

**VICTOR MARTINS MAIA**

**ALTERAÇÕES MORFO-ANATÔMICAS, FÍSICAS E  
METABÓLICAS EM BANANAS ‘PRATA ANÃ’ INDUZIDAS POR  
DANOS MECÂNICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal  
de Viçosa, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia,  
para obtenção do título de *Doctor Scientiae*

**VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2005**

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

M217a  
2005

Maia, Victor Martins, 1976-

Alterações morfo-anatômicas, físicas e metabólicas em  
bananas 'Prata anã' induzidas por danos mecânicos /  
Victor Martins Maia. – Viçosa : UFV, 2005.  
xvii, 119f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Luiz Carlos Chamhum Salomão.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Banana - Fisiologia pós-colheita. 2. Banana -  
Comercialização. 3. Banana - Anatomia. 4. Banana -  
Embalagens. 5. Banana - Armazenamento. 6. Embalagens.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22.ed. 634.7726

**VICTOR MARTINS MAIA**

**ALTERAÇÕES MORFO-ANATÔMICAS, FÍSICAS E  
METABÓLICAS EM BANANAS ‘PRATA ANÃ’ INDUZIDAS POR  
DANOS MECÂNICOS**

Tese apresentada à Universidade Federal  
de Viçosa, como parte das exigências do  
Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia,  
para obtenção do título de *Doctor Scientiae*

APROVADA: 03 de outubro de 2005.

---

Prof. Dalmo Lopes de Siqueira  
(Conselheiro)

---

Prof. Paulo Roberto Cecon  
(Conselheiro)

---

Dr. Ebenézer de Oliveira Silva

---

Prof. Renata Maria Strozi Alves Meira

---

Prof. Luiz Carlos Chamhum Salomão  
(Orientador)

A Deus,

Aos meus pais Armando e Marília,

Ao meu irmão Igor,

À minha amada esposa Ana Paula,

À Ana Giulia.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre junto a mim mesmo nos momentos em que me distancio dele.

Ao meu pai Armando, pelo exemplo de caráter, por sua preocupação de pai, pelos primeiros ensinamentos agronômicos, pelo auxílio financeiro e por ser meu pai.

À minha mãe Marília, pela força em todos os momentos, pela dedicação incondicional e pelo amor, responsável direta por minha formação.

Ao meu irmão Igor, pelo incentivo em todos os momentos.

À Ana Paula, pelo companheirismo, pela dedicação, por estar sempre ao meu lado nos bons e maus momentos e por seu amor, que é tudo para mim.

À Ana Giulia, que trouxe mais alegria para o meu dia a dia.

Ao meu sogro Paulo e à minha sogra Maria Luiza, pela torcida a cada conquista.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Fitotecnia, pela oportunidade em realizar o curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo auxílio financeiro.

Ao Professor Luiz Carlos Chamhum Salomão, pela orientação, apoio e constantes ensinamentos.

Ao Professor Dalmo Lopes Siqueira, pela paciência e pelas valiosas sugestões.

À Agropecuária Veloso Maia Ltda, pela cessão dos frutos, das suas instalações e do veículo.

À Cooperativa dos Fruticultores do Vale Verde Grande Ltda - FRUTVALE e ao Sacolão Ceamoc pelo apoio logístico.

Ao Professor Rolf Puschmann, pela atenção, pelas críticas e valiosas sugestões.

Ao Professor Paulo Roberto Cecon, pela atenção, pelas sugestões e pelos valiosos ensinamentos estatísticos.

À Professora Renata Maria Strozi Alves Meira por sua fundamental participação.

Ao Dr. Ebenézer pelas sugestões e participação na banca de defesa de Tese.

Aos Professores Rubens Alves de Oliveira e Everardo Chartuni Mantovani, pela motivação e oportunidade em ser monitor I de Irrigação e Drenagem.

Ao Marlon, pela oportunidade de estágio no Setor de Fruticultura.

Ao Rômulo e Flávio, pela oportunidade de estagiar na PROPEC Ltda.

Aos Professores Tocio Sedyama e João Carlos Galvão, pelo apoio e sugestões durante a condução do curso.

Aos estudantes de graduação Virgílio, Raquel e Rubana pela colaboração fundamental para a conclusão dos trabalhos.

Aos amigos Ricardo, Lúcio, Rodrigo, Flávio e demais colegas do Curso que, com certeza, colaboraram, de forma direta ou indireta, para a conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos de Montes Claros e Janaúba, pelo estímulo em todos os momentos.

À Secretária do programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Mara Rodrigues, pela compreensão, pelo incentivo e por estar sempre prestativa nos momentos importantes.

À Carla, secretária do Setor de Fruticultura, ao Márcio, Robson e Cinira, laboratoristas, Vicente e demais funcionários da fruticultura.

A todos os funcionários da UFV, principalmente os do Departamento de Fitotecnia, pela colaboração.

Ao Brasil, que financiou toda minha formação acadêmica.

## BIOGRAFIA

VICTOR MARTINS MAIA, filho de Armando Catolino Veloso Maia e Marília Versiani Martins Maia, nasceu em 05 de fevereiro de 1976 em Montes Claros, Minas Gerais.

Em agosto de 1999, graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), em Viçosa, Minas Gerais.

Em agosto de 1999, iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese em agosto de 2001. No mesmo mês deste ano iniciou o curso de Doutorado em Fitotecnia, submetendo-se à defesa de tese em outubro de 2005, quando iniciou atividades de pesquisa e docência na Universidade Estadual de Montes Claros.

## ÍNDICE

	Página
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xiv
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	6
CAPÍTULO 1.....	10
TIPOS E INTENSIDADE DE DANOS MECÂNICOS EM BANANAS ‘PRATA ANÃ AO LONGO DA CADEIA DE COMERCIALIZAÇÃO.....	10
RESUMO.....	10
ABSTRACT.....	10
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
4. CONCLUSÕES.....	23
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24

	Página
CAPÍTULO 2.....	27
ALTERAÇÕES MORFO-ANATÔMICAS EM BANANAS ‘PRATA ANÃ’ SUBMETIDAS A DIFERENTES TIPOS DE DANOS MECÂNICOS.....	27
RESUMO.....	27
ABSTRACT.....	27
1. INTRODUÇÃO.....	28
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
4. CONCLUSÕES.....	41
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
CAPÍTULO 3.....	44
EFEITOS DE ÁREAS E TIPOS DE DANOS MECÂNICOS SOBRE O COMPORTAMENTO PÓS-COLHEITA DE BANANAS ‘PRATA ANÃ’.....	44
RESUMO.....	44
ABSTRACT.....	44
1. INTRODUÇÃO.....	45
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	47
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	51
4. CONCLUSÕES.....	59
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59
CAPÍTULO 4.....	62
ALTERAÇÕES FÍSICAS E METABÓLICAS INDUZIDAS POR DANO MECÂNICO EM BANANAS ‘PRATA ANÃ’ MANTIDAS SOB TEMPERATURA AMBIENTE.....	62
RESUMO.....	62
ABSTRACT.....	62
1. INTRODUÇÃO.....	63
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	68

	Página
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	73
4. CONCLUSÕES.....	85
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85
CAPÍTULO 5.....	92
ALTERAÇÕES FÍSICAS E METABÓLICAS INDUZIDAS POR DANO MECÂNICO EM BANANAS ‘PRATA ANÃ’ MANTIDAS SOB REFRIGERAÇÃO.....	92
RESUMO.....	92
ABSTRACT.....	92
1. INTRODUÇÃO.....	93
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	95
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	97
4. CONCLUSÕES.....	109
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	110
CONCLUSÕES GERAIS.....	114
APÊNDICE.....	116

## RESUMO

MAIA, Victor Martins, D.S., Universidade Federal de Viçosa, outubro de 2005.  
**Alterações morfo-anatômicas, físicas e metabólicas em bananas ‘Prata Anã’ induzidas por danos mecânicos.** Orientador: Luiz Carlos Chamhum Salomão.  
Conselheiros: Dalmo Lopes de Siqueira, Paulo Roberto Cecon e Rolf Puschmann.

A quase totalidade da produção brasileira de bananas é voltada para o mercado interno e, geralmente, é colhida, manuseada e transportada de forma deficiente e inadequada, contribuindo para perdas substanciais na fase pós-colheita, que são de grande importância do ponto de vista econômico e nutricional. Com os objetivos de avaliar as alterações físicas, bioquímicas, fisiológicas, morfológicas e anatômicas em bananas ‘Prata Anã’ danificadas mecanicamente por diversos processos, determinar as causas de perdas pós-colheita ao longo da cadeia de comercialização e otimizar as condições de manejo pós-colheita visando minimizar o efeito de injúrias

mecânicas, foram montados cinco experimentos. No primeiro identificaram-se os tipos e a intensidade de dano mecânico após a colheita da banana produzida no município de Verdelândia, MG, e embalada em caixas de papelão, madeira e plástico, em cinco etapas da cadeia de comercialização. No segundo caracterizaram-se as alterações morfológicas e anatômicas nas regiões injuriadas de bananas submetidas aos danos por corte, abrasão, impacto e compressão. No terceiro verificaram-se os efeitos de áreas e tipos de dano mecânico sobre as características pós-colheita da banana. No quarto e no quinto, determinaram-se as alterações físicas e metabólicas induzidas por estresse mecânico em bananas mantidas em condição ambiente (25,4 °C e 82 % de UR) e em câmara fria (15 °C e 89 % de UR), respectivamente. Considerando os efeitos dos danos mecânicos por corte, abrasão, impacto e compressão sobre as características físicas, metabólicas, anatômicas e morfológicas da banana 'Prata Anã' foi observado que os danos por corte, abrasão e impacto numa área de 20 cm<sup>2</sup> resultaram em maior perda de massa fresca total acumulada e diária em relação aos demais tratamentos. O dano por impacto numa área de 20 cm<sup>2</sup> proporcionou antecipação do pico climatérico respiratório. Além disso, os frutos submetidos aos danos por corte, abrasão, impacto e compressão apresentaram sintomas morfológicos e reações anatômicas em resposta ao dano mecânico. Todos os tipos de dano mecânico aumentaram o extravasamento de eletrólitos em relação à testemunha ao longo do período de avaliação. O dano por impacto antecipou o pico climatérico e o amadurecimento, além de prejudicar a conversão de amido em açúcares solúveis totais na polpa. A atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase na casca foi bastante aumentada pelas injúrias de

impacto e abrasão. Dentre os quatro tipos de dano mecânico estudados, bem como a intensidade aplicada, também foi observada que existe uma tolerância da banana 'Prata Anã' ao dano por compressão, quando ele ocorre no fruto ainda verde. Ao comparar os processos de perda de massa fresca acumulada e diária, degradação de amido e conseqüente formação de açúcares solúveis totais na polpa, evolução do índice de cor da casca, produção e pico de CO<sub>2</sub>, atividade da polifenoloxidase e peroxidase na casca dos frutos de um mesmo tratamento, mantidos em condição ambiente e em câmara fria constatou-se que aqueles mantidos em condições ambiente apresentam maior intensidade e velocidade dos fenômenos. Portanto, a manutenção dos frutos a 15 °C e 90 % de umidade relativa do ar pode reduzir os efeitos deletérios do dano mecânico, com ressalvas ao teor de açúcares solúveis totais, que se mostrou abaixo do adequado devido à lentidão da hidrólise do amido, mesmo com os frutos atingindo índices de cor da casca próximos a 7. Esses baixos valores dos teores de açúcares solúveis totais na polpa dos frutos, assim como os altos valores dos teores de amido, permitem pressupor que alguns processos de amadurecimento não se completaram totalmente em função das condições de armazenamento a baixa temperatura. Em relação à ocorrência e intensidade dos danos mecânicos por corte, abrasão, impacto e compressão, ao longo da cadeia de comercialização, verificou-se que a porcentagem de frutos, área da casca e porcentagem da área da casca danificados aumentaram ao longo da cadeia de comercialização de bananas 'Prata Anã'. O uso da caixa de papelão proporcionou redução na incidência e intensidade de dano mecânico em bananas 'Prata Anã' em relação aos demais tipos de embalagem. O dano por abrasão foi o de maior

incidência em todas as etapas da cadeia de comercialização. O dano por compressão apresentou grande importância relativa no varejo.

## ABSTRACT

MAIA, Victor Martins, D.S., Universidade Federal de Viçosa, October, 2005.  
**Morphologic, anatomical, physical and metabolic alterations on 'Prata Anã' bananas induced by mechanical damages.** Adviser: Luiz Carlos Chamhum Salomão. Committee members: Dalmo Lopes de Siqueira, Paulo Roberto Cecon and Rolf Puschmann.

Almost the totality of the Brazilian production of bananas is destined for domestic market and, usually, it is harvested, handled and transported in a deficient and inadequate way, contributing to substantial post-harvest losses, that are of great importance of the economical and nutritional point of view. With the purpose of evaluating the physical, biochemical, physiological, morphologic and anatomical alterations in 'Prata Anã' bananas mechanically damaged by several processes, determining the causes of post-harvest losses along the commercialization chain and

optimizing the conditions of post-harvest handling, aiming at minimizing the effect of mechanical injuries, five experiments were mounted. In the first one, the types and the intensity of mechanical damages were identified after the harvest of bananas produced in the district of Verdelândia, MG, and wrapped in cardboard, wood and plastic boxes, in five stages of the commercialization chain. In the second one, the morphologic and anatomical alterations in the injured regions of bananas submitted to damages by cut, abrasion, impact and compression were characterized. In the third, the effects of areas and types of mechanical damages on the banana post-harvest characteristics was verified. In the fourth and fifth ones, the physical and metabolic alterations induced by mechanical stress on bananas maintained in the ambient condition (25,4 °C and 82% of RH) and in cold chamber (15 °C and 89% of RH) were determined, respectively. Considering the effects of the mechanical damages caused by cut, abrasion, impact and compression on the physical, metabolic, anatomical and morphologic characteristics of the 'Prata Anã' banana, it was observed that the damages by cut, abrasion and impact, on an area of 20 cm<sup>2</sup>, resulted in larger accumulated and daily fresh mass loss (%) in relation to the other treatments. The damage by impact on an area of 20 cm<sup>2</sup> provided anticipation of the respiratory climacteric peak. Moreover, the fruits submitted to the damages by cut, abrasion, impact and compression presented morphologic symptoms and anatomical reactions in response to the mechanical damage. All of the kinds of mechanical damage increased the electrolyte leakage in relation to the control along the evaluation period. The injury caused by impact advanced the climacteric peak and the ripening, besides harming the conversion of starch into total soluble sugars in the

pulp. The activity of the polyphenoloxidase and peroxidase enzymes in the skin was quite increased by the impact and abrasion. Among the four types of mechanical damage studied, as well as the applied intensity, it was also observed that the 'Prata Anã' banana showed itself tolerant of the compression, when it happens on the fruit still green. When comparing the processes of accumulated and daily fresh mass loss, degradation of starch and consequent formation of total soluble sugars in the pulp, development of the index of the skin color, production and peak of CO<sub>2</sub>, polyphenoloxidase and peroxidase activity in the fruits skin of a same treatment, maintained in ambient condition and in cold chamber, it was observed that those ones maintained in ambient conditions present larger intensity and speed of the phenomena. Therefore, the maintenance of the fruits to 15 °C and 90% of relative humidity of the air may reduce the deleterious effects of the mechanical damage, except the total soluble sugars tear that show themselves inferior to appropriate due to slowness of the hydrolysis of the starch, even with the fruits reaching color indexes of the skin near 7. These low values of total soluble sugars tear in the pulp of the fruits, as well as the high values of starch tear, allow to presuppose that some ripening processes were not totally completed in function of the storage conditions under low temperature. In relation to occurrence and intensity of the mechanical damages by cut, abrasion, impact and compression, it was verified that the percentage of fruits damaged, area of the skin and percentage area of the skin increased along the commercialization chain. The use of cardboard box provided reduction in the incidence and intensity of mechanical damage on 'Prata Anã' bananas in relation to other packing types. The damage caused by abrasion was that

of greatest incidence in all of the stages of the commercialization chain. The damage by compression showed great relative importance in the retail.

## INTRODUÇÃO GERAL

A bananeira é uma monocotiledônea herbácea, de grande porte, originária da Ásia Meridional, de onde se difundiu para vários países do globo terrestre (Champion, 1975). Em sua maioria, os cultivares de banana conhecidos no mundo originaram-se das espécies silvestres *Musa balbisiana* Colla (BB) e *Musa acuminata* Colla (AA) (Shepherd, 1983).

A banana é o fruto destinado ao consumo ‘*in natura*’, de maior produção e comercialização mundial, responsável por 37% do volume total de frutos frescos comercializados no mercado internacional (Ministério da Integração Nacional, 2000). Dados da FAO (2005) apontam o Brasil como o segundo maior produtor mundial de bananas, com cerca de 6,6 milhões de toneladas no ano de 2004 em 485.819 hectares, ficando atrás da Índia que produziu 16,8 milhões de toneladas e à frente da China que produziu 6,2 milhões de toneladas e do Equador que produziu 5,9 milhões de toneladas no mesmo ano.

Nos principais pólos de desenvolvimento da fruticultura tropical do Brasil, a expansão dos cultivos de bananeira acentuou-se nos últimos anos com a perspectiva de chegar a mais de 30 mil hectares irrigados brevemente. Nestes pólos, a bananeira é a cultura mais plantada por apresentar rápido retorno do capital investido e fluxo contínuo de produção a partir do primeiro ano. Considerando que ocorra melhoria no poder aquisitivo das classes menos favorecidas, o consumo de banana aumenta significativamente, conseqüentemente, a demanda por tecnologias (Alves, 1997), de forma a produzir mais e desperdiçar menos.

A quase totalidade da produção brasileira é voltada para o mercado interno e, geralmente, é colhida, manuseada e transportada de forma deficiente e inadequada, contribuindo para perdas substanciais na fase pós-colheita (Alves, 1997), que são de

grande importância do ponto de vista econômico e nutricional (Chitarra & Chitarra, 1990).

Em cada ponto da cadeia de comercialização ocorre alguma quantidade de perda e, como o efeito é cumulativo, um grande consumidor dos produtos perecíveis, incluindo a banana, acaba sendo a lixeira (Kays, 1991). Isto é constatado pela CODEVASF (1989) que estima o percentual de perdas de banana em torno de 40%. Entretanto, Coursey (1983) aponta as perdas de banana entre 20 a 80%, mesmo valor encontrado por Ferris et al. (1995) em Gana e na Nigéria, durante o transporte e o varejo. A FAO (1977) também estima o valor de 20 a 80% de perdas pós-colheita em plátanos.

As perdas, segundo Paull et al. (1997), ocorrem durante a colheita, embalagem, preparo para comercialização, transporte, atacado, varejo e em nível de consumidor, devido a dano mecânico, amadurecimento excessivo, desordens fisiológicas e doenças. Tsunehiro et al. (1994) definem perdas como reduções na quantidade física do produto disponível para o consumo, que podem vir acompanhadas por uma redução na qualidade, diminuindo o valor comercial ou nutritivo do produto, o que difere do conceito de desperdício, que se refere às matérias-primas secundárias que, por conhecimento inadequado ou por considerações de ordem econômica, não têm seu valor alimentício reconhecido e são subutilizadas.

