimento da Indústria e Comércio Exterior (MDIC).

Nas últimas três décadas, essa cultura tem apresentado aumento significativo no volume produzido (122%). De uma produção de 36,7 milhões de toneladas na safra 1979/80 passou para 81,3 milhões de toneladas na safra 2006/07. Sua produção é superada apenas pela melancia, com 93,2 milhões de toneladas; a uva vem na terceira posição, com 66,3 milhões de toneladas, seguida pela maçã, com 64,2 milhões de toneladas e laranja, com 63,9 milhões de toneladas (VIEIRA, 2009).

O setor produtivo da bananicultura suportou o impacto da crise econômica global melhor que outras commodities agrícolas, de acordo com a previsão da FAO (2009), Esta agência da ONU espera que as importações de bananas sofram uma ligeira redução para 13,8 milhões de toneladas em 2009, cerca de 3,3% menor que em 2007. Apesar da recessão econômica no final de 2009, a procura por bananas vai aumentar 7,8% e pelas demais frutas tropicais aproximadamente 2% em 2010, segundo a FAO (2009). A principal razão destes fatos é a visão pelos consumidores como necessidade de consumo, sendo, portanto, menos sensível às flutuações de rendimentos e preços.

No quadro das importações, os Estados Unidos são, há muitos anos, o maior país comprador da fruta, responsável por aproximadamente um quarto do total comercializado de 2002 a 2006, adquirindo anualmente 25,8% da produção mundial. Em 2006, o mercado americano continuou liderando as compras, adquirindo 24,2% da fruta, seguido pela

Alemanha, com 8,2%, a Bélgica, com 7,4%, o Japão, com 6,6% e o Reino Unido, com 5,8% (VIEIRA, 2009).

Praticamente, toda a produção de banana é consumida *in natura* e somente uma pequena parcela é submetida a algum processo de industrialização (CUNHA et al., 2008). E também, assim como outras frutas, a banana oferece várias possibilidades de industrialização, que produzem uma grande variedade de artigos bastante diferenciados entre si. As diferentes variedades de banana mostram um bom indicativo, do grande número de produtos industrializados que se pode obter a partir deste fruto, já que cada tipo possui características favoráveis a uma forma diferente de industrialização, além do uso de diferentes tipos de banana em um mesmo processamento (EMBRAPA, 2006).

De acordo com informações do II SIMPÓSIO ECONÔMICO HORTIFRUTI BRASIL (2009), as perspectivas da bananicultura nacional para 2009 foram: tendência de manutenção das áreas; produtividade alta (clima); menores embarques à União Européia; envios ao Mercosul em alta (alta oferta x preços baixos).

### 2.1.2 Aspectos botânicos da cultura

As bananeiras pertencem à família botânica *Musaceae* e são originárias do Extremo Oriente (NASCENTE et al., 2005). A maioria das cultivares de banana originou-se do Continente Asiático, embora existam centros secundários de origem na África Oriental e nas Ilhas do Pacífico, além de um importante centro de diversidade na África Ocidental (ALVES, 1999). Ainda, de acordo com este autor, as cultivares apresentam três níveis cromossômicos distintos: diplóide, triplóide e tetraplóide e, na evolução das bananeiras comestíveis, participam, principalmente, as espécies diplóides selvagens *M. acuminata* Colla e *M. balbisiana* Colla, de modo que cada cultivar deve conter combinações variadas de genomas completos dessas espécies parentais. Esses genomas são denominados pelas letras A (*M. acuminata*) e B (*M. balbisiana*), de cujas combinações resultam os grupos AA, BB, AB, AAB, ABB, AAAA, AAAB, AABB, ABBB.

As bananeiras produtoras de frutos comestíveis são plantas Monocotildoneas pertencente à ordem Scitaminea, onde se incluem as sub-famílias Heliconioidae, Strelitzioidae e Musoideae. Nesta última, inclui-se o gênero *Musa*, que contém os subgêneros *Rodochlamys*, *Callimusa*, *Australimusa*, *Physocaulis* e *Emusa* (MOREIRA, 1987). Segundo este autor, a classificação proposta por SIMMONDS e SHEPHERD (1995) para o gênero *Musa*, hoje adotada em todo o mundo, é baseada no número de cromossomos, dividido em dois grupos: com 10 cromossomos (brácteas lisas) e 11 cromossomos (brácteas onduladas externamente).

De acordo com PADOVANI (1989), morfologicamente a bananeira é considerada uma erva gigante monocotiledônea, não contendo caule, onde a parte aérea que se assemelha ao tronco da bananeira é um simples amontoado de folhas, justapostas e imbricadas umas nas outras, onde seu caule, subterrâneo, é chamado também de rizoma, o verdadeiro centro vital da bananeira.

Frutos da bananeira reúnem-se em pencas, coletivamente conhecidas como cachos e resultam do desenvolvimento partenocárpico (SOTO BALLESTERO, 1992).

As bananas, em geral, dependendo do clima, cultivar, nutrição, tratos culturais, atingem a maturidade fisiológica cerca de 90 a 150 dias após a emissão da inflorescência (MARRIOTT, 1980).

As cultivares mais difundidas no Brasil são: Maçã, Prata, Pacovan, Prata-Anã, Mysore, Terra e D'Angola, pertencentes ao grupo genômico AAB, e Nanica, Nanicão e Grande Naine, do grupo AAA, utilizadas principalmente para exportação (DANTAS & SOARES FILHO, 1997).

### 2.1.3 Cultivar ‘Prata’

Cultivar triploide do grupo AAB, antes classificada como *M. balbisiana* Colla. Possui pseudocaule de 4,0 a 5,5 m de altura e 25 a 30 cm de diâmetro de base, de cor verde-amarelado brilhante. Inflorescência pêndula, cachos relativamente pequenos, pesando em média 15 kg com 69 a 118 bananas. O fruto apresenta seção transversal pentagonal, com cinco quinas bem visíveis, de tamanho médio, com 10 a 13 cm de comprimento e 3,5 a 4 cm de diâmetro, com extremidade bem pronunciada, pontiaguda, sem restos florais. Tem casca fina, de cor amarelo-ouro, e endocarpo róseo-pálido. O fruto é excelente para consumo e elaboração da bananada (ALVES, 1999).

A ‘Prata’ é reconhecidamente um tipo de banana nobre, alcançando bons preços nos mercados regionais, além de ter a preferência de cultivo entre os bananicultores de Minas Gerais e de outros estados (SANTOS & CHITARRA, 1998).

### 2.1.4 Cultivar ‘Prata-anã’

Apresenta pseudocaule vigoroso de cor verde-clara, brilhante, com poucas manchas escuras próximo à roseira foliar. O porte varia de 2,0 a 3,5 m e o diâmetro do pseudocaule é de aproximadamente 50 cm. A coloração dos pecíolos e das nervuras principais é também verde-claro-brilhante. A roseta é compacta. As pencas são mais juntas e as bananas mais roliças que as da ‘Prata’. As pontas dos frutos tem formato de gargalo. A ráquis é coberta por flores masculinas e por brácteas, menos nos primeiros 10-15 cm. O “coração” é bastante desenvolvido. Esta cultivar é tolerante ao frio e dispensa uso de escoramento, devido ao grande vigor da planta. Apresenta bom potencial de produtividade sob condições de irrigação, podendo atingir 30-35 t.ha<sup>-1</sup>.ano<sup>-1</sup> (ALVES, 1999).

Segundo CUNHA (2009), a banana prata-anã, que lidera a produção de frutas no Norte de Minas, está ganhando espaço nas mesas dos ingleses com seu sabor discreto, seu aspecto, que não se altera mesmo depois que a fruta permanece muito tempo na despensa, e a sua qualidade nutricional.

Tendo seus frutos semelhantes aos da banana Prata comum, a banana Prata-Anã (AAB) não apresenta dificuldades de comercialização. Tem menor altura e maior produtividade, que os plantios comerciais da banana Prata comum (VICENTE & PEREZ, 1998). Esta cultivar apresenta um excelente potencial produtivo; sob condições de irrigação, produz de 30 a 35 toneladas/ha por ciclo produtivo (SALES, 2002).

### 2.1.5 Pós – colheita

A banana é um fruto climatérico, altamente perecível, pois apresenta uma intensa e transitória elevação na taxa respiratória e produção de etileno que desencadeia o amadurecimento, dificultando a comercialização do produto em locais mais distantes (PINHEIRO et al., 2007). O estágio de amadurecimento comestível está intimamente relacionado com o pico climatérico (ÁLVARES, 2003).

O grande problema da bananicultura brasileira, em se tratando de qualidade da fruta consiste no manejo do produto a partir de sua colheita, passando pelo transporte, embalagem, climatização, manuseio e a própria residência do consumidor. A falta de cuidados no manejo pós-colheita é responsável pela desvalorização da banana no mercado interno e pela perda de oportunidade de exportação da fruta brasileira (LICHTENBERG, 1999). E ainda, de acordo com BLEINROTH et al. (1992), as principais causas de perdas de frutas *in natura* são, de modo geral, causas fisiológicas, caracterizadas pela perda excessiva de umidade associada à temperatura de armazenamento, gases como o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ausência do pré-

resfriamento do produto e acúmulo de etileno, causas fitopatológicas, relacionadas à alta suscetibilidade das frutas ao ataque de microorganismos e causas mecânicas, como corte, compressão, impacto e vibração que são os principais responsáveis por lesões às frutas.

A operação de colheita deve ser realizada no momento oportuno, a fim de se minimizar as perdas de produção e preservar as características originais dos frutos, sempre depois de fisiologicamente desenvolvidos (CANCIAN & CARVALHO, 1980).

### **2.1.6 Características físico-químicas, sensoriais e fitossanitárias dos frutos**

É importante o conhecimento da fisiologia do fruto no que diz respeito às alterações metabólicas que ocorrem durante as etapas de crescimento, colheita, manuseio no “packing house”, condições de armazenamento. Distinguir o estado fisiológico, bem como suas mudanças, é essencial, pois influenciará diretamente nas operações de aperfeiçoamento. O desenvolvimento de métodos apropriados de manuseio e armazenamento é facilitado com o conhecimento das mudanças bioquímicas e fisiológicas do fruto, atingindo a melhor qualidade possível para o consumidor (GALINDO et al., 2004).

Por ser um fruto climatérico, a banana apresenta respiração muito ativa, responsável por uma série de transformações bioquímicas e fisiológicas durante seu amadurecimento. O desaparecimento das quininas dos frutos em banana ‘nânica’ é um indicativo de um estágio de completo desenvolvimento fisiológico, uma vez que, nessa cultivar, os frutos são colhidos ainda verdes (BLEINROTH et al., 1992).

O fruto torna-se mais palatável ao atingir o pleno amadurecimento, devido ao desenvolvimento de sabores e odores específicos, paralelos com o aumento da doçura e diminuição da acidez (CHITARRA & CHITARRA, 1990). A produção de etileno representa um sinal que dispara rapidamente as modificações que resultam na transformação da banana em um fruto apto para o consumo (VILAS BOAS et al., 2001).

Como já foi dito, um intenso aumento da produção de etileno e da taxa respiratória estabelece o início do amadurecimento, em seguida, ocorre um declínio acentuado que sinaliza o início da senescência (MUNASQUE et al., 1990).

SURENDRANATHAN & NAIR (1980) citam os seguintes processos bioquímicos envolvidos no amadurecimento da banana: quebra das moléculas de amido, hemicelulose e substâncias pécticas, levando ao amolecimento dos tecidos; modificação da cor verde para amarela, como consequência da degradação da clorofila e revelação dos carotenóides; produção de substâncias voláteis responsáveis pelo “flavor” dos frutos; produção de etileno, concomitantemente com a elevação da taxa respiratória; conversão do tanino não polimerizado em polimerizado, com diminuição da adstringência do fruto. Desses processos, a quebra do amido representa um importante evento no processo de amadurecimento, por fornecer a energia necessária à síntese de vários compostos característicos de cada fruto, como substâncias voláteis, pigmentos, ácidos orgânicos, etc.,

Com o amadurecimento, a alteração mais marcante que ocorre é o amarelecimento da casca. No estágio pré-climatérico, a clorofila, que confere coloração verde à casca da banana, é rapidamente degradada (VILAS BOAS et al., 2001) e os carotenóides previamente presentes nos tecidos tornam-se visíveis, podendo também ser sintetizados com o avanço da maturação (CHITARRA & CHITARRA, 2005), caracterizando a banana madura (VILAS BOAS et al., 2001). O estágio de maturação pode ser caracterizado subjetivamente pelo grau de coloração da casca, parâmetro importante para prever a vida útil da fruta. E ainda, segundo PALMER (1971), a coloração da banana é a mudança mais nítida que ocorre durante o seu amadurecimento, servindo como um referencial para se estabelecer, com certo grau de precisão, o estágio de maturação dos frutos.

De acordo com CHITARRA & CHITARRA (2005), os principais pigmentos presentes em frutos e hortaliças são as clorofilas, carotenóides, flavonóides e betalainas, cujas atuações são importantes na aceitação do produto pelo consumidor e que, como consequência da evolução da maturação dos tecidos, há degradação da clorofila, tornando visíveis pigmentos pré-existentes e/ou sínteses de novos pigmentos responsáveis pela coloração característica da espécie.

Outro importante atributo de qualidade é o amaciamento do fruto durante o amadurecimento, acompanhado pelo aumento na solubilização de substâncias pécticas na parede celular e lamela média e um incremento no teor de pectina solúvel em água é observado com o decorrer do amaciamento. Em muitos frutos, o amadurecimento vem acompanhado por grandes mudanças na estrutura péctica. Essas mudanças na estrutura têm sido atribuídas à ação de poligalacturonases (PG) e pectinametilesterases (PME) (SEYMOUR et al., 1993).

A polpa da banana é composta por grande número de pequenas células. No fruto verde, cada uma dessas células possui uma rígida membrana, composta, principalmente, de substâncias insolúveis, conhecidas como protopectina. Internamente, encontram-se numerosos grãos sólidos de amido. Na maturação, a protopectina é parcialmente transformada pela ação das enzimas, formando pectina solúvel, da qual resulta o amolecimento das células da membrana. Ao mesmo tempo, o amido é transformado pelas enzimas, em açúcares solúveis, que começam a se dispersar na matéria sólida do interior da célula, formando uma massa semi-sólida. Dessa forma, as alterações químicas amolecem a membrana da célula dissolvendo parcialmente o seu conteúdo, a banana verde e dura se torna macia e saborosa (MEDINA, 1985).

Uma outra alteração que ocorre após a colheita, é a perda de massa fresca. De acordo com CHITARRA & CHITARRA (2005), o processo da respiração está associado ao da transpiração, principal fator responsável pela perda de massa. Ainda, segundo os autores, perdas entre 3 e 6% são suficientes para promover marcante declínio na qualidade, afetando a aparência e aceitabilidade do produto como alimento. Durante o amadurecimento, as bananas, assim como as demais frutas, perdem massa e a taxa de perda é influenciada pelas condições de armazenamento (SILVA et al., 2007).

A umidade relativa de 85-90%, com a câmara fechada, evita o murchamento, a perda excessiva de massa da banana, e quando associada a temperaturas adequadas, contribui para melhorar o aspecto, a comerciabilidade e a vida útil dos frutos (MOREIRA, 1987).

A banana também apresenta durante seu amadurecimento aumento no teor de sólidos solúveis, atingindo valores de até 27% (BLEINROTH, 1993). De acordo com CHITARRA & CHITARRA (1990) e GARCIA & LAJOLO (1988), os sólidos solúveis aumentam em decorrência da hidrólise da protopectina em pectina solúvel e da hidrólise do amido em glicose e frutose.

Segundo FERNANDES et al. (1979), os teores de açúcares redutores e não redutores de banana 'Prata' também variam de acordo com a temperatura de exposição e estágio de amadurecimento dos frutos. Para os autores, durante o amadurecimento ocorre aumento nos teores de açúcares redutores e não-redutores nesta cultivar. Ainda, segundo VIVIANI & LEAL (2007), a conversão do amido em açúcares simples é uma das mudanças mais notáveis no amadurecimento da banana. Esse é transformado, predominantemente, em açúcares redutores, glicose e frutose (8 a 10%), e sacarose (10 a 20%). Quando madura, a porcentagem de amido é reduzida de 20% quando o fruto se apresenta verde para 0,5 a 2,0%. De acordo com CHITARRA & CHITARRA (2005), os teores de amido na banana 'prata' diminuem cerca de 20 a 25 % da massa fresca para 0,2% a 1,5% com o amadurecimento, e há aumento simultâneo no teor de açúcares solúveis de 1% para 20% da massa fresca. ADÃO & GLÓRIA

(2005), observaram que após 14 dias de armazenamento, a sacarose, glicose e frutose foram, notadamente, os principais açúcares solúveis encontrados em frutos de banana 'Prata'.

Outro componente importante que compõe o sabor dos frutos são os ácidos orgânicos. Na banana, predomina o ácido málico onde o teor desse atinge valor máximo quando a casca se encontra totalmente amarela (BLEINROTH, 1993), decrescendo posteriormente. De acordo com CHITARRA & CHITARRA (2005), os valores de acidez em frutos de banana cv. 'Prata', variam de 0,14% em frutos verdes, 0,26% em frutos maduros e 0,44% em frutos maduros. CERQUEIRA et al. (2002), mensuraram valores de acidez total titulável (ATT) de quatro cultivares ('Pacovan', 'Prata Comum', 'Nam' e 'Figue Pomme Naine') que variaram de 0,19% a 0,65%. Em banana-'Nanicão' produzida nos Estados de Santa Catarina (SC) e Mato Grosso (MT), foram observados valores na faixa de 0,307% e 0,350% respectivamente, por CAMPOS et al., (2003) e PINHEIRO et al. (2007), com o decorrer do amadurecimento, frutos controle de banana 'maçã' atingiram valores de 0,55 % de ácido málico.

Nos frutos de bananeira os atributos sensoriais, como aroma, sabor, textura e cor, são influenciados significativamente pela composição química, principalmente pelos ácidos, açúcares e compostos fenólicos (SOTO BALLESTERO, 1992). Para LAL et al. (1974), amido, açúcares, acidez, pH, sólidos solúveis totais e taninos são os principais responsáveis por estas transformações que ocorrem no amadurecimento da banana.

Para SOTO BALLESTERO (1992), durante o amadurecimento tem-se aumento no teor de açúcares simples, diminuição no teor de ácidos simples e orgânicos e no teor de compostos fenólicos, acarretando em redução na adstringência e acidez, além da liberação de substâncias voláteis, responsáveis pelo aroma e sabor, que são características essenciais para a aceitação da fruta.

Segundo WATTS et al. (1992), a análise sensorial é uma ciência interdisciplinar na qual se convidam avaliadores, que se utilizam da complexa interação dos órgãos dos sentidos (visão, gosto, tato e audição) para medir as características sensoriais e a aceitabilidade dos produtos alimentícios e muitos outros materiais. Os autores afirmam ainda que, a análise sensorial vem sendo aplicada no desenvolvimento e melhoramento de produtos, controle de qualidade, estudos sobre armazenamento e desenvolvimento de processos. O objetivo da avaliação sensorial é detectar diferenças entre os produtos, baseado nas diferenças perceptíveis na intensidade de alguns atributos (FERREIRA et al., 2000).

Como já foi relatado anteriormente, no Brasil, as perdas pós-colheita podem atingir 30% ou mais da produção, (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Dentre os fatores responsáveis por essas perdas, estão os agentes causadores de podridões em pós-colheita que apresentam uma característica comum, que é a capacidade de se estabelecerem no fruto imaturo e permanecerem em estado latente, sem o aparecimento de sintomas, até que haja condições para que o processo de infecção tenha lugar (NERY-SILVA et al., 2001).

De acordo com ABAYASEKARA et al. (1998), a antracnose, causada pelo fungo *Colletotrichum musae* é a doença de pós-colheita mais importante em todas as regiões produtoras de bananas do mundo e responsável pela maioria das perdas. O fungo infeta os frutos ainda verdes e as infecções permanecem em repouso até o amadurecimento, quando lesões escuras desenvolvem-se progressivamente, afetando sua qualidade e comercialização. A doença caracteriza-se pela formação de lesões escuras e deprimidas, que, em condições de alta umidade, aparecem frutificações rosadas do fungo. Com o progresso da doença, as lesões aumentam de tamanho, podendo unir-se. Normalmente, a polpa não é afetada, exceto em condições de altas temperaturas ou quando ultrapassa o ponto ótimo de maturação (ALVES, 1999).

Segundo GASPAROTTO et al. (2003), as podridões pós-colheita em frutos ainda são causadas por *Erwinia* spp., *Lasiodiplodia teobromae*, *Fusarium* spp., *Ceratocystis paradoxa*, *Cephalosporium* sp., *Deightonella torulosa*, *Pylicularia grisea* e *Trachysphaera fructigena*.

### 2.1.7 Respiração e etileno

Uma vez colhidos, os vegetais não são mais dependentes da planta-mãe, sendo a respiração o principal processo fisiológico em vegetais após a colheita. As partes dos vegetais tornam-se independentes utilizando suas próprias reservas metabólicas acumuladas nas fases de crescimento e maturação (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Os frutos se classificam, de acordo com o padrão respiratório e produção de etileno durante o amadurecimento, em climatérios e não-climatérios. Os climatérios se caracterizam por apresentar uma ascensão respiratória e de produção de etileno que coincide com o amadurecimento, enquanto que os não-climatérios não apresentam esse comportamento (PINHEIRO, 2007). KADER (1999) preconiza que as frutas podem ser divididas em dois grupos: 1) frutas que não são capazes de continuar o processo de maturação, uma vez removida a partir da planta (cereja, frutas cítricas, uva, lichia, abacaxi, romã, e Tamarillo), e 2) que os frutos podem ser colhidos maduros e amadurecidos fora da planta (maçã, damasco, abacate, banana, cherimóia, goiaba, kiwi, manga, nectarina, mamão, maracujá, pêra, pêssego, caqui, ameixa, marmelo, sapoti, sapota). Frutos do grupo 1 produzem quantidades menores de etileno e só respondem ao tratamento com etileno para desverdecimento (remoção de clorofila). Estes devem ser colhidos quando completamente maduros para garantir a qualidade de “sabor bom”. Frutas no Grupo 2 produzem quantidades superiores de etileno, em união com o seu amadurecimento, e a exposição ao etileno exógeno resulta em uma maturação mais rápida e uniforme.

O etileno ( $C_2H_4$ ) é considerado o hormônio natural do amadurecimento e o aumento na sua biossíntese até concentrações que estimulam este processo é o evento que marca a transição entre as fases de desenvolvimento e senescência no fruto (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Segundo Mc MURCHIE et al. (1972), a banana é uma fruta típica climatérica, na qual operam dois sistemas de produção de etileno. O sistema 1 é responsável pela baixa taxa basal de produção de etileno. O sistema 2 é responsável pelo aumento na produção autocatalítica de etileno em climatéricos.

A biossíntese de etileno envolve a conversão da S-adenosil-metionina (SAM) a 1-minociclopropano-1-carboxílico (ACC) catalisada pela ACC sintase (ACS) e conversão de ACC em etileno pela ACC oxidase (ACO) (ADAMS & YANG, 1979). Ainda, de acordo com CHITARRA & CHITARRA (2005), a ACC sintase é a enzima limitante para a biossíntese do etileno nos tecidos vegetativos e, em conjunto com a ACC oxidase (que requer  $O_2$ ), contribui para a regulação da biossíntese do etileno no amadurecimento dos frutos.

JIN et al. (2009) observaram que, em bananas amadurecidas naturalmente à temperatura de  $25^\circ C$ , a produção de etileno começou a aumentar 10 dias após a colheita, com pico acentuado aos 14 dias após a colheita e um decréscimo logo em seguida.