As estimativas de perdas, em alguns casos, são controversas em parte por carência de dados precisos, devido às muitas etapas entre a colheita e o consumo e porque as perdas variam significativamente em função de safra, variedade, doenças, clima, colheita, processamento, manuseio e comercialização (Chitarra & Chitarra, 1990).

Considerando 30% de perdas, estima-se que 1.977.933 de toneladas de bananas foram perdidas em 2004 no Brasil. Tomando por base R\$ 0,50 o valor de um quilo de

bananas, R\$ 988.966.500 foram jogados fora. Este valor equivale ao pagamento de um salário mínimo (R\$ 300,00) por mês a 274.712 pessoas durante um ano. Considerando que uma pessoa adulta necessita de 2.500 kcal por dia (Okezie, 1998) e que a banana possui cerca de 85 kcal/100g (Motta & Motta, 1958 citados por Nogueira & Torrezan, 1997), a quantidade de banana perdida satisfaria as necessidades energéticas de 1.779.956 pessoas durante um ano.

De acordo com a FAO (1992), citada por Okezie (1998), em 1990, 12,9 milhões de crianças morreram antes de completar cinco anos devido à desnutrição, um bilhão de pessoas corriam este risco, uma em cada cinco pessoas nos países em desenvolvimento estavam mal nutridas e 192 milhões de pessoas tiveram pouco acesso a proteínas e energia. Portanto, a redução das perdas pós-colheita de alimentos e, neste caso especial da banana, é um grande problema de segurança alimentar, sendo necessários estudos para minimizar esta condição.

A fase de transporte na lavoura é, talvez, a mais importante para a apresentação do produto, pois a maioria das pequenas batidas, pressões e abrasões ocorrem durante o transporte e empilhamento dos cachos (Lichtemberg, 1999), causando manchas escuras que só se tornam visíveis na casca após a maturação (Dadzie & Orchard, 1997; Lichtemberg, 1999). Segundo Robinson (1996), esta fase de transporte no campo é crítica porque pode determinar a quantidade de danos que o fruto embalado vai sofrer. A melhor forma de reduzir os danos nesta fase é o transporte por cabo aéreo (Lichtemberg, 1999), que leva a um manuseio mínimo dos frutos e uma menor abrasão entre eles, já que os cachos não se tocam e nem são jogados ao chão (Robinson, 1996).

No momento da embalagem, os frutos também sofrem danos consideráveis que se tornam visíveis após a maturação (Dadzie & Orchard, 1997; Lichtemberg, 1999). Os frutos com danos graves, provindos do manejo no campo e no transporte, são eliminados no momento da embalagem, enquanto que os danificados na embalagem vão

para as câmaras de climatização e para o mercado consumidor. Nessa fase, os maiores problemas ocorrem em função da utilização de embalagens inadequadas e, principalmente, do excesso de carga nelas acondicionada, onde caixas dimensionadas para conter 20 kg são carregadas com mais de 28 kg de fruta (Lichtemberg, 1999). Tais abusos visam, não apenas a reduzir os custos de embalagem, mas também compensar perdas posteriores para o atravessador (Lizada, 1994). Assim, a fruta é comprimida e ultrapassa a altura das caixas e as conseqüências são frutos rachados, raspados, amassados e elevadas porcentagens de perdas (Lichtemberg, 1999).

Outra fase crítica é a de transporte para o mercado varejista, onde o meio mais utilizado é o rodoviário, fato agravado pela má conservação das estradas principais e vicinais das regiões produtoras (Alves, 1997), pelo transporte em horários cuja temperatura é elevada (Lichtemberg, 1999) e pelas grandes distâncias entre as regiões produtoras e o mercado consumidor (Robinson, 1996). Isto compromete seriamente a qualidade final do produto (Lichtemberg, 1999; Robinson, 1996) onde os danos causados por abrasão (Lichtemberg, 1999) e por vibração são bastante comuns (Dadzie & Orchard, 1997).

Na etapa de climatização ocorrem danos ligados principalmente às altas temperaturas a que os frutos são submetidos (frutos "cozidos" com vida de prateleira reduzida e intensificação do despencamento) e a carga e descarga do caminhão (Lichtemberg, 1999). Durante as cargas e descargas das caixas de banana no mercado atacadista, os frutos são literalmente atirados na troca de embalagens, ocorrendo diversos tipos de danos, tanto nos frutos verdes quanto nos frutos maduros. No mercado varejista, as pencas são amontoadas nas gôndolas, resultando em ferimentos, despencamento, esmagamento e podridões (Lichtemberg, 1999).

Percebe-se, então, que o dano mecânico é uma das principais causas de perdas pós-colheita em banana (Dadzie & Orchard, 1997; Ferris et al., 1995; Lladó & Dominguez, 1998), resultando na redução da vida pós-colheita e da atratividade do fruto.

O dano mecânico resulta de cinco formas de agressão: impacto, pressão ou compressão, vibração (Dadzie & Orchard, 1997) incisão ou corte (Mattiuz & Duringan, 2001; Souza et al., 1999) e abrasão (Ferris et al., 1993 e 1995; Lladó & Dominguez, 1998; Quintana & Paull, 1993).

Muito se pesquisa objetivando buscar variedades com alta produtividade, resistentes a seca e a doenças. No entanto, a pós-colheita dos produtos é pouco considerada nos programas de desenvolvimento agrícola. A disponibilidade e segurança alimentar sustentáveis são fatores dominantes na alimentação mundial. Segurança alimentar é definida como o acesso físico e econômico aos alimentos em todos os momentos para que as pessoas possam manter sua saúde e uma vida ativa. Ações governamentais no sentido econômico, mantendo a estabilidade econômica e possibilitando aumento no poder de compra das pessoas, além, obviamente, da geração de empregos, são necessárias. Políticas evitando a formação de monopólios também devem ser consideradas (Okezie, 1998). Outra ação pode ser feita no sentido de campanhas educacionais, para toda a sociedade, de redução de perdas de alimentos, além da melhoria das condições de estradas e da logística de distribuição de alimentos no Brasil. Estas ações podem reduzir as perdas pós-colheita e os preços para o consumidor, permitindo que maior número de pessoas tenha acesso ao alimento que, neste caso específico, é a banana.

Existem poucos estudos sobre os efeitos do estresse mecânico em bananas e sobre quantificação de perdas ao longo da cadeia de comercialização. Informações precisas sobre as respostas metabólicas do fruto e a identificação das etapas da cadeia de

comercialização onde ocorrem as maiores perdas são essenciais para o desenvolvimento de pacotes tecnológicos específicos para cada cultivar e para cada tipo de mercado.

O presente trabalho objetivou avaliar as alterações físicas, bioquímicas fisiológicas, morfológicas e anatômicas em bananas ‘Prata Anã’ danificadas mecanicamente por diversos processos, determinar as causas de perdas pós-colheita deste fruto ao longo da cadeia de comercialização e otimizar as condições de manejo pós-colheita visando minimizar o efeito de injúrias mecânicas sobre as mesmas.

### **Referências Bibliográficas**

- ALVES, E. J., (Org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília: Embrapa-SPI/Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1997. 585 p.
- CHAMPION, J. **El Plátano, técnicas agrícolas y producciones tropicales: 2. ed.** Barcelona: Blume, 1975. 247p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL / FAEPE, 1990. 320p.
- CODEVASF (Brasília –DF). **Exportações de frutas brasileiras**. Brasília: 1989. 352 p.
- COSTA, F. G.; CAIXETA FILHO, J. V. Análise das perdas na comercialização de tomate: um estudo de caso. **Informações Econômicas**, v. 26, n. 12, p. 9-24, 1996.
- COURSEY, D. G. **Post harvest losses in perishable foods of the developing world**. New York, Plenum Press, 1983. v.16, p. 485-514.
- DADZIE, B. K.; ORCHARD, J. E. **Routine post-harvest screening of banana/plantain hybrids: criteria and methods. Inibap Technical Guidelines 2**. Montpellier: International Network for the Improvement of Banana and Plantains, 1997. 63 p.

- FAO. (1977). Analysis of an FAO survey of postharvest losses in developing countries, AGPP: misc. 27, FAO / UN, Rome.
- FAO. **FAOSTAT Database results**. [2005]. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 18 de junho de 2005.
- FERRIS, R. S. B.; HOTSONYAME, G. K.; WAINWRIGHT, H.; TOMPSON, A. K. The effects of genotype, damage, maturity, and environmental conditions on the postharvest life of plantain. **Tropical Agriculture**. v. 70, n.1, p. 45-50, 1993.
- FERRIS, R. S. B.; WAINWRIGHT, H.; THOMPSON, A. K. The effects of morphology, maturity and cultivar on the ripening and susceptibility of plantains (AAB) to mechanical damage. **Fruits**, v. 50, n. 2, p. 101-107, 1995.
- HILTON, D. J.; CHAMP, B. R. (ED.); HIGHLEY, E. (ED.); JOHNSON, G. I. Impact and vibration damage to fruit during handling and transportation. Postharvest handling of tropical fruits. Proceedings of an international conference, Chiang Mai, Thailand, 19-23 July 1993. **Aciar Proceedings**, n. 50, 1994, p. 116-126.
- KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: Van noshard Reinhold, 1991. 532p.
- LICHTEMBERG, L. A. Colheita e pós-colheita de banana. Banana: produção, colheita e pós-colheita. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.20, n. 196, p.73-90. 1999.
- LIZADA, M. C. C. Fruit handling systems in developing countries In: CHAMP, B. R.; HIGHLEY, E.; JOHNSON, G. I., (Eds.). **Postharvest handling of tropical fruits**. Camberra, Aciar Proceedings, 1994. n. 50, p. 109-115.
- LLADÓ, J. D. S.; DOMINGUEZ, A. M. The effects of peel abrasion on the postharvest physiology and commercial life of banana fruits. **Acta Horticulturae**, n. 490, p. 547-553, 1998.

- MATTIUZ, B. H.; DURIGAN, J. F. Efeito de injúrias mecânicas no processo respiratório e nos parâmetros químicos de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 282-287, 2001.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Frutiséries Banana**. [2000]. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/publicacoes.html>>. Acesso em: 23 junho 2001.
- NOGUEIRA, R. I.; TORREZAN, R. Processamento e utilização. In: ALVES, E. J., (Org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília: Embrapa-SPI / Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1997. p. 545-585.
- OKEZIE, B. O. World food security: the role of postharvest technology. **Food Technology**, v. 52, n. 1, p. 64-69, 1998.
- PAULL, R. E.; NISHIJIMA, W.; REYES, M.; et al. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L). **Postharvest Biology and Technology**, v. 11, n. 3, p. 165-179, 1997.
- QUINTANA, M. E. G.; PAULL, R. E. Mechanical injury during postharvest handling of 'Solo' papaya fruit. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** v. 118, n. 5, p. 618-622, 1993.
- ROBINSON, J. C. **Bananas and plantains**. Cambridge: CAB INTERNACIONAL, 1996. 238p.
- SHERPHERD, K. Melhoramento genético da bananeira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE BANANA PRATA, 1, 1983, Cariacica. **Anais...** Cariacica: EMCAPA/EMBRAPA. 1983. p. 121-146.
- SOUZA, A. L. B.; CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B.; MACHADO, J. C. Respostas bioquímicas em tecidos de pêsego ferido mecanicamente e tratado com CaCl<sub>2</sub> no local da injúria. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 3, p. 658-666, 1999.

TSUNECHIRO, A.; UENO, L. H.; PONTARELLI, C. T. G. Avaliação econômica das perdas de hortaliças e frutas no mercado varejista da cidade de São Paulo, 1991-92.

**Agricultura em São Paulo**, v. 41, n. 2, p. 1-15, 1994.

## **CAPÍTULO 1**

### **TIPOS E INTENSIDADE DE DANOS MECÂNICOS EM BANANAS ‘PRATA ANÃ’ AO LONGO DA CADEIA DE COMERCIALIZAÇÃO**

Resumo – Atualmente, a maior parte da produção brasileira de banana é destinada ao mercado interno e, geralmente, é colhida, manuseada e transportada de forma deficiente e inadequada, contribuindo para perdas substanciais na fase pós-colheita. Com o objetivo de identificar os tipos e a intensidade de dano mecânico após a colheita da banana ‘Prata Anã’ produzida no município de Verdelândia, MG, e embalada em caixas de papelão, madeira e plástico foram amostradas quatro caixas de banana ‘Prata Anã’ em cada etapa da cadeia de comercialização, a saber: antes da colheita, após a primeira lavagem e pré-seleção (1ª piscina da casa de embalagem), após embalagem, após transporte e após distribuição ao mercado varejista em Montes Claros, MG, onde os frutos permaneceram em exposição para vendas por 8 horas. A porcentagem de frutos, área da casca e porcentagem da área da casca danificados aumentou ao longo da cadeia de comercialização. O uso da caixa de papelão proporcionou redução na incidência e intensidade de dano mecânico em relação aos demais tipos de embalagem. Houve alta incidência do dano por abrasão em todas as etapas da cadeia de comercialização. O dano por compressão apresentou grande importância relativa no varejo.

### **TYPES AND INTENSITY OF MECHANICAL DAMAGES ON ‘PRATA ANÃ’ BANANAS ALONG THE COMMERCIALIZATION CHAIN**

Abstract – Currently, most of the Brazilian production of banana is destined for domestic market and, generally, it is harvested, handled and carried in a deficient and

inadequate form, contributing to substantial post-harvest losses. This work had the objective of identify the types and the intensity of mechanical damages after the harvest of 'Prata Anã' banana cropped in Verdelândia, MG and put in cardboard, wood and plastic boxes. So, four boxes of banana were evaluated in each stage of the commercialization chain: before harvest, after the first washing and pre-selection (1<sup>a</sup> swimming pool of the packing house), after packing and after transport and distribution to the retail market in Montes Claros, MG, where the fruits remained in exposition for sale for 8 hours. The percentage of fruits, damage skin area and percentage of the damaged skin area increased along of the commercialization chain. The use of the cardboard box provided reduction in the incidence and intensity of mechanical damage in relation to another types of packing. There was high incidence of the damage caused by abrasion in all the stages of the commercialization chain. The damage by compression presented great relative importance in the retail.

## **Introdução**

As perdas pós-colheita são definidas por Paull et al. (1997) como aquelas perdas que ocorrem durante a colheita, embalagem, preparos para comercialização, transporte, atacado, varejo e em nível de consumidor devido a dano mecânico, amadurecimento excessivo, desordens fisiológicas e doenças.

Atualmente, a maior parte da produção brasileira de bananas é destinada para o mercado interno e, geralmente, é colhida, manuseada e transportada de forma deficiente e inadequada, contribuindo para perdas substanciais na fase pós-colheita (Alves, 1997), que são de grande importância do ponto de vista econômico e nutricional (Chitarra & Chitarra, 1990).

As perdas ocorrem em todas as etapas entre a colheita e a comercialização e seu efeito é cumulativo. Para bananas, as estimativas de perdas situam-se entre 20 e 80% (Coursey, 1983; Codevasf, 1989; Chitarra & Chitarra, 1990; Ferris et al., 1995, Abanorte, 2005a).

Estas estimativas de perdas em alguns casos são controvertidas em parte por carência de dados precisos, devido às muitas etapas entre a colheita e o consumo e porque as perdas variam significativamente em função de safra, variedade, doenças, clima, colheita, processamento, manuseio e comercialização (Chitarra & Chitarra, 1990).

A fase de transporte na lavoura é talvez a mais importante para a manutenção da boa aparência do produto, pois a maioria das pequenas batidas, pressões e abrasões ocorrem durante o transporte e empilhamento dos cachos (Lichtemberg, 1999), causando manchas escuras que só se tornam visíveis na casca após a maturação (Dadzie & Orchard, 1997; Lichtemberg, 1999). Segundo Robinson (1996), esta fase de transporte no campo é crítica porque pode determinar a quantidade de danos que o fruto embalado vai sofrer. A melhor forma de reduzir os danos nesta fase é o transporte por cabo aéreo (Lichtemberg, 1999), que leva a um manuseio mínimo dos frutos e uma menor abrasão entre eles, já que os cachos não se tocam e nem são jogados ao chão (Robinson, 1996).

No momento da embalagem, os frutos também sofrem danos consideráveis que só se apresentam após a maturação (Dadzie & Orchard, 1997; Lichtemberg, 1999). Os frutos com danos graves, provindos do manejo no campo e no transporte, são eliminados no momento da embalagem, enquanto que os danificados na embalagem vão para as câmaras de climatização e para o mercado consumidor. Nessa fase, os maiores problemas ocorrem em função da utilização de embalagens inadequadas e principalmente em razão do excesso de cargas nelas acondicionadas, onde caixas

dimensionadas para conter 20 kg são carregadas com mais de 28 kg de fruta (Lichtemberg, 1999). Tais abusos visam, não apenas a reduzir os custos de embalagem, mas também compensar perdas posteriores para o atravessador (Lizada, 1994). Assim, a fruta é comprimida e ultrapassa a altura das caixas e as conseqüências são frutos rachados, raspados, amassados e elevadas porcentagens de perdas (Lichtemberg, 1999).

Outra fase crítica é a de transporte para o mercado varejista, onde o meio mais utilizado é o rodoviário; fato agravado pela má conservação das estradas principais e vicinais das regiões produtoras (Alves, 1997), pelo transporte em horários cuja temperatura é elevada (Lichtemberg, 1999) e pelas grandes distâncias entre as regiões produtoras e o mercado consumidor (Robinson, 1996). Isto compromete seriamente a qualidade final do produto onde os danos causados por abrasão (Lichtemberg, 1999) e por vibração são bastante comuns (Dadzie & Orchard, 1997).

Na etapa de climatização ocorrem danos ligados principalmente às altas temperaturas a que os frutos são submetidos (frutos "cozidos" com vida de prateleira reduzida e intensificação do despencamento) e a carga e descarga do caminhão (Lichtemberg, 1999). Durante as cargas e descargas das caixas de banana no mercado atacadista, os frutos são literalmente atirados na troca de embalagens, ocorrendo diversos tipos de danos tanto nos frutos verdes quanto nos frutos maduros. No mercado varejista, as pencas são amontoadas nas gôndolas, resultando em ferimentos, despencamento, esmagamento e podridões (Lichtemberg, 1999).

Percebe-se, então, que o dano mecânico é uma das principais causas de perdas pós-colheita em banana (Dadzie & Orchard, 1997; Ferris et al., 1995; Lladó & Dominguez, 1998), resultando na redução da vida pós-colheita e na não aceitação do fruto.

Embora não seja possível eliminar totalmente as perdas, estas podem ser minimizadas com o entendimento da natureza do produto, dos processos de colheita e comercialização, e da utilização dos produtos descartados em programas sociais. Para

isto, existe um custo associado, mas que, com certeza, é consideravelmente menor que o custo necessário para produzir mais (Kays, 1991). Este conhecimento é bastante usual nos países desenvolvidos de forma a reduzir as perdas em geral de seus produtos e pouco comum nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento (Chitarra & Chitarra, 1990).

Portanto, para que as perdas pós-colheita sejam sensivelmente reduzidas, torna-se necessária a identificação quantitativa e o local exato das perdas em todo o sistema de produção e comercialização (Chitarra & Chitarra, 1990; Paull et al. 1997). A partir destes dados, podem-se melhorar os processos de forma a aumentar efetivamente a disponibilidade de alimentos, fornecer bases para tomada de decisão por parte do governo e agências internacionais sobre alocação de recursos (Chitarra & Chitarra, 1990), além de atender aos consumidores que cada vez mais desejam frutos com alta qualidade e preços acessíveis e aos produtores que vão obter um produto com melhor preço de venda (Hilton et al., 1994).

O objetivo deste trabalho foi identificar os tipos e a intensidade de dano mecânico em diversas etapas do processo entre a colheita e a comercialização no mercado varejista da banana ‘Prata Anã’ produzida no município de Verdelândia, MG, e embalada em caixas de papelão, madeira e plástico.

### **Material e Métodos**

Para estimar a área superficial dos frutos (área da casca), inicialmente, ajustou-se uma equação baseada nos parâmetros físicos do fruto e suas combinações. Para isto foram utilizadas 40 bananas (*Musa* spp.) ‘Prata Ana’ (AAB), obtidas em pomar comercial da Fazenda Cachoeira do Salto de propriedade da Agropecuária Veloso Maia,

localizada no Município de Verdelândia, MG (15° 24' S, 43° 43' W, 480 m de altitude, clima do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen).

Os cachos foram colhidos em novembro de 2003 quando o fruto central da segunda penca atingiu o diâmetro de  $36 \pm 2$  mm. Uma vez colhidos, os cachos foram lavados com água na casa de embalagem da propriedade sendo, então, despencados. A segunda, a terceira e a quarta pencas de cada cacho foram identificadas, envolvidas com plástico bolha e acondicionadas em caixas de papelão. As caixas foram transportadas para o Laboratório de Pós-Colheita do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa onde, cerca de 24 horas após a colheita, os frutos foram individualizados por um corte rente à almofada floral e lavados em solução de detergente a 0,2% por cinco minutos.

Após este processo, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas forradas com papel picado e mantidos em condição ambiente (médias de  $25,4 \pm 1,9$  °C e  $82 \pm 9,1$  % de umidade relativa do ar) até atingir o índice de cor da casca 6 (Dadzie & Orchard, 1997), ou seja, fruto todo amarelo. Neste momento, foram avaliados a massa fresca, comprimento total e comercial (comprimento da polpa), diâmetro e circunferência (Dadzie & Orchard, 1997; Ministério da Integração Nacional, 2000) dos frutos, bem como a área da casca dos mesmos com o auxílio de um medidor de área foliar portátil ADC Bioscientific Ltd (England) Area Meter AM 100.

A partir destes dados, foram estimadas correlações relacionando uma ou mais características medidas, bem como as combinações entre elas, e a área da casca obtida, determinando-se uma equação com o auxílio do software SAEG 5.0.

Para determinação dos tipos e da intensidade de danos que ocorrem ao longo da cadeia de comercialização, os frutos foram amostrados aleatoriamente nas várias etapas dessa cadeia, desde a colheita até a distribuição ao varejista. A amostragem inicial ocorreu em pomar comercial da Fazenda Cachoeira do Salto de propriedade da

Agropecuária Veloso Maia, localizada no Município de Verdelândia, MG, e a final no Sacolão Ceamoc, localizado em Montes Claros, MG, a cerca de 250 km de distância.

Na propriedade escolhida, utilizam-se as seguintes formas de colheita, embalagem e transporte: uso de espuma nas costas do colhedor do cacho, transporte na lavoura por cabo aéreo, casa de embalagem que seleciona, classifica e lava as pencas, uso de embalagens de papelão com capacidade de 18,7 a 19,7 kg e medidas de 49,1 x 38,1 x 26,4 cm; de plástico com capacidade de 13 a 13,8 kg e medidas de 60 x 40 x 23 cm; de madeira com capacidade de 22 a 23 kg e medidas de 50 x 35 x 28 cm (Abanorte, 2005b) e transporte em caminhão aberto. Não foram feitas intervenções nos procedimentos padrões adotados na propriedade.

Foram amostradas quatro caixas de frutos em cada etapa da cadeia de comercialização, a saber: antes da colheita, após a primeira lavagem e pré-seleção (1ª piscina da casa de embalagem), após embalagem, após transporte e após distribuição ao mercado varejista em Montes Claros, MG, onde os frutos permaneceram em exposição para vendas por 8 horas (figura 1).

Subamostras de trinta frutos de cada caixa ou cacho foram retiradas aleatoriamente e transferidas para bandejas plásticas revestidas com fitilhos de papel, evitando novos danos, sendo mantidas em local próximo a amostragem e analisados ao atingir o estágio de coloração 6 (Dadzie & Orchard, 1997). Os frutos obtidos em cada etapa foram mantidos em condição ambiente e analisados quanto à porcentagem de frutos danificados, a porcentagem dos tipos de danos mecânicos sofridos em relação ao total desses frutos, à área da casca danificada e sua porcentagem.

A porcentagem dos tipos de danos mecânicos foi determinada em relação ao total de frutos danificados, ou seja, a razão entre o número de frutos com determinado tipo de dano mecânico e o número total de frutos danificados, multiplicado por 100. A área da casca danificada foi obtida pela técnica das quadrículas, utilizando-se um papel

milimetrado. Esta característica foi determinada recortando da casca do fruto as regiões danificadas com auxílio de um bisturi e desenhando esta secção em papel milimetrado, o que permitiu a sua quantificação. A partir deste dado e da área da casca do fruto em função da massa, obteve-se a porcentagem da área do fruto danificada em relação à área total da casca. Utilizou-se estatística descritiva para análise dos dados.

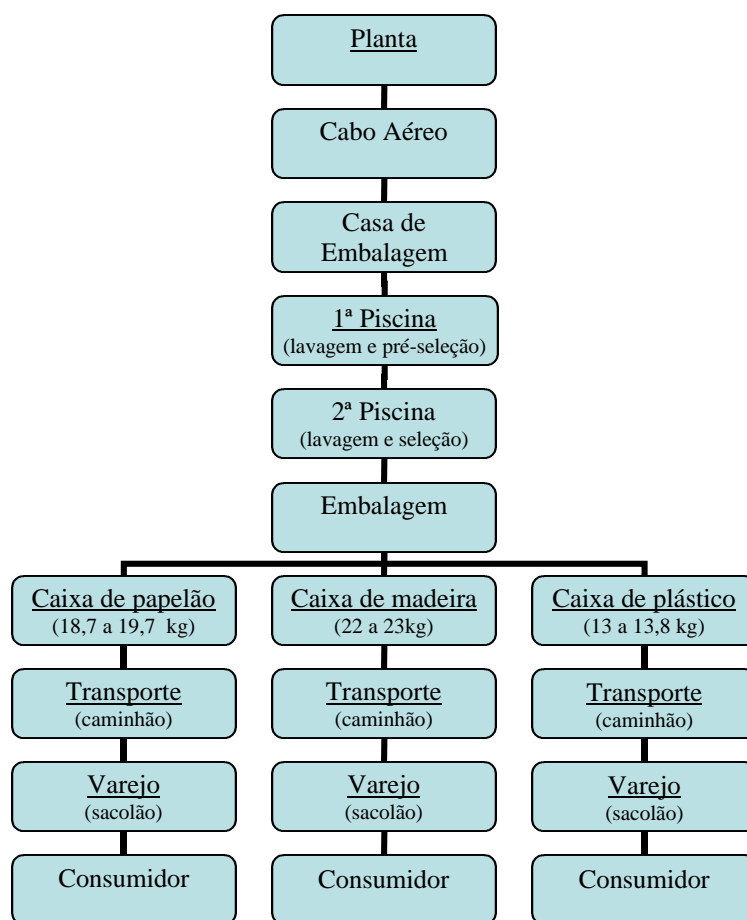


Figura 1 – Cadeia de comercialização de bananas ‘Prata Anã’ colhidas no município de Verdelândia, MG e comercializadas no município de Montes Claros, MG. Os pontos de amostragem estão sublinhados.

## Resultados e Discussão

Entre todas as características avaliadas (quadro 1) e suas combinações, a que apresentou maior correlação com a área da casca de bananas ‘Prata Anã’ foi a massa da matéria fresca do fruto. Este resultado é semelhante ao obtido por Ferris (1991), citado por Ferris et. al (1993), que observou alta correlação entre a área da casca e a massa de bananas. A partir desta característica foi ajustada a seguinte equação:

$$AC = 33,30 + 0,904834 P \quad r^2 = 0,91 \text{ onde:}$$

AC = área da casca (cm<sup>2</sup>)

P = massa do fruto (g)

A partir da equação ajustada, foi possível determinar a área da casca em função do peso do fruto, e a porcentagem do fruto danificado mecanicamente a partir da área da casca injuriada obtida com o auxílio de um papel milimetrado.

Em todos os pontos de amostragem de banana ‘Prata Anã’, ao longo da cadeia de comercialização, foi observada a presença de frutos com dano mecânico (figura 2). Além disso, ocorreu um aumento cumulativo de frutos danificados (%), área (cm<sup>2</sup>) e porcentagem da casca danificada entre a colheita e o varejo, independentemente da embalagem utilizada (figuras 2, 3 e 4).

O uso da embalagem de papelão proporcionou menor porcentagem de frutos danificados, área e porcentagem da casca danificada em relação às embalagens de plástico e madeira, as quais apresentaram valores próximos da porcentagem de frutos danificados nas amostragens realizadas após o transporte e o varejo.

Considerando a área da casca da banana danificada (cm<sup>2</sup>) e a porcentagem da área da casca, percebe-se que o uso da embalagem de madeira provoca os maiores danos em relação à caixa de plástico, sendo que a partir da amostragem realizada após a embalagem estes valores já são bastante elevados (figuras 3 e 4). Entretanto, os frutos

Quadro 1 – Características físicas e área da casca de bananas ‘Prata Anã’ no índice de cor da casca 6

FRUTO	AC	P	C	CC	D	CF
1	145,6	123,9	20,4	16,8	3,5	12,5
2	147,5	117,6	18,6	14,7	3,5	12,1
3	148,5	133,0	18,5	14,8	3,54	12,2
4	148,6	124,7	19,7	16,2	3,62	12,8
5	152,2	133,0	18,0	14,7	3,75	13,2
6	152,3	127,1	21,3	16,4	3,92	12,3
7	154,5	138,4	20,8	17,6	3,95	12,0
8	155,5	132,2	20,9	17,1	3,77	12,1
9	157,5	143,7	21,8	17,3	3,75	12,7
10	157,9	138,4	21,2	17,1	3,86	12,5
11	158,9	140,9	20,2	16,9	3,9	12,3
12	159,9	148,2	22,2	18,5	3,72	12,9
13	161,0	149,1	19,1	15,8	4,2	13,5
14	163,7	148,4	20,9	16,5	4,19	13,0
15	164,8	142,7	18,2	15,2	3,83	12,8
16	165,3	149,7	19,6	16,2	4,15	13,5
17	165,5	145,7	22,0	18,3	3,98	12,1
18	166,3	149,8	21,2	17,1	4,1	12,3
19	167,2	157,2	20,5	16,4	4,39	13,4
20	168,6	142,6	20,6	17,1	3,76	13,4
21	169,7	157,6	21,0	17,0	3,8	13,7
22	170,7	153,2	20,2	16,4	3,72	13,9
23	174,4	153,5	22,3	18,4	3,97	13,0
24	175,3	159,1	20,4	16,4	4,35	14,0
25	175,6	151,5	20,4	17,3	4,13	13,3
26	175,8	160,9	22,4	18,1	3,64	12,7
27	177,2	162,9	22,7	19,1	3,81	12,9
28	178,8	163,2	21,1	17,2	3,77	12,7
29	180,0	163,6	22,1	18,1	3,69	12,4
30	180,5	157,9	21,6	18,1	3,86	13,2
31	181,5	166,2	21,8	17,9	3,95	12,8
32	181,6	156,2	22,2	18,2	3,67	12,5
33	182,3	161,0	23,5	18,1	3,96	13,1
34	182,9	157,5	23,2	18,8	3,8	13,3
35	184,2	166,7	22,1	18,3	3,64	12,6
36	192,0	167,1	21,8	17,8	3,73	13,3
37	194,0	176,7	24,5	19,2	3,69	12,8
38	196,2	181,3	22,1	17,6	4,04	14,0
39	197,2	171,7	22,2	18,7	3,77	13,6
40	200,2	181,6	24,9	19,6	4,18	13,6

AC = área da casca (cm<sup>2</sup>); P = massa do fruto (g); C = comprimento do fruto (cm); CC = comprimento comercial do fruto; D = diâmetro do fruto (cm); CF = circunferência do fruto (cm).

amostrados no varejo e procedentes da caixa de plástico apresentaram estes valores mais elevados e bem próximos aqueles amostrados no varejo procedentes da caixa de madeira.

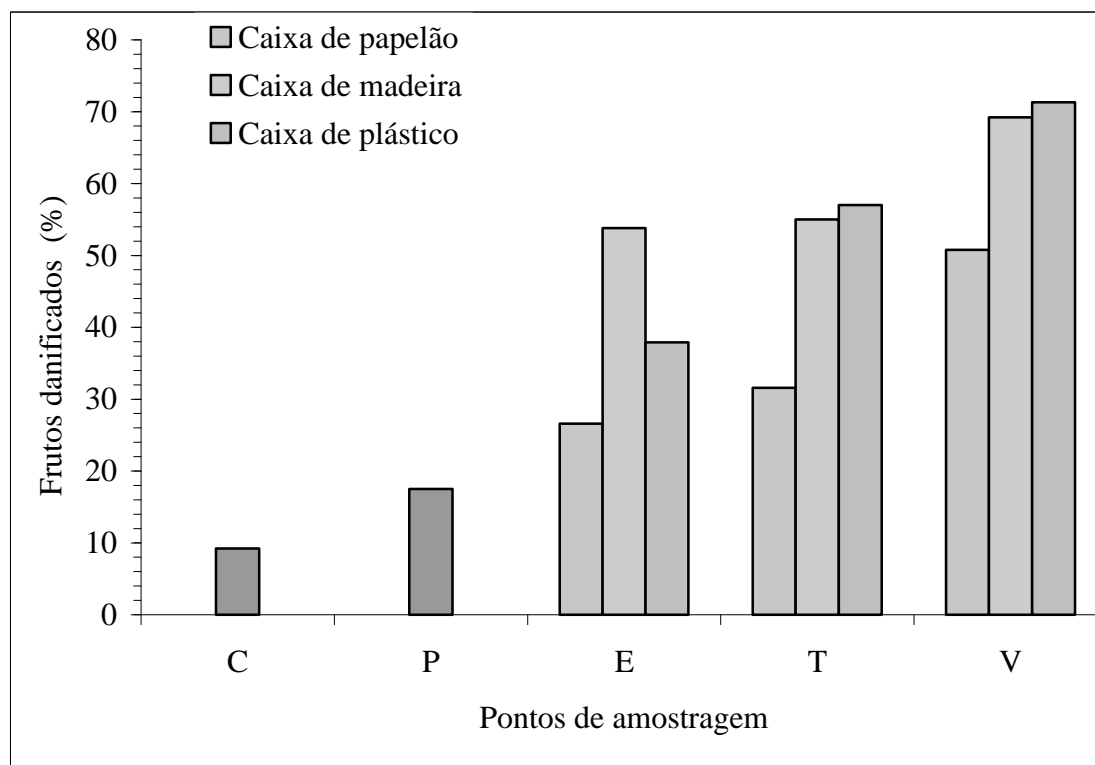


Figura 2 – Porcentagem de bananas ‘Prata Anã’ com sintomas de dano mecânico, ao longo cadeia de comercialização. C = frutos coletados no cacho, P = frutos coletados após a 1ª piscina da casa de embalagem, E = frutos coletados após a embalagem, T = frutos coletados após o transporte e V = frutos coletados após o varejo.

Considerando a ocorrência de cada tipo de dano mecânico em cada ponto de amostragem, ao longo da cadeia de comercialização, foi observado que após a embalagem dos frutos, com exceção daqueles coletados após a embalagem em caixa de papelão e madeira, ocorreu a presença dos 4 tipos de dano mecânico, ou seja, corte, abrasão, impacto e compressão (figura 5).

O dano mecânico por abrasão apresentou valores elevados de ocorrência em todos os pontos de amostragem, sendo superior aos demais após a 1ª piscina da casa de embalagem, após a embalagem, após o transporte e após o varejo nos frutos procedentes da caixa de plástico. O dano por corte, por sua vez, não foi observado apenas nos frutos

coletados no cacho, mostrando altos valores de ocorrência em todas as demais etapas amostradas ao longo da cadeia de comercialização. O dano por impacto apresentou valores elevados de incidência nos frutos obtidos nos primeiros pontos de amostragem da cadeia de comercialização, observando-se uma redução de sua importância relativa a partir da embalagem dos frutos.

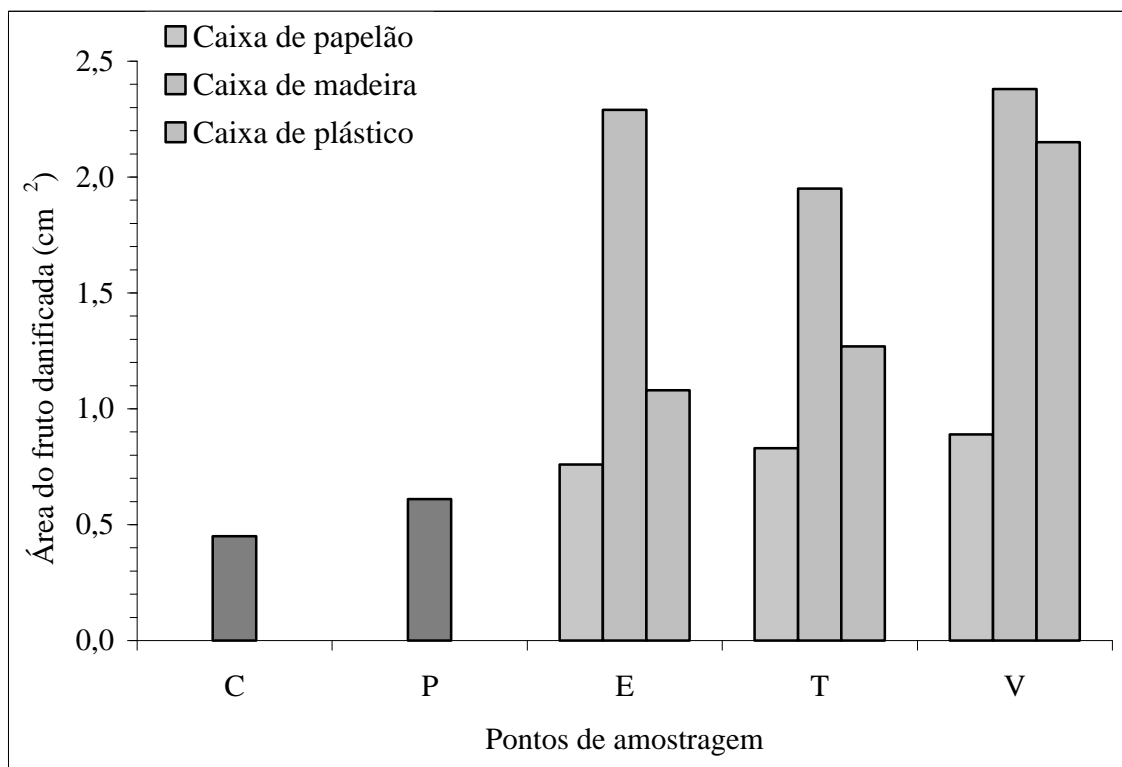


Figura 3 – Área da casca (cm<sup>2</sup>) de bananas ‘Prata Anã’ com sintomas de dano mecânico, ao longo da cadeia de comercialização. C = frutos coletados no cacho, P = frutos coletados após a 1ª piscina da casa de embalagem, E = frutos coletados após a embalagem, T = frutos coletados após o transporte e V = frutos coletados após o varejo.