### 2.1.8 Amadurecimento Induzido dos Frutos

Algumas respostas fisiológicas dos tecidos vegetais são geralmente iniciadas pelo aumento da produção auto-catalítica do etileno numa etapa específica do crescimento da planta ou de um órgão isolado dessa planta. Essas respostas também podem ser iniciadas pela aplicação exógena com etileno antes do seu aumento auto-catalítico no tecido. A aplicação exógena pode induzir o amadurecimento de vários tipos de frutas, dentre elas a banana (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

LIU et al. (1999) investigando as características associadas com a biossíntese de etileno no amadurecimento de frutos de banana do subgrupo Cavendish, observaram que, no



início da maturação, a atividade da ACC oxidase (ácido 1-carboxílico-1-aminociclopropano) foi aumentada consideravelmente, seguido por uma redução rápida e imediata.

A banana é, dentre os frutos climatéricos, um caso incomum no que se refere à larga faixa de maturidade fisiológica em que pode ser colhida e induzida a amadurecer com excelente qualidade. Isso possibilitou que a maturação comercial de bananas se tornasse uma operação de rotina, bem como a obtenção de bananas em estágio de cor específico, de acordo com esquema pré-determinado (ALVES, 1999).

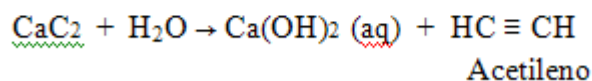
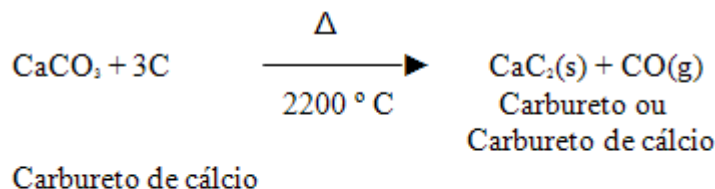
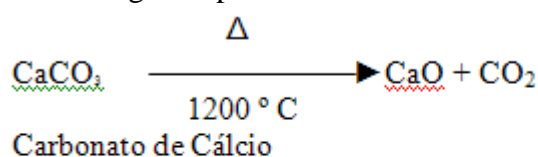
A qualidade de uma fruta, influenciada antes da sua colheita por condições desfavoráveis ou pelo manejo inadequado, não é melhorada no amadurecimento controlado. É preciso que se aumente a troca entre os segmentos, produção/pós-colheita, tentando maximizar o uso de tecnologias apropriadas para a produção de bananas de qualidade (NOGUEIRA, 2005).

De acordo com BOTREL et al. (2004), colhida próxima ao seu desenvolvimento fisiológico, naturalmente a banana amadurece de forma desuniforme. Um processo chamado climatização é utilizado a fim de homogeneizar o lote, proporcionando um amadurecimento mais rápido dos frutos, mantendo-os em câmara hermeticamente fechada, a fim de promover o amadurecimento por meio da introdução de gases ativadores de maturação.

A aplicação comercial do etileno pode ser realizada por injeção de gás em câmara apropriada, ou também podem ser utilizadas substâncias solúveis em água como o ácido 2-cloroetilfosfônico (Ethephon), que libera o gás em contato com o tecido vegetal (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Ainda, de acordo com MEDINA (2004), tradicionalmente, a indução da maturação (climatização) de bananas e plátano é feita utilizando-se carbureto de cálcio, o qual, quando umedecido, libera o acetileno. A técnica consiste em empilhar as pencas, colocar o carbureto umedecido em volta das mesmas, cobrindo-as com lona plástica.

Por ser mais barato, é mais comum o uso do acetileno, não oferecendo também riscos de explosão nas concentrações utilizadas. Já o gás etileno é tóxico e letal acima de certos limites, exigindo treinamento adequado de pessoal, restrição quanto ao acesso à câmara, uso de máscara protetora, entre outras providências (MINADER, 2003).

Segundo NOGUEIRA (2005), o acetileno é o nome usualmente empregado para designar o menor e mais importante dos alcinos ou alquinos: o etileno ( $\text{HC} \equiv \text{CH}$ ). O gás acetileno é obtido por meio do seguinte processo:



Para produzir efeito semelhante ao etileno, o acetileno (gás de odor desagradável), necessita ser usado numa concentração superior, na qual, segundo MOREIRA (1987) e BUSQUET et al. (2002), é necessária que 2,66 gramas de carbureto de cálcio reajam com o

dobro da quantidade de água, para que se obtenha a concentração necessária de 1% de acetileno. Assim, ocorre a liberação de gás suficiente para induzir maturação em frutas colocadas em 1 m<sup>3</sup> de câmara totalmente vedada.

As bananas quando são retiradas das câmaras de climatização devem ainda estar com as extremidades verdes (“ponta verde”), porém, com a parte mediana já amarelecendo, sendo esse um indicativo de que a maturação foi bem processada (MOREIRA, 1987). Ainda, de acordo com o autor, uma vez retirada da câmara no ponto “ponta verde”, a banana completa seu amadurecimento lentamente, possibilitando maior período de tempo para sua comercialização.

Em conjunto com a redução da temperatura a níveis de 12 a 18° C, o uso de câmaras de amadurecimento, com aplicação de gases ativadores da maturação (etileno ou acetileno) é uma prática comum para grandes produtores, cooperativas e centrais de abastecimento (BOTREL et al., 2001), para os quais o amadurecimento de bananas é rotineiro.

SILVA et al. (2006) observaram que as modificações associadas ao amadurecimento são mais intensas e aceleradas em banana ‘Prata’ climatizada no 2º e 3º dias após a colheita, em comparação àquelas observadas nas frutas climatizadas no 1º dia após a colheita. CAMPOS et al., (2003) concluíram que as condições da climatização (empilhamento de caixas, com a temperatura da câmara a 16°C e aplicação de etileno hidratado a 10 ppm), durante três dias interferiram na vida pós-colheita da banana cv. Nanicão.

### 2.1.9 Irradiação Gama

Com o crescimento populacional mais acelerado que a disponibilidade de alimentos, a produção e a conservação de alimentos são, de longas datas, problemas estratégicos a serem resolvidos com a máxima urgência. De acordo com RODRIGUES (2007), os processos de conservação têm por objetivo evitar as alterações nos alimentos, sejam elas de origem microbiana, enzimática, física ou química. Dentre os tipos de tratamento para conservação existentes pode-se citar: calor, refrigeração, controle da umidade, adição de um soluto, defumação, fermentação, adição de aditivos e uso da irradiação.

O processo de irradiação de alimentos, associado a outros métodos tradicionais de tratamento de conservação de alimentos está recebendo, em todo o mundo, uma crescente atenção. Estes estudos começaram no início do século passado, nos Estados Unidos da América, mais precisamente no Instituto de Tecnologia de Massachussets (MIT), no qual desenvolvem-se pesquisas nessa área desde 1899 e, cientistas alemães e franceses têm pesquisado o processo desde 1914. Portanto, não se trata de uma tecnologia recente (ICGFI, 2000).

De acordo com BRASIL (2001), as fontes de radiação autorizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear são: a) Isótopos radioativos emissores de radiação gama: Cobalto- 60 e Césio-137; b) Raios X gerados por máquinas que trabalham com energias de até 5 MeV; e c) Elétrons gerados por máquinas que trabalham com energias de até 10 MeV.

As fontes gama utilizadas na Irradiação de Alimentos, de acordo com HERNADES et al. (2003), são o <sup>60</sup>Co (Cobalto 60) que tem meia-vida de 5,27 anos e decai para o <sup>60</sup>Ni (níquel 60, que é estável) por meio da emissão de dois fótons gama (1,17 e 1,33 MeV) e de uma partícula beta (0,31 MeV), e o <sup>137</sup>Cs (Césio 137) que tem meia-vida de 30 anos, decai para o <sup>137</sup>Ba (bário 137, que é estável), por meio da emissão de duas partículas beta (0,51 e 1,18 MeV) e emissão de um fóton gama (0,66 MeV).

O principal objetivo do tratamento com radiações ionizantes em frutas e outros vegetais é assegurar sua preservação, aumentando o tempo de conservação do alimento. Este processo pode envolver a inativação de microrganismos (principalmente fungos, bactérias e leveduras), o retardo da maturação e a desinfestação, dentre outros mecanismos (LEMMA et

al., 1999). Ainda, de acordo com LIMA et al. (2001), o tratamento de hortaliças por irradiação gama apresenta-se como uma excelente opção para melhorar a qualidade sanitária e prolongar a vida útil, sem prejudicar sua qualidade nutricional, com um grande potencial para reduzir perdas pós-colheita.

Segundo HERNANDES et al. (2003), a irradiação de alimentos é uma técnica que, utilizada segundo as normas de segurança já estabelecidas, é segura e eficaz na promoção da extensão da vida de prateleira de muitos alimentos. Ainda, de acordo com CHITARRA & CHITARRA (2005), a irradiação de frutas e hortaliças pós-colheita atua como fungicida e inseticida, reduzindo os danos causados por doenças e insetos, além de ser utilizada como método de conservação, prolongando o armazenamento por retardar o amadurecimento de alguns produtos. Os autores ainda afirmam que, dependendo da dose, a irradiação pode provocar alguns inconvenientes como escurecimento, amaciamento, desenvolvimento de depressões superficiais, amadurecimento anormal, e perda de aroma e sabor nos produtos.

No processo de irradiação, a radiação ionizante causa alterações enzimáticas que aumentam a vida útil de vários vegetais, bem como interage com uma fração mínima dos átomos dos alimentos, promovendo uma dissociação de moléculas e eliminação de insetos, fungos e bactérias contaminantes. (VITAL et al., 2008). Para esses autores, ainda, baixas doses inibem a ação de enzimas que agem nos processos fisiológicos, retardando o amadurecimento, conseqüentemente, aumentando o tempo de prateleira de frutas e, ainda, para CHITARRA & CHITARRA (2005), a radiação numa faixa de 0,15 a 0,30 kGy é geralmente indicada para esterilizar a maioria das pestes por insetos em frutas que entram no mercado com restrições quarentenárias.

O comportamento fisiológico de um fruto em resposta à irradiação depende do estado de maturidade, nível da dose e condições de armazenamento pós-tratamento. Como indicador de estresse produzido pela radiação gama, mede-se a taxa respiratória e produção de etileno (KADER, 1986).

Inicialmente, os resultados das pesquisas com alimentos irradiados não foram muito animadores porque as fontes de radiação e as doses impróprias utilizadas provocavam alterações sensoriais que comprometiam a aceitação do produto pelos consumidores (ICGFI, 2000). Sua utilização deve ser bem avaliada, principalmente no que se refere às qualidades sensoriais do produto, uma vez que a irradiação pode alterar algumas características sensoriais do alimento. Por outro lado, sabe-se que esses efeitos podem ser correlacionados com as doses de radiação aplicadas e que cada alimento comporta-se de modo distinto (DIEHL, 1990; HERNANDES et al., 2003).

De acordo com DOMARCO et al. (1999), a combinação da irradiação com outros tratamentos, pode aumentar ainda mais a vida de prateleira de frutas, bem como protegê-las e, ainda, reduzir a dose de radiação a ser empregada, evitando danos ao produto.

SILVA et al (2007), irradiando bananas da cultivar “Nanica” (*Musa sp.*, Grupo AAA) armazenadas em condições ambiente, observaram que, para controle da maturação, a dose 0,30 kGy apresentou melhor resultado quanto à firmeza e controle de aparecimento de fungos.

ZAMAN et al. (2007), irradiando banana (*Musa sapientum*) nas doses de 0,30 kGy, 0,40 kGy e 0,50 kGy e armazenando em condições ambiente (25° C), concluíram que, as respectivas doses não causaram alterações nas qualidades nutricionais e organolépticas, mantendo os componentes químicas da fruta, além de prolongar a vida útil das frutas por 20 dias. Frutos de morango após irradiação nas doses 0,5; 1,0; 1,5 e 2,0 kGy, foram armazenados em temperatura de 4° C. Neste trabalho, FRANÇOSO et al. (2008) observaram que a irradiação não provocou mudanças nos valores de pH, teor de SST, acidez titulável, pectina total e solúvel, pois não houve diferenças entre o controle e as amostras submetidas às diferentes doses de irradiação.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Experimento 1

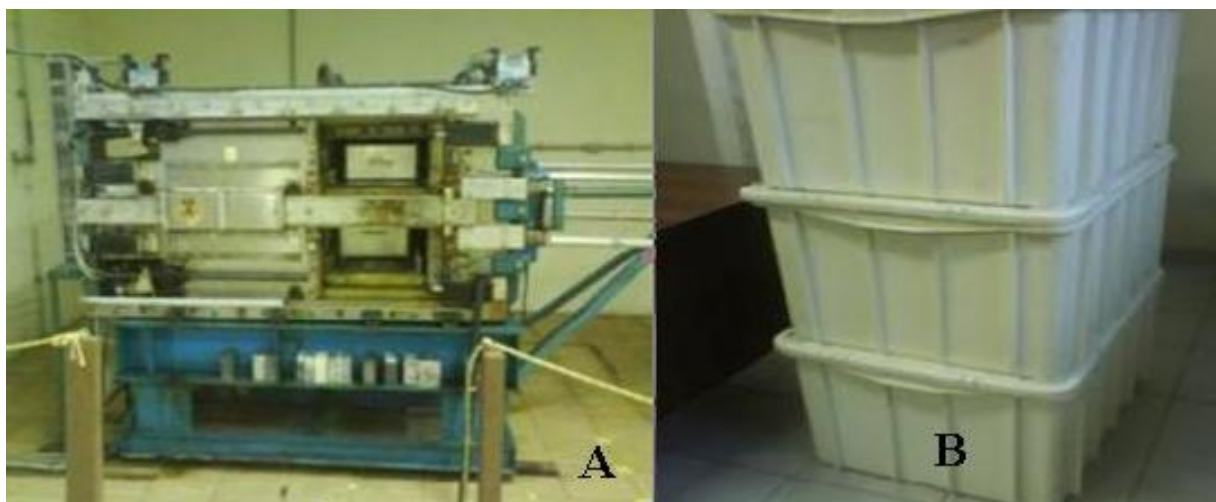
Foram utilizados frutos de banana 'Prata' (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana* grupo AAB) provenientes do município de Angra dos Reis (RJ), colhidos no estágio pré-climatérico, com coloração verde, porém fisiologicamente desenvolvidos (Figura 1). No entanto, os produtores de banana da região de Angra dos Reis-RJ, utilizam de baixa tecnologia de produção e realizam a colheita dos frutos em estágio avançado de desenvolvimento (com poucas quinas), acarretando em um amadurecimento mais rápido desses frutos. Imediatamente após a colheita, os frutos foram transportados, até o laboratório Pós-Colheita da UFRRJ, para condução do experimento.



**Figura 1** - Frutos de banana 'Prata' no momento da colheita

Os frutos, primeiramente foram higienizados com solução clorada (50 mg/kg/15 min), sendo separados em dois lotes. O primeiro lote foi levado ao Centro Tecnológico do Exército do RJ (CTEx) para receber radiação gama nas doses de 0,25 kGy e 0,50 kGy em um irradiador com fonte de Césio-137. O irradiador de pesquisa do CTEx é do tipo "cavidade blindada" e tem porta e fonte móveis, controladas por intermédio de um painel eletro-eletrônico, o qual aciona motores alimentados por um sistema pneumático. Duas câmeras de irradiação, com volume de 100 litros cada, situam-se abaixo e acima do plano da fonte de césio-137 de 46 kCi, que emite um fluxo de radiação gama correspondente a uma taxa de dose máxima de 1,7 kGy/h. Um programa computacional permite o cálculo do tempo de exposição para se obter a dose desejada. Além do decaimento da fonte, ele leva em consideração, a geometria e a densidade da amostra a ser irradiada. O erro estimado no cálculo da dose e do tempo de exposição é de aproximadamente  $\pm 10\%$  e deve-se principalmente aos gradientes vertical e horizontal da distribuição da taxa de dose (Figura 2 A). O segundo lote permaneceu no Laboratório de Pós-Colheita, no qual os frutos foram submetidos à exposição ao carbureto de cálcio em caixas

plásticas herméticas, medindo 0,67 x 0,40 x 0,50 cm, na dose de 7 g/m<sup>-3</sup> por 24 h, abertas por 1 hora e novamente fechadas por mais 8 h (total de 32 h de climatização) (Figura 2 B). Parte do 1º lote retornou ao Laboratório de Pós-Colheita, sendo exposta, nas mesmas condições e doses do carbureto de cálcio. Da mesma forma, parte do 2º lote foi levada ao CTEEx para exposição às mesmas doses de radiação gama do 1º lote (0,25 e 0,50 kGy).



**Figura 2** - (A) Irradiador gama com fonte de <sup>137</sup>Cs, CTEEx – RJ; (B) Caixas de Climatização com Carbureto de Cálcio

Portanto, os tratamentos foram os seguintes:

1. Controle;
2. Climatização (7g/m<sup>-3</sup> câmara de carbureto de cálcio) (clz)
3. Climatização seguida de irradiação gama na dose de 0,25 kGy (clz + 0,25 kGy);
4. Climatização seguida de irradiação gama na dose de 0,50 kGy (clz + 0,50 kGy);
5. Irradiação gama na dose de 0,25 kGy (0,25 kGy);
6. Irradiação gama na dose de 0,50 kGy (0,50 kGy);
7. Irradiação gama na dose de 0,25 kGy seguida de climatização (0,25 kGy + clz);
8. Irradiação gama na dose de 0,50 kGy seguida de climatização (0,50 kGy + clz).

### 3.2 Experimento 2

Foram utilizados frutos de banana ‘Prata-anã’ (*Musa acuminata* x *Musa balbisiana* grupo AAB) provenientes do município de Jaíba (MG), colhidos no estádio pré-climatérico, com coloração verde, porém fisiologicamente desenvolvidos (Figura 3). Imediatamente após a colheita, os frutos foram transportados, previamente higienizados, até o laboratório Pós-Colheita da UFRRJ, para condução do experimento.



**Figura 3** - Frutos de banana ‘Prata-anã’ na aplicação dos tratamentos

Os frutos foram separados em dois lotes. O primeiro lote foi levado ao Centro Tecnológico do Exército do RJ (CTEx) para receber radiação gama nas doses de 0,25 kGy e 0,50 kGy em um irradiador com fonte de Césio-137 (Figura 2 A). O segundo lote permaneceu no Laboratório de Pós-Colheita, onde foram submetidos à exposição do carbureto de cálcio em caixas plásticas herméticas, medindo 0,67 x 0,40 x 0,50 cm, na dose de 7 g/ m<sup>-3</sup> por 24 h, abertas por 1 hora e novamente fechadas por mais 8 h (total de 32 h de climatização) (Figura 2 B). Parte do 1º lote, retornando ao Laboratório de Pós-Colheita, foi exposta, nas mesmas condições e doses ao carbureto de cálcio. Da mesma forma, parte do 2º lote foi levado ao CTEx para exposição às mesmas doses de radiação gama do 1º lote (0,25 e 0,50 kGy).

Portanto, os tratamentos foram os seguintes:

1. Controle;
2. Climatização (7 g/m<sup>-3</sup> câmara de carbureto de cálcio) (clz)
3. Climatização seguida de radiação gama na dose de 0,25 kGy (clz + 0,25 kGy);
4. Climatização seguida de radiação gama na dose de 0,50 kGy (clz + 0,50 kGy);
5. Radiação gama na dose de 0,25 kGy (0,25 kGy);
6. Radiação gama na dose de 0,50 kGy (0,50 kGy);
7. Radiação gama na dose de 0,25 kGy seguida de climatização (0,25 kGy + clz);
8. Radiação gama na dose de 0,50 kGy seguida de climatização (0,50 kGy + clz).

### **3.3 Análises Físicas, Químicas e Bioquímicas**

As análises foram realizadas no Laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Fitotecnia na UFRRJ, em que:

- Experimento 1 - Durante 9 dias, sendo as avaliações feitas a cada 2 dias (exceto para as avaliações de amido e pectinametilesterase (a cada 4 dias em lote separados) e firmeza, para a qual separou-se um lote para ser analisado no 3º e 10º dia após os tratamentos (DAT) no CTEx. Durante o período experimental, os frutos foram mantidos em temperatura média de 27° C.

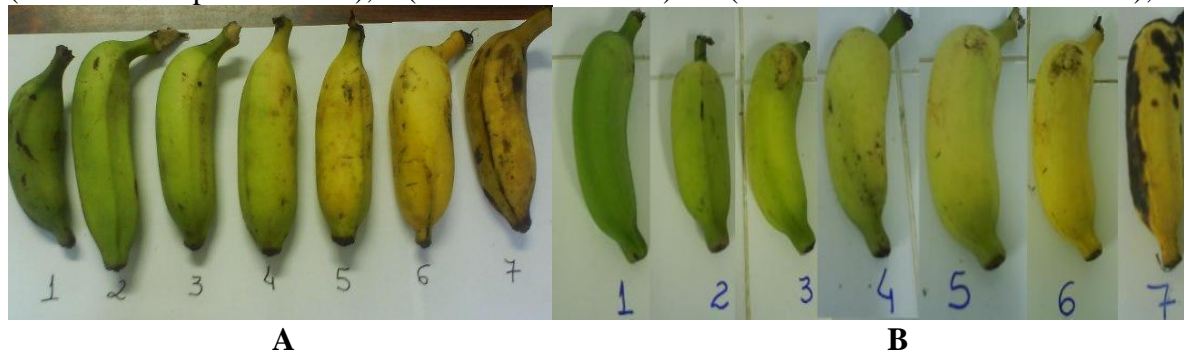
● Experimento 2 - Durante 9 dias, sendo as avaliações feitas a cada 2 dias (perda de massa fresca, coloração da casca e índice de doenças), no 1º, 5º e 9º dia após os tratamentos (DAT) para as avaliações de clorofilas totais, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, amido e pectinametilesterase (as duas últimas em lote separado). A firmeza (em lote separado) foi avaliada no 3º, 6º e 10º DAT. Durante o período experimental, os frutos foram mantidos em temperatura de 23° C.

Em ambos os experimentos, para a determinação da taxa respiratória, utilizou-se um único lote com cinco repetições por tratamento, em que as avaliações eram feitas a cada 12 horas (7 h da manhã e 7 h da noite), por uma semana. Em tal avaliação, foram utilizados 120 frutos.

### 3.3.1 Análises físicas

#### 3.3.1.1 Coloração da casca

Avaliação visual (critério de notas) de acordo com SOTO-BALLESTERO (1992), em que: 1 (verde), 2 (verde-claro), 3 (verde- amarelado), 4 (mais amarelado que verde), 5 (amarelo com pontas verde), 6 (totalmente amarelo) e 7 (amarelo com manchas marrom);



**Figura 4** – Notas para coloração da casca em frutos de banana 'Prata' (A) e 'Prata-anã' (B).

#### 3.3.1.2 Índice de doenças

Avaliação visual (critérios de notas) de acordo com uma escala adaptada por AZEVEDO (1998): 0 (zero)= bananas sem nenhum sintoma de doença; 1= bananas com lesões de diâmetro inferior a 1,0 cm; 2= bananas com lesões de diâmetro entre 1,0 e 2,0 cm; 3= bananas com lesões de diâmetro maior que 2,0 cm.

#### 3.3.1.3 Perda de massa fresca

Foi separado um lote com 5 repetições, onde a perda de massa fresca foi obtida por diferença entre as massas frescas no momento da avaliação, através da pesagem dos frutos em balança digital. Expressa em porcentagem.

#### 3.3.1.4 Firmeza com casca

Foi feita em três medições por fruto, na região equatorial. Determinada através de penetrômetro manual TR Forli – Italy F327 e expressa em Newton.

### 3.3.2 Análises químicas

#### 3.3.2.1 Teores de clorofilas totais da casca dos frutos

Com auxílio de um descascador manual, amostras de 1g da casca dos frutos foram coletadas, sempre na mesma região dos frutos (equatorial). Estas foram colocadas em frascos escuros contendo 10ml de álcool etílico (etanol, 95%) e foram acondicionadas em ambiente refrigerado por 24h. Após este período, as amostras foram filtradas em algodão e o volume completado com álcool etílico para 15ml, sendo que este extrato contendo os pigmentos foi então levado a espectrofotômetro 22 RS.