De forma contrária ao dano mecânico por corte, o dano por compressão não foi observado nos frutos obtidos nas amostragens iniciais, isto é, frutos amostrados no cacho, após a 1ª piscina da casa de embalagem e após a embalagem em caixa de papelão, mas apresentou aumento da sua importância relativa, ao longo da cadeia de comercialização, atingindo, nos frutos amostrados no varejo, valores próximos e/ou superiores ao dano por abrasão (figura 5).

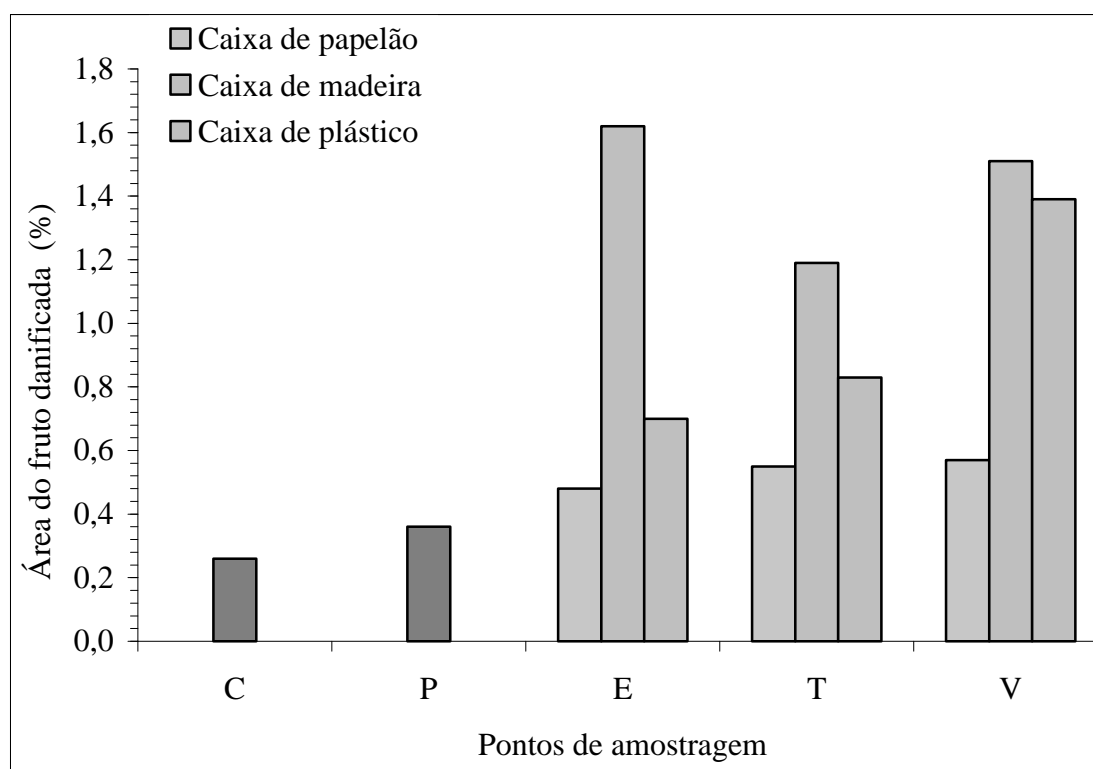


Figura 4 – Porcentagem da área da casca de bananas ‘Prata Anã’ com sintomas de dano mecânico, ao longo da cadeia de comercialização. C = frutos coletados no cacho, P = frutos coletados após a 1ª piscina da casa de embalagem, E = frutos coletados após a embalagem, T = frutos coletados após o transporte e V = frutos coletados após o varejo.

A partir dos dados observados e pelo acompanhamento dos processos de comercialização de bananas, algumas medidas podem ser sugeridas para reduzir a porcentagem de frutos danificados, a área da casca (cm<sup>2</sup>) danificada, a porcentagem da área da casca danificada e a incidência dos quatro tipos de dano mecânico em cada etapa da cadeia de comercialização. São elas: promover treinamento do pessoal envolvido em toda a cadeia de comercialização de bananas para diminuir a porcentagem de frutos danificados e a incidência dos quatro tipos de dano mecânico; utilizar nas bordas das piscinas das casas de embalagem material emborrachado de forma a evitar o dano por abrasão; evitar o excesso de carga e carga alta nas caixas para reduzir a incidência dos danos por abrasão e compressão; preferir o uso das caixas de madeira e plásticas que promovem altos valores de dano por abrasão e compressão bem como área da casca danificada; melhorar as embalagens de papelão utilizando material menos áspero, reduzindo sua capacidade e aumentando a resistência ao empilhamento para

diminuir a incidência dos danos por abrasão e compressão; e alterar a maneira de comercialização de bananas, evitando-se o uso de pencas e dando preferência pelo uso do buquê com poucos frutos ou frutos individualizados.

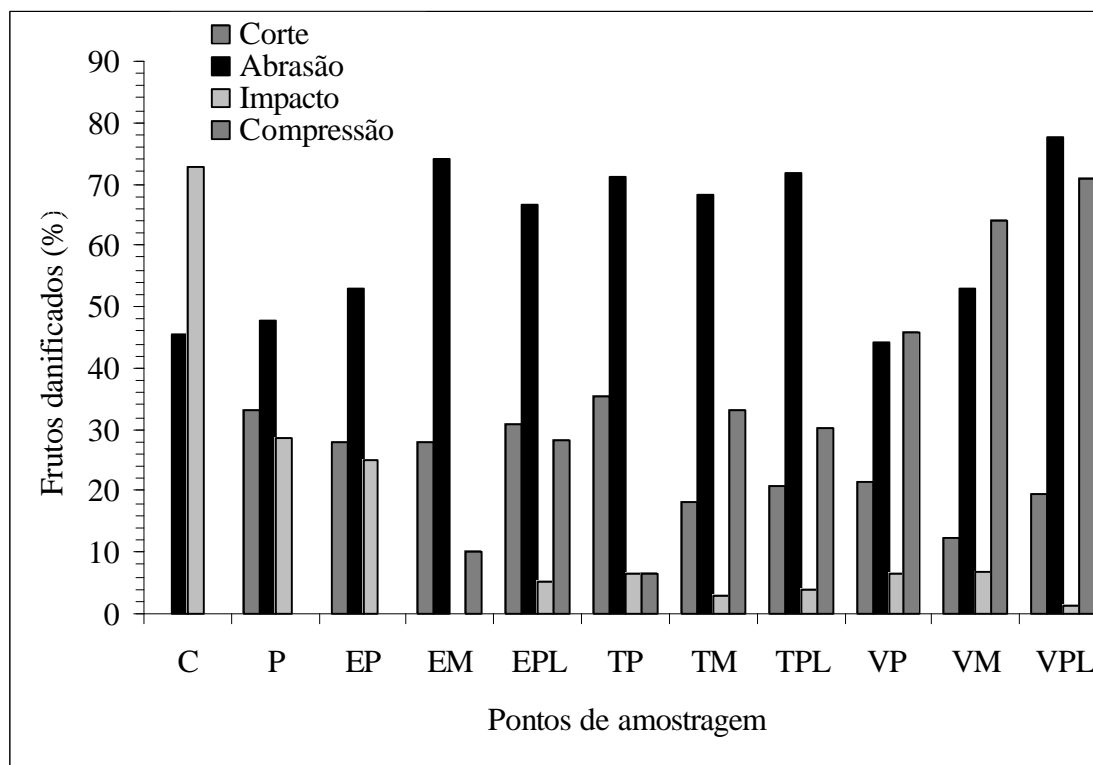


Figura 5 – Porcentagem de bananas ‘Prata Anã’ danificadas por corte, abrasão, impacto e compressão em relação ao total de frutos danificados, ao longo da cadeia de comercialização. C = frutos coletados no cacho, P = frutos coletados após a 1ª piscina da casa de embalagem, EP = frutos coletados após a embalagem com caixa de papelão, EM = frutos coletados após a embalagem com caixa de madeira, EPL = frutos coletados após a embalagem com caixa de plástico, TP = frutos coletados após o transporte em caixa de papelão, TM = frutos coletados após o transporte em caixa de madeira, TPL = frutos coletados após o transporte em caixa de plástico e VP = frutos coletados após o varejo com procedência de caixa de papelão, VM = frutos coletados após o varejo com procedência de caixa de madeira e VPL = frutos coletados após o varejo com procedência de caixa de plástico.

### Conclusões

- Existe uma alta correlação entre a massa e a área da casca da banana ‘Prata Anã’.

- As formas de comercialização de bananas ‘Prata Anã’ devem ser modificadas a fim de reduzir as altas percentagens de frutos danificados;
- A porcentagem de frutos danificados, área da casca danificada e porcentagem da área da casca danificada aumentaram ao longo da cadeia de comercialização de bananas ‘Prata Anã’;
- O uso da caixa de papelão reduziu a incidência e a intensidade de dano mecânico em bananas ‘Prata Anã’ em relação aos demais tipos de embalagem;
- O dano por abrasão em bananas ‘Prata Anã’ apresentou altos valores de incidência em todas as etapas da cadeia de comercialização;
- O dano por compressão em bananas ‘Prata Anã’ apresentou grande importância relativa no varejo;

### Referências Bibliográficas

ABANORTE - ASSOCIAÇÃO CENTRAL DOS FRUTICULTORES DO NORTE DE MINAS. **Banana: índice de perda até o consumo final chega a 60 %**. [2005 a]

Disponível em:

<<http://www.abanorte.com.br/noticias/nacional/docbanana/view?searchterm=Dimensões20%embalagens>>. Acesso em: 22 de agosto de 2005.

ABANORTE - ASSOCIAÇÃO CENTRAL DOS FRUTICULTORES DO NORTE DE MINAS. **Normas de empacotamento**. [2005 b] Disponível em:

<<http://www.abanorte.com.br>> . Acesso em: 22 de agosto de 2005.

ALVES, E. J., (Org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília: Embrapa-SPI/Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1997. 585 p.

- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.** Lavras: ESAL / FAEPE, 1990. 320 p.
- CODEVASF (Brasília –DF). **Exportações de frutas brasileiras.** Brasília: 1989. 352 p.
- COURSEY, D. G. **Post harvest losses in perishable foods of the developing world.** New York: Plenum, 1983. v.16, p. 485-514.
- DADZIE, B. K.; ORCHARD, J. E. Routine post-harvest screening of banana/plantain hybrids: criteria and methods. Inibap Technical Guidelines 2. **Montpellier: International Network for the Improvement of Banana and Plantains, 1997. 63 p.**
- FERRIS, R. S. B.; HOTSONYAME, G. K.; WAINWRIGHT, H.; TOMPSON, A. K. The effects of genotype, damage, maturity, and environmental conditions on the postharvest life of plantain. **Tropical Agriculture.** v. 70, n.1, p. 45-50, 1993.
- FERRIS, R. S. B.; WAINWRIGHT, H.; THOMPSON, A. K. The effects of morphology, maturity and cultivar on the ripening and susceptibility of plantains (AAB) to mechanical damage. **Fruits,** v. 50, n. 2, p. 101-107, 1995.
- HILTON, D. J.; CHAMP, B. R. (ED.); HIGHLEY, E. (ED.); JOHNSON, G. I. Impact and vibration damage to fruit during handling and transportation. Postharvest handling of tropical fruits. Proceedings of an international conference, Chiang Mai, Thailand, 19-23 July 1993. **Aciar Proceedings,** n. 50, 1994, p. 116-126.
- KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products.** New York: AVI, 1991. 532 p.
- LICHTENBERG, L. A. Colheita e pós-colheita de banana. Banana: produção, colheita e pós-colheita. **Informe Agropecuário,** Belo Horizonte, v.20, n. 196, p.73-90. 1999.

- LIZADA, M. C. C. Fruit handling systems in developing countries In: CHAMP, B. R.; HIGHLEY, E.; JOHNSON, G. I., (Eds.). **Postharvest handling of tropical fruits**. Camberra: Aciar Proceedings, 1994. n. 50, p. 109-115.
- LLADÓ, J. D. S.; DOMINGUEZ, A. M. The effects of peel abrasion on the postharvest physiology and commercial life of banana fruits. **Acta Horticulturae**, n. 490, p. 547-553, 1998.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Frutiséries Banana**. [2000]. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/publicacoes.html>>. Acesso em: 23 junho 2001.
- PAULL, R. E.; NISHIJIMA, W.; REYES, M.; et al. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L). **Postharvest Biology and Technology**, v. 11, n. 3, p. 165-179, 1997.
- ROBINSON, J. C. **Bananas and plantains**. Cambridge: CAB INTERNACIONAL, 1996. 238 p.

## **CAPÍTULO 2**

### **ALTERAÇÕES MORFO-ANATÔMICAS EM BANANAS ‘PRATA ANÃ’ SUBMETIDAS A DIFERENTES TIPOS DE DANOS MECÂNICOS**

Resumo – O objetivo deste trabalho foi caracterizar as alterações morfológicas e anatômicas nas regiões injuriadas de bananas ‘Prata Anã’ submetidas aos danos por corte, abrasão, impacto e compressão. Foram utilizados frutos no índice de cor da casca 1 (casca totalmente verde). O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas (5 tipos de dano x 3 estádios de maturação) segundo o delineamento inteiramente casualizado, com 3 repetições. Os tratamentos foram os seguintes: testemunha; corte; abrasão; impacto e compressão. As avaliações foram realizadas 24 horas após a realização das injúrias (coincidente com o índice de cor da casca 1) e nos índices de cor da casca 3 e 6. A caracterização morfológica dos sintomas dos danos mecânicos foi realizada com o auxílio de uma câmara fotográfica digital. Para caracterização anatômica, foram retiradas 2 seções transversais das regiões danificadas de cada fruto e fixadas em FAA<sub>50</sub> e sulfato ferroso. Posteriormente, estas seções foram utilizadas para confecção das lâminas. Os frutos submetidos aos danos por corte, abrasão, impacto e compressão apresentaram sintomas morfológicos e reações anatômicas em resposta ao dano mecânico, mostrando-se tolerantes ao dano por compressão aplicado.

### **MORPHOLOGIC AND ANATOMICAL ALTERATIONS ON BANANAS ‘PRATA-ANÃ’ SUBMITTED TO DIFFERENT TYPES OF MECHANICAL DAMAGES**

Abstract – The goal of this work was to characterize the morphologic and anatomical alterations on the injured regions of ‘Prata Anã’ bananas submitted to damages caused by cut, abrasion, impact and compression. Fruits were used, in the index of skin color 1 (total green skin). The experiment was set up on an completely random design following a split-plots arrangement (5 types of damage x 3 stages of maturation), with three repetitions. The treatments were the following ones: control; cut; abrasion; impact and compression. The evaluations were accomplished 24 hours after the mechanical damage (coincident with the index of skin color 1) and at the indexes of skin color 3 and 6. The morphologic characterization of the symptoms of the mechanical damages was carried through with aid of a digital camera. For anatomical characterization were removed two transversal sections of the regions damaged of every fruit and settled in FAA<sub>50</sub> and ferrous sulphate. Later, those sections were used to mount the slides. The fruits submitted to cut, abrasion, impact and compression presented morphologic symptoms and anatomical reactions to damages. The ‘Prata Anã’ banana showed itself tolerant of the applied compression.

## **Introdução**

A banana apresenta respostas físicas e fisiológicas em consequência de danos mecânicos. As respostas físicas estão ligadas principalmente à aparência do fruto com o aparecimento de sintomas de necrose e lignificação na região danificada (Lladó & Dominguez, 1998).

A injúria promove o rompimento das células da epiderme, desencadeando reações enzimáticas e, conseqüentemente, o surgimento de regiões escurecidas no local afetado devido ao extravasamento do líquido celular e exposição à ação enzimática, que promove a oxidação de compostos fenólicos a quinonas (Radi et al., 1997).

O resultado de todas estas alterações é um fruto de pior qualidade, com aparência prejudicada, menor preço de venda, além de maior perda (Dadzie & Orchard, 1997).

O objetivo deste trabalho foi caracterizar as alterações morfológicas e anatômicas nas regiões injuriadas de bananas ‘Prata Anã’ submetidas aos danos por corte, abrasão, impacto e compressão.

### Material e Métodos

Foram utilizadas bananas (*Musa* spp.) ‘Prata Anã’ (AAB) com a casca totalmente verde (índice de cor da casca 1) (Dadzie & Orchard, 1997), obtidas nas Centrais de Abastecimento S.A. de Contagem, Minas Gerais, tipo ‘primeira’ de acordo com a classificação sugerida pela ABANORTE - Associação Central dos Fruticultores do Norte de Minas (Ministério da Integração Nacional, 2000) (quadro 1). Os frutos foram individualizados por um corte rente a almofada floral, selecionados e lavados em solução contendo 0,2% de detergente por dez minutos.

Quadro 1 - Classificação para banana ‘Prata Anã’ estabelecida pela ABANORTE

Tipo	Exportação	Primeira	Segunda
Classe I (comprimento mínimo) (cm)	16 <sup>(1)</sup>	14	12
	14 <sup>(2)</sup>		
	12 <sup>(3)</sup>		
Classe II (diâmetro mínimo) (mm)	> 38 <sup>(1)</sup>	32	28
	32 – 38 <sup>(2 e 3)</sup>		
Forma de apresentação	Buquê, Penca e Dedo	Penca e Buquê	Penca e Buquê

(1) Buquê, (2) Penca, (3) Dedo ou ‘Single’

O diâmetro dos frutos, medidos em graus bananeiros (1grau = 1/32 avos de polegada), foram arredondados visando dar maior praticidade à classificação.

Fonte: Ministério da Integração Nacional (2000).

O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas no tempo (5 tipos de dano x 3 estádios de maturação) no delineamento inteiramente casualizado,

com 3 repetições e 3 frutos por parcela. Os tratamentos foram os seguintes: testemunha ou ausência de dano mecânico (T1); corte numa área correspondente a 10 cm<sup>2</sup> (T2); abrasão numa área correspondente a 10 cm<sup>2</sup> (T3); impacto numa área correspondente a 10 cm<sup>2</sup> (T4); compressão numa área correspondente a 10 cm<sup>2</sup> (T5). As avaliações foram realizadas nos seguintes estádios de maturação: 24 horas após a realização das injúrias, coincidente com o índice de cor da casca 1 (E1), quando os frutos atingiram o índice de cor da casca 3 (E2) e quando os frutos atingiram o índice de cor da casca 6 (E3) (Dadzie & Orchard, 1997).

Anteriormente a indução do dano mecânico, em cada fruto foi demarcada uma área de 2 cm de largura por 5 cm de comprimento (10 cm<sup>2</sup>), localizada entre duas quinas, na porção mediana do fruto.

O dano por corte foi feito com o auxílio de um estilete na profundidade de 2 mm, sendo efetuados três cortes distanciados 1 cm um do outro, com 5 cm de comprimento. O dano por abrasão foi feito com o auxílio de uma lixa d'água nº 80, sendo esfregada por toda área previamente demarcada. O dano por impacto foi feito de acordo com metodologia descrita por Dadzie e Orchard (1997), soltando-se sobre os frutos uma esfera de aço com 66 gramas, à altura de 1,5 metros. O fruto foi colocado sobre uma espuma para minimizar danos adicionais do lado oposto ao do teste, sendo usado um tubo de PVC para direcionar a queda da esfera. A energia de impacto foi calculada pela equação  $E (J) = m.g.h$ ; (m = massa da esfera; g = constante gravitacional, 9,81 m/s<sup>2</sup>; h = altura da queda), sendo de 971,2 mJ. O dano por compressão, por sua vez, foi obtido mantendo-se apoiado sobre o fruto um peso de 3 kg durante 5 minutos.

Imediatamente após a realização dos danos, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas com forro de papel picado e mantidos em câmara fria (Médias de 15 ± 1 °C e 86 ± 4,5 % de umidade relativa do ar) no Laboratório de Pós-colheita do Setor de Fruticultura, do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, até

atigirem o índice de cor da casca 6, que ocorreu no décimo segundo dia após a realização dos tratamentos.

A caracterização morfológica dos sintomas dos frutos submetidos aos tratamentos de dano mecânico foi realizada com o auxílio de uma câmara fotográfica digital SONY, modelo CYBER-SHOT DSC-85.

Para caracterização anatômica da região injuriada, foram isolados 2 fragmentos das regiões danificadas de cada fruto e fixados a vácuo em FAA<sub>50</sub> e sulfato ferroso (reagente para compostos fenólicos), por 24 e 48 horas, respectivamente (Jensen, 1962). Posteriormente, as amostras foram estocadas em solução de etanol 70 % (Johansen, 1940), sendo mantidas nesta condição até a obtenção dos cortes histológicos para a confecção das lâminas.

As amostras fixadas com FAA<sub>50</sub> foram emblocadas em parafina e cortadas transversalmente com espessura de 11 micrômetros em micrótomo rotativo avanço automático RM 2155 - LEICA. Os cortes foram corados com a mistura de azul de astra e safranina, ambos em solução aquosa a 1% (9:1, v:v) (Kraus & Arduin, 1997). As lâminas foram montadas com glicerina e examinadas sem coloração posterior (Jensen, 1962).

As amostras fixadas com sulfato ferroso foram cortadas em micrótomo de mesa, utilizando embaúba como suporte. As lâminas foram montadas a fresco.

Os cortes foram analisados e as ilustrações obtidas em um fotomicroscópio (Olympus AX70) equipado com sistema U-Photo e câmera digital (Diagnostic Instruments Work, modelo Spot Insight) e acoplado a um microcomputador equipado com sistema de captura de imagens (Image Pro-Plus).

## Resultados e Discussão

Nos cortes anatômicos observa-se que os frutos testemunha no estágio E1 (cor da casca 1), a epiderme encontra-se íntegra e uniestratificada, formada por células pequenas, retangulares e papilosas. O parênquima subepidérmico é formado por células de paredes finas, volumosas que contém muitos grãos de amido (parênquima de reserva), conforme observado durante a confecção das lâminas. Entre estas células é comum a ocorrência de laticíferos repletos de látex que se cora de vermelho-escuro na preparação das lâminas, evidenciando a presença de compostos fenólicos na composição do látex. Algumas vezes os laticíferos foram observados sem conteúdo, provavelmente em função do extravasamento da secreção durante a preparação das amostras. Conjuntos de células de sustentação, freqüentemente associados aos laticíferos foram visualizados. Idioblastos contendo ráfides foram observados durante o preparo das lâminas. Os feixes vasculares colaterais são circundados por células parenquimáticas arranjadas radialmente, inclusive, alguns laticíferos encontram-se associados a estes (figura 1 A e B). Estes resultados estão de acordo com aqueles observados por Mohan Ram et. al (1962).

Segundo Fahn (1990), a banana é uma baga e o pericarpo do fruto é dividido em: exocarpo, que forma a casca do fruto e é constituído pela epiderme, hipoderme e aerênquima; mesocarpo, que é formado por células grandes, radialmente alongadas e ricas em amido, este tecido corresponde à parte comestível do fruto, desenvolvido a partir de 3 a 5 camadas de células da parede do carpelo próximas à epiderme interna que reveste os lóculos; e endocarpo, que consiste apenas da epiderme interna.

Não foram encontrados sinais de lignificação nos tecidos de sustentação (figuras 1, 2 e 3) sugerindo que este papel é função do colênquima. Estas observações podem ser

reforçadas pelo fato da casca da banana madura ser mais flexível do que a casca verde, devido à desidratação do colênquima.

No estágio E2 (cor de casca 3) dos frutos testemunha, a epiderme, as células de sustentação e os feixes vasculares aparentemente encontram-se semelhantes aos observados no estágio E1. No parênquima subepidérmico há uma maior ocorrência de células contendo látex (figura 2 A e B) e também grande quantidade de grânulos de amido, conforme observado durante o preparo das lâminas.

As diferenças entre o estágio E3 (cor da casca 6) dos frutos-controle em relação aos demais estádios referem-se a papilas mais desenvolvidas na epiderme, maior quantidade de células contendo látex no parênquima subepidérmico e redução da espessura do exocarpo (figura 3 A e B).

Nos frutos submetidos ao dano por corte, estágio E1, ocorreu desorganização do tecido no sentido transversal com o rompimento de células, acompanhando a fenda aberta em função do tratamento aplicado. Na região injuriada, houve necrose das células epidérmicas e subepidérmicas das margens do corte, que induziu a formação de um tecido adjacente constituído por células cujo citoplasma corou-se de vermelho-escuro, semelhante à coloração de células que contêm compostos fenólicos, as quais apresentavam paredes mais espessadas (figura 1 C e D). A presença de compostos fenólicos nesta região foi confirmada pelos cortes fixados com sulfato ferroso. Provavelmente, a injúria que ocasionou a morte das células epidérmicas induziu uma resposta de produção de compostos fenólicos como estratégia de defesa contra ataque de microorganismos (Buchanan et. al, 2000; Taiz e Zeiger, 2004). Apesar desta reação promover proteção contra a entrada de agentes externos, a desorganização dos tecidos internos culmina com a abertura maior da fenda nos estádios posteriores de amadurecimento. Para esse mesmo tratamento no estágio de cor da casca 3 (E2), a injúria tende a expandir transversalmente expondo mais a polpa à perda de água.

Observa-se também que o dano por corte não atingiu o mesocarpo. A epiderme e tecido parênquimático subepidérmico apresentaram reação na parede celular de cor avermelhada semelhante ao observado na estádio de cor da casca 1 (figura 2 C e D).

No estádio de cor da casca 6 (E3), nos frutos submetidos à injúria por corte, a fenda se abre ainda mais em função do afrouxamento da epiderme e dos tecidos subepidérmicos. Além disso, pode-se observar uma redução acentuada da espessura do exocarpo bem como o escurecimento dos tecidos adjacentes ao dano caracterizando uma necrose nesta região (figura 3 C e D).

Os frutos submetidos ao dano por abrasão apresentaram no estádio de cor da casca 1 (E1) uma reação epidérmica, com o início da formação de periderme de cicatrização em resposta à dilaceração sofrida pela epiderme e pelas primeiras camadas de células subepidérmicas. Nota-se, ainda, a liberação de compostos fenólicos evidenciada pela coloração vermelha na região afetada (figura 1 E e F). No estádio de cor da casca 3 (E2), ocorre o achatamento dos tecidos subepidérmicos do fruto, juntamente com a formação da periderme (figura 2 E e F). No estádio de cor da casca 6 (E3), a epiderme foi substituída pela periderme e as células da casca encontram-se mais achatadas, o que também procede para as células mais internas, resultando numa redução acentuada da espessura do exocarpo em relação aos frutos não danificados (figura 3 E e F).

Portanto, o dano por abrasão induziu a formação de um tecido de cicatrização. As células externas a esse tecido foram eliminadas. Desta forma, nos estádios mais adiantados de amadurecimento do fruto verifica-se que as camadas mais externas do exocarpo são eliminadas, culminando com a redução na espessura do mesmo quando comparado com o controle. Além disso, percebe-se que este tratamento promoveu um afrouxamento do parênquima, que aparece nos estádios finais do amadurecimento em

colapso, o que, provavelmente, tenha ocorrido em função da perda de água armazenada nas células deste tecido.

Os frutos, nos três estádios de maturação avaliados (E1, E2 e E3), submetidos ao tratamento de impacto, apresentaram respostas semelhantes (figuras 1 G e H, 2 G e H e 3 G e H). Não se observou reação ou alteração estrutural nas camadas da epiderme e do parênquima do exocarpo. Entretanto, durante a confecção das lâminas, foram verificadas alterações na região de transição (rt) entre o exocarpo e mesocarpo, uma vez que o exocarpo se desprendia com mais facilidade. Este fenômeno pode ser visualizado nas figuras 1 G e H, 2 G e H. Além disso, parece ter havido rompimento dos laticíferos, como indicado pela grande quantidade de compostos fenólicos na região de transição entre o exocarpo e o mesocarpo (figuras 1 G e H). Este rompimento dos laticíferos e conseqüente liberação dos fenóis, que ficam armazenados nos mesmos, foi confirmado nas lâminas confeccionadas a partir do material fixado com sulfato ferroso. Isto explica o escurecimento interno da região injuriada observado nas avaliações morfológicas dos frutos submetidos ao dano por impacto. Os compostos fenólicos liberados em função dos rompimentos dos laticíferos reagiram com as enzimas oxidativas (capítulos 4 e 5) dando o aspecto escurecido da região afetada pelo dano.

Nos frutos submetidos ao dano por compressão, observou-se, em todos os estádios de maturação (E1, E2 e E3), uma separação nítida entre o exocarpo e o mesocarpo, sugerindo que nesta região houve um efeito do tratamento, provavelmente fragilizando a adesão entre as células destas regiões (figura 3 I). Quanto à epiderme, parênquima, laticíferos e feixes vasculares do exocarpo, não foi constatada nenhuma alteração significativa em relação à testemunha (figuras 1 I e J, 2 I e J e 3 I e J).

Os sintomas dos danos por corte, abrasão e impacto mostraram-se visíveis 24 horas após a realização do tratamento com os frutos no estádio de cor da casca 1 (figura 4). Estes sintomas são caracterizados pela incisão da casca ou exocarpo (figura 1), no

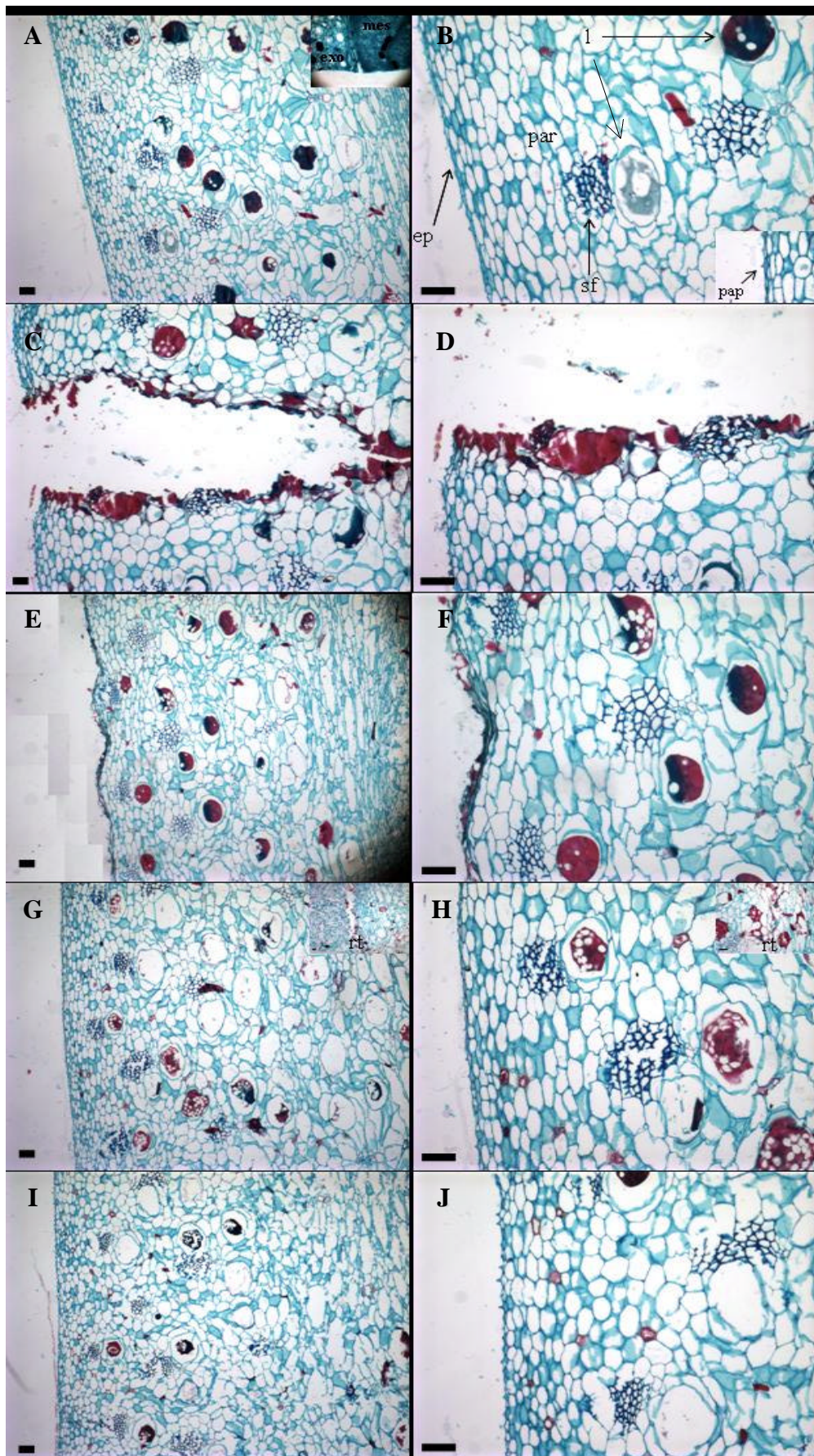


Figura 1 – Cortes anatômicos de bananas ‘Prata Anã’ no estágio de cor da casca 1. Testemunha (A e B), corte (C e D), abrasão (E e F), impacto (G e H) e compressão (I e J). Descrição das estruturas: epiderme (ep), exocarpo (exo), laticífero (l), mesocarpo (mes), papila (pap), parênquima (par) e região de transição (rt). Barra = 100 μm.

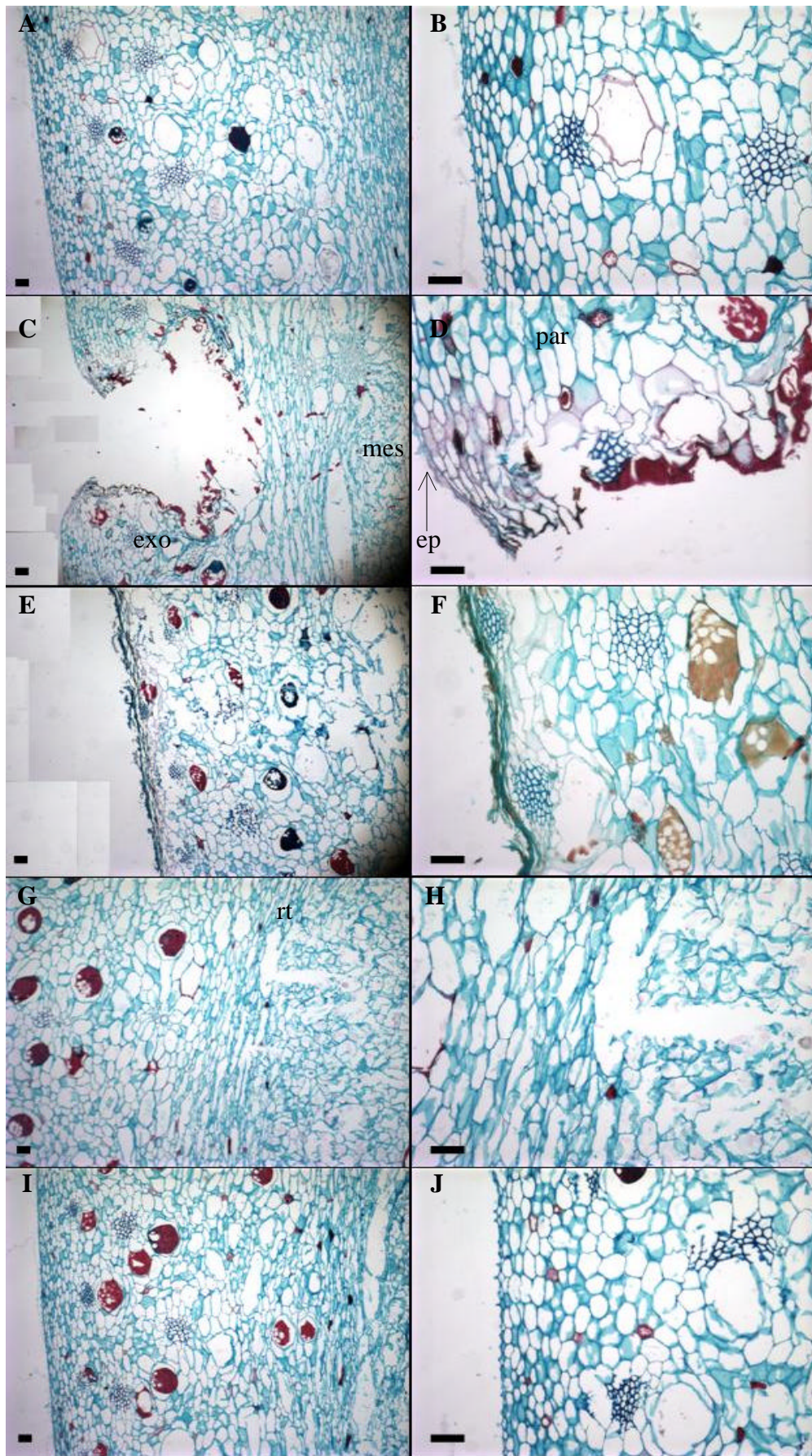


Figura 2 - Cortes anatômicos de bananas 'Prata Anã' no estágio de cor da casca 3. Testemunha (A e B), corte (C e D), abrasão (E e F), impacto (G e H) e compressão (I e J). Descrição das estruturas: epiderme (ep), exocarpo (exo), mesocarpo (mes), parênquima (par) e região de transição. Barra = 100  $\mu$ m.