A absorvância (A) da clorofila "a" foi lida em 664nm, clorofila "b" em 648nm. O cálculo da concentração da clorofila "a" ( $C_a$ ), da clorofila "b" ( $C_b$ ), das clorofilas totais "a" e "b" ( $C_{a+b}$ ) foi realizado de acordo com equações definidas em LICHTENTHALER (1987), com leituras obtidas em espectrofotômetro e valores expressos em  $\mu\text{g}$  por ml de extrato:

$$C_a = 13,36A_{664} - 5,19A_{648}$$

$$C_b = 27,43A_{648} - 8,12A_{664}$$

$$C_{a+b} = 5,24A_{664} + 22,24A_{648}$$

Após a obtenção do valor da concentração na unidade acima, foi feita a conversão para que as concentrações fossem expressas em  $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$  de casca.

### 3.3.2.2 Acidez total titulável (ATT)

Obtida por método titulométrico com NaOH 0,1N, com ponto de viragem do branco para o rosa, sendo expressa em porcentagem de ácido málico (IAL, 1987).

### 3.3.2.3 Amido

As concentrações de amido foram obtidas de acordo com o método "Lane-Eynon" (BRASIL, 1999), pelo qual ocorre redução de Cu (+2) à Cu (+1), na forma de precipitado de óxido cuproso ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ). Primeiramente, determinou-se os açúcares redutores (monossacarídeos - sem hidrólise), após pesagem de 10 gramas da polpa de banana e dissolução com 75 mL de água destilada. A amostra foi transferida para um balão volumétrico de 250 mL, e adicionou-se 2 mL de ferrocianeto de potássio 15% + 2mL de sulfato de zinco 30%. Aguardou-se 5 minutos para precipitação e o balão foi avolumado com água destilada. Posteriormente, fez-se a filtragem, com um funil com filtro de café colocado sobre um erlemeyer de 250 mL e procedeu-se a filtragem. A amostra (filtrado translúcido) foi titulado numa bureta de 10 mL, esse filtrado foi titulado com 10 mL de felling A e 10 mL de felling B + 1 gota de azul de metileno (em chapa quente).

O próximo passo foi a determinação dos açúcares não redutores (polissacarídeos – hidrólise forte). 10 g de polpa de banana foram pesadas em erlemeyer de 250 mL, dissolvidas em 100 mL de água destilada e adicionando-se 10 mL de HCl. Essas amostras foram autoclavadas a 120°C/20 min. Posteriormente foram resfriadas à temperatura ambiente e neutralizadas com NaOH 10% e 50% até o pH ficar na faixa de 6,5-8,0. Após neutralização, as amostras foram transferidas para um balão volumétrico de 250 mL, adicionando-se 2 mL de sulfato de zinco 30 % e 2 mL de ferrocianeto de potássio 15%. Esperou-se 5 min para precipitação e avolumou-se o balão com água destilada. Esse precipitado foi então filtrado em filtro de café. Procedeu-se então, a titulação deste filtrado em bureta de 10 mL em 10 mL de felling A e 10 mL de felling B + 2 gotas de azul de metileno (isso em chapa quente, fervendo), anotando-se o volume da bureta no momento da viragem de azul para vermelho.

O cálculo da % glicose foi:

$$\% \text{ glicose} = \frac{d \times T}{V \times m}$$

Em que:

d = diluição, ou seja, volume do balão volumétrico utilizado na análise (geralmente 250mL);



T = título da solução padrão de glicose, ou seja, massa (g) de glicose necessária para reduzir  $\text{Cu}^{+2}$  para  $\text{Cu}_2\text{O}$  (+1)

V = volume (mL) de amostra gasto na titulação;

m = massa de amostra (g) utilizada na análise

Para o teor de amido:

% Amido = (Valor glicose encontrado com hidrólise forte - valor glicose encontrado sem hidrólise) x 0,90

Em que, 0,90: fator de conversão em função da hidrólise forte, a qual a amostra foi submetida.

#### 3.3.2.4 Sólidos solúveis totais (SST)

Determinado pela leitura direta em refratômetro manual com resultado expresso em ° Brix (IAL, 1987).

#### 3.3.2.5 Determinação da atividade respiratória (eliminação de $\text{CO}_2$ )

Os frutos foram acondicionados em recipientes plásticos tampados com capacidade de 4000 ml (Figura 5) juntamente com 10ml de NaOH 0,5N, cuja função foi de fixar o  $\text{CO}_2$  desprendido pelo processo de respiração. As tampas destes recipientes foram envolvidas por filme de PVC, a fim de assegurar melhor vedação, evitando trocas gasosas com o ambiente externo. Para cada tratamento, foi preparada uma testemunha, denominada prova em branco, como uma quinta repetição sem o fruto, apenas com a solução de hidróxido de sódio. Após 12h, os frutos foram pesados e a solução de NaOH foi retirada do recipiente, recebeu duas ou três gotas de fenolftaleína e 10ml de  $\text{BaCl}_2$  0,2N em um erlenmeyer e foi submetida à titulação com ácido clorídrico 0,1N segundo CRISPIM et al. (1994), expressa em  $\text{mg CO}_2 \cdot \text{Kg}^{-1}$  de fruto.  $\text{h}^{-1}$ .



**Figura 5** - Frutos em recipientes para fixação de  $\text{CO}_2$  oriundos do processo de respiração.

#### 3.3.3 Análise bioquímica

### 3.3.3.1 Atividade enzimática - pectinametilesterase (PME)

Foi determinada segundo HULTIN et al. (1966) e RATNER et al. (1969). O extrato enzimático foi obtido homogeneizando-se 10 g de polpa de banana com 20 mL de NaCl 0,2 N (gelado) em liquidificador Arno. Quatro mililitros de extrato enzimático foram adicionados sobre 30 mL de pectina cítrica a 1% em NaCl 0,2N. O pH da solução foi mantido em torno de 7,0 por dez minutos, com NaOH 0,01N usando-se titulação. Uma unidade de PME foi definida como a quantidade de enzima capaz de catalizar a desmetilação de pectina correspondente ao consumo de 1  $\mu\text{mol}$  de NaOH  $\text{min}^{-1}\text{g}^{-1}$  de massa fresca, nas condições de ensaio, expressa em U.g.  $\text{min}^{-1}$ .

## 3.4 Análise Estatística

### 3.4.1 Experimento 1

O delineamento estatístico empregado foi inteiramente casualizado com três frutos por repetição e cinco repetições por tratamento (exceto para as avaliações de Amido (1 fruto por repetição e quatro repetições por tratamento) e Pectinametilesterase e firmeza (3 frutos por repetição e quatro repetições por tratamento), perfazendo um total de 1080 frutos, em esquema fatorial:

- Coloração da casca, índice de doenças, SST, ATT, clorofila total da casca, perda de massa fresca : 8 x 5 (8 tratamentos 5 períodos avaliados);
- Amido e PME: 8 x 3 (8 tratamentos e 3 períodos avaliados);
- Firmeza: 8 x 2 (8 tratamentos e 2 períodos avaliados).

Antes da ANOVA (teste “F”) foi realizado o teste de homogeneidade da variância dos erros. Caso não houvesse homogeneidade, os dados eram transformados para logaritmo. Para determinação de diferenças entre tratamentos, foi utilizado o teste Scott-knott, a nível de 5% de probabilidade. A análise de regressão foi feita para verificar como as variáveis se comportaram ao longo do tempo. Para as variáveis coloração da casca e índice de doenças, não foi feita análise de variância por terem sido determinadas pelo critério de notas (variável qualitativa), não necessitando de análise estatística.

- Atividade respiratória: o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 6 repetições (sendo 5 potes com frutos e 1 sem), e com avaliação a cada 12 h por 1 semana. Para essa avaliação, foram utilizados 120 frutos (3 frutos/repetição). A ANOVA foi feita em esquema parcela subdividida no tempo, utilizando-se o programa SISVAR. Antes da ANOVA (teste “F”) foi realizado o teste de homogeneidade da variância dos erros. Caso não houvesse homogeneidade, os dados eram transformados para logaritmo. Os efeitos dos tratamentos foram analisados por análise de regressão simples. Para a taxa respiratória acumulada, foi feita a soma dos valores de respiração encontrados a cada 12h até 168h, utilizando o teste T (LSD) para determinação de diferenças entre tratamentos.

### 3.4.2 Experimento 2

Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado com três frutos por repetição e cinco repetições por tratamento (exceto para as avaliações de Amido, 1 fruto por repetição e cinco repetições por tratamento), perfazendo um total de 1080 frutos, em esquema fatorial:

- Coloração da casca, índice de doenças, perda de massa fresca : 8 x 5 (8 tratamentos e 5 períodos avaliados);

- SST, ATT, clorofila total da casca, firmeza, amido e PME: 8 x 3 (8 tratamentos e 3 períodos avaliados);

Antes da ANOVA (teste “F”) foi realizado o teste de homogeneidade da variância dos erros, caso não houvesse homogeneidade, os dados foram transformados para logaritmo. Para determinação de diferenças entre tratamentos, foi utilizado o teste Scott-knott, à nível de 5% de probabilidade. A análise de regressão foi feita para verificar como as variáveis se comportaram ao longo do tempo. Para as variáveis coloração da casca e índice de doenças, não foi feita análise de variância por ser determinadas pelo critério de notas (variável qualitativa), não necessitando de análise estatística.

- Atividade respiratória: o delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 6 repetições (sendo 5 potes com frutos e 1 sem), e com avaliação a cada 12 h por 1 semana. Para essa avaliação, foram utilizados 120 frutos (3 frutos/repetição). A ANOVA foi feita em esquema parcela subdividida no tempo utilizando-se o programa SISVAR. Antes da ANOVA (teste “F”) foi realizado o teste de homogeneidade da variância dos erros, caso não houvesse homogeneidade, os dados foram transformados para logaritmo. Os efeitos dos tratamentos foram analisados por análise de regressão simples. Para a taxa respiratória acumulada foi feita a soma dos valores de respiração encontrados a cada 12h até 168h, utilizando o teste T (LSD) para determinação de diferenças entre tratamentos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Experimento 1

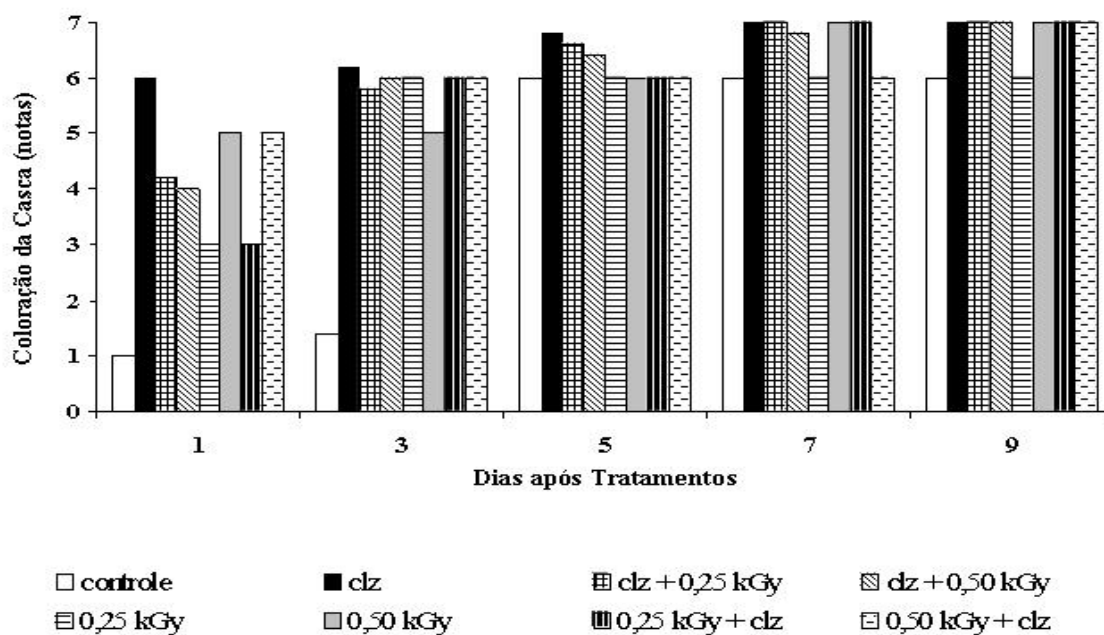
#### 4.1.1 Coloração da casca

Observa-se na Figura 6 que, dentre os tratamentos, os frutos do controle, na primeira avaliação, foram os que apresentaram coloração mais verde da casca (nota 1) seguidos dos tratamentos com a menor dose de radiação gama, tanto isolada quanto seguida de climatização (ambos nota 3). Porém, comportamento foi diferente a partir do 3º DAT, quando apenas os frutos do controle e com 0,50 kGy não se apresentavam totalmente amarelos (notas 1,4 e 5,0, respectivamente). Os frutos tratados com carbureto de cálcio isoladamente, no 5º DAT, já se encontravam com manchas escuras, inclusive, com aparecimento de patógenos, recebendo a nota máxima (nota 7,0). No 7º DAT, frutos dos tratamentos climatizados e irradiados em ambas as doses, independentemente da ordem apresentavam manchas marrons, oriundas tanto devido ao processo de amadurecimento, quanto pela incidência de doenças. Na última avaliação, apenas os frutos do controle e do tratamento com a dose isolada de 0,25 kGy não estavam com manchas na casca.

Vale ressaltar que, apesar de receberem a nota máxima (um indicativo de senescência), a polpa dos frutos de todos os tratamentos ainda permanecia apta para consumo.

Segundo ROCHA (1984), as alterações que ocorrem em frutos de banana durante a maturação são muito sensíveis, sendo que no início, a cor amarela substitui a verde, devido à destruição dos pigmentos de clorofila e predominância dos pigmentos de caroteno na fase madura. De acordo com CHITARRA & CHITARRA (2005), desordens fisiológicas podem se desenvolver durante o amadurecimento devido às condições desfavoráveis da temperatura e concentração de gases. Dentre os sintomas, podem aparecer manchas e depressões superficiais que prejudiquem a aparência, conseqüentemente a comercialização.

CAMPOS et al. (2003) relataram que bananas cv. 'Nanicão' produzidas e climatizadas em Mato Grosso atingiram, no 3º dia após climatização, média de nota 5,69 (todo amarelo) na coloração dos frutos. Já GOMES et al. (2007) observaram que bananas 'Nanica' não expostas ao etileno exógeno, armazenadas por 16 dias em câmara com temperatura média de 18 °C e UR 51,2 % apresentaram, durante esse período, coloração da casca no estágio de maturação I, ou seja, frutos com casca totalmente verdes. Tais resultados diferem daqueles do presente experimento, onde, no 5ºDAT, os frutos do controle já apresentavam coloração amarela (Figura 7), provavelmente devido à maior temperatura de armazenamento. SILVA et al. (2007) também consideraram que todos os tratamentos com doses de radiação gama (0 – 0,15 – 0,30 – 0,45 – 0,60 e 0,75 kGy), armazenados à temperatura ambiente por 32 dias (16 – 27°C e umidade relativa do ar de 60 – 98%) apresentaram amadurecimento gradativo, sendo que no grupo controle os resultados foram mais acentuados. Também, VILAS BOAS et al. (1996) afirmam que a irradiação gama nas doses de 0,25 e 0,50 kGy em frutos mantidos a 19-20° C não interferem na aparência externa de bananas 'Prata', permitindo um desenvolvimento normal de coloração da casca.



**Figura 6** - Notas para coloração da casca em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C, onde: 1 (verde), 2 (verde-claro), 3 (verde- amarelado), 4 (mais amarelado que verde), 5 (amarelo com pontas verde), 6 (totalmente amarelo) e 7 (amarelo com manchas marrons).

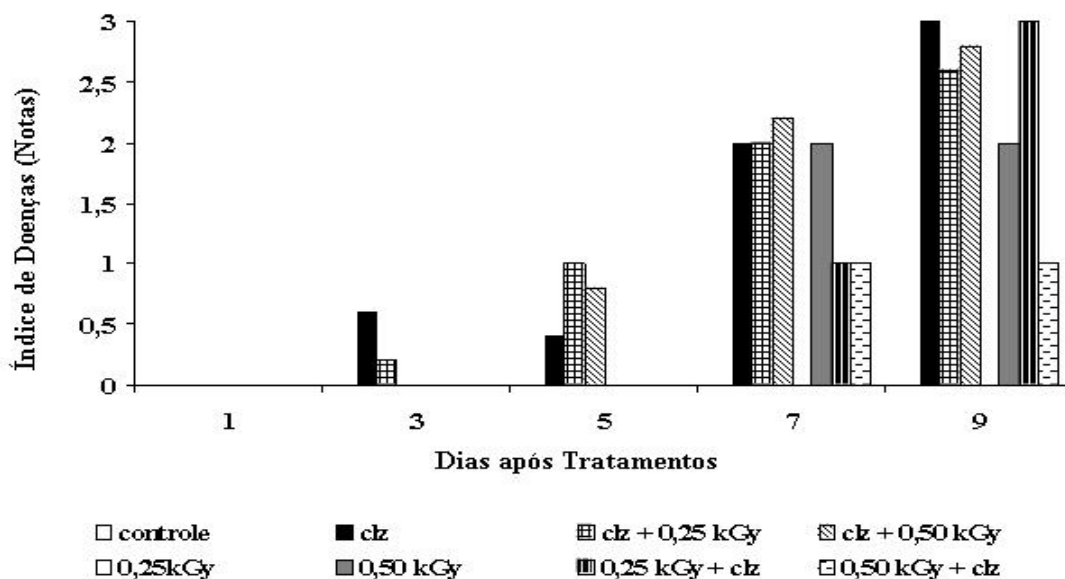


**Figura 7** - Frutos de banana ‘Prata’ no quinto dia após os tratamentos armazenados em temperatura média de 27 ° C, onde: A) controle; B) climatizados; C) climatizados seguidos de dose de radiação gama 0,25 kGy; D) climatizados seguidos de dose de radiação gama 0,50 kGy; E) irradiados à dose de 0,25 kGy; F) irradiados à dose de 0,50 kGy; G) irradiados à dose de 0,25 kGy seguidos de climatização e H) irradiados à dose de 0,50 kGy seguidos de climatização.

#### 4.1.2 Índice de doenças

Em relação ao aparecimento de doenças, observa-se na Figura 8 que, frutos do controle e irradiados na dose isolada de 0,25 kGy não apresentaram, durante todo o período experimental, incidência de doenças. Até o 5º DAT, todos os tratamentos apresentavam uma baixa incidência, tendo um aumento a partir daí. Na última avaliação, dentre os tratamentos que apresentaram sintomas de doenças, o tratamento 0,50 kGy + clz apresentou uma menor nota (nota 1,0) comparados aos demais tratamentos (notas >2,0). A menor dose de radiação gama aplicada isoladamente foi o único tratamento que evitou o aparecimento de doenças, um indicativo de que a maior dose isolada pode ter causado algum tipo de injúria no fruto. A menor dose de irradiação isolada, no entanto, não foi eficiente no controle fitossanitário, porque apesar de ter apresentado uma melhor resposta, não diferiu do controle. Resultado semelhante foi encontrado por PIMENTEL & WALDER (2004), onde não houve efeito da irradiação no controle de aparecimento de doenças em mamão papaya irradiados com 0,75 kGy, conservados a  $11 \pm 1^\circ\text{C}$  sob refrigeração por 1 dia após a irradiação e 14 dias após a irradiação sob temperatura ambiente de  $24 \pm 2^\circ\text{C}$ . MANOEL & VIEITES (2009) não observaram incidência de doenças em frutos de banana 'Nanica', irradiadas ou não irradiadas na dose de 0,4 kGy durante o período de 25 dias de conservação em temperaturas de 12, 14 e  $16^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ .

As doenças encontradas no presente trabalho foram as causadas pelos fungos *Colletotrichum gloeosporioides* (antracnose) e *Lasiodiplodia theobromae* (podridão penduncular). Para CHITARRA & CHITARRA (2005), a suscetibilidade do vegetal ao desenvolvimento de patógenos aumenta após a colheita, notadamente em frutas, devido ao avanço no grau de maturação. A temperatura ambiente também tem grande influência no controle de podridões. LOPES (2009) observou que a incidência de podridões variou de 0 a 100 % em mamões cv. Golden, de acordo com a faixa de temperatura empregada, chegando a 70% de incidência de doença causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* a  $27^\circ\text{C}$  e 100% de incidência pelo fungo *Lasiodiplodia theobromae* também a  $27^\circ\text{C}$ .



**Figura 8** - Notas para incidência de doenças em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C, onde: zero (bananas sem nenhum sintoma de doença); 1 (bananas com lesões de diâmetro inferior a 1,0 cm); 2 (bananas com lesões de diâmetro entre 1,0 e 2,0 cm); 3 (bananas com lesões de diâmetro maior que 2,0 cm).

#### 4.1.3 Perda de massa fresca

Observa-se na Tabela 1 que, os frutos do controle e os irradiados isoladamente na dose 0,25 kGy, perderam menos massa fresca em todas as avaliações. O tratamento com irradiação na dose 0,50 kGy isolada não teve o mesmo efeito da menor dose, onde os frutos se comportaram igualmente aos dos tratamentos clz+0,25 kGy, clz+0,50 kGy, em todas as épocas avaliadas. Esses resultados indicam que, a climatização, independente da ordem, interferiu no efeito da irradiação, acelerando o processo de perda de massa fresca, uma vez que, em todas as avaliações, essa perda foi superior à do controle. De acordo com SILVA et al. (2006), valores acentuados de perda de massa fresca caracterizam um maior grau de amadurecimento. Apesar da dose 0,25 kGy ter apresentado uma menor perda de massa fresca, o tratamento se comportou semelhante ao controle. Já LIMA et al. (2001) observaram que o processo de irradiação nas doses de 0,25, 0,50, 0,75 e 1,0 kGy não modificou a perda de massa em cenouras cv. Nantes. OLIVEIRA et al. (2006), irradiando goiabas brancas variedade Kumagai, observaram que o tratamento com radiação gama na dose de 0,6 kGy, combinado com armazenamento refrigerado, apresentou valores inferiores à 7% de perda de massa fresca no 21º dia de armazenamento. Isso pode ser explicado pelo fato de irradiação gama ser um processo eficiente no retardo do amadurecimento dos frutos (DOMARCO et al., 1996), combinado com outros procedimentos pós-colheita.

CHITARRA & CHITARRA (2005) afirmam que, frutos com valores de perda até 10% ainda podem ser comercializados, e ainda, a perda de massa dos frutos é associada principalmente à perda de água, ocasionada tanto pela respiração como pela transpiração das frutas (SIGRIST, 1992).

**Tabela 1** - Valores de perda de massa fresca (%) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Dias após Tratamentos			
	3	5	7	9
controle	1,91 b	4,60 b	6,75 b	9,45 c
climatização	4,82 a	9,70 a	13,27 a	17,16 b
climatização + 0,25 kGy	4,37 a	9,40 a	14,86 a	20,77 a
climatização + 0,50 kGy	5,82 a	11,45 a	15,97 a	21,10 a
0,25 kGy	2,00 b	4,37 b	6,76 b	10,17 c
0,50 kGy	4,17 a	10,81 a	16,13 a	22,18 a
0,25 kGy + climatização	6,19 a	13,27 a	18,59 a	23,47 a
0,50 kGy + climatização	5,27 a	11,28 a	15,43 a	19,60 b

As médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $\leq 0,05$ ).

#### 4.1.4 Firmeza com casca

Um dos primeiros sinais de amadurecimento, em frutas, é o amaciamento, sendo relacionado com mudanças na estrutura no metabolismo do produto (CHITARRA & CHITARRA, 2005).

Na primeira avaliação, frutos irradiados a 0,25 e 0,50 kGy, apresentaram-se mais firmes (Tabela 2) além de estarem extremamente verdes. Na última avaliação, no entanto, apenas a menor dose de radiação gama mostrou-se eficiente na manutenção na firmeza. Essa eficiência, porém, não foi observada quando os frutos foram expostos ao carbureto de cálcio (antes ou depois da irradiação), interferindo na firmeza, levando a uma diminuição da mesma nos frutos de banana.