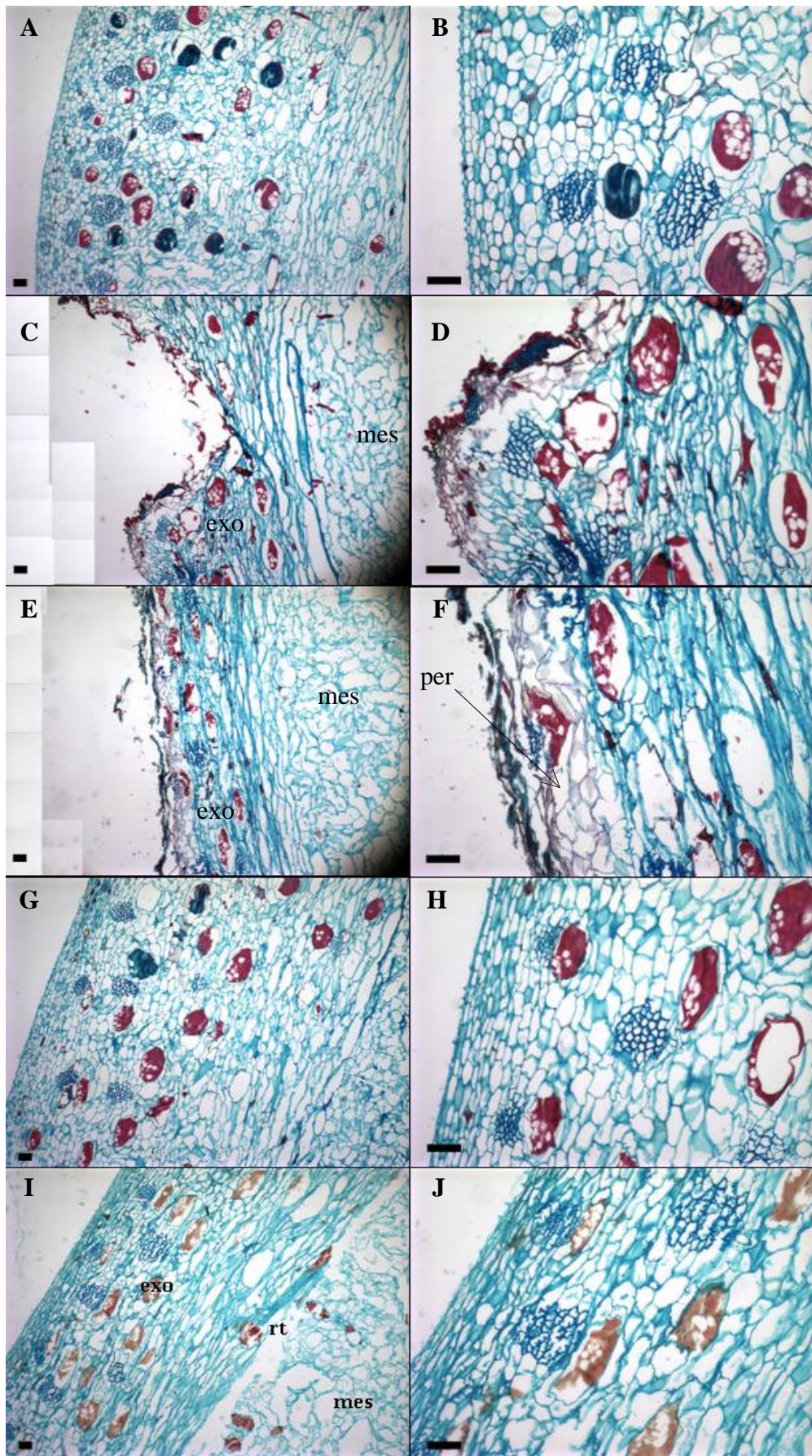


Figura 3 - Cortes anatômicos de bananas 'Prata Anã' no estágio de cor da casca 6. Testemunha (A e B), corte (C e D), abrasão (E e F), impacto (G e H) e compressão (I e J). Descrição das estruturas: mesocarpo (mes), exocarpo (exo), região de transição (rt) e periderme (per). Barra = 100  $\mu$ m.

caso do corte; pela raspagem da epiderme e parte do tecido parênquimático, no caso da abrasão; e pelo escurecimento localizado e interno, no caso do impacto.

Em casos severos, os frutos submetidos a corte e abrasão sofreram danos na polpa, prejudicando, além do aspecto visual, a qualidade intrínseca do fruto, bem como o rompimento do exocarpo, no caso do dano por impacto. Estes casos foram observados durante as avaliações realizadas no capítulo 1. De forma contrária, não foi observada nenhuma alteração morfológica nos frutos submetidos ao dano por compressão, que se comportaram de maneira semelhante à testemunha (figuras 4 e 5). Isto indica uma possível resistência do fruto verde à injúria aplicada. Segundo Moretti (2001), a compressão pode causar danos internos, pelo colapso do tecido parênquimático.



Figura 4 – Bananas ‘Prata Anã’ (AAB) no estágio de cor da casca 1, 24 horas após a indução de estresse mecânico.

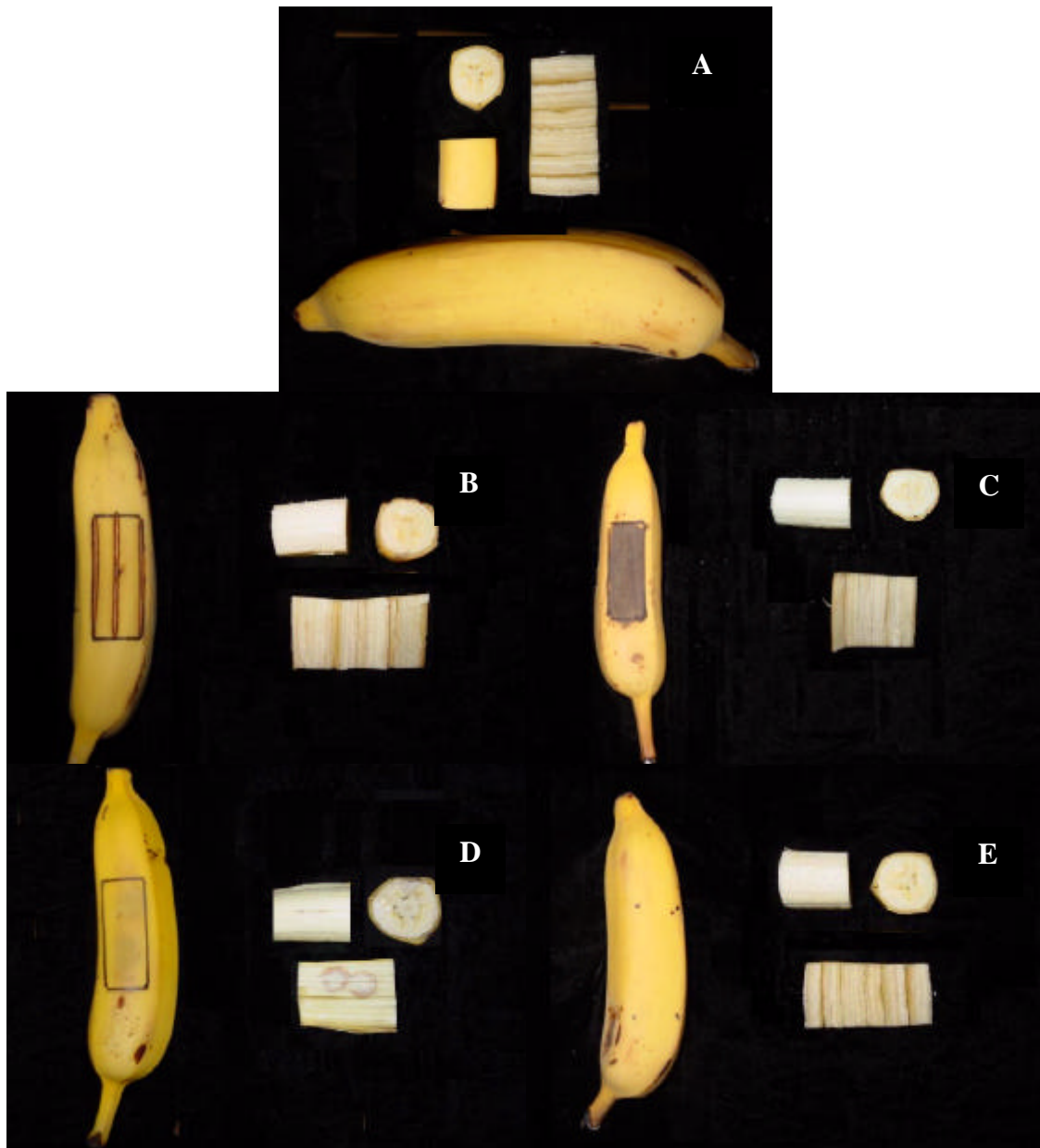


Figura 5 – Bananas ‘Prata Anã’ no estágio de cor da casca 6 submetidas ao tratamento testemunha (A) e danos por corte (B), abrasão (C), impacto (D) e compressão (E). Nos detalhes observa-se sintomas na parte interna da casca e na polpa.

As avaliações realizadas nos estádios de cor da casca 3 e 6 evidenciaram os mesmos sintomas de dano observados no estágio de cor da casca 1, porém, estes, ficam mais visíveis em função do amarelecimento da casca (figura 5). Foi constatado, também, que na região injuriada pelos danos por corte e abrasão ocorreu uma desidratação excessiva, bem como um escurecimento do local afetado (figuras 4 e 5). O escurecimento observado na região da injúria dos frutos submetidos aos danos por corte, abrasão e impacto ocorreu em função da ação de enzimas oxidativas (capítulos 4 e 5)

sobre os compostos fenólicos liberados na região da injúria, caracterizados pela cor vermelha nas lâminas (figuras 1, 2 e 3), como mecanismo de defesa da planta (Taiz e Zeiger, 2004). A desidratação exagerada na região do fruto afetada pelos danos por corte e abrasão promoveu uma maior abertura da incisão (corte), expondo mais a polpa, e redução da espessura da casca do fruto em relação à testemunha (figuras 1 A, C e E, 2 A, C e E, 3 A, C e E, 5 A, B e C).

Na região do fruto afetada pelo dano por impacto, foi observado, nos 3 estádios de cor da casca avaliados, um escurecimento interno (figuras 4 e 5 D). Este dano foi o único que atingiu a polpa do fruto, sendo evidenciado pelo aspecto esbranquiçado da região afetada da polpa no estádio de cor da casca 6 (figura 5 D). Este aspecto deve-se ao fato de que no local afetado não ocorre a conversão total do amido em açúcares (Maia, 2001).

### **Conclusões**

- Os danos por corte e abrasão promoveram o escurecimento e a desorganização dos tecidos do fruto na região afetada.
- Os frutos submetidos aos danos por impacto e compressão apresentaram descolamento do exocarpo na região injuriada.
- O extravasamento de compostos fenólicos presentes nos laticíferos promoveu o escurecimento na região dos frutos atingida pelo dano por impacto.
- A banana ‘Prata Anã’ mostrou-se tolerante ao dano por compressão aplicado.

### **Referências Bibliográficas**

- BUCHANAN, B. B.; GRUISSEN, W.; JONES, R. L. **Biochemistry and molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. 1367 p.
- DADZIE, B. K.; ORCHARD, J. E. **Routine post-harvest screening of banana/plantain hybrids: criteria and methods. Inibap Technical Guidelines 2**. Montpellier: International Network for the Improvement of Banana and Plantains, 1997. 63 p.
- FAHN, A. **Plant anatomy**. New York: Pergamon Press, 1990. 588 p.
- JENSEN, W. A. **Botanical histochemistry: principles and practice**. W. H. Freeman & Co.: San Francisco, 1962. 408p.
- JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. The Maple Press Company: New York, 1940. 523p.
- KRAUS, J. E.; ARDUIN, M. **Manual básico de métodos em morfologia vegetal**. Rio de Janeiro : Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1997. 198p.
- LLADÓ, J. D. S.; DOMINGUEZ, A. M. The effects of peel abrasion on the postharvest physiology and commercial life of banana fruits. **Acta Horticulturae**, n. 490, p. 547-553, 1998.
- MAIA, V. M. **Efeitos de doses de nitrogênio, fósforo e potássio na produção da bananeira ‘Prata Anã’ e na suscetibilidade do fruto ao dano mecânico**. 2001. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Frutiséries Banana**. [2000]. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/publicacoes.html>>. Acesso em: 23 junho 2001.
- MOHAN RAM, H. Y.; MANASI RAM; STEWARD, F. C. Growth and development of the banana plant. A. The origin of the inflorescence and the development of the

- flowers. B. The structure and development of the fruit. **Annals of Botany**, v. 26, n.104, p. 657-673, 1962.
- MORETTI, C. L. Danos mecânicos. In: MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S. (Eds.). **Banana. Pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2001. p. 23-25. (Frutas do Brasil; 16).
- RADI, M., MAHROUZ, M., JHOUAD, A. Phenolic composition, browning susceptibility, and carotenoid content of several apricot cultivars at maturity. **Hortscience**, v. 32, n. 6, p. 1087-1091, 1997.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre, Artmed, 2004. 719 p.

## **CAPÍTULO 3**

### **EFEITOS DE ÁREAS E TIPOS DE DANOS MECÂNICOS SOBRE O COMPORTAMENTO PÓS-COLHEITA DE BANANAS ‘PRATA ANÃ’**

Resumo - O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos de áreas e tipos de dano mecânico sobre as características pós-colheita da banana ‘Prata Anã’. Foram utilizados frutos no índice de cor da casca 1 (casca totalmente verde). O experimento foi montado em esquema de parcelas subdivididas 4 x 2 + 1 (tipos de dano x área + testemunha), com amostragens ao longo do tempo, no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. Os tipos de dano foram os seguintes: testemunha (sem dano), corte, abrasão, impacto e compressão, com áreas de 10 ou 20 cm<sup>2</sup> por fruto. Foram avaliadas a evolução da cor da casca, a porcentagem de perda de massa fresca e a taxa de perda de massa fresca diariamente, a respiração dos frutos 4, 8, 12, 24 horas e, a partir destes ponto, a cada 24 horas até 288 horas após os tratamentos e o extravasamento de eletrólitos na região danificada da casca 24 horas e 12 dias após a aplicação dos tratamentos. Os danos por corte, abrasão e impacto numa área de 20 cm<sup>2</sup> resultaram em maior perda de massa fresca total (%) e maior perda de massa fresca por dia (%) em relação à área de 10 cm<sup>2</sup>. A abrasão induziu aumento no extravasamento de eletrólitos no final do experimento. Os danos por abrasão, impacto e compressão aceleraram o amadurecimento de bananas ‘Prata Anã’. O dano por impacto numa área de 20 cm<sup>2</sup> proporcionou antecipação do pico climatérico respiratório.

### **EFFECTS OF AREAS AND TYPES OF MECHANICAL DAMAGES ON POST- HARVEST BEHAVIOR OF ‘PRATA ANÃ’ BANANAS**

Abstract – This work aimed at verifying the effect of areas and types of mechanical damage on the post-harvest characteristics of the ‘Prata Anã’ banana. Fruits in the index of skin color 1 (total green skin) were utilized. The experiment was set up on a completely randomized design following a split-plot arrangement of  $4 \times 2 + 1$  (types of damage  $\times$  area + control), with samplings along the time and three repetitions. The kinds of damage were the following ones: control (without damage), cut, abrasion, impact and compression, with areas of 20 or 10 cm<sup>2</sup> per fruit. The skin color evolution, the percentage of fresh mass loss and the rate fresh mass loss were evaluated daily, the respiration of fruits were evaluated 4, 8, 12, 24 hours and, from that, every 24 hours up to 288 hours after the treatments; and the electrolyte leakage in the injured region of the skin, 24 hours and 12 days after the application of the treatments. The damages caused by cut, abrasion and impact on a 20 cm<sup>2</sup> resulted in great fresh mass loss (%) and daily fresh mass loss (%) in relation the 10 cm<sup>2</sup>. The abrasion induced increase in the electrolyte leakage at the end of the experiment. The damages caused by abrasion, impact and compression sped up the ripening of ‘Prata Anã’ bananas. The damage by impact on an area of 20 cm<sup>2</sup> provided advance of the respiratory climacteric peak.

## **Introdução**

O dano mecânico pode ocorrer em qualquer ponto entre a colheita e o consumidor, resultado de cinco formas de agressão: impacto, pressão ou compressão, vibração (Dadzie & Orchard, 1997) incisão ou corte (Mattiuz & Durigan, 2001; Souza et al., 1999) e abrasão (Ferris et al., 1993 e 1995; Lladó & Dominguez, 1998; Quintana & Paull, 1993).

O dano causado por impacto é provocado pela queda de um objeto sobre a superfície do fruto ou pela queda de um fruto sobre outro ou sobre uma superfície, com

força suficiente para danificar e separar as células. O dano causado por pressão ou compressão é resultado de uma pressão excessiva sobre o fruto, ocorrendo principalmente no momento da embalagem dos frutos no campo. O dano causado por vibração está associado ao transporte e ao resultado de repetidas e prolongadas vibrações do fruto (Dadzie & Orchard, 1997). O dano causado por corte ocorre em função da ação de uma superfície cortante no fruto (Mattiuz & Durigan, 2001; Souza et al., 1999) como, por exemplo, as ferramentas de despencamento dos cachos. Por último, o dano causado por abrasão é resultado do contato e movimento da superfície do fruto sobre uma superfície irregular ou vice-versa (Ferris et al., 1993 e 1995; Lladó & Dominguez, 1998; Quintana & Paull, 1993), por exemplo, entre superfície das embalagens de madeira ou plástico e a superfície do fruto.

As injúrias ocorridas nos frutos dependem da intensidade do dano, do período de tempo no qual ele é aplicado (Quintana & Paull, 1993) e de sua área. Segundo Banks e Joseph (1991), que trabalharam com bananas 'Robusta' (AAA), é necessária força de pelo menos 5,49 N durante 10 segundos numa área de 6 cm<sup>2</sup> para provocar dano por compressão nos frutos, enquanto que, para provocar dano por impacto são necessários pelo menos 120 µJ. Para provocar dano mecânico por abrasão em mamão 'solo', Quintana e Paull (1993) utilizaram uma lixa de 150 'mesh'.

O fruto apresenta respostas físicas e fisiológicas aos danos mecânicos. As respostas físicas estão ligadas principalmente à aparência do fruto com o aparecimento de sintomas avançados de necrose e lignificação na região danificada (Lladó e Dominguez, 1998). Em função das respostas fisiológicas, o fruto que sofre injúria mecânica apresenta alterações de cor e sabor, amaciamento dos tecidos, amadurecimento mais rápido devido ao aumento da respiração e da produção de etileno, maior perda de peso (perda de água), maior invasão de microorganismos (Dadzie & Orchard, 1997; Lladó & Dominguez, 1998) e maior atividade enzimática na área do

dano (Lladó & Dominguez, 1998). O resultado de todas estas alterações é um fruto (banana) de pior qualidade, com menor preço de venda, além de maior perda (Dadzie & Orchard, 1997).

As feridas podem ser cicatrizadas, mas antes disso ocorre uma perda fisiológica considerável. O aumento da taxa de respiração é considerado como responsável pela produção de compostos que conferem resistência contra o ataque microbiológico. A evolução de etileno no local da ferida pode desencadear o amadurecimento dos frutos injuriados dos frutos sadios próximos, armazenados na mesma caixa, câmara ou depósito (Chitarra & Chitarra, 1990) reduzindo a vida de prateleira dos mesmos.

O objetivo deste trabalho foi verificar os efeitos de áreas e tipos de dano mecânico sobre o comportamento pós-colheita da banana 'Prata Anã'.

### **Material e Métodos**

Foram utilizadas bananas 'Prata Anã' com a casca totalmente verde (índice de cor da casca 1) conforme descrito por Dadzie e Orchard (1997), obtidas nas Centrais de Abastecimento S.A. de Contagem, Minas Gerais, tipo 'primeira' de acordo com a classificação sugerida pela ABANORTE - Associação Central dos Fruticultores do Norte de Minas (Ministério da Integração Nacional, 2000) (quadro 1). Os frutos foram individualizados por um corte rente à almofada floral, selecionados e lavados em solução contendo 0,2% de detergente por dez minutos.

O experimento foi montado em esquema de parcela subdivididas 4 x 2 + 1 (tipos de dano x área + testemunha), com amostragens ao longo do tempo, no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições e 3 frutos por parcela. Os tratamentos foram os seguintes: testemunha ou ausência de dano mecânico (T1); corte numa área correspondente a 10 cm<sup>2</sup> (T2); corte numa área correspondente a 20 cm<sup>2</sup> (T3); abrasão

numa área correspondente a 10 cm<sup>2</sup> (T4); abrasão numa área correspondente a 20 cm<sup>2</sup> (T5); impacto numa área correspondente a 10 cm<sup>2</sup> (T6); impacto numa área correspondente a 20 cm<sup>2</sup> (T7); compressão numa área correspondente a 10 cm<sup>2</sup> (T8); compressão numa área correspondente a 20 cm<sup>2</sup> (T9).

Quadro 1 - Classificação para banana ‘Prata Anã’ estabelecida pela ABANORTE

Tipo	Exportação	Primeira	Segunda
Classe I (comprimento mínimo) (cm)	16 <sup>(1)</sup>		
	14 <sup>(2)</sup>	14	12
	12 <sup>(3)</sup>		
Classe II (diâmetro mínimo) (mm)	> 38 <sup>(1)</sup>		
	32 – 38 <sup>(2 e 3)</sup>	32	28
Forma de apresentação	Buquê, Penca e Dedo	Penca e Buquê	Penca e Buquê

(1) Buquê, (2) Penca, (3) Dedo ou ‘Single’

O diâmetro dos frutos, medidos em graus bananeiros (1grau = 1/32 avos de polegada), foram arredondados visando dar maior praticidade à classificação.

Fonte: Ministério da Integração Nacional (2000).

Em cada fruto foram demarcadas uma ou duas áreas de 2 cm de largura por 5 cm de comprimento (10 cm<sup>2</sup>) em lados opostos e localizadas entre duas quinas, na porção mediana do fruto.

O dano por corte foi feito com o auxílio de um estilete na profundidade de 2 mm, sendo efetuados três cortes distanciados 1 cm um do outro, com 5 cm de comprimento. O dano por abrasão foi feito com o auxílio de uma lixa d’água nº 80, sendo esfregada por toda área previamente demarcada. O dano por impacto foi feito de acordo com metodologia descrita por Dadzie e Orchard (1997), soltando-se sobre os frutos uma esfera de aço com 66 gramas, à altura de 1,5 metros. O fruto foi colocado sobre uma espuma para minimizar danos adicionais do lado oposto ao do teste, sendo usado um tubo de PVC para direcionar a queda da esfera (figura 2 A). A energia de impacto foi calculada pela equação  $E (J) = m \cdot g \cdot h$ ; (m = massa da esfera; g = constante gravitacional, 9,81 m/s<sup>2</sup>; h = altura da queda), sendo de 971,2 mJ. O dano por compressão, por sua

vez, foi obtido mantendo-se apoiado sobre o fruto um peso de 3 kg durante 5 minutos (figura 2 B).

Imediatamente após a realização dos danos, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas com forro de papel picado e mantidos em condição ambiente (figura 1) (Médias de  $21,4 \pm 2,3$  °C e  $80 \pm 9,6$  % de umidade relativa do ar), no interior do Laboratório de Análise de Frutas, do Setor de Fruticultura, do Departamento de Fitotecnia, da Universidade Federal de Viçosa, por doze dias.

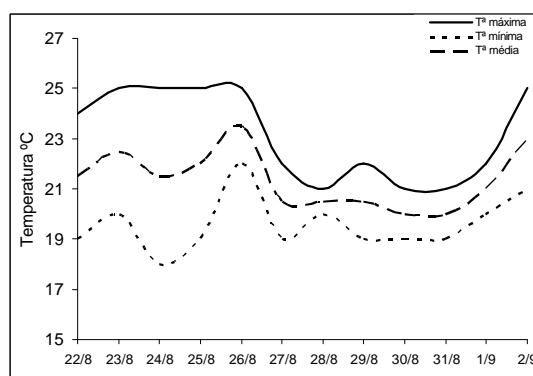


Figura 1- Temperaturas máxima, média e mínimas do ambiente durante a condução do experimento. Viçosa – MG, 2003.

Foram avaliadas a evolução da cor de acordo com o índice de cor da casca (Dadzie & Ochard, 1997), a porcentagem de perda de massa fresca por gravimetria, a taxa de perda de massa fresca, ou seja, porcentagem de perda de massa fresca por dia, a respiração dos frutos por meio de cromatografia gasosa, expressa em mg CO<sub>2</sub> produzidos por 1 kg de frutos em uma hora, e o extravasamento de eletrólitos na região danificada da casca.

Para determinação da produção de CO<sub>2</sub>, três frutos foram colocados em recipiente com capacidade para 3,3 litros, hermeticamente fechado, por um período de 30 minutos. As taxas de evolução de CO<sub>2</sub> foram determinadas por cromatografia gasosa. Utilizou-se um cromatógrafo Gow Mac Série 550 com detector de condutividade térmica e coluna de alumínio preenchida com PORAPAK Q, sendo as condições de trabalho: temperatura

da coluna de 50 °C, temperatura do injetor de 80 °C, temperatura do detector de 70 °C, fluxo do gás de arraste de 40 ml minuto<sup>-1</sup>, atenuação 4 e voltagem de 150 mV. A quantificação do CO<sub>2</sub> foi feita por meio da comparação dos picos produzidos pela amostra, no cromatograma, e os produzidos pela injeção de uma alíquota padrão contendo 6,02 % mol de CO<sub>2</sub> por mol de mistura CO<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>.

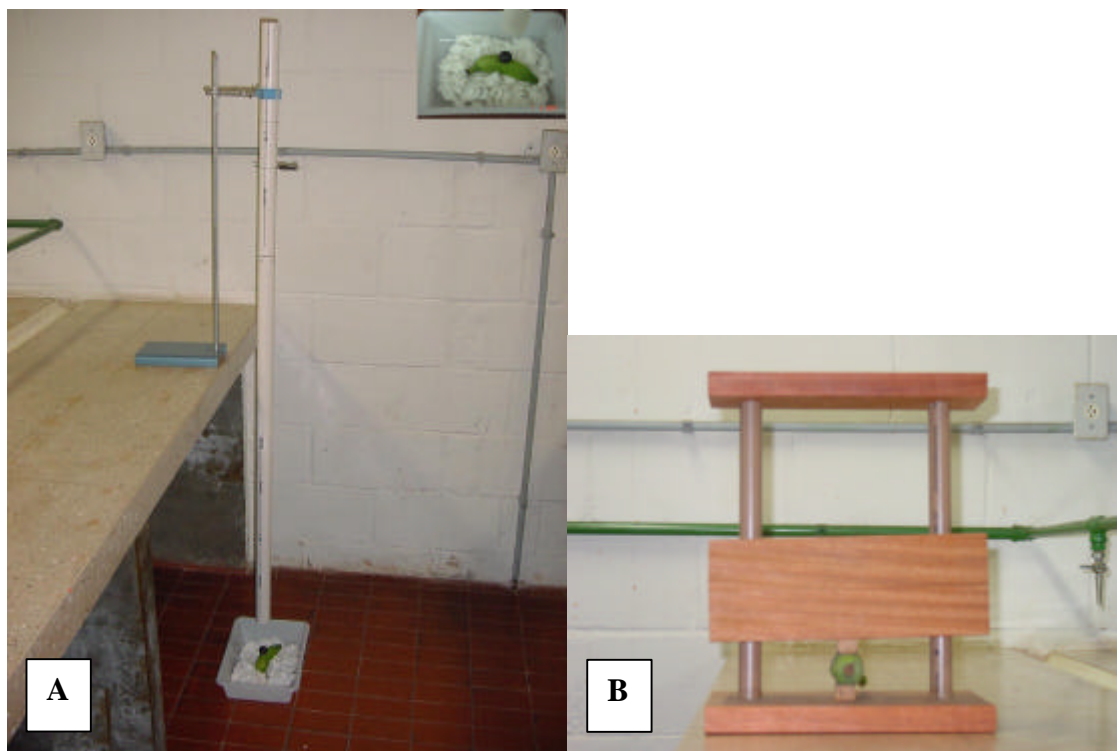


Figura 2 – Aparelhos utilizados para provocar os danos por impacto (A) e compressão (B) em bananas ‘Prata Ana’.

O extravasamento de eletrólitos foi determinado de acordo com Whilton et al. (1992), sendo retirado um disco de casca por área danificada por fruto, com 1 cm de diâmetro, com auxílio de um perfurador de metal. Esta secção foi lavada em água destilada e seca superficialmente em papel absorvente, sendo em seguida incubada por 2 horas em tubo de ensaio com tampa contendo 18 ml de água destilada e mantido sob condição ambiente. Após este período, a condutividade elétrica foi medida com um condutivímetro SCHOT modelo CG 853. Posteriormente, os tubos contendo as amostras de casca foram autoclavados a 121 °C e 1,5 atm por 30 minutos. Após a

autoclavagem, realizou-se novamente a leitura da condutividade elétrica. Os resultados foram expressos como a razão entre os valores obtidos na primeira e segunda medição, multiplicada por 100.

A evolução de cor, a porcentagem de perda de massa fresca e a taxa de perda de massa fresca foram determinadas diariamente. Para estas características também a respiração dos frutos foi determinada 4 horas, 8 horas, 12 horas, 24 horas e, a partir deste ponto, a cada 24 horas, até 288 horas (12 dias) após os tratamentos. O extravasamento de eletrólitos foi determinado 24 horas após a aplicação dos tratamentos (VZ1) e no último dia de avaliação (VZ2). Para a determinação do extravasamento de eletrólitos 24 horas após os tratamentos foram utilizados frutos diferentes daqueles que foram mantidos até o 12º dia, uma vez que esta é uma análise destrutiva.

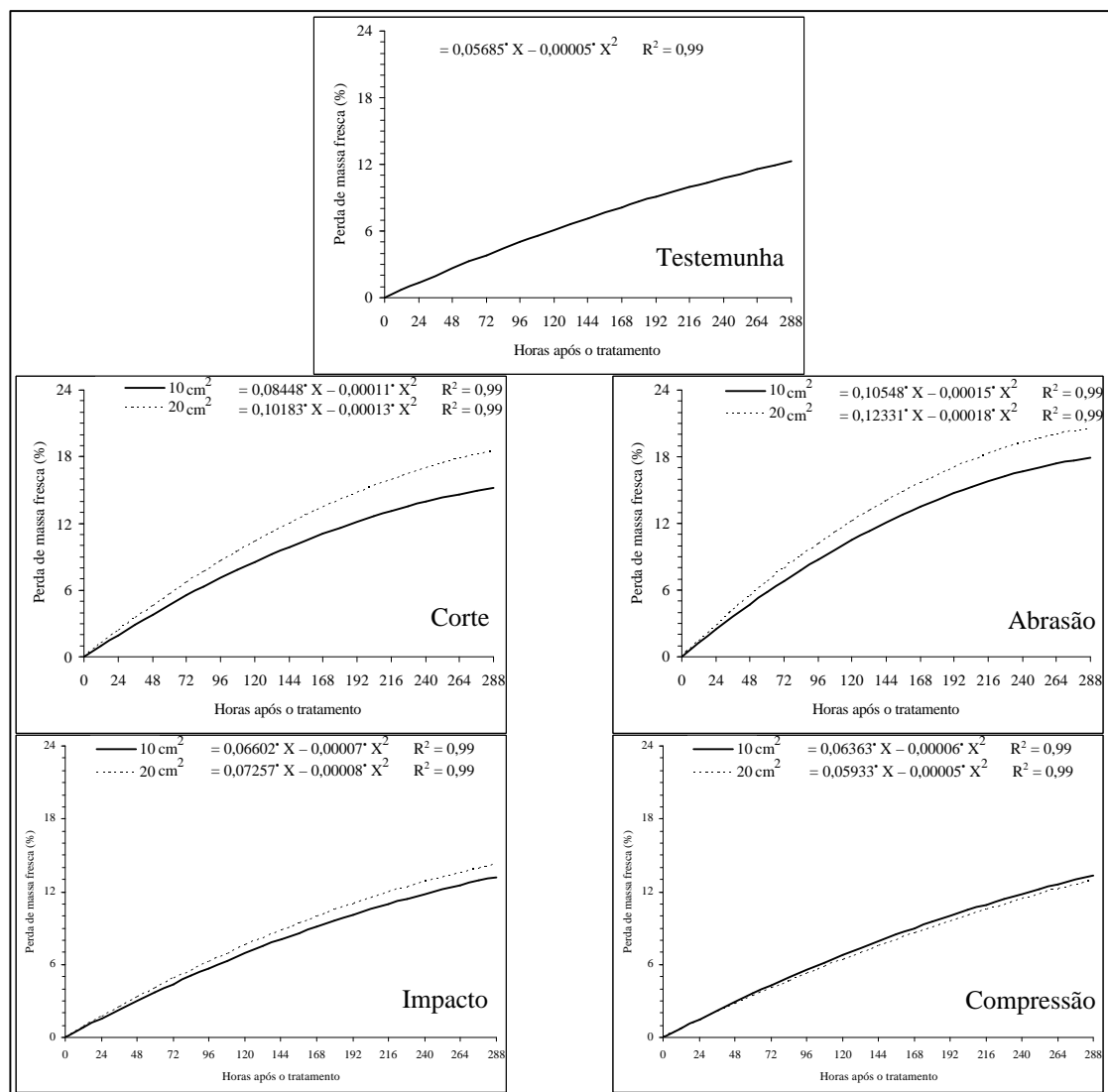
Os dados foram submetidos à análise de variância. As médias do índice de cor da casca, porcentagem de perda de massa fresca e taxa de perda de massa fresca foram submetidas à análise de regressão. As médias do extravasamento de eletrólitos foram comparadas utilizando-se os testes de Tukey e Dunnett, a 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada com auxílio do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da Universidade Federal de Viçosa, SAEG V. 5.0. Para os dados de respiração, utilizou-se análise descritiva.

### **Resultados e Discussão**

Foi observado, nos frutos de todos os tratamentos, acréscimo da perda de massa fresca (%) até 288 horas, ou seja, 12 dias após a aplicação dos tratamentos (figura 3).

Os frutos submetidos aos tratamentos de injúria mecânica apresentaram maior perda de massa fresca ao longo do período de avaliação em relação à testemunha, principalmente, aqueles submetidos aos danos por corte e abrasão. Ao final dos 12 dias de avaliações, os frutos-controle perderam 12,23 % de sua massa fresca enquanto que os

frutos submetidos ao tratamento por corte, numa área correspondente a 10 e 20 cm<sup>2</sup>, perderam 15,21 % e 18,54 % respectivamente. Os frutos que receberam o dano por abrasão em 10 e 20 cm<sup>2</sup> perderam 17,94 % e 20,58 % de sua massa fresca respectivamente.



Significativo ao nível de 0,1 % de probabilidade pelo teste t.

Figura 3 – Perda de massa fresca (%) de bananas ‘Prata Anã’ ao longo do tempo de armazenamento a 21,4 °C e 80 % de UR, em função das áreas e tipos de dano mecânico.