Frutos de banana da cultivar ‘Rasthali’ (*Musa* spp., Grupo AAB) tratados com etileno apresentaram valores de firmeza inferior aos do tratamento controle, sofrendo uma redução contínua de firmeza a partir do terceiro de armazenamento até os 15° dia (CHOUDHURY et al., 2009). O mesmo foi observado por MONTALVO et al. (2009), em mangas expostas ao etileno exógeno 100 l/l de ar por 12 h a 25 ° C. A perda de firmeza (9,3 N) coincidiu com a maior atividade da pectinametilesterase e poligalacturonase (5324 e 3792 U/mg proteína, respectivamente). Em bananas ‘Prata’ climatizadas aos 1, 2 e 3 dias após a colheita com etil a 1000 ppm e armazenadas a 25° C  $\pm$  2°C, os valores de firmeza das frutas no 3° e 5° dia após o armazenamento não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (SILVA et al., 2006).

Frutos de caju irradiados a 0,05 e 1,0 kGy, armazenados sob refrigeração a 4° C tiveram a firmeza influenciada pelas doses de radiação e tempo de armazenamento (SOUZA et al., 2009). Mangas Tommy tiveram a firmeza afetada por doses de radiação 1,0 kGy (SABATO et al., 2009; MORENO et al., 2006) e um comportamento semelhante foi observado em mirtilos irradiados a 1,1 kGy (MORENO et al., 2007). Em frutos de pêssigo, a perda da firmeza foi maior em condições ambiente do que refrigerado, cujas doses entre 1,0 - 1,4 kGy tiveram os melhores valores mantidos (HUSSAIN et al., 2007).



**Tabela 2** - Valores de firmeza (N) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 10 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Dias após Tratamentos	
	3	10
controle	24,57 c	19,75 a
climatização	15,06 d	15,75 b
climatização + 0,25 kGy	16,13 d	13,25 b
climatização + 0,50 kGy	15,63 d	12,25 b
0,25 kGy	98,97 a	20,50 a
0,50 kGy	81,18 b	14,25 b
0,25 kGy + climatização	14,83 d	12,25 b
0,50 kGy + climatização	13,80 d	12,50 b

As médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $\leq 0,05$ ).

#### 4.1.5 Teor de clorofila total da casca

Frutos somente climatizados e climatizados seguidos de radiação gama na dose de 0,25 kGy apresentaram, na primeira avaliação, valores mínimos de clorofilas totais (Tabela 3), com coloração mais amarelada na casca desde então. Os frutos do controle, do 1° até o 7° DAT, possuíam maior teor de pigmentação verde, mas diferiram significativamente dos demais tratamentos apenas no 3° DAT. A menor dose de radiação gama aplicada isoladamente, com exceção da segunda avaliação, não diferiu estatisticamente do controle. Na última avaliação, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Observando-se em conjunto com a Figura 6, verificou-se que, apesar da diferença estatística entre os tratamentos no 5° e 7° DAT, todos os frutos já estavam com a casca visivelmente amarelas. O mesmo comportamento observado nesse trabalho não foi confirmado por NOGUEIRA et al. (2007), onde em bananas da variedade ‘Pacovan’, climatizadas com dose de 15 g.m<sup>-3</sup> câmara de carbureto de cálcio, a clorofila declinou para valores mínimos após 8 dias de armazenamento e o tratamento controle, ainda apresentava traços verdes após 10 dias sob condição ambiente de 25±2°C. THOMAS (2001) preconiza que a irradiação diminui a taxa de maturação, ocorrendo um atraso na formação de carotenóides, estando de acordo com (STRYDOM et al., 1991), que observaram que frutos de banana (*Musa acuminata* Collar cv. Cavendish) tiveram o amarelecimento retardado por uma exposição à radiação gama na dose de 0,2 kGy. Porém, os resultados do presente experimento estão de acordo com os de VILAS BOAS et al. (1996), em que a irradiação gama nas doses de 0,25 e 0,50 kGy não interferiu na aparência externa de banana ‘Prata’, permitindo um desenvolvimento normal da coloração da casca sob temperatura de 19-20° C.

De acordo com a Figura 9, a perda de clorofila total nos tratamentos com climatização isolada e irradiação isolada com 0,25 kGy se deu pelo ajuste cúbico, com dois pontos de declínio (3° e 9° DAT). Um ajuste quadrático se deu nos tratamentos clz+0,50 kGy, 0,25 kGy+ clz, 0,50+clz, além do controle, onde, o valor de clorofila decresceu até o 7° DAT, atingindo menores valores, vindo a ter, na última avaliação, um pequeno aumento. Já os tratamentos clz+0,50 e 0,50 kGy, isoladamente, apresentaram um ajuste linear, com perda gradual de clorofila na casca dos frutos ao longo dos dias.

MEDINA & PEREIRA (2004) relatam que, com o amadurecimento, observa-se na casca da banana, o amarelecimento originado pela degradação da clorofila, pigmento que confere a cor verde e aparecimento e síntese de pigmentos que conferem a cor amarela, os

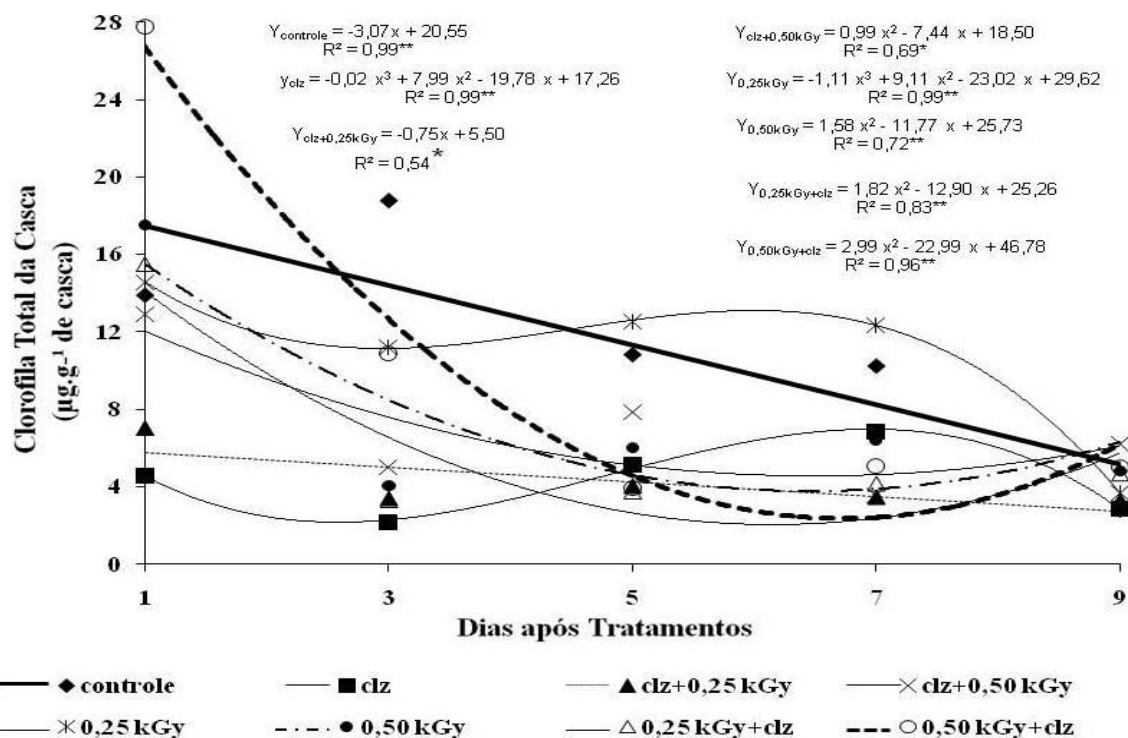
carotenóides. De acordo com CHITARRA & CHITARRA (2005), durante a maturação dos frutos, os cloroplastos e suas membranas dos tilacóides se desintegram, ocasionando uma rápida degradação da clorofila e conseqüentemente, perda da cor verde dos tecidos. Para DOMINGUES & VEDREL (1993), o papel do etileno e seus análogos em frutos de banana é de catalisador, acelerando e coordenando os processos envolvidos na produção de pigmentos e perda de clorofila.

O tratamento com 50 mL.L<sup>-1</sup> de etileno por 48 h em banana ‘Prata’ degradou as clorofilas totais de uma maneira bem acentuada, cujos frutos já foram retirados do tratamento com metade da clorofila da casca degradada (45-52 %), sendo considerado um período de exposição excessivo (ÁLVARES et al., 2004). OSUNA-GARCIA et al. (2006) observaram que a aplicação de etileno acelerou o desenvolvimento da cor da casca em bananas das cultivares ‘Pera’, ‘FHIA-03’ e ‘Burro CEMSA’ armazenadas em temperatura de 22 ± 2 °C por 12 dias.

**Tabela 3** - Valores de clorofila total da casca (µg.g<sup>-1</sup> de casca) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Dias após Tratamentos				
	1	3	5	7	9
controle	13,92 a	18,81 a	10,85 a	10,27 a	2,83 a
climatização	4,58 b	2,17 c	5,12 b	6,85 a	2,86 a
climatização + 0,25 kGy	1,06 b	3,39 c	6,03 b	3,45 b	3,28 a
climatização + 0,50 kGy	12,89 a	5,01 c	7,85 a	3,56 b	6,19 a
0,25 kGy	14,58 a	11,18 b	12,55 a	12,37 a	3,65 a
0,50 kGy	17,50 a	4,09 c	6,03 b	6,40 a	4,82 a
0,25 kGy + climatização	15,52 a	3,29 c	3,75 b	4,16 b	4,67 a
0,50 kGy + climatização	27,76 a	10,91 b	3,92 b	5,07 b	4,99 a

As médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $\leq 0,05$ ).



**Figura 9** - Teor de clorofilas totais da casca em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27°C.

#### 4.1.6 Acidez total titulável

No 3º DAT, houve diferenças entre os tratamentos, sendo que os frutos tratados com a dose isolada de radiação 0,25 kGy e 0,25 kGy + clz apresentaram um maior teor de ácido málico. No 5º DAT, apenas o tratamento 0,50 kGy+clz diferiu dos demais tratamentos. No 7º DAT, frutos do controle e irradiados com 0,25 kGy apresentaram uma maior acidez e, na última avaliação, frutos do controle apresentaram o maior valor de ácido málico de todo o experimento, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 4). Uma característica da banana no estágio verde é apresentar baixa acidez, a qual aumenta com o decorrer do amadurecimento, devido à polimerização dos compostos fenólicos solúveis presentes na polpa da banana verde (VILAS BOAS et al., 2001) até atingir um máximo, quando a casca está totalmente amarela, para posteriormente decrescer, indicando início da senescência (BLEINROTH & Cooper, 1973). Segundo (CHITARRA & CHITARRA, 2005), açúcares e ácidos orgânicos são utilizados como substrato respiratório, fornecendo carbono e produzindo energia. Para os autores, o valor de acidez total titulável em banana ‘Prata’, varia em torno de 0,44% quando madura. Valores de acidez titulável em bananas ‘Pacovan’ de 0,46% ao sexto dia de armazenamento e climatizadas com 30 g de carbureto de cálcio foram encontrados por NOGUEIRA (2005), decrescendo lentamente. Esses valores estão acima dos valores desse experimento, onde o máximo de ácido málico se deu nos frutos controle na última avaliação (Tabela 4). SILVA et al, (2008) verificaram que doses de 0,1 e 0,15 kGy associadas à temperatura refrigerada de 12 °C e 85% de umidade relativa não diferiram significativamente na acidez em abacaxi cultivar Smooth Cayenne. O mesmo foi observado por CALORE & VIEITES (2003), onde doses de 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 kGy, não evitaram o decréscimo da acidez em frutos de pêssegos ‘Biuti’ armazenados em temperatura ambiente de 24 ± 2°C.

**Tabela 4** - Valores de ATT (g de ácido málico. 100 g de polpa<sup>-1</sup>) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Dias após Tratamentos				
	1	3	5	7	9
Controle	0,21 a	0,24 b	0,24 b	0,37 a	0,41 a
climatização	0,21 a	0,27 b	0,18 b	0,22 b	0,26 b
climatização + 0,25 kGy	0,18 a	0,36 a	0,21 b	0,24 b	0,22 c
climatização + 0,50 kGy	0,14 a	0,29 b	0,23 b	0,25 b	0,21 c
0,25 kGy	0,16 a	0,34 a	0,25 b	0,37 a	0,30 b
0,50 kGy	0,17 a	0,22 b	0,21 b	0,23 b	0,17 c
0,25 kGy + climatização	0,17 a	0,28 b	0,18 b	0,21 b	0,14 c
0,50 kGy + climatização	0,12 a	0,26 b	0,31 a	0,21 b	0,15 c

As médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $\leq 0,05$ ).

#### 4.1.7 Amido

Verificou-se através da Tabela 5 que, frutos climatizados isoladamente e posteriormente irradiados em ambas as doses, já na primeira avaliação, apresentavam valores mínimos de amido, diferentemente dos frutos que primeiramente foram irradiados e posteriormente climatizados, nos quais foi observado alto teor de amido. Esses resultados mostraram que a irradiação aplicada após a climatização, não interferiu na hidrólise do amido, tendo o conteúdo de amido reduzido nos frutos. No entanto, quando a irradiação foi aplicada antes da climatização, apresentou efeito positivo no retardo da hidrólise do amido (apenas nos primeiros dias de armazenamento). Contudo, no 5° e 9° dia de armazenamento, não houve diferença significativa entre os tratamentos, uma vez que todos apresentaram valores mínimos de amido. A menor dose de irradiação isolada apresentou um maior e significativo teor de amido apenas na primeira avaliação.

De acordo com ROCHA (1984), a banana verde contém elevado teor de amido atingindo cerca de 20 %, que durante o processo de amadurecimento sofre transformações, com predominância na formação de açúcares redutores, em valores de 8 a 10 % de glicose e frutose e, na fase madura, a porcentagem de amido se reduz a 0,5-2%.

Durante o amadurecimento de frutas, o amido, um polissacarídeo, é “quebrado” liberando moléculas de glicose, onde estas podem sofrer uma transformação enzimática (reação química catalisada por enzimas) em que é produzida a frutose. A glicose e a frutose são açúcares simples e facilmente metabolizados pelas células. Por esse motivo é que as bananas, em diferentes estádios de amadurecimento, apresentam diferentes teores de açúcar (FERREIRA et al., 2008).

Bananas ‘Prata’ climatizadas apresentaram, quando maduras, 2,8 % de teor de amido e, açúcares redutores, um percentual de 14,7 % (MAIA et al., 1977). Os mesmos autores, em 1979, climatizando banana ‘Prata’, armazenadas sob condições de 16° C e 20°C, observaram valores de amido nos frutos de 5,4% e 8,6% e de açúcares redutores, 11,9 e 13,3 %, respectivamente (MAIA et al., 1979). Já VIEIRA JUNIOR (2006) observou que, bananas Nanicão climatizadas e armazenadas sob temperatura de  $20 \pm 2$  °C, tiveram uma expressiva quebra do amido aos 3 dias após a colheita, atingindo valores mínimos aos 7 dias, bem como

nessa mesma época é que foi observado os maiores valores de açúcares (sacarose, glicose e frutose).

**Tabela 5** - Valores de Amido (%) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Dias após Tratamentos		
	1	5	9
controle	4,21 c	0,02 a	0,02 a
climatização	0,02 d	0,01 a	0,02 a
climatização + 0,25 kGy	0,02 d	0,02 a	0,02 a
climatização + 0,50 kGy	0,02 d	0,02 a	0,02 a
0,25 kGy	17,83 a	0,02 a	0,01 a
0,50 kGy	12,77 b	0,02 a	0,49 a
0,25 kGy + climatização	12,47 b	0,03 a	0,20 a
0,50 kGy + climatização	12,29 b	0,01 a	0,51 a

As médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $\leq 0,05$ ).

#### 4.1.8 Sólidos solúveis totais

Na primeira avaliação, de acordo com a Tabela 6, os tratamentos controle e dose de radiação gama 0,25 kGy apresentaram os menores teores de SST, diferentemente dos demais tratamentos que, nessa época, já apresentavam um valor bem elevado. Esses resultados não estão de acordo com SOUZA et al. (2009), em que baixas doses de irradiação resultam na hidrólise de alguns componentes resultando em maior vida útil do produto e conversão de amidos em açúcares, sendo comum, com isso, encontrar frutas que foram irradiadas mais doces em relação às não irradiadas.

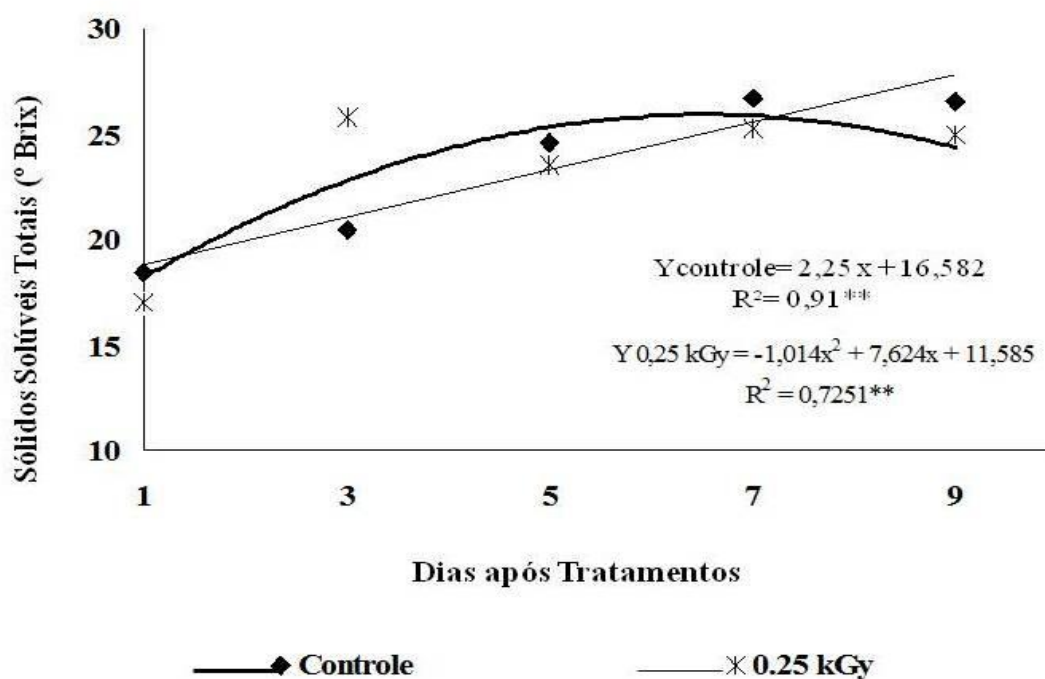
No 3° DAT, os frutos do controle mantiveram-se com um menor teor de SST, não diferindo da dose 0,50 kGy isolada. Aos 5 DAT, não houve diferença entre os tratamentos, diferentemente do 7° DAT, em que as doses isoladas de radiação gama apresentaram-se inferiores quanto ao teor de SST. Na última avaliação, mais uma vez não foram observadas diferenças significativas quanto ao teor de SST nos frutos.

Na Figura 10, encontram-se os tratamentos onde houve ajuste significativo de modelo pela regressão, e observa-se que o controle apresentou um ajuste de modelo linear, com um aumento crescente até o 9° DAT, atingindo seu valor máximo nessa época. Já o tratamento na dose de 0,25 kGy, com um ajuste quadrático, apresentou um aumento até o 7° DAT, com uma posterior queda na última avaliação. De acordo com CHITARRA & CHITARRA (2005), o teor de açúcares atinge o máximo no final da maturação, conferindo excelência de qualidade ao produto e que, em frutos climatéricos, após o armazenamento prolongado, todos os açúcares decrescem por estarem sendo consumidos no processo respiratório. O mesmo foi observado por FRANÇOSO et al. (2008), onde constataram que as diferentes doses de radiação gama não provocaram alteração nos teores de sólidos solúveis totais, não diferindo significativamente das amostras controle. Já SILVA et al. (2003) observaram comportamento irregular de maturação em frutos de banana cv ‘Nanicão’ para o parâmetro SST, quando irradiados e submetidos à exposição do carbureto de cálcio, o que de certa maneira confirma o ocorrido no presente trabalho.

**Tabela 6** - Valores de SST (°Brix) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Dias após tratamentos				
	1	3	5	7	9
controle	18,00 b	20,44 b	24,60 a	26,10 a	26,52 a
clz	26,20 a	25,98 a	25,30 a	27,40 a	22,96 a
clz+ 0,25 kGy	26,00 a	25,82 a	26,50 a	26,20 a	23,98 a
clz + 0,50 kGy	25,82 a	26,18 a	25,90 a	26,10 a	23,51 a
0,25 kGy	17,00 b	25,78 a	23,50 a	25,30 b	24,94 a
0,50 kGy	23,80 a	21,56 b	25,09 a	22,10 b	23,80 a
0,25 kGy + clz	26,02 a	25,64 a	26,29 a	26,20 a	24,54 a
0,50 kGy + clz	26,01 a	26,01 a	26,50 a	26,80 a	24,38 a

As médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo critério de Scott-Knott ( $\leq 0,05$ ).



**Figura 10** - Sólidos solúveis totais em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C.

#### 4.1.9 Atividade Respiratória

Nas primeiras horas de armazenamento, nota-se (Tabela 7) que os frutos dos tratamentos irradiação em ambas as doses seguidas de climatização, apresentaram as maiores taxas respiratórias seguidos, diferentemente dos frutos do controle que, mesmo não diferindo estatisticamente em alguns períodos, apresentaram as menores taxas em períodos consecutivos. Esse comportamento possivelmente deve-se ao efeito da radiação gama que, além de causar um estresse no fruto (CHITARRA & CHITARRA, 2005), ainda teve o efeito

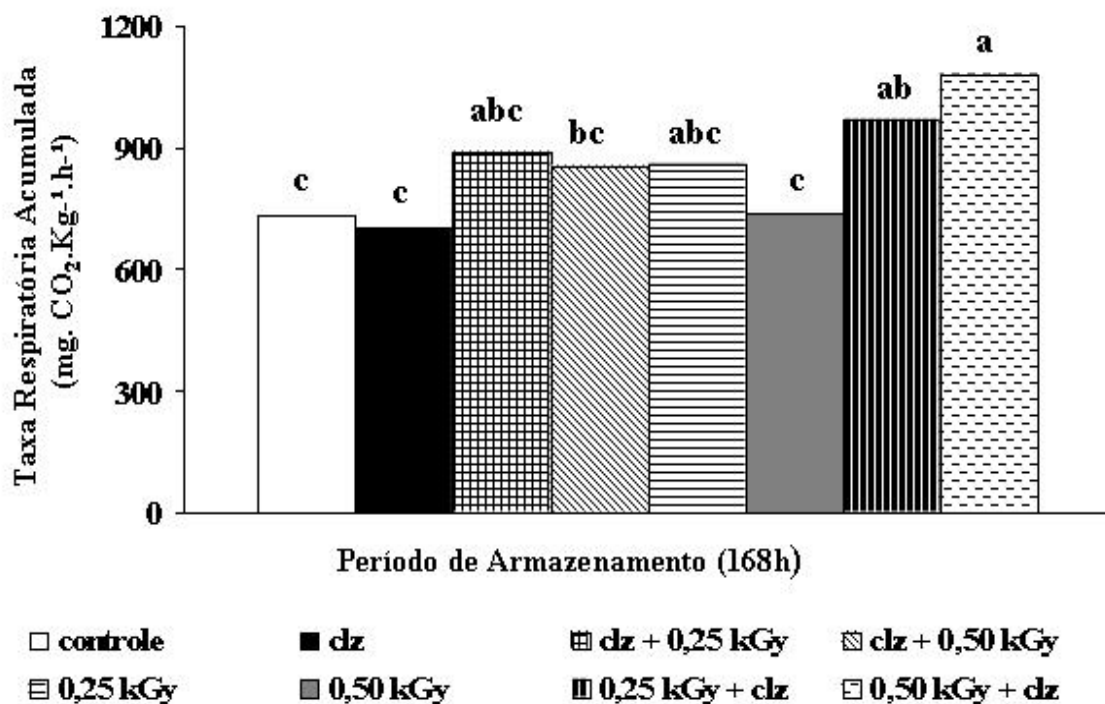
da climatização, que causa uma aceleração na taxa respiratória dos frutos (BOTREL et al., 2001). No entanto, a partir de 108 horas (5º dia de armazenamento), todos os tratamentos apresentaram uma atividade respiratória semelhante, não havendo diferenças significativas até o último período avaliado.