O tratamento por impacto numa área correspondente a 10 cm<sup>2</sup> levou à perda de 13,21 % da massa fresca dos frutos. Quando a área danificada por impacto foi de 20 cm<sup>2</sup>, a perda de massa fresca dos frutos foi de 14,26 %. Por sua vez, o dano por

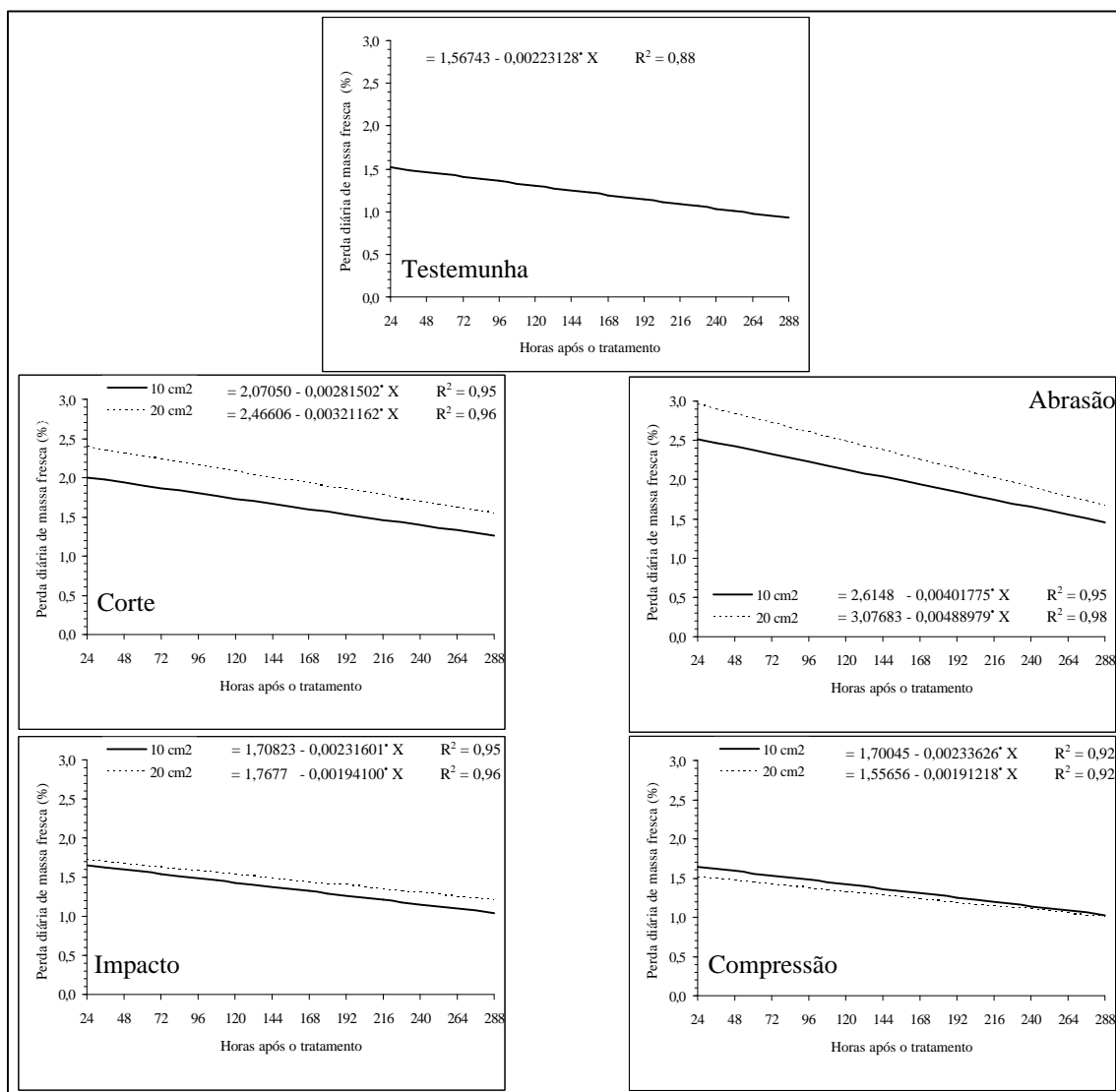
compressão nas áreas de 10 e 20 cm<sup>2</sup> levou à perda de 13,35 % e 12,94 % da massa fresca dos frutos respectivamente (figura 3).

Com exceção do dano por compressão, os demais tipos de injúria com área de 20 cm<sup>2</sup> apresentaram, ao longo do período de avaliação, valores de perda de massa fresca (%) dos frutos superiores às injúrias de 10 cm<sup>2</sup> (figura 3). Considerando a diferença da perda de massa fresca final entre os frutos submetidos aos danos por corte, abrasão e impacto e os frutos-controle, pode-se observar que a área injuriada de 20 cm<sup>2</sup> promoveu aumento de 51,6 %, 68,3 % e 107 % da perda de massa fresca em comparação a área injuriada de 10 cm<sup>2</sup>.

Em todos os tratamentos houve redução da perda de massa fresca diária (%) do fruto ao longo do tempo (figura 4), provavelmente, devido à redução da temperatura média (figura 1), bem como aumento da umidade relativa do ar no mesmo período proporcionando uma diminuição da demanda transpiratória. Embora este fenômeno também possa ser explicado pela cicatrização dos tecidos injuriados (capítulo 2) e conseqüente aumento da resistência à transpiração, este comportamento não foi observado nos experimentos dos capítulos 4 e 5.

Os frutos dos tratamentos de dano mecânico apresentaram valores de perda de massa fresca diária (%) superiores à testemunha ao longo de todo período de avaliação. Da mesma forma, os frutos submetidos ao dano por corte e abrasão, tanto na área de 10 cm<sup>2</sup> quanto na área de 20 cm<sup>2</sup>, apresentaram valores de perda de massa fresca diária (%) superiores aos demais tipos de injúrias (figura 4). Isto pode ser explicado pelo fato do corte e abrasão, ao contrário de impacto e compressão, serem os únicos a expor os tecidos internos do fruto, uma vez que danificam a cutícula e a epiderme (capítulo 2), que atuam como barreiras contra a perda de água do fruto para o meio (Taiz e Zeiger, 2004). Considerando ainda estes tratamentos e a mesma área de injúria, o dano por abrasão promoveu maiores perdas de massa fresca diária (%) que o dano por corte

(figura 4). De acordo com os resultados observados no capítulo 2, o dano por abrasão expõe mais o fruto à perda de massa fresca, pois retira uma área contínua de cutícula e epiderme.



Significativo ao nível de 0,1 % de probabilidade pelo teste t.

Figura 4 – Perda diária de massa fresca (%) de banana ‘Prata Anã’ ao longo do tempo de armazenamento a 21,4 °C e 80 % de UR em função das áreas e tipos de dano mecânico.

As áreas danificadas de 20 cm<sup>2</sup> dos danos por corte, abrasão e impacto proporcionaram maior perda de massa fresca por dia (%) dos frutos ao longo do tempo quando comparadas às áreas de 10 cm<sup>2</sup> do mesmo tipo de dano mecânico (figura 4).

Os resultados de aumento da perda de massa fresca (%) e maior perda de massa fresca diária (%) dos frutos submetidos a estresse mecânico ratificam as afirmações de Dadzie e Orchard (1997) e Lladó e Dominguez (1998) de que o fruto submetido à injúria mecânica apresenta maior perda de massa fresca. A consequência desta maior perda de massa, além da pior aparência do fruto, é o prejuízo financeiro, uma vez que a banana é comercializada por peso.

A porcentagem de extravasamento de eletrólitos determinada 24 horas após os tratamentos (VZ1) não foi significativamente diferente entre os frutos dos tratamentos de injúria mecânica e a testemunha (quadro 2), como também entre os tipos e áreas de dano mecânico (quadro 3). Contudo, no 12<sup>o</sup> dia de avaliação (288 horas após o tratamento) (VZ2) constatou-se que os frutos dos tratamentos de abrasão com 10 e 20 cm<sup>2</sup> de área injuriada apresentaram valores de extravasamento de eletrólitos superiores à testemunha (quadro 2). Isto indica uma perda da integridade da membrana, na região danificada, que levou a um aumento na liberação de eletrólitos, conforme observado por Moura et al. (2002) em tomates.

Comparando os valores da porcentagem de extravasamento de eletrólitos no 12<sup>o</sup> dia de avaliação (VZ2), verificou-se que não houve diferença significativa entre as áreas de dano estudadas dentro de cada tipo de dano; porém, os valores de VZ2 para abrasão foram superiores aos dos demais tratamentos em ambas as áreas (quadro 4).

Em todos os tratamentos foi observado aumento no índice de cor da casca dos frutos, indicando que os mesmos amadureceram ao longo das avaliações (figura 5) seguindo, de maneira geral, um padrão sigmoidal com três fases distintas: uma fase estacionária no início do processo de amadurecimento, uma fase exponencial que ocorre de maneira quase concomitante com o aumento da atividade respiratória (figura 6) e a última fase que é de estabilização, onde os processos de amadurecimento estão quase totalmente finalizados e ocorre o início da senescência do fruto.

Quadro 2 – Médias da porcentagem de extravasamento de eletrólitos 24 horas (VZ1) e 288 horas (VZ2) após a aplicação dos danos mecânicos nos frutos

	VZ1 (%)	VZ2 (%)
Testemunha	10,80	39,17
Corte 10 cm <sup>2</sup>	10,55 <sup>n.s.</sup>	50,38 <sup>n.s.</sup>
Corte 20 cm <sup>2</sup>	12,83 <sup>n.s.</sup>	50,53 <sup>n.s.</sup>
Abrasão 10 cm <sup>2</sup>	15,01 <sup>n.s.</sup>	81,07*
Abrasão 20 cm <sup>2</sup>	19,22 <sup>n.s.</sup>	76,33*
Impacto 10 cm <sup>2</sup>	14,90 <sup>n.s.</sup>	40,11 <sup>n.s.</sup>
Impacto 20 cm <sup>2</sup>	12,84 <sup>n.s.</sup>	52,43 <sup>n.s.</sup>
Compressão 10 cm <sup>2</sup>	11,28 <sup>n.s.</sup>	42,98 <sup>n.s.</sup>
Compressão 20 cm <sup>2</sup>	10,74 <sup>n.s.</sup>	47,21 <sup>n.s.</sup>

n.s. = Não significativo a 5 % de probabilidade pelo teste de Dunnett, que compara a média de cada tratamento com a média da testemunha. \* = Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Dunnett.

Quadro 3 – Valores da porcentagem de extravasamento de eletrólitos 24 horas após a aplicação dos danos mecânicos nos frutos (VZ1)

	Corte	Abrasão	Impacto	Compressão
10 cm <sup>2</sup>	10,55 a A	15,00 a A	14,90 a A	11,29 a A
20 cm <sup>2</sup>	12,83 a A	19,22 a A	12,84 a A	10,74 a A

As médias seguidas por uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Quadro 4 – Valores da porcentagem de extravasamento de eletrólitos 288 horas após a aplicação de danos mecânicos nos frutos (VZ2)

	Corte	Abrasão	Impacto	Compressão
10 cm <sup>2</sup>	50,38 a B	81,07 a A	40,12 a B	42,98 a B
20 cm <sup>2</sup>	50,53 a B	76,33 a A	52,43 a B	47,22 a B

As médias seguidas por uma mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

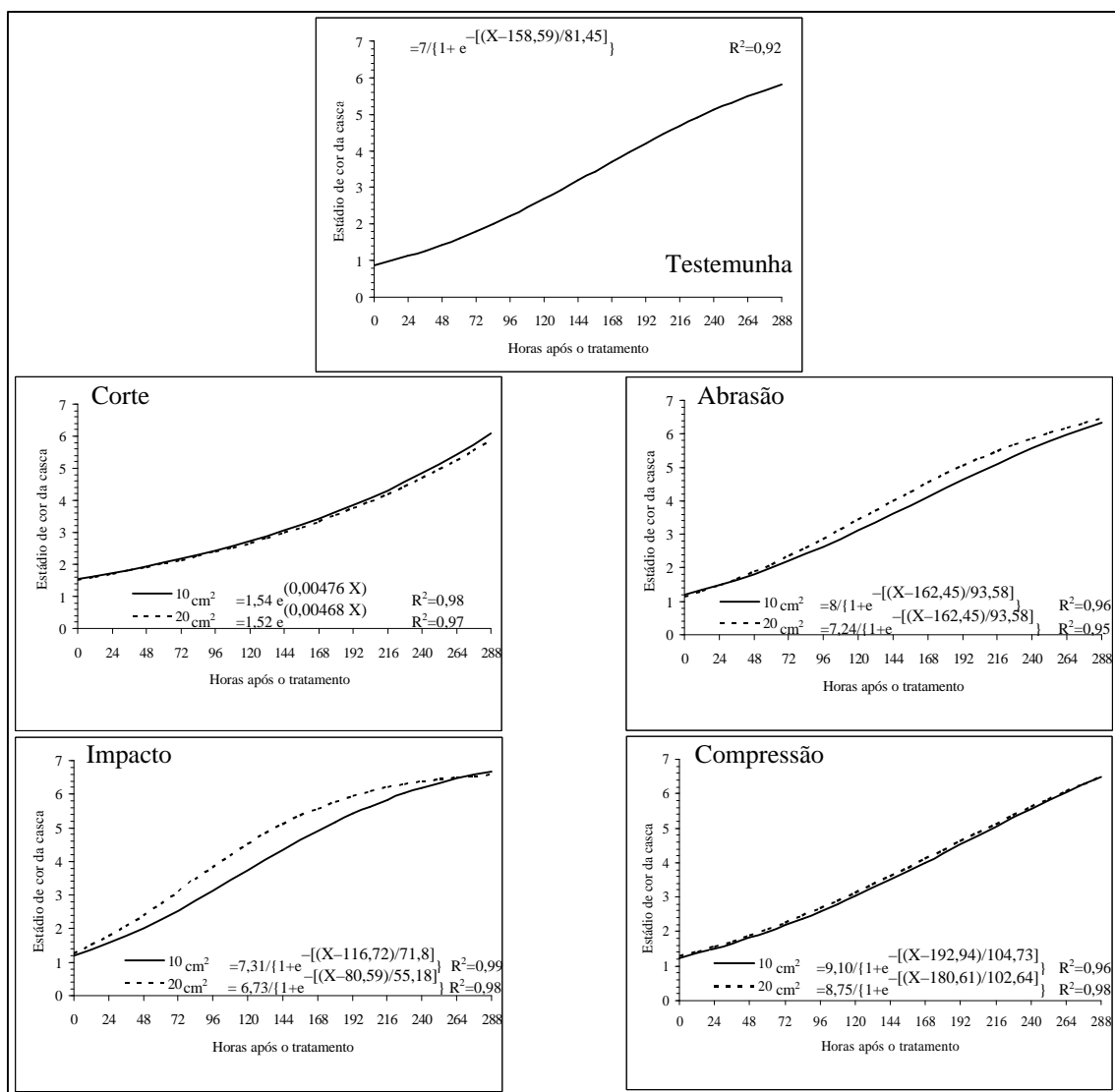


Figura 5 – Evolução do índice de cor da casca de bananas ‘Prata Anã’ ao longo do tempo de armazenamento a 21,4 °C e 80 % de UR em função das áreas e tipos de dano mecânico.

Os frutos dos tratamentos de injúria mecânica, com exceção do dano por corte nas áreas de 10 e 20 cm<sup>2</sup>, apresentaram evolução de cor da casca mais rápido que os da testemunha durante todo o período de avaliações (figura 5). Tal resultado indica que as injúrias mecânicas por impacto, abrasão e compressão aceleram o amadurecimento dos frutos, reduzindo assim, sua vida pós-colheita. A velocidade de amadurecimento foi notadamente superior aos demais tratamentos nos frutos submetidos à injúria por impacto, os quais atingiram, entre 216 e 240 horas após a aplicação dos tratamentos, índice de cor da casca acima de 6. Considerando o mesmo tipo de dano, os frutos

submetidos à área injuriada de 20 cm<sup>2</sup> amadureceram mais rápido que aqueles submetidos à área de 10 cm<sup>2</sup>, com exceção do dano por corte (figura 5).

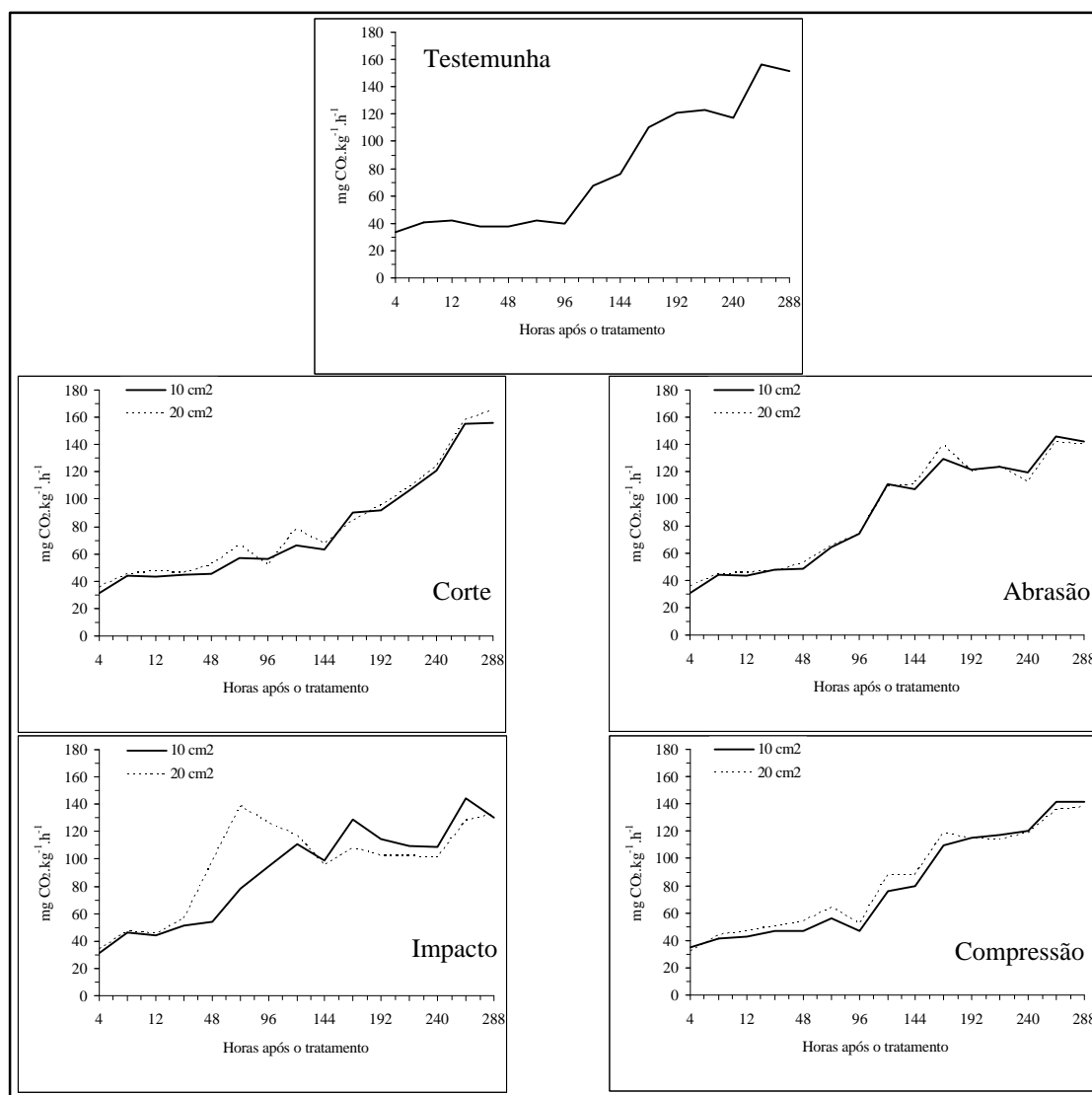


Figura 6 – Respiração de bananas ‘Prata Anã’ ao longo do tempo de armazenamento a 21,4 °C e 80 % de UR em função das áreas e tipos de dano mecânico.

A respiração dos frutos submetidos aos danos por corte, abrasão e compressão com áreas 10 e 20 cm<sup>2</sup>, assim como o dano por impacto com a área de 10 cm<sup>2</sup>, não apresentaram diferenças evidentes em relação à testemunha como antecipação do pico climatérico ou maior pico de produção de CO<sub>2</sub> (figura 6). Apenas o dano por impacto com área de 20 cm<sup>2</sup> apresentou antecipação do pico climatérico em relação à testemunha (figura 6), estando de acordo com Lladó e Domingues (1998) que citam a

antecipação do climatério do fruto em resposta à injúria mecânica. Este