Quanto à taxa respiratória acumulada (Figura 11), observou-se menores valores nos tratamentos de climatização isolada e irradiação com 0,50 kGy isolada, juntamente com o controle. Porém, esses mesmos valores não diferiram significativamente dos tratamentos com climatização seguida irradiação e irradiação 0,25 kGy isolada. Contudo, a maior taxa respiratória acumulada foi verificada no tratamento com a maior dose de radiação seguida de climatização, que apesar de não diferir do tratamento com a menor dose seguida de climatização, foi significativamente superior à do controle. Esse resultado mostrou que os tratamentos com irradiação não minimizaram as reações comuns ao processo de amadurecimento, podendo ser explicado pelo fato de, além da radiação gama causar um estresse nos frutos, dependendo da dose utilizada (CHITARRA & CHITARRA, 2005), os mesmos foram estimulados a produzir etileno através da climatização. MAXIE & KADER (1966), também observaram que pêras submetidas à dose de 0,3 kGy e posteriormente ao gás etileno, apresentaram indução ao amadurecimento. LADANYA et al. (2003), observaram que frutos de tangerina irradiados nas doses de 0,25, 0,5, 1,0 e 1,5 kGy e armazenados a 7º C, apresentaram um aumento considerável na taxa respiratória. Já GOMEZ et al. (1999), em mamões do grupo solo, observaram que doses de 0,5 kGy não alteraram o padrão respiratório dos frutos armazenados à 18º C, comparado ao controle, resultado semelhante ao do presente trabalho, onde as dose 0,25 kGy e 0,50 kGy isoladas não alteraram o padrão respiratório e também apresentam boas respostas (principalmente a menor dose), em determinados períodos, para algumas variáveis analisadas já descritas anteriormente.

**Tabela 7** - Taxa respiratória em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama, armazenados em temperatura média de 27º C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Taxa Respiratória (mg CO <sub>2</sub> .Kg <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> )								
Tempo (horas)	Tratamentos							
	controle	clz	clz+ 0,25kGy	clz + 0,50kGy	0,25kGy	0,50kGy	0,25kGy+ clz	0,50kGy+ clz
12	53,29 b	49,84 b	66,61 a	66,11 a	68,65 a	54,25 b	66,68 a	80,01 a
24	30,74 c	32,78 c	51,08 b	48,20 c	48,21 b	63,65 a	79,59 a	84,92 a
36	41,08 c	57,41 a	71,76 a	71,34 a	58,54 b	37,68 c	76,68 a	84,02 a
48	41,63 c	53,55 c	71,31 b	67,74 b	61,55 b	46,01 c	78,67 a	83,75 a
60	28,54 c	42,96 b	51,83 a	52,58 a	44,42 b	30,91 c	57,62 a	60,15 a
72	30,05 c	42,67 b	53,85 b	52,36 b	44,73 b	50,43 b	77,19 a	84,44 a
84	39,31 b	53,08 a	64,08 a	58,24 a	46,59 b	42,30 b	64,73 a	68,74 a
96	53,29 b	49,84 b	66,61 a	66,11 a	68,65 a	54,25 b	66,58 a	80,01 a
108	39,64 a	33,92 a	43,23 a	40,40 a	41,78 a	35,10 a	40,92 a	47,78 a
120	61,75 a	54,62 a	60,76 a	60,65 a	66,40 a	51,13 a	63,84 a	69,86 a
132	59,22 a	51,64 a	57,48 a	47,70 a	64,16 a	59,48 a	62,17 a	70,35 a
144	75,31 a	54,61 a	71,80 a	65,99 a	72,68 a	63,81 a	71,80 a	81,99 a
156	81,31 a	59,66 a	75,52 a	73,39 a	79,73 a	71,33 a	80,85 a	90,20 a
168	95,27 a	68,69 a	89,07 a	81,69 a	91,36 a	75,56 a	83,29 a	95,65 a

As médias seguidas de uma mesma letra, na linha, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $\leq 0,05$ ).



**Figura 11-** Taxa respiratória acumulada em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama, armazenados em temperatura média de 27° C.

#### 4.1.9 Atividade enzimática – pectinametilesterase (PME)

Conforme é apresentado na Tabela 8, três grupos foram formados, no 1° DAT: o grupo do controle e climatização com maior atividade de PME, seguido do grupo com os tratamentos climatização seguido de irradiação, e por fim, com menores valores de PME, o grupo dos irradiados isoladamente e irradiados seguidos de climatização, denotando retenção do amolecimento da polpa causada, possivelmente, pelo efeito redutor da atividade da PME nos frutos irradiados isoladamente, e efeito inibidor da ação do etileno no que diz respeito ao aumento da atividade enzimática nos frutos previamente climatizados. Segundo CAMARGO et al. (2000), o amaciamento dos frutos durante o amadurecimento e senescência é comumente atribuído à degradação enzimática da parede celular. As enzimas pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) estão envolvidas na modificação da textura de frutos (ANTHON et al., 2002). A PME catalisa a desmetilação do C<sub>6</sub> do grupo carboxílico dos resíduos de galactosil, desesterificando-os. Com isso, a PG só catalisa a hidrólise das ligações α,1-4 do ácido galacturônico quando desesterificados (FISCHER & BENNETT, 1991). VILAS BOAS et al. (1996) sugerem que possa haver um possível efeito estimulante da radiação gama sobre a deesterificação de pectinas, não estando de acordo com os resultados do presente experimento. Porém está de acordo com AL-BACKIR (1986), que observou um aumento da atividade da PME em frutos de maçã irradiadas nas doses 0,5, 1,0 e 1,5 kGy e SOMOGYI & ROMANI (2006) em pêssegos e pêras irradiados nas doses de 3 kGy e 6 kGy. No 5° DAT, uma maior atividade enzimática foi obtida pelos frutos climatizados isoladamente, diferentemente dos tratamentos irradiados em ambas as doses seguidos de climatização, cuja atividade foi a mais baixa do período avaliado. Isso mostrou que a radiação gama diminuiu a atividade das enzimas de quebra da parede celular que é aumentada na



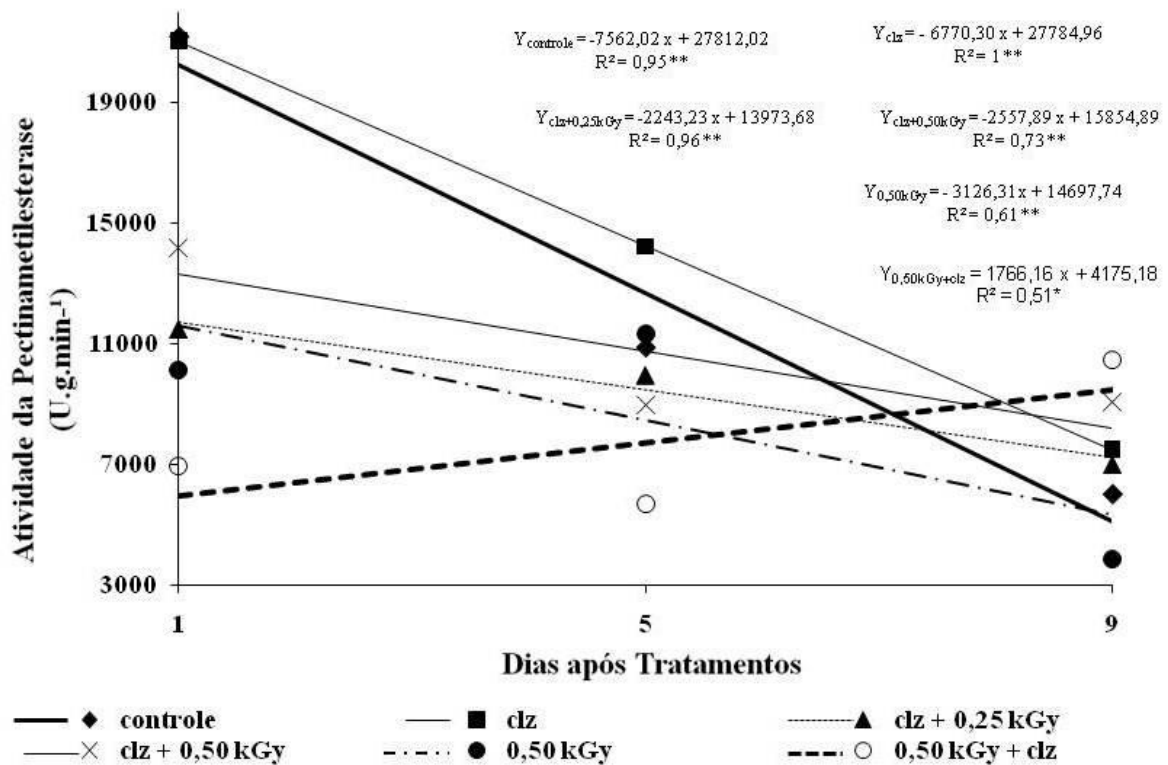
climatização devido à produção de etileno. Já na última avaliação, o controle e a dose isolada de 0,50 kGy é que apresentaram esse comportamento inferior em relação a atividade da PME.

Na Figura 12, observa-se que os tratamentos em que houve ajuste significativo do modelo de regressão sofreram um ajuste linear, tendo a atividade da PME reduzida a cada período, com excessão do tratamento com 0,50 kGy + clz que, apesar do ajuste linear, apresentou um aumento da atividade PME durante o armazenamento. Esta é uma tendência comum durante o amadurecimento CASTRICINI (2009), onde o amaciamento que ocorre durante o amadurecimento de bananas é reflexo da degradação de compostos da parede celular, especialmente substâncias pécticas e hemiceluloses (VILAS BOAS et al., 2001). De acordo com LIMA et al., (2006), a atividade total da PME pode diminuir, permanecer constante ou aumentar durante a maturação, dependendo do fruto e do método de extração. Esses mesmos autores observaram ainda que, em frutos de graviola, houve um aumento de PME no terceiro dia após a colheita, seguido de um decréscimo no quinto dia. Também VILAS BOAS et al. (1996) observaram dois picos de atividade da PME em frutos de banana ‘Prata’ irradiadas a 0,25 kGy e 0,50 kGy, o primeiro quando a casca atingiu grau 2 de maturação, seguido por um declíneo no grau 5, vindo a aumentar novamente ao atingir grau de maturação.

**Tabela 8** - Atividade de Pectinametilesterase ( $U.g.min^{-1}$ ) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Dias após Tratamentos		
	1	5	9
controle	21153,38 a	10881,10 b	6029,32 b
climatização	21031,58 a	14210,52 a	7490,98 a
climatização + 0,25 kGy	11490,22 b	9967,66 b	7003,75 a
climatização + 0,50 kGy	14190,22 b	8952,63 b	9074,43 a
0,25 kGy	9764,66 c	10172,18 b	8972,93 a
0,50 kGy	10130,07 c	11327,81 b	3877,44 b
0,25 kGy + climatização	8100,00 c	4892,48 c	7612,78 a
0,50 kGy + climatização	6942,85 c	5704,51 c	10475,18 a

As médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $\leq 0,05$ ).



**Figura 12** - Atividade de Pectinametilesterase (U. g. min<sup>-1</sup>) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 27° C.

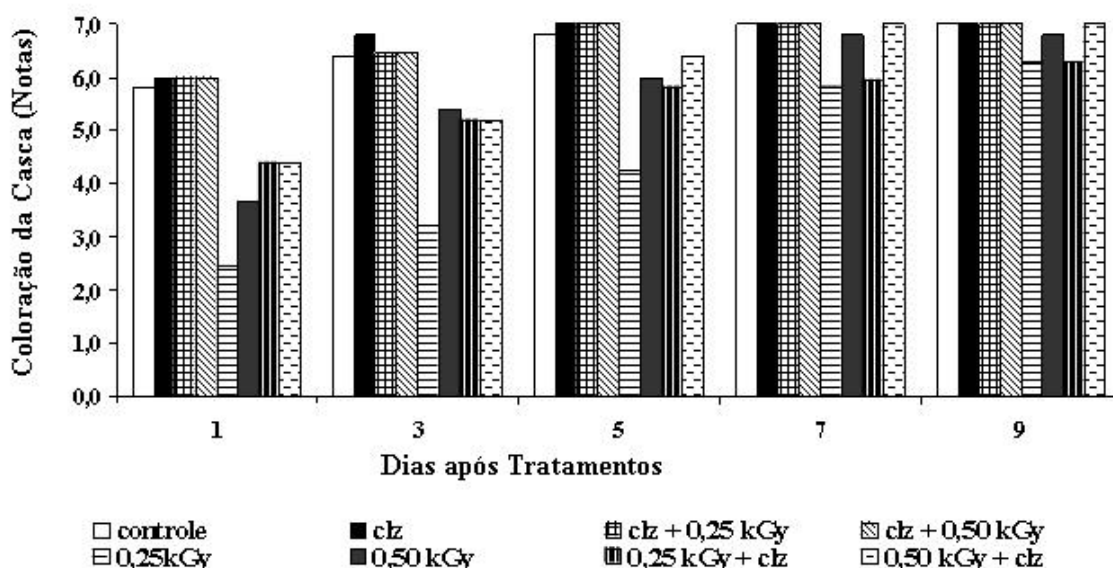
## 4.2 Experimento 2

### 4.2.1 Coloração da casca

Observa-se, na Figura 13 que, já na primeira avaliação, os tratamentos climatização isolada e climatização seguida das doses de radiação gama já estavam com a casca totalmente amarela (nota 6). O controle também se encontrava com a coloração amarela (nota 5,8), evidenciando que os frutos do controle, bem como aqueles submetidos a climatização (seguidos ou não da irradiação) apresentavam adiantamento com relação ao processo de amadurecimento, o que foi reforçado com a aplicação do carbureto de cálcio. Segundo BOTREL, et al. (2001), a aplicação do etileno causa uma rápida maturação por acelerar a taxa respiratória da banana, ocorrendo a conversão do amido em açúcares e a degradação da clorofila na casca.

Os frutos irradiados seguidos de climatização, na primeira avaliação, apresentavam uma coloração mais amarela que verde (nota 4,4), e durante o armazenamento, o amarelecimento da casca foi evoluindo, de forma mais acentuada para os frutos com a maior dose, atingindo no 7° DAT, nota 7, indicando que a dose 0,25 kGy teve efeito sobre a climatização no sentido de retardar o aparecimento de manchas nos frutos (Figura 13). Os tratamentos somente com irradiação encontravam-se, na primeira avaliação, com uma maior coloração verde (notas < 4,0), principalmente a dose 0,25 kGy. Contudo, a menor dose manteve, por mais tempo, a cor verde na casca das bananas, vindo a ter nota 6 apenas na última avaliação, diferentemente da maior dose que recebeu essa nota no 5° DAT (Figura 13) mantendo-se sem manchas até a última avaliação. Apesar de ter apresentado uma melhor resposta para coloração da casca em relação ao controle, as referidas doses não foram capazes

de manter a cor verde dos frutos até a última avaliação (Figuras 13 e 14), resultado esse considerado ruim, uma vez que quanto maior tempo o fruto permanecer com a coloração da casca verde, espera-se uma maior longevidade deste, já que, segundo CHITARRA & CHITARRA (2005), a modificação na coloração da casca corresponde a um dos principais critérios de julgamento para identificação do amadurecimento das frutas. Resultado semelhante ao do presente trabalho foi observado por VILAS BOAS et al. (1996), em bananas ‘Prata’ irradiadas nas doses de 0,25 kGy e 0,50 kGy em temperatura de armazenamento de 19 a 20° C e SILVA et al. (2003), que irradiando e posteriormente climatizando com carbureto de cálcio frutos de banana ‘Nanicão’ observaram nota 6 para cor da casca (totalmente amarela) no 6º dia após os tratamentos, em temperatura de armazenamento de 25° C.



**Figura 13** - Notas para cor da casca em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23° C, onde: 1 (verde), 2 (verde-claro), 3 (verde- amarelado), 4 (mais amarelado que verde), 5 (amarelo com pontas verde), 6 (totalmente amarelo) e 7 (amarelo com manchas marrons).



**Figura 14** - Frutos de banana ‘Prata-anã’ no quinto dia após os tratamentos armazenados em temperatura média de 23° C, onde: A) frutos controle; B) frutos climatizados; C) frutos climatizados seguidos de dose de radiação gama 0,25 kGy; D) frutos climatizados seguidos de dose de radiação gama 0,50 kGy; E) frutos irradiados à dose de 0,25 kGy; F) frutos irradiados à dose de 0,50 kGy; G) irradiados à dose de 0,25 kGy seguidos de climatização e H) irradiados à dose de 0,50 kGy seguidos de climatização.

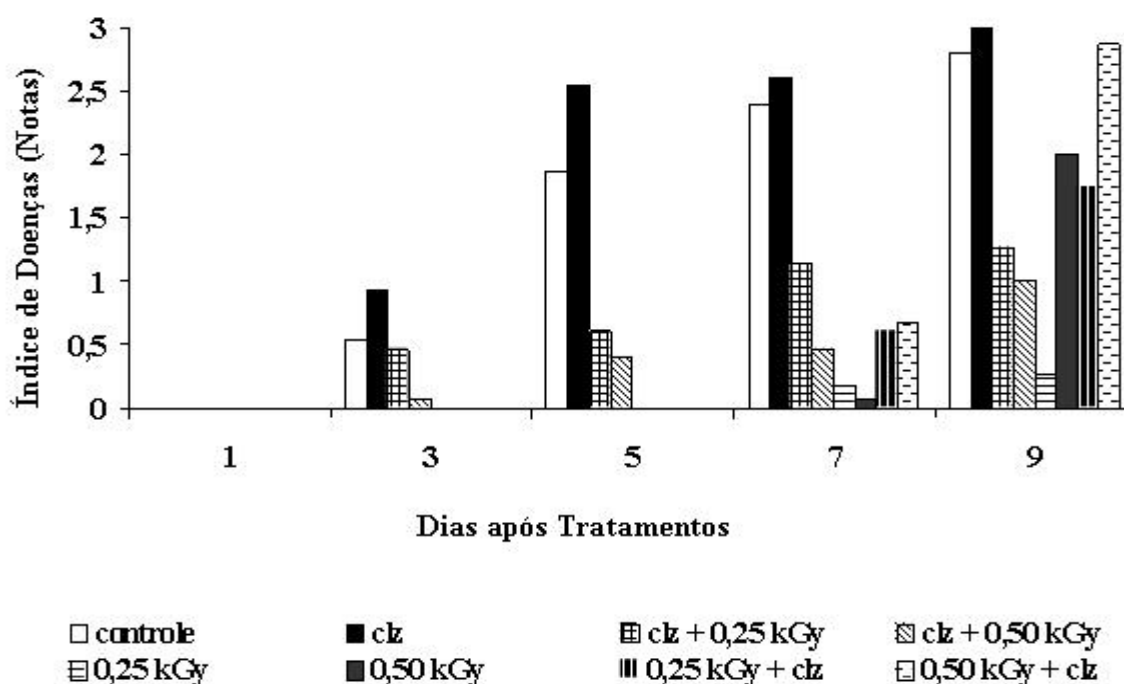
#### 4.2.2 Índice de doenças

As notas atribuídas aos frutos foram referentes às lesões causadas pelo aparecimento dos fungos *Colletotrichum musae* (antracnose) e *Lasidiopodia theobroma*. Observa-se na Figura 15, presença de doença nos frutos climatizados isoladamente já no 3° DAT (nota 1). Nessa mesma época, nos frutos do controle, o índice já era visível, porém em menor proporção (nota 0,5 aproximadamente). No decorrer do experimento, as lesões foram aumentando, atingindo valores máximos na última avaliação (nota 3 para o tratamento com climatização isolada) e média 2,8 para o controle. Esse resultado pode ser atribuído ao efeito da climatização no amadurecimento dos frutos, uma vez que, a antracnose só se manifestando durante a maturação (DIAS, 2008), é esperada que o aparecimento de manchas ocorra primeiramente nos frutos induzidos a amadurecer mais rapidamente (climatizados).

Uma eficiência no controle de aparecimento de doenças foi observado apenas na menor dose de radiação gama, onde na última avaliação, praticamente não foi observado lesão de doenças (nota 0,27), estando de acordo com FREIRE JR. et al. (2002), em que a radiação gama pode ser empregada de forma eficaz no controle de pragas e doenças, inibindo o desenvolvimento de fungos e bactérias. No entanto, o mesmo não foi observado na maior dose, onde frutos desse tratamento não apresentaram sintomas de doenças até o 7° DAT, mas na última avaliação, havia presença de lesão entre 1,0 e 2,0 cm (nota 2). As referidas doses, quando tratadas com carbureto de cálcio, independentemente da ordem, não foram capazes de controlar o aparecimento de doenças em bananas. Segundo CORDEIRO & MESQUITA (2001), vários são os patógenos que atacam os frutos após a colheita, dentre eles, a antracnose que manifesta-se na pós-colheita, mas o problema tem início no campo, causando lesões escuras deprimidas na casca. GASPAROTTO et al. (2003), afirmam que as prodrídes pós-

colheita em frutos ainda são causadas, dentre outras, pela *Lasiodiplodia teobromae* (podridão da coroa).

Bananas ‘Nanica’ irradiadas nas doses de 0,30, 0,45, 0,6 e 0,70 kGy, armazenadas em temperatura de 16-27 ° C, permaneceram em boas condições fitossanitárias, com poucas manchas, mínima podridão e aceitáveis para a comercialização por 32 dias segundo SILVA et al., 2007 . Diferentemente, SILVA et al. (2009) observaram que doses de radiação gama 1,0 e 2,0 kGy não foram eficientes no controle microbiológico de figos armazenados por 7 dias à 8° C, bem como PIMENTEL et al. (2007), no controle de doenças em mamão cv. Solo em condições de 21° C.



**Figura 15** - Notas para incidência de doenças em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23° C, onde: zero (nenhum sintoma de doença); 1 (lesões de diâmetro inferior a 1,0 cm); 2 (lesões de diâmetro entre 1,0 e 2,0 cm); 3 (lesões de diâmetro maior que 2,0 cm).

#### 4.2.3 Perda de massa fresca

Verifica-se na Tabela 9 que no 3° dia de armazenamento, não houve diferença entre os tratamentos. A partir de então, os frutos tratados com climatização isolada perderam mais massa fresca até a última avaliação. Segundo SILVA et al. (2006), a perda de massa acentua-se quanto maior o grau de amadurecimento da fruta, quando esta não se encontra mais apta à comercialização e segundo CHITARRA & CHITARRA (2005), o principal fator responsável pela perda de massa é o processo da respiração, que está associada ao da transpiração. Isso explica o comportamento dos frutos climatizados nesse experimento, onde provavelmente já se encontravam num estágio avançado de amadurecimento devido à ação do carbureto de cálcio. A mesma autora observou ainda que, frutos climatizados 1 dia após a colheita apresentaram perda de massa no valor de 12,9 % no 5° dia de armazenamento à temperatura de 25° C. Comportamento inverso foi observado nos frutos irradiados na dose de 0,25 kGy, que apresentaram menor perda de massa fresca do 3° ao 9° DAT. Nota-se ainda que, os frutos

climatizados e irradiados com 0,50 kGy, apesar de não terem apresentado menores valores de perda de massa fresca durante o armazenamento, se comportaram-se de forma estatisticamente igual aos frutos irradiados isoladamente na menor dose na última avaliação. MARTINELLI et al. (2008) observaram que frutos de banana ‘prata’ irradiados nas doses 0,25, 0,50 e 0,75 kGy perderam mais água que os frutos do controle armazenados a 24° C.

**Tabela 9** - Valores de perda de massa fresca (%) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23°C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Dias após Tratamentos			
	3	5	7	9
controle	3,79 a	7,18 a	10,15 b	13,50 b
climatização	5,10 a	9,63 a	13,17 a	16,99 a
climatização + 0,25 kGy	3,84 a	7,29 a	10,03 b	13,14 b
climatização + 0,50 kGy	3,62 a	6,78 a	9,25 b	11,97 c
0,25 kGy	2,54 a	4,82 b	7,35 c	10,63 c
0,50 kGy	3,82 a	7,44 a	10,32 b	13,39 b
0,25 kGy + climatização	3,89 a	7,42 a	10,23 b	13,33 b
0,50 kGy + climatização	4,64 a	7,92 a	10,84 b	14,28 b

As médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $\leq 0,05$ ).

#### 4.2.4 Firmeza com casca

Observa-se na Tabela 10 que na primeira avaliação, os frutos do controle e irradiados na dose isolada de 0,25 kGy apresentaram-se mais firmes, diferindo significativamente dos demais tratamentos. Já na segunda e terceira avaliações, não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos, sendo um indicativo de que, as doses de radiação aplicadas isoladamente, bem como antes ou após a climatização não foram eficientes na manutenção da firmeza dos frutos de banana ‘Prata-anã’, em comparação com o controle. Segundo LELIÉVRE et al. (1997), a perda da firmeza tem uma relação direta com o etileno, uma vez que ativa as enzimas pectinolíticas, transformando assim, a pectina insolúvel em solúvel, causando o amolecimento, sendo esse um dos processos mais sensíveis ao etileno.

No presente experimento, para firmeza, as respostas em relação ao uso da radiação como um bloqueador ou redutor da produção de etileno, aparentemente, não foram positivas, diferentemente do observado por PIMENTEL & WALDER (2004), onde a dose de 0,75 kGy em mamão Papaya promoveu uma manutenção da firmeza, independentemente do estágio de maturação, até a última avaliação, comparado com a testemunha e SINGH & PAL (2009), trabalhando com goiabas da cultivar ‘Lucknow-49’, cuja firmeza dos frutos irradiados nas doses de 0,25 e 0,50 kGy foi mantida superior ao do controle durante 5 dias de armazenamento em temperatura de 27° C.

**Tabela 10** – Valores de Firmeza (N) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 10 dias de armazenamento em temperatura média de 23°C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Dias após Tratamentos		
	3	6	10
controle	29,98 a	12,87 a	10,47 a
climatização	13,47 b	13,44 a	10,89 a
climatização + 0,25 kGy	13,60 b	11,64 a	10,78 a
climatização + 0,50 kGy	14,80 b	13,10 a	10,75 a
0,25 kGy	24,14 a	14,77 a	14,42 a
0,50 kGy	15,96 b	12,34 a	11,94 a
0,25 kGy + climatização	14,89 b	13,20 a	12,70 a
0,50 kGy + climatização	13,30 b	12,71 a	10,72 a

As médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $\leq 0,05$ ).

#### 4.2.5 Teores de clorofila total da casca

Os tratamentos com climatização (isolada ou com irradiação independentemente da ordem) apresentaram os menores teores de pigmentos verdes na casca na primeira avaliação (Tabela 11). Esse resultado mostrou que a climatização influenciou o amadurecimento dos frutos, uma vez que, segundo BOTREL et al. (2001), ocorre uma aceleração da taxa respiratória na banana devido à aplicação do etileno, onde na casca, a clorofila é degradada. Maiores teores foram observados nos frutos tratados com dose de 0,25 kGy isoladamente (o que pode ser verificado visualmente na Figura 13 em todos os períodos), juntamente com os do controle. No entanto, no 5º DAT, todos os frutos apresentaram quantidades mínimas de clorofilas totais, não havendo diferença estatística entre os tratamentos. Esse comportamento se repetiu na última avaliação, indicando que as referidas doses de radiação gama não foram capazes de inibir o efeito da climatização, nem tampouco quando aplicadas isoladamente, impedir o aparecimento e/ou síntese dos carotenóides. O mesmo não foi observado por STRYDOM et al. (1991), onde a dose de 0,2 kGy retardou o amarelecimento da casca de banana (*Musa acuminata* cv Collar) e CAMARGO et al. (2007), que frutos de mamão papaya irradiados à doses de 0,25, 0,50 e 1,0 kGy mantiveram-se mais verdes por um período mais longo sob temperatura de armazenamento à 24,8°C. De acordo com VILAS BOAS et al. (2001), o grau de coloração da casca é um importante preceptor na vida pós-colheita da banana, sendo frequentemente utilizado como guia para sua distribuição no varejo.

**Tabela 11** - Valores de Clorofila Total da Casca ( $\mu\text{g}$  de casca<sup>-1</sup>) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Dias após Tratamentos		
	1	5	9
controle	13,39 a	2,46 a	2,37 a
climatização	3,78 c	2,61 a	2,36 a
climatização + 0,25 kGy	4,31 c	2,25 a	2,10 a
climatização + 0,50 kGy	4,82 c	2,39 a	2,23 a
0,25 kGy	14,28 a	5,89 a	4,22 a
0,50 kGy	9,24 b	2,67 a	4,43 a
0,25 kGy + climatização	4,59 c	3,24 a	2,96 a
0,50 kGy + climatização	7,10 c	2,61 a	2,36 a

As médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $\leq 0,05$ ).

#### 4.2.6 Acidez total titulável

Observa-se, na Tabela 12 que, na primeira avaliação, os frutos irradiados na menor dose isoladamente e irradiados a 0,50 kGy seguido de climatização, apresentaram-se menos ácidos que os demais tratamentos, mas não diferindo do controle. Já na segunda avaliação, frutos climatizados seguidos da dose de 0,50 kGy e irradiados isoladamente a 0,50 kGy é que apresentaram-se menos ácidos, diferindo estatisticamente dos frutos do controle que nesta mesma época, estavam com maior concentração de ácido málico. Na última avaliação, porém, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Segundo BLEINROTH & COOPER (1973), uma característica da banana no estágio verde é apresentar baixa acidez, aumentando com o decorrer do amadurecimento, até atingir um máximo, quando a casca está totalmente amarela, para posteriormente decrescer, indicando início da senescência. Os valores encontrados estão dentro do limite especificado por CHITARRA & CHITARRA (2005), em banana Prata, que variam de 0,14 % (verde) a 0,44 % (madura) e VILAS BOAS et al. (2001), de 0,224 a 0,569 % (verde e madura, respectivamente). Valores superiores ao do presente experimento foram observados por SILVA et al. (2007), em banana ‘Nanica’ irradiada nas doses 0,30; 0,45 e 0,60 kGy (0,500, 0,503 e 0,480 % de ácido málico, respectivamente). FRANÇOSO et al. (2008), observaram que morangos irradiados nas doses 0,5, 1,0, 1,5 e 2,0 kGy, armazenados à temperatura de 4° C não tiveram alteração no comportamento normal da acidez durante o amadurecimento, bem como NEVES et al. (2002), em frutos de nectarina irradiados com 0,2, 0,4, 0,6 e 0,8 kGy e armazenados por 28 dias em frigoconservação, e CASTRICINI et al. (2004), em tomates irradiados nas doses de 0,25, 0,5 e 1,0 kGy, armazenados em temperatura ambiente (28° C) por 18 dias.



**Tabela 12** - Valores de ATT (mg ácido málico. 100 g<sup>-1</sup> de polpa) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23°C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Dias após Tratamentos		
	1	5	9
controle	0,3312 b	0,5222 a	0,4072 a
climatização	0,6392 a	0,5106 a	0,3620 a
climatização + 0,25 kGy	0,6086 a	0,3416 c	0,4138 a
climatização + 0,50 kGy	0,6490 a	0,2130 d	0,4146 a
0,25 kGy	0,3888 b	0,2872 c	0,5164 a
0,50 kGy	0,5260 a	0,1594 d	0,4126 a
0,25 kGy + climatização	0,6450 a	0,3946 b	0,4254 a
0,50 kGy + climatização	0,4002 b	0,3148 c	0,4186 a

As médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $\leq 0,05$ ).

#### 4.2.7 Amido

Nota-se, na Tabela 13, que frutos tratados com radiação gama nas duas doses isoladas, apesar de estatisticamente diferentes, apresentaram maiores concentrações de amido até o 5º dia de armazenamento, indicando que a irradiação reteve a hidrólise do amido nesse período. Os demais tratamentos apresentaram frutos com teores de amido muito baixos, denotando avanço no processo de amadurecimento. Segundo THOMAS (1986), a radiação gama pode determinar uma diminuição na velocidade de degradação de amido, apesar de que frutos irradiados e não irradiados possam ter seus níveis de açúcares solúveis totais igualados no estágio completamente maduros. Já na última avaliação, todos os frutos apresentaram teores reduzidos de amido. Segundo BOTREL et al. (2001), o amido, que no fruto verde representa cerca de 20-25% do peso fresco em bananas, durante o amadurecimento é convertido rapidamente em sacarose, glicose e frutose e que, quando se aplica etileno, ocorre uma aceleração na taxa respiratória, conseqüentemente, o fruto amadurece mais rápido. Ainda, CHITARRA & CHITARRA (2005) afirmam que essa conversão do amido em açúcares solúveis tem efeito no sabor dos frutos, tornando-os adequados para o consumo ao natural. Resultados semelhantes ao do presente experimento foram observados por WALL (2007), em frutos de banana Nanica irradiados a 0,2; 0,4; 0,6 e 0,8 kGy, armazenados por 7 dias a 14° C e posteriormente à 20° C, que apresentaram, em todas as doses, concentração de amido similar ao do controle e VILAS BOAS et al. (1996), cujas doses 0,25 e 0,50 kGy, não interferiram na degradação do amido em bananas armazenadas a 19-20° C.

**Tabela 13** - Valores de amido (%) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23°C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Dias após Tratamentos		
	1	5	9
controle	0,01 e	0,02 c	0,03 a
climatização	0,02 e	0,02 c	0,02 a
climatização + 0,25 kGy	0,02 e	0,01 c	0,04 a
climatização + 0,50 kGy	0,07 e	0,04 c	0,07 a
0,25 kGy	14,12 a	3,60 b	0,02 a
0,50 kGy	10,78 b	6,06 a	0,02 a
0,25 kGy + climatização	0,42 d	0,06 c	0,03 a
0,50 kGy + climatização	2,26 c	0,01 c	0,04 a

As médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $\leq 0,05$ ).

#### 4.2.8 Sólidos solúveis totais

Pela Tabela 14, verifica-se que os frutos do controle apresentaram menor teor de açúcares na primeira avaliação, seguido dos frutos irradiados isoladamente em ambas as doses, diferentemente dos frutos climatizados isoladamente e irradiados (independente da ordem), que apresentaram maior acúmulo de açúcares nessa mesma época. A partir do 5º dia de armazenamento, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quanto aos teores de sólidos solúveis totais, indicando que as doses de radiação gama, seguidas ou não da climatização, não foram eficientes em retardar o acúmulo de açúcares, que é um indicativo do processo de amadurecimento, se mostrando eficiente apenas nos primeiros dias de armazenamento. O teor de açúcares atinge o máximo no final da maturação, conferindo excelência de qualidade ao produto e que, em frutos climatéricos, após o armazenamento prolongado, todos os açúcares decrescem (CHITARRA & CHITARRA, 2005), devido ao consumo dos substratos no metabolismo respiratório dos frutos (FAN, 1992). SILVA et al. (2003) observaram diferenças no teor de SST em bananas ‘Nanicão’ irradiadas nas doses de 0,25; 0,50; 1,0 e 2,0 kGy seguidas de climatização nos diferentes períodos avaliados. Já MARTINELLI et al. (2008) observaram que frutos de banana ‘Prata’ irradiadas na dose de 0,25 kGy, armazenados a 24 ° C apresentaram menor valor de SST no último período de avaliação (9º DAT), comparado ao controle.

**Tabela 14** – Valores de SST (° Brix) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23°C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Dias após Tratamentos		
	1	5	9
controle	13,46 c	25,66 a	25,39 a
climatização	25,39 a	26,26 a	25,86 a
climatização + 0,25 kGy	25,26 a	27,13 a	26,20 a
climatização + 0,50 kGy	24,99 a	26,93 a	26,73 a
0,25 kGy	18,13 b	24,80 a	27,13 a
0,50 kGy	19,26 b	24,53 a	27,06 a
0,25 kGy+ climatização	22,93 a	27,06 a	27,19 a
0,50 kGy+ climatização	24,33 a	26,86 a	27,13 a

As médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $\leq 0,05$ ).

#### 4.2.9 Atividade respiratória

Na fase pós-colheita, a banana sobrevive das próprias reservas acumuladas (VILAS BOAS et al., 2001), por isso, a sua vida de prateleira depende da atividade respiratória, onde quanto maior, menor a vida pós-colheita. Nota-se na Tabela 15 que, nas primeiras 48 horas de armazenamento, frutos dos tratamentos com irradiação 0,50 kGy isolada e as duas doses de radiação gama seguidas de climatização apresentaram maiores taxas respiratórias. Isso pode ser explicado pelo fato da radiação gama, além de ser um processo causador de estresse no fruto e dependendo da dose aplicada, pode provocar amadurecimento anormal (CHITARRA & CHITARRA, 2005), ainda teve o efeito da climatização, que causa uma aceleração na taxa respiratória dos frutos (BOTREL et al., 2001). Já os frutos irradiados isoladamente com a dose 0,25 kGy, mantiveram uma menor taxa respiratória até as primeiras 96 h, indicativo de que a síntese do etileno foi reduzida, já que esse evento está intimamente relacionado ao metabolismo respiratório (CHITARRA & CHITARRA, 2005). Porém, a partir desse período, tiveram um aumento na respiração que, juntamente com os frutos dos tratamentos com a maior dose de radiação gama isolada, e as duas doses seguidas de climatização, apresentaram as maiores taxas respiratórias até o último período avaliado. Portanto, a dose 0,25 kGy mostrou-se eficiente na redução da taxa respiratória somente até o 4º dia de armazenamento. Resultado semelhante apresentado pela dose 0,25 kGy no presente experimento, foi observado por VILAS BOAS et al. (1996), onde essa mesma dose não estendeu a fase pré-climatérica de frutos de banana ‘Prata’ armazenados à 19-20° C, comparados ao controle bem como GOMEZ et al. (1999), cuja dose de 0,5 kGy não apresentou mudança significativa na respiração dos frutos de mamão (*Carica papaya* L. cv. Solo) irradiados durante o amadurecimento.

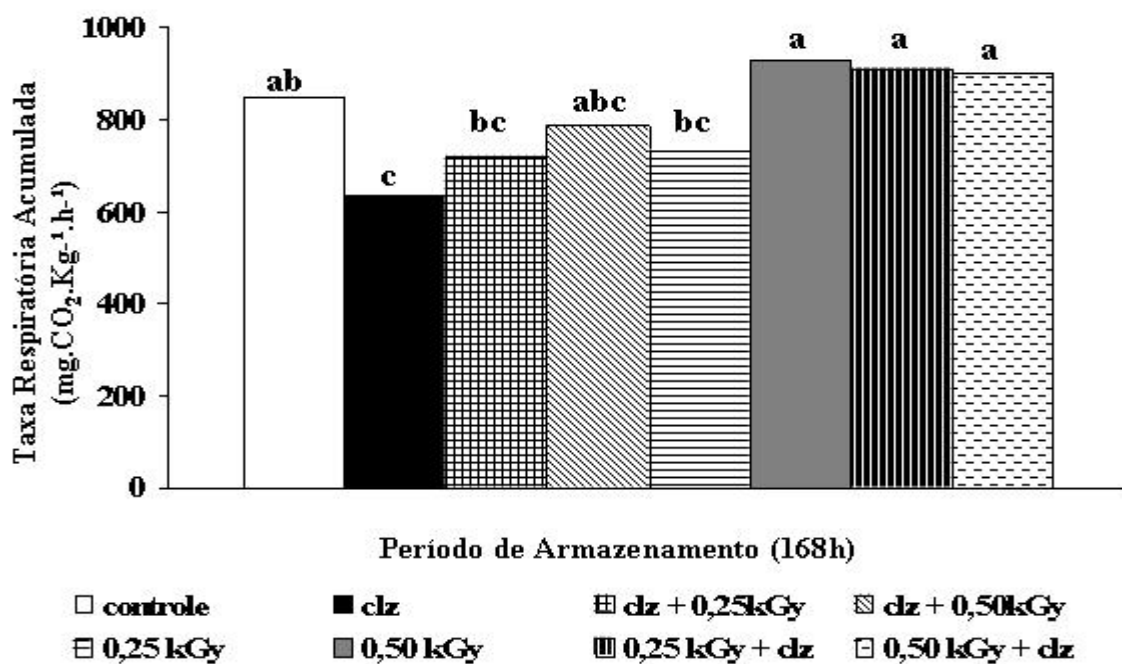
Em relação à taxa de respiração acumulada (Figura 16), observou-se maiores valores (como já citado anteriormente) nos frutos tratados com a dose de radiação gama de 0,50 kGy isolada e ambas as doses seguidas de climatização (observou-se que esses frutos apresentaram uma menor acidez no 5º DAT, indicativo de um consumo no processo respiratório. Quanto aos teores de SST e amido, não foi observado esse comportamento). No entanto, não diferiram significativamente dos frutos do controle e aqueles tratados com climatização seguida de irradiação com 0,50 kGy. Já o tratamento climatização isolada, apesar de não ter apresentado diferença significativa entre os tratamentos climatização + 0,25 kGy,

climatização + 0,50 kGy e da dose 0,25 kGy isolada, mostrou-se estatisticamente inferior ao controle quanto à taxa de respiração acumulada. Pode-se atribuir tal comportamento dos frutos climatizados (que se esperaria que respirassem mais intensamente) a uma interferência de amostragem, ou seja, os frutos separados para se fazer a avaliação de atividade respiratória do tratamento com climatização isolada, estavam em estágio de maturação menos avançado que os demais, o que pode ter interferido na resposta em termos de atividade respiratória, mesmo com o cuidado de se selecionar frutos com o mesmo grau de maturação para a montagem do experimento.

**Tabela 15** - Valores da Taxa Respiratória em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama e armazenados em temperatura média de 23° C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Taxa respiratória (mg.CO <sub>2</sub> kg <sup>-1</sup> .h <sup>-1</sup> )								
Tempo (horas)	Tratamentos							
	controle	clz	clz+ 0,25kGy	clz+ 0,50kGy	0,25kGy	0,50kGy	0,25kGy+ clz	0,50kGy +clz
12	60,84 b	46,32 c	52,70 c	58,96 b	51,79 c	70,71 a	67,79 a	70,26 a
24	60,24 a	43,56 c	50,55 b	54,39 b	43,91 c	65,30 a	62,68 a	63,52 a
36	51,92 c	44,04 c	49,88 c	55,44 b	34,06 d	67,05 a	63,92 a	65,76 a
48	64,08 b	44,30 d	50,11 c	55,18 c	37,95 d	74,98 a	72,11 a	71,56 a
60	60,47 b	43,74 c	46,16 c	46,96 c	37,25 d	54,76 b	65,23 a	69,37 a
72	71,91 a	48,48 c	55,12 b	60,50 b	39,59 d	59,07 b	54,47 b	61,32 b
84	65,41 a	45,47 c	50,86 b	54,42 b	45,02 c	65,20 a	58,31 a	58,52 a
96	61,89 a	46,92 b	51,40 b	57,38 a	51,88 b	67,01 a	65,09 a	60,13 a
108	68,75 a	50,37 b	56,96 b	63,79 a	62,43 a	64,81 a	66,37 a	50,40 b
120	54,83 b	47,77 b	56,72 b	60,14 a	62,85 a	67,07 a	66,04 a	63,21 a
132	58,74 b	48,72 c	53,33 c	58,12 b	66,59 a	68,16 a	64,44 a	65,13 a
144	57,65 c	44,16 d	55,17 c	63,35 b	72,92 a	73,38 a	72,15 a	70,65 a
156	54,33 b	38,92 c	42,13 c	47,60 b	65,47 a	69,43 a	68,52 a	67,43 a
168	59,72 a	41,92 b	47,36 b	51,26 b	60,18 a	62,38 a	63,82 a	62,75 a

As médias seguidas de uma mesma letra, na linha, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $\leq 0,05$ ).



**Figura 16** – Taxa de respiração acumulada em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama, em temperatura média de 23° C.

#### 4.2.10 Atividade enzimática – pectinametilesterase (PME)

Uma menor atividade da PME foi observada, na primeira avaliação nos tratamentos com dose 0,25 kGy isolada e irradiação com 0,50 kGy seguida de climatização, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Tabela 16). A atividade enzimática, no entanto, não diferiu entre os tratamentos na segunda avaliação, o que não aconteceu no 9° DAT, onde os frutos climatizados isoladamente e os irradiados na maior dose seguida de climatização, juntamente com o controle, apresentaram uma maior atividade enzimática. O amaciamento em bananas verificado ao longo do amadurecimento é devido à degradação coordenada de amido e compostos da parede celular, notadamente, substâncias pécnicas e hemiceluloses, no qual a solubilização dessas substâncias pécnicas que é acompanhada pelo amaciamento, ou seja, devida à ação das enzimas poligalacturonase, responsável pela hidrólise de ligações glicosídicas na protopectina e pectinametilesterase, que catalisa a desmetilação dos ésteres metílicos dos ácidos poligalacturônicos (VILAS BOAS et al., 2001). No presente trabalho, nos primeiros dias de armazenamento, a menor atividade (0,25kGy isolada) da PME foi observada no tratamento em que os frutos apresentaram-se mais firmes nessa mesma época (Tabela 10).

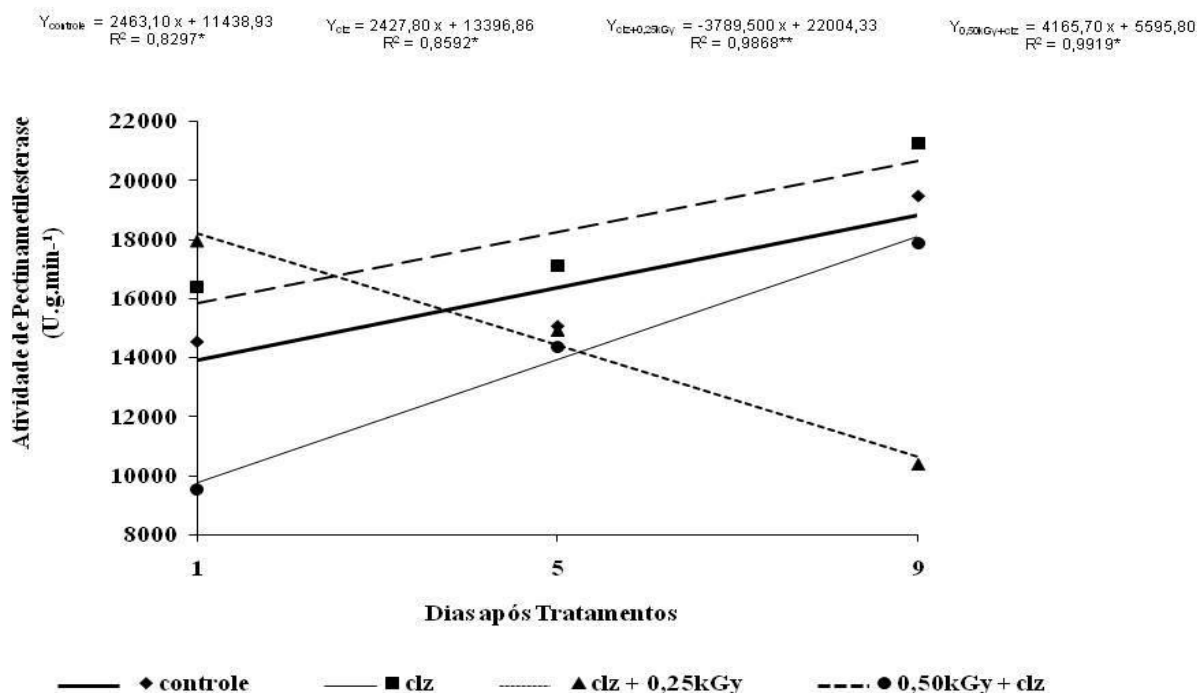
Verifica-se na Figura 17 que, os tratamentos com climatização isolada, dose de 0,50 kGy seguida de climatização, além do controle apresentaram ajuste significativo de modelo linear, onde os frutos tiveram a atividade da PME aumentada com o decorrer dos dias de armazenamento. PINHEIRO et al. (2005) observaram uma alta atividade da PME em frutos de banana ‘maçã’ armazenados a 20° C ao grau 7 de coloração da casca. Já o tratamento com climatização seguido da dose 0,25 kGy, apesar do ajuste de modelo linear, apresentou comportamento dos frutos inverso, ou seja, houve um decréscimo na atividade da enzima no decorrer do trabalho. LIMA et al. (2006), cita que dependendo do fruto e do método de extração, a atividade total da PME pode diminuir, permanecer constante ou aumentar durante a maturação. VILAS BOAS et al. (1996), sugerem que a radiação gama pode ter efeito

estimulante sobre a atividade da PME, uma vez que observaram uma maior atividade da enzima em frutos de banana ‘Prata’ irradiados em relação aos não irradiados, além de dois picos de atividade da PME em frutos de banana ‘Prata’ irradiadas a 0,25 kGy e 0,50 kGy.

**Tabela 16** - Valores de PME (U.g. min<sup>-1</sup>) em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23°C, agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Tratamentos	Dias após Tratamentos		
	1	5	9
controle	14546,20 a	15076,80 a	19472,40 a
climatização	16392,20 a	17117,40 a	21247,80 a
climatização + 0,25 kGy	17962,20 a	14930,60 a	10383,20 b
climatização + 0,50 kGy	16029,60 a	14968,60 a	13214,60 b
0,25 kGy	7112,00 b	9798,60 a	11076,00 b
0,50 kGy	13555,60 a	13966,80 a	13620,40 b
0,25 kGy + climatização	12997,80 a	14264,80 a	15585,60 b
0,50 kGy + climatização	9544,00 b	14362,20 a	17875,40 a

As médias seguidas de uma mesma letra, na coluna, pertencem a um mesmo grupo, pelo teste de Scott-Knott ( $\leq 0,05$ ).



**Figura 17** - Atividade da PME em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama durante 9 dias de armazenamento em temperatura média de 23°C.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 Experimento 1

Os produtores de banana da região de Angra dos Reis-RJ, além de utilizarem baixa tecnologia de produção, realizam a colheita dos frutos em estágio avançado de desenvolvimento (com poucas quininas), acarretando em um amadurecimento mais rápido desses frutos. Portanto:

- Perda de Massa Fresca, Firmeza, Amido e ATT foram influenciadas pela dose de radiação 0,50 kGy isolada e ambas as doses aplicadas em conjunto com a climatização (independente da sequência dos processos). Notou-se maiores perda de massa, diminuição da firmeza, aceleração da hidrólise do amido e diminuição no teor de ácido málico. As mesmas respostas foram observadas quanto à aparência externa dos frutos desses tratamentos, os quais apresentaram manchas marrons no final do período experimental, tanto provenientes do processo de amadurecimento, quanto pela incidência de patógenos.
- A dose de radiação 0,25 kGy, não influenciou o processo de amadurecimento dos frutos. Notou-se que os frutos tratados com a referida dose comportaram-se semelhantemente aos frutos do controle.

### 5.2 Experimento 2

- Perda de Massa Fresca, ATT, SST, Amido, Índice de Doenças e Coloração da Casca foram influenciadas pela irradiação, principalmente para a dose de 0,25 kGy, até o quinto dia de armazenamento. Além do mais, se mostrou eficiente quanto ao controle de patógenos e redução da perda de massa fresca.

## 6 CONCLUSÕES

- Nas condições do presente trabalho os frutos obtidos na região de Angra dos Reis/RJ não apresentaram respostas positivas em termos de qualidade com a aplicação da irradiação, denotando que o manejo inadequado dos frutos em campo, influenciou significativamente nos resultados em pós-colheita quando a irradiação foi utilizada como processo para aumentar a vida útil dos mesmos.
- A sequência dos processos utilizados, climatização e irradiação, independente da ordem, não apresentou efeitos diferenciados, uma vez que, os frutos, de ambas as cultivares, apresentaram comportamento semelhante durante o armazenamento.
- De forma mais evidente para a banana 'Prata-anã', o tratamento com radiação gama na dose 0,25 kGy isolada foi eficiente em retardar os processos que levam ao amadurecimento.



## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABANORTE - ASSOCIAÇÃO CENTRAL DOS FRUTICULTORES DO NORTE DE MINAS. **Banana Industrializada**. 2009. Disponível em <http://abanorte.com.br/noticias-principal/bAnana-industrializada/>. Acesso em 12 de.2009.
- ABAYASEKARA, C., RATNAYAKE, S. & ADIKARAM, N.K.B. Resistance of banana fruit to fungal disease: an overview. In: JONSON, G.I., HIGHLEY, E. & JOYCE, D.C. (Eds.) **Disease resistance in fruit**, Camberra: ACIAR Proceedings, n.80, p.93-104, 1998.
- ADAMS, D.O., YANG, S.F. Ethylene biosynthesis: identification of 1- aminocyclopropane-1-carboxylic acid as an intermediate in the conversion of methionine to ethylene. **Proceedings o the National Academy of Sciencis of the United States of America**, v.76, n.1, p. 170–174, 1979. Disponível em <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC382898/?page=1>. Acesso em 01 fev. 2010.
- ADÃO, R. C.; GLÓRIA, M. B. A. Bioactive amines and carbohydrates changes during ripening of ‘Prata’ banana (*Musa acuminata X Musa balbisiana*). **Food Chemistry**, v.90, p.705-711, 2005.
- AGRIANUAL. Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2008, 552p.
- AL-BACHIR, M. **Az ionizalo sugarzas hatasa a gyumolcs-felek es a csemegezsolo Tarolhatosagara**. Kreszeti egyetem, kandidatusi ertekezes, Budapest, 1986.
- ÁLVARES, V.S. **Amadurecimento e qualidade de banana ‘Prata’ (*Musa AAB* subgrupo Prata) submetidas a diferentes concentrações de etileno**. 2003, 70 p. Tese (“Magister Scientiae”) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- ÁLVARES, V. S.; NEGREIROS, J. R.S.; CORRÊA, P. C.; FINGER, F. L.; MAIA, V. M. Determinação da coloração da casca de banana ‘Prata’ pelos métodos químico e instrumental, após o tratamento com etileno exógeno. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, Florianópolis, 17, 2004, SC, Brasil. **Anais ...Florianópolis**, CD ROM, 2004.
- ALVES, E. J. **A Cultura da Bananeira – Aspectos Técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. 2ª Edição Revisada, Embrapa – SPI, Brasília, DF, 585 p. 1999.
- ANTHON, G. E.; SEKINE, Y.; WATANABE, N.; BARRET, D. M. Thermal Inactivation of Pectin Methylesterase, Polygalacturonase, and Peroxidase in Tomato Juice. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 21, p. 6153-6159, 2002.
- AZEVEDO, L.A.S. **Manual de quantificação de doenças de plantas**. São Paulo: Novartis Agro, 1998, 114p.
- BLEINROTH, E.G. Matéria-prima. In: ITAL. **Banana**. Campinas, 302p. 1993.
- BLEINROTH. E. W. & COOPER, C. E. B. **Estudos sobre o armazenamento e maturação da banana**. Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.5, p.63-80, 1973.
- BLEINROTH, E. W., SIGRIST, J. M. M., ARDITO, E. de F. G. et al. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. 2. ed. rev. Campinas: ITAL, 203 p. 1992.
- BOTREL, N.; MEDINA, V. M.; E SILVA, S. de O.; SENCI, S. A; SOARES, A. G. Amadurecimento controlado de frutos de diferentes cultivares e genótipos de bananeiras. **Revista Iberoamericana de Tecnologia Postcosecha**, v.6, n.1, p. 7-11, 2004.

BOTREL, N.; SILVA, O. F.; BITENCOURT, A. M. Procedimentos pós-colheita. In: MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M.I. S. **Banana. Pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 71 p. (Frutas do Brasil, 16), 2001.

BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, MAPA - Instrução Normativa, IN nº 20 de 21 de Julho de 1999.

BRASIL, MS (Ministério da Saúde) – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, Resolução - RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001, publicada no Diário Oficial da União, de 29 de janeiro de 2001. Disponível em [http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/21\\_01rdc.htm](http://www.anvisa.gov.br/legis/resol/21_01rdc.htm). Acesso em 08 jan. 2009.

BUSQUET, R. N. B.; VASCONCELLOS, M. A. S.; CONEGLIAN, R. C. C.; ROSA, R. C.; LUCENA, C. C.; SILVA, A. C.; GOMES, B. T. F. Avaliação da maturação da banana prata submetida a diferentes concentrações de carbureto de cálcio. In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA UFRRJ, 12, 2002, Seropédica. **Anais...** UFRRJ, v. 12, n. 2, pág. 68-72., 2002.

CALORE, L & VIEITES, R. L. Conservação de pêssegos 'Biuti' por irradiação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.23, p.53-57, 2003.

CAMARGO, Y. R.; LIMA, L. C. O.; SCALON, S. P. Q.; SIQUEIRA, A. N. Efeito do cálcio sobre o amadurecimento de morangos (*Fragaria ananassa* Duch.) cv campineiro. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.4, p.968-972, 2000.

CAMARGO, R. J.; TADINI, C.C.; SABATO, S. F. Physical–chemical analyses of irradiated papayas (*Carica papaya* L.). **Radiation Physics and Chemistry**, v.76, p.1866-1868, 2007.

CAMPOS, R. P.; VALENTE, J. P.; PEREIRA, W. E. **Conservação pós-colheita de banana cv. Nanicão climatizada e comercializada em Cuiabá – MT e região**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, v. 25, n. 1, p. 172-174, 2003.

CANCIAN, A. J. & CARVALHO, V. D. **Manejo pós-colheita da banana**. Informe Agropecuário. Belo Horizonte. v. 6, n.63, p.47-51, 1980.

CASTRICINI, A. **Aplicação de Revestimentos Comestíveis para Conservação de Mamões (Carica papaya L.) 'Golden'**. 2009, 117p. Tese (doutorado em Fitotecnia) - Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2009.

CASTRICINI, A.; MEDEIROS, S. F.; CONEGLIAN, R. C. C.; VITAL, H. C. Uso da radiação gama na conservação pós-colheita do tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* MILL.) em estágio maduro. **Revista Universidade Rural**, Seropédica, v. 24, n. 1, p. 85-91, 2004.

CERQUEIRA, R. C.; SILVA, S. O.; MEDINA, V. M. Características pós-colheita de futos de genótipos de bananeira (*Musa spp.*). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 654-657, 2002.

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

CHITARRA, M. I. F. & CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças fisiologia e manuseio**. 2º ed. Lavras: UFLA, 2005, 783p.

CHOUDHURY, S. R.; ROY, S.; SENGUPTA, D. N. Characterization of cultivar differences in *b-1,3* glucanase gene expression, glucanase activity and fruit pulp softening rates during fruit ripening in three naturally occurring banana cultivars. **Plant Cell Reports**, v. 28, n.11, p. 1641-1653, 2009.

- CORDEIRO, Z.J.M. **Cultivo da Banana para o Projeto Formoso**. Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2003 (Sistema de Produção 3). Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/BananaFormoso/importancia.htm>. Acesso em 28 dez. 2009.
- CORDEIRO, Z. J. M. & MESQUITA, A. L. M. **Doenças e pragas em frutos de banana**. In: MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M.I. S.; Banana. Pós-colheita. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, (Frutas do Brasil, 16), 71 p, 2001.
- CRISPIM, J. E.; MARTINS, J. C.; PIRES, J. C.; ROSELEM, C. A.; CAVARIANI, A. Determinação da taxa de respiração em sementes de soja pelo método da titulação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, n.10, p.1517-1521, 1994.
- CUNHA, I. **MG - Minas abre caminho para exportação de banana prata-anã**. Disponível em <http://www.agronline.com.br/agronoticias/noticia.php?id=9012>. Acesso em 03 set. 2009.
- CUNHA, I. S.; RODRIGUES, K.; CORDEIRO, O.I.; SILVA, P. **Processamento de Doce de Banana**. 2008, 41 p. Relatório apresentado ao Curso Técnico em Agroindústria da Escola Técnica Federal de Palmas –(ETF) Unidade de Ensino Descentralizada de Paraíso do Tocantins – (UNED), Tocantins, 2008.
- DANTAS, J. L. L.; SOARES FILHO, W. S.S. Classificação botânica, origem e evolução. In: \_\_\_\_\_. **Banana para exportação: aspectos técnicos da produção**. 2.ed. Brasília: Embrapa/SPI, p. 9-12. (Série Publicações Técnicas FRUPEX , 18), 1997.
- DIAS, M. S. C. **Doenças da bananeira**. In: \_\_\_\_\_. Bananicultura irrigada: Inovações tecnológicas (Informe Agropecuário), Belo Horizonte, v.29,n.245, 2008.
- DIEHL, J. F. - **Safety of Irradiated Foods** - Marcel Dekker Inc, New York, 345 p. 1990.
- DINIZ, L. **Moko da bananeira afeta produção em Sergipe**. 2009. Disponível em [http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra\\_conteudo.asp?conteudo=20595](http://www.todafruta.com.br/todafruta/mostra_conteudo.asp?conteudo=20595). Acesso em 28 dez. 2009.
- DOMARCO, R. E; ESPOTO, M.H.F; BLUMER, L; WALDER, J.J.M. Sinergia da radiação ionizante e do aquecimento na vida de prateleira da uva ‘Itália’. **Scientia Agricola**, v.56, n°4, p.981-986, 1999.
- DOMARCO, R.E.; WALDER, J.M.M.; SPOTO, M.H.F.; BLUMER, L.; MATRAIA, C. Inibição do amadurecimento de bananas por radiação gama: aspectos físicos, químicos e sensoriais. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.16, n.2, p.137-142, 1996.
- DOMINGUEZ, M. & VENDRELL, M. Ethylene biosynthesis in banana fruit: Evolution of EFE activity and ACC levels in peel and pulp during ripening. **Journal of Horticultural Science**, Ashford, v.68, n.1, p. 63-70. 1993.
- EMBRAPA. **Processamento de bananas**. (Informações Tecnológicas. Série Agronegócios), p.162, 2006.
- FAN, X. **Maturity and storage of “Fuji” apples**. 1992, 201 p. Tese (mestrado) - Washington State University, Washington, 1992.
- FAO – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA AGRICULTURA E ALIMENTAÇÃO. **Los bananos resisten la crisis económica**. Disponível em [https://www.fao.org.br/vernicias.asp?id\\_noticia=899](https://www.fao.org.br/vernicias.asp?id_noticia=899). Acesso em 10 dez. 2009.
- FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA, T. C. A. de.; PETTINELLI, M. C. de V.; SILVA, M. A. A. P. da.; CHAVES, J. B. P.; BARBOSA, E. M. de M. **Análise sensorial: testes discriminativos e afetivos. Manual: série qualidade**. Campinas, SBCTA, 127p. 2000.

- FERREIRA, G.L.; COSTA, V.C.; ARAÚJO, M.H.A. **Diminuição do amido em bananas maduras: um experimento simples para discutir ligações químicas e forças intermoleculares.** In: Encontro Nacional de Ensino de Química (XIV ENEQ) 14, 2008, Paraná. Anais eletrônicos... Paraná, UFPR, 2008. Disponível em <http://www.quimica.ufpr.br/eduquim/eneq2008/resumos/R0950-1.pdf>. Acesso em 10 jan. 2010
- FERNANDES, K. M.; CARVALHO, V. D. de.; CAL-VIDAL, J. Physical changes during ripening of silver bananas. **Journal of Food Science**, v.44, n.4, p. 1254-1255, 1979.
- FICSHER, L. R & BENNETT, A. B. Role of cell wall htdrolases in fruit ripening. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.42, p.675-703, 1991
- FRANÇOSO, I. L. T.; COUTO, M. A. L.; CANNIATTI- BRAZACA, S. G.; ARTHUR, V. Alterações físico-químicas em morangos (*Fragaria anassa* Duch.) irradiados e armazenados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n.3, p.614-619, 2008.
- FREIRE JÚNIOR, M. ; BITTENCOURT, A. M. ; PIRES, L. F. G. ; VITAL, H. C. ; ROCHA, E. S. Efeito da Radiação Gama em Colônias de Fungos Colletotrichum gloeosporioides. In: Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia de Alimentos (CBCTA), 18, 2002, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre (RS) : SBCTA, p. 1524-1527, 2002.
- GALINDO, F.G.; HERPPICH, W.; GEKAS, V.; SJOHOLM, I. Factors affecting quality an postharvest proprieties of vegetables: Integration of water Relations and metabolism. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v.44, p. 139-154, 2004.
- GARCIA, E. & LAJOLO, F. M. **Starch transformation during banana ripening : the amylase and glucosidase behavior.** J. Food Scienci, Chicago, v. 53, n. 4, p. 1181-1186, 1988.
- GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R.; PEREIRA, M. C. N. **Manejo Integrado de Doenças da Bananeira.** Embrapa Manaus, 6p. 2003. (Circular Técnica, 19). Disponível em [http://www.cpaa.embrapa.br/servicos/livraria/arquivos\\_gratis/circ\\_tec19.pdf](http://www.cpaa.embrapa.br/servicos/livraria/arquivos_gratis/circ_tec19.pdf). Acesso em: 14 jan. 2010.
- GOMES, A. Z. S.; SIERRA, L. B. V.; TRIBESS, T. B.; TADINI, C. C. Características físico-químicas e de firmeza da banana verde (*Musa sp*), variedade Nanica não maturada durante o armazenamento. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica, 17, São Carlos, 2007. **Anais eletrônicos...** UFSCAR, 2007. Disponível em [http://www.ufscar.br/cobeqic07/pdf/poster\\_i/pi96.pdf](http://www.ufscar.br/cobeqic07/pdf/poster_i/pi96.pdf). Acesso em 06 jan. 2010.
- 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**, v.19 n.2, p.246-252, 1999.
- HERNANDES, N. K.; VITAL, H. C; SAABA-SRUR, A. U.O. Irradiação de Alimentos: Vantagens e Limitações. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.37, n.2, p.154-159, 2003.
- HULTIN, H. O.; SAM, B.; BULGUER, J. Pectin methyl esterase of the banana: purification and properties. **Journal of Food Science**, Chicago, v.31, n.3, p.320-327, 1996.
- HUSSAIN, P. R., MEENA, R. S., DAR, M. A.; WANI, A. M. Studies on enhancing the keeping quality of peach (*Prunus persica* Bausch) cv. Elberta by gamma-irradiation. **Radiation Physics and Chemistry**, v.77, n.4, p. 473-481, 2008.
- I.A.L – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos químicos e físicos de análise de alimentos.** 3ª ed., São Paulo, 1987.

ICGFI - INTERNATIONAL CONSULTATIVE GROUP ON FOOD IRRADIATION. **Facts on Food Irradiation**. Vienna, Austria, 1999, 46 p. Serie. Disponível em <http://www.iaea.org/nafa/d5/public/foodirradiation.pdf>. Acesso em: 20 jan. 2010.

JIN, Z. Q.; XU, B.; LIU, J.; SU, S.; ZHANG, J.; YANG, X.; JIA, C.; LI, M. Identification of genes differentially expressed at the onset of the ethylene climacteric in banana. **Postharvest Biology and Technology**, v.52, p. 307-309, 2009.

KADER, A.A. Fruit maturity, ripening, and quality relationships. **Acta Horticulturae**, v. 485, p. 203-208. 1999. Disponível em [http://www.actahort.org/books/485/485\\_27.htm](http://www.actahort.org/books/485/485_27.htm). Acesso em 20/09/2009.

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

LADANIYA, M. S.; SINGH, S.; WADHAWAN, A. K. Response of ‘Nagpur’ mandarin, ‘Mosambi’ sweet Orange and ‘Kagzi’ acid lime to gamma radiation. **Radiation Physics and Chemistry**, v.67, p.665-675, 2003.

LAL, R.K.; GARG, M.; KRISHNAN, P. S. Biochemical aspects of the developing and ripening banana. **Phytochemistry**, New York, v.13, n.11, p.2365-2370, 1974.

LELIÉVRE, J.M.; LACTHÉ, A.; JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J. C. Ethylene and fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, v.101, p.727-739, 1997.

LEMMA, J.; ALCARDE, A. R.; DOMARCO, R. E.; SPOTO, M. H. F.; BLUMER, L.; MATRAIA, C. Radiação gamma na conservação do suco natural de laranja. **Scientia Agricola**, v.56, n.4, p.1193-1198, 1999.

LICHTEMBERG, L. A. **Colheita e pós-colheita da banana**. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 20, n. 196, p. 73- 90, 1999.

LICHTEMBERG, L. A.; VILAS BOAS, E. V. B.; DIAS, M. S. C. **Colheita e pós-colheita da banana**. In: \_\_\_\_\_. Bananicultura irrigada: Inovações tecnológicas. (Informe Agropecuário), Belo Horizonte, v.29, n.245, p. 92-110, 2008.

LICHTENTHALER, H. K. Chloropylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: *Metthodos in Enzimology* ( L. Packer & Douce, eds.). **Academic Press**, London, v.148, p.350-382, 1987.

LIMA, M. A. C.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Mudanças relacionadas ao amadurecimento da graviola durante a maturação pós-colheita. **Pesq. Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.12, p.1707-1713, 2006.

LIMA, K. S. C.; GODOY, R. L. O.; CASTRO, I.M.; MELLO, J. **Determinação de Carotenóides Totais e  $\beta$ -caroteno em cenouras (*Daucus carota*) minimamente processadas e tratadas com irradiação gama**. In: Simpósio Latino Americano de Ciência de Alimentos, 4, 2001, Campinas. **Anais...** UNICAMP, Campinas, p.193-193. 2001.

LIMA, K. S. C.; GROSSI, J. L. S. ; LIMA, A. L. S.; ALVES, P. F. P.; CONEGLIAN, R. C. C.; GODOY, R. L. O.; SABAA-SRUR, A. U. O. Efeito da radiação ionizante  $\gamma$  na qualidade pós-colheita de cenouras (*Daucus carota* L.) cv. Nantes. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.21, n.2, p. 202-208, 2001.

LIMA, M. A. C.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Mudanças relacionadas ao amadurecimento da graviola durante a maturação pós-colheita. **Pesq. Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.12, p.1707-1713, 2006.

LIU, X.; SHIOMI, S; NAKATSUKA, A.; KUBO, Y.; NAKAMURA, R.; INABA, A. Characterization of Ethylene Biosynthesis Associated with Ripening in Banana Fruit . **Plant Physiol**, v. 121, p. 1257-1265, 1999.

LOPES, A. L. **Epidemiologia e controle com radiação gama de doenças pós-colheita do mamão**. 2009,75 p. Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Pernambuco, 2009.

MAIA, G. A.; HOLANDA, L. F. F.; OLIVEIRA, G. S. F.; MOURA FÉ, J. A. ; MARTINS, C. B. Estudos sobre maturação de banana (*Musa* spp). **Ciência Agrônômica**, Fortaleza v.7, n.1-2, p.29-32, 1977.

MAIA, G. A.; HOLANDA, L. F. F.; OLIVEIRA, G. S. F.; MOURA FÉ, J. A. ; MARTINS, C. B. Estudo sobre a maturação e conservação da banana Prata (*Musa sapientum*, L.). **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v.9, n.1-2, p. 5-9, 1979.

MANOEL, L. & VIEITES, R. L. Utilização da radiação gama, na dose de 0,4 kGy, na redução da temperatura de armazenamento de banana ‘Nanica’. **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 24, n.3, p.85-97, 2009.

MARRIOT, J. Bananas – physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 41–88, 1980.

MARTINELLI, M.; TEIXEIRA, G.; MORAIS, C. S.; SOUZA, F. A.; CONEGLIAN, R. C. C.; VITAL, H. C.; HERNADES, N. K.; **Conservação de frutos de banana ‘Prata’ submetidos à radiação gama**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA E 54 TH ANNUAL MEETING OF THE INTERAMERICAM SOCIETY FOR TROPICAL HORTICULTURE, 20, 2008, Vitória. **Anais... INCAPER**, Vitória, 2008.

MAXIE, A.C. & KADER, A.A. Food irradiation - physiology of fruits as related to feasibility of the technology. In: CHICESTER, C.O. **Advances in food research**, v. 15, p.115-295, 1966. Disponível em <http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=nmv95CCz33k&oi=fnd&pg=PA105&dq=Biology+of+food+irradiation&ots=blXNXBAqto&sig=tooXSyNC7fvf4SKKPC0xWWYnx6o#v=onepage&q=Biology%20of%20food%20irradiation&f=false>. Acesso em: 17 jan. 2010.

Mc MURCHIE, E. J.; MC GLASSON, W. B.; EAKS, I. L. Treatment of fruit with propylene gives information about the biogenesis of ethylene. **Nature**, v. 237, 235–236, 1972.

MEDINA, C. J. **Banana: Cultura, matéria-prima, processamento e aspectos econômicos**. 2 ed. rev. ampl. Campinas-SP: ITAL, 1985, 302 p.

MEDINA, V. M. **Indução da Maturação da Banana ‘Terra’ com Etefon**. Embrapa Cruz das Almas, 2004 (Circular Técnica 71). Disponível em [http://www.cnpmf.embrapa.br/circular/es/circular\\_71.pdf](http://www.cnpmf.embrapa.br/circular/es/circular_71.pdf). Acesso em 01 jan. 2010.

MEDINA, V. M & PEREIRA, M. E. C. Pós- Colheita. In: BORGES, A.L. & SOUZA, L.S. (Ed). **O cultivo da bananeira**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2004. p. 209-262.

MINADER – MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Revisão do sector agrário e da estratégia de segurança alimentar para definição de prioridades de investimentos (TCP/ANG/2907)**. Disponível em [http://www.minader.org/pdfs/fomento/volume\\_vi/producao\\_banana\\_seca.pdf](http://www.minader.org/pdfs/fomento/volume_vi/producao_banana_seca.pdf). Acesso em 29/12/2009.

- MONTALVO, E., ADAME, Y.; GARCIA, H. S.; TOVAR, B.; MATA, M. Changes of sugars, beta-carotene and firmness of refrigerated Ataulfo mangoes treated with exogenous ethylene. **Journal of agriculture science**, v.147, n.2, p. 193-199, 2009.
- MOREIRA, R. S. **Banana: Teoria e prática de cultivo**, Campinas, Cargill, 1987, 335 p.
- MORENO, M.; CASTELL-PEREZ, M. E.; GOMES, C.; SILVA, P. F.; MOREIRA, R. G. Effects of Electron Beam Irradiation on Physical, Textural, and Microstructural Properties of "Tommy Atkins" Mangoes (*Mangifera indica* L.). **Journal of Food Science**, v.71, ed. 2, p. E80 - E82, 2006.
- MORENO, M.; CASTELL-PEREZ, M. E.; GOMES, C.; SILVA, P. F.; MOREIRA, R. G. Quality of electron beam irradiation of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) at medium dose levels (1.0–3.2 kGy). **Food Science and Technology**, p. 1123-1132, 2007.
- MUNASQUE, V.S., ABDULLAH, H., GELIDO, M.E.R.A., ROHAYA, M.A., ZAIPUN, M.Z. **Fruit growth and maturation of banana**. In: HASSAN, A., PANTASTICO, E.B. Banana: fruit development, postharvest physiology, handling and marketing in ASEAN. Jakarta, Indonesia: ASEAN Food Handling Bureau, p.33-43. 1990.
- NAPOLEÃO, B. A. **Tecnologia para a bananicultura**. In: \_\_\_\_\_. Bananicultura irrigada: Inovações tecnológicas (Informe Agropecuário), Belo Horizonte, v.29,n.245, 2008.
- NASCENTE, A. S.; COSTA, J. N. M.; COSTA, R. S. C. **Cultivo da Banana em Rondônia**. Embrapa Rondônia, 2005 (Sistemas de Produção 2). Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Banana/CultivodaBananaRO/index.htm>. Acesso em: 01 fev. 2010.
- NERY-SILVA, F. A.; MACHADO, J da C.; LIMA, L. C. de O.; RESENDE, M .L. V. Controle químico da podridão peduncular de mamão causada por *Colletotrichum gloeosporioides*. **Ciênc. agrotecnologia**, Lavras, v.25, n.3, p.519-524, 2001.
- NEVES, L. C.; MANZIONE, R. L. M.; VIEITES, R. L. Radiação gama na conservação pós-colheita da nectarina (*Prunus pérsica* var. nucipersica) frigoconservada. **Rev. Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 676-679, 2002.
- NOGUEIRA, D. H. **Fisiologia e conservação pós-colheita de bananas ‘Nanica’ e ‘Pacovan’ tratadas com carbureto de cálcio**. 2005, 114 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba, 2005.
- NOGUEIRA, D. H.; PEREIRA, W. E.; SILVA, S. M.; ARAÚJO, R. C. Mudanças fisiológicas e químicas em bananas ‘Nanica’ e ‘Pacovan’ tratadas com carbureto de cálcio. **Rev. Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 460-464, 2007.
- OLIVEIRA, A. C. G.; ZANÃO, C. F. P.; ANICETO, A. P. P.; SPOTO, M. H. F.; CANNIATTI-BRAZACA, S. G.; WALDER, J. M. M. Conservação pós-colheita de goiaba branca Kumagai por irradiação gama: Aspectos físicos, químicos e sensoriais. **B.CEPPA**, Curitiba, v.24, n.2, p375-396, 2006. Disponível em <http://ojs.c3sl.ufpr.br/ojs2/index.php/alimEntos/article/view/7496/5363>. Acesso em 25 jan. 2010.
- OSUNA-GARCÍA, J. A.; VÁZQUEZ-VALDIVIA, V.; PÉREZ-BARRAZA, M. H. Caracterización postcosecha de cultivares de banano. In: Reunión Internacional da Associação para Cooperação nas Pesquisas sobre Banana no Caribe e na América Tropical, 17, 2006. **Anais...** CD ROM: Joinville, 2006.
- PADOVANI, M. I. **Banana- um mercado crescente para este alimento milenar**. 2ª edição, Ícone Editora LTDA, 104 p, 1989.

- PALMER, J.K. The bananas. In: HULME, A.C. **Biochemistry of fruits and their products**. Academic Press, New York v.2, n.2, p.65-105. 1971.
- PIMENTEL, R. M. A.; MARCONDES, Y. E. M.; WALDER, J. M. M. Qualidade do mamão cv. Solo submetido ao choque térmico e tratamento quarentenário por radiação gama. **Rev. Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 29, n. 3, p. 483-487, 2007.
- PIMENTEL, R. M. A & WALDER, J. M.M. Gamma radiation in Papaya harvested at three stages of maturation. **Scientia Agricola**, v.61, n.2, p.146-150, 2004.
- PINHEIRO, A. C. M. **Pós-colheita de bananas 'maçã' submetidas ao 1-MCP**. 2007, 140 p. Tese (doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. B.; MESQUITA, C. T. Ação do 1-metilciclopropeno (1-MCP) na vida de prateleira da banana 'maçã'. **Rev. Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, p. 25-28, 2005.
- PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. de B.; ALVES, A. de P.; LA SELVA, M. Amadurecimento de bananas 'maçã' submetidas ao 1-metilciclopropeno (1-MCP). **Rev. Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.29, n.1, p.1-4, 2007.
- RATNER, A.; GOREN, R.; MONSELINE, S. P. Activity of pectin esterase and cellulose in the abscission zone of citrus leaf explants. **Plant Physiology**, Rockville, v.44, n.12, p.1717-1723, 1969.
- ROCHA, J. L. V. Fisiologia pós-colheita de banana. In: Simpósio Brasileiro sobre bananicultura, 1, 1984, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal, 458 p, 1984.
- RODRIGUES, A. **Conservação dos Alimentos**. 2007. Disponível em <http://alexisrodriguesbio12.blogspot.com/2007/06/conservao-de-alimentos.html>. Acesso em 12 nov. 2008.
- RODRIGUES, M. G. V.; DIAS, M. S. C.; RUGGIERO, C.; LICHTENBERG, L. A. Planejamento, implantação e manejo do bananal. In: \_\_\_\_\_. **Bananicultura irrigada: Inovações tecnológicas** (Informe Agropecuário), Belo Horizonte, v.29, n.245, p.7-13, 2008.
- SABATO, S. F.; SILVA, J. M.; CRUZ, J. N.; BROISLER, P.O.; RELA, P. R.; SALMIERI, S.; LACROIX, M. Advances in commercial application of gamma radiation in tropical fruits at Brazil. **Radiation Physics and Chemistry**, v.78, 7-8, p. 655-658, 2009.
- SALES, A. N. **Aplicação de 1-Metilciclopropeno em banana Prata-Anã armazenadas sob baixa temperatura seguida de climatização**. 2002, 78 p. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.
- SANTOS, J. E. S. & CHITARRA, M. I. F. **Relação entre a idade do cacho de banana 'Prata' à colheita e a qualidade dos frutos após a colheita**. Disponível em [http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/dfe523788c4d9ae503256508004f34ca/ce866c0defbf0212832566be00737a6e/\\$FILE/pab281\\_96.doc](http://webnotes.sct.embrapa.br/pab/pab.nsf/dfe523788c4d9ae503256508004f34ca/ce866c0defbf0212832566be00737a6e/$FILE/pab281_96.doc). Acesso em 26/08/2009.
- SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman and Hall, 454 p, 1993.
- SIGRIST, J. M. M. Transpiração. In: BLEINROTH, E. W. et al. **Tecnologia de pós-colheita de frutas tropicais**. 2. ed. Campinas: ITAL, p. 33-40, 1992.
- SILVA, S.F.; DIONÍSIO, A.N.; WALDER, J.M.M. Efeitos da Radiação Gama em banana 'Nanica' (*Musa* sp., grupo AAA) irradiada na fase pré-climatérica. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v.18, n.3, p. 331-337, 2007.



- SILVA, L. C. A. S.; HARDER, M. N. C.; ARTHUR, P.B.; LIMA, R. B.; MODOLO, D. M.; ARTHUR, V. Physical-chemical characteristics of figs (*Ficus carica*) pre-ready to submitted to ionizing radiation. In: International Nuclear Atlantic Conference – INAC/ENAN, 9., 2009, Rio de Janeiro, 2009. **Resumos...** Rio de Janeiro, 2009.
- SILVA, C. S.; LIMA, L. C.; SANTOS, H, S.; CAMILI, E. C.; VIEIRA, C. R.Y I.; MARTIN, C. S.; VIEITES, R. L. Amadurecimento da banana ‘Prata’ climatizada em diferentes dias após a colheita. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 1, p. 103-111, 2006.
- SILVA, A. C; LUCENA, C.C; FEITOSA, H.F; VASCONCELLOS, M.A.S; CONEGLLIAN, R.C.C.C; BUSQUET, R.N.B. Conservação de banana (*Musa sp*) cv “Nanicão”, submetidos a irradiação gama e indução a maturação com carbureto de cálcio. **Revista Agronomia**, v.37, n.1, p.38-41, 2003.
- SILVA, S. O.; PEREIRA, L. V.; RODRIGUES, M. G. V.; Variedades. In: \_\_\_\_\_. **Banicultura irrigada: Inovações tecnológicas** (Informe Agropecuário), Belo Horizonte, v.29, n.245, p.78-83, 2008.
- SILVA, J. M.; SILVA, J. P.; SPOTO, M. H. F. Características físico-químicas de abacaxi submetido à tecnologia de radiação ionizante como método de conservação pós-colheita. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.28, n.1, p. 139-145, 2008.
- SIMMONDES, N. W. & SHEPHERD, K. The taxonomy and origin of the cultivated bananas. **J. Linnean Soc. Botany**, London, v. 55, p. 303-303, 1955.
- \_\_\_\_\_. Perspectivas do Mercado de Frutas. In: SIMPÓSIO ECONÔMICO HORTIFRUTI BRASIL, 2, 2009. Resumo das Palestras. Disponível em [http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Apre\\_frutas.pdf](http://www.cepea.esalq.usp.br/pdf/Apre_frutas.pdf). Acesso em: 25 agosto de 2009.
- SINGH, S. P. & PAL, R. K. Ionizing radiation treatment to improve postharvest life and maintain quality of fresh guava fruit. **Radiation Physics and Chemistry**, v.78, p.135-140, 2009.
- SOMOGYI, L. P. & ROMANI, R. J. Irradiation-induced Textural Change in Fruits and Its Relation to Pectin Metabolism. **Journal of Food Science**, v.29, p.366-371, 2006. Disponível em <http://www3.interscience.wiley.com/journal/119736239/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0>. Acesso em: 07 fev. 2010.
- SOTO BALLESTERO, M. **Bananos: Cultivo y comercialización**. 2.ed. San José, Costa Rica: Litografia e Imprenta Lil, 674 p, 1992.
- SOUZA, A.T. **Aspectos econômicos da cultura da banana**. 2008. Disponível em [http://cepa.agorindicadores/opiniao/analise\\_banana.htm](http://cepa.agorindicadores/opiniao/analise_banana.htm)>. Acesso em: 12 de maio de 2008.
- SOUZA, A. R. M.; BRASACA, S. G. C.; ARTHUR, V.; OLIVEIRA, A. G. C.; SPOTO, M. H. F.; WALDER, J. M. M. Effect of gamma radiation and storage on cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) quality. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, n.3, p. 848-854, 2009.
- SRTYDOM, G. C.; VAN STADEN, J.; SMITH, M. T. The effect of gamma radiation on the ultrastructure of the peel of banana fruits. **Environmental and Experimental Botany**, v.31,p.43-49,1991.
- SURENDRANATHAN, K. K. & NAIR, P. M. Carbohydrate metabolism in ripening banana and its alteration on gamma irradiation in relation to delay in ripening. **Journal of the Indian Institute of Science**, Bangalore 560 012, v. 62, n.8, p.63-80, 1980.
- THOMAS, P. Irradiation of fruits e vegetables . In: MOLINS, R. A. **Food irradiation: principles and applications**, cap. 8, p. 213-241, 2001. Disponível em <http://books.google.co>

om. br/books?hl=pt-BR&lr=&id=dkNQbXY3loC&oi=fnd&pg=PA213&dq=+irradiation+gamma+chlorophyll+banana&ots=LuGbB7i2iq&sig=007 RUBvNTa4-wrX mYTNUSrX8QQ#v=onepage&q=&f=false. Acesso em: 09 jan. 2010.

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

VICENTE, J. R. & PEREZ, L. H. **Análise econométrica de oferta e demanda de banana no Brasil**, São Paulo, v. 45, n. 1, p. 59-68, 1998.

VIEIRA JUNIOR, A. **Alfa e beta-amilase no metabolismo do amido durante o amadurecimento da banana: clonagem, expressão e caracterização molecular**. 2006, 91 p. Tese (doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006. Disponível em [http://ged1.capes.gov.br/CapesProcessos/926568-ARQ/926568\\_6.PDF](http://ged1.capes.gov.br/CapesProcessos/926568-ARQ/926568_6.PDF). Acesso em 10 jan.2010.

VIEIRA, L. M. **Banana**. 2009. Disponível em [http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/sintese\\_2009.pdf](http://cepa.epagri.sc.gov.br/Publicacoes/sintese_2009.pdf). Acesso em 28 dez. 2009.

VILAS BOAS, E. V. B.; ALVES, R. R.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MENEZES, J. B. Características da fruta. In: MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M.I. S.; **Banana. Pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica (Frutas do Brasil, 16), 71 p, 2001.

VILAS BOAS, E. V. B.; CHITARRA, A. B., CHITARRA, M. I. F. Modificações pós-colheita de banana 'Prata'  $\gamma$ -irradiada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.9, p.599-607, 1996.

VITAL, H. C. & HERNANDES, N. K. DOS SANTOS, A. A. Conservação de Alimentos por irradiação. **Revista CTE<sub>x</sub> P&D**, v.2, p.45-50, 2008.

VIVIANI, L. & LEAL, P. M. Qualidade pós-colheita de banana Prata Anã armazenada sob diferentes condições. **Rev. Brasileira de Fruticultura**, v. 29, n. 3, p. 465-470, 2007.

WALL, M. M. Postharvest quality and ripening of dwarf Brazilian bananas (*Musa* sp.) after X-ray irradiation quarantine treatment. **Hortscience**, v.42, p. 130-134, 2007.

WATTS, B. M., YLIMAKI, G. L., JEFFERY, L. E., ELIAS, L. G. **Métodos sensoriais básicos para la evaluación de alimentos**. Tradución: Oficina de Traducciones, Secretaria de Estado. Ottawa : Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo, 170p, 1992.

ZAMAN, W.; PAUL, D.; ALAM, K.; IBRAHIM, M.; HASSAN, P. Shelf life extension of banana (*Musa sapientum*) by gamma radiation. **Journal Bio-scienci**, v.15, p. 47-53, 2007.

## 8 ANEXOS

ANEXO A. Análise de variância para os dados sólidos solúveis totais (SST), perda de massa fresca (PMF), clorofilas totais da casca <sup>1</sup> (CTC) e acidez total titulável (ATT) em frutos de banana 'Prata' submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 27° C.

CV	Quadrado Médio			
	GL	SST	CTC	ATT
Tratamentos	7	39,13**	0,428 **	0,034**
Período	4	31,90**	1,368**	0,077**
Tratamento * Período	28	20,87**	0,155**	0,013**
Resíduo	160	5,68	0,038	0,003
Total	199			
Coeficiente de variação (%)		9,61	25,63	24,76

\*significância ao nível de 5%

\*\*significância ao nível de 1%

1 - dados transformados para logarítimo

ANEXO B. Análise de variância para os dados perda de massa fresca (PMF) em frutos de banana 'Prata' submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 27° C.

CV	Quadrado Médio	
	GL	PMF
Tratamentos	7	260,69**
Período	3	1360,35**
Tratamento * Período	21	15,31**
Resíduo	128	6,95
Total	159	
Coeficiente de variação (%)		23,36

\*significância ao nível de 5%

\*\*significância ao nível de 1%

ANEXO C. Análise de variância para os dados firmeza em frutos de banana 'Prata' submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 27° C.

CV	Quadrado Médio	
	GL	firmeza
Tratamentos	7	2564,59**
Período	1	6376,02*
Tratamento * Período	7	2143,26**
Resíduo	48	22,85
Total	63	
Coeficiente de variação (%)		19,09

\*significância ao nível de 5%

\*\*significância ao nível de 1%

ANEXO D. Análise de variância para os dados de amido e pectinametilesterase (PME) em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 27° C.

CV	GL	Quadrado Médio	
		amido	PME
Tratamentos	7	70,996**	74802944,91**
Período	2	578,737**	228273844,31**
Tratamento * Período	14	67,701**	50339804,28**
Resíduo	72	0,92	4379329,96
Total	95		
Coeficiente de variação (%)		37,64	20,97

\*significância ao nível de 5%

\*\*significância ao nível de 1%

ANEXO E. Análise de variância para os dados da taxa respiratória<sup>1</sup> em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 27° C.

CV	GL	Quadrado Médio
		taxa respiratória
Trat	7	0,4488 <sup>ns</sup>
Erro 1	7	0,4488
Horas	13	0,2935**
Trat * horas	91	0,0229**
Erro 2	441	0,0133
Total	559	
Coeficiente de variação 1(%)		38,08
Coeficiente de variação 2(%)		6,56

\*significância ao nível de 5%

\*\*significância ao nível de 1%

1-Dados transformados para logaritmo

ANEXO F. Análise de variância para os dados da taxa respiratória acumulada em frutos de banana ‘Prata’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 27° C.

CV	GL	Quadrado Médio
		taxa respiratória acumulada
Trat	7	84498,500*
Erro	32	30681,675
Total	39	
Coeficiente de variação (%)		20,53

\*significância ao nível de 5%

\*\*significância ao nível de 1%

ANEXO G. Análise de variância para sólido solúveis totais (SST), clorofila total da casca (ctc), Acidez total titulável (ATT), firmeza, amido<sup>1</sup> e Pectinametilesterase (PME) em frutos de banana 'Prata-anã' submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 23° C.

Quadrado Médio						
FV	GL	SST	ctc	ATT	amido <sup>1</sup>	PME
Tratamentos	7	47,83**	52,517**	0,0374**	1,09**	96939252,114**
Período	2	293,80**	299,97**	0,3279**	1,23**	32252408,775 <sup>ns</sup>
Tratamento * Período	14	27,11**	23,480**	0,0712**	0,349**	34004763,832**
Resíduo	96	4,08	6,607	0,0069	0,0032	13872984,97
Total	119					
Coeficiente de variação (%)		8,14	56,73	19,35	29,69	25,9

\*significância ao nível de 5%

\*\*significância ao nível de 1%

ns = não significativo a 5%

1- Dados transformados para logarítimo

ANEXO H. Análise de variância para os dados de perda de massa fresca (PMF) em frutos de banana 'Prata-anã' submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 23° C.

Quadrado Médio		
FV	GL	PMF
Tratamentos	7	37,50**
Período	3	656,38**
Tratamento * Período	21	1,302 <sup>ns</sup>
Resíduo	128	2,714
<b>Total</b>	<b>159</b>	
Coeficiente de variação (%)		18,94

\*significância ao nível de 5%

\*\*significância ao nível de 1%

ns = não significativo a 5%

ANEXO I. Análise de variância para os dados de perda de massa fresca (PMF) em frutos de banana 'Prata-anã' submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 23° C.

Quadrado Médio		
FV	GL	pmf
Tratamento/Período 3	7	2,812 <sup>ns</sup>
Tratamento/Período 5	7	8,778**
Tratamento/Período 7	7	13,040**
Tratamento/Período 9	7	16,778**
Resíduo	128	2,714
<b>Total</b>	<b>156</b>	
Coeficiente de variação (%)		18,94

\*significância ao nível de 5%

\*\*significância ao nível de 1%

ns = não significativo a 5%

ANEXO J. Análise de variância para os dados de firmeza em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 23° C.

FV	Quadrado Médio	
	GL	firmeza
Tratamentos	7	84,083 <sup>ns</sup>
Período	2	383,618**
Tratamento * Período	14	59,515 <sup>ns</sup>
Resíduo	96	50,194
Total	119	
Coeficiente de variação (%)		50,46

\*significância ao nível de 5%

\*\*significância ao nível de 1%

ns = não significativo a 5%

ANEXO L. Análise de variância para os dados de firmeza em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 23° C.

FV	Quadrado Médio	
	GL	pmf
Tratamento/Período 3	7	189,556**
Tratamento/Período 6	7	4,124 <sup>ns</sup>
Tratamento/Período 10	7	9,433 <sup>ns</sup>
Resíduo	96	50,194
Total	117	
Coeficiente de variação (%)		50,46

\*significância ao nível de 5%

\*\*significância ao nível de 1%

ANEXO M. Análise de variância para os dados da taxa respiratória<sup>1</sup> em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama armazenados em temperatura média de 23° C.

FV	Quadrado Médio	
	GL	taxa respiratória
Trat	7	0,2532 <sup>ns</sup>
Erro 1	7	0,2532
Horas	13	0,2169**
Trat * horas	91	0,0120**
Erro 2	441	0,0023
Total	559	
Coeficiente de variação 1(%)		28,64
Coeficiente de variação 2(%)		2,75

\*significância ao nível de 5%

\*\*significância ao nível de 1%

1-Dados transformados para logarítimo

ANEXO N. Análise de variância para os dados da taxa respiratória acumulada em frutos de banana ‘Prata-anã’ submetidos ao carbureto de cálcio e diferentes doses de radiação gama, armazenados em temperatura média de 23° C.

	Quadrado Médio	
CV	GL	taxa respiratória acumulada
Trat	7	57023,61**
Erro	32	16982,15
Total	39	
Coeficiente de variação (%)		16,13

\*significância ao nível de 5%

\*\*significância ao nível de 1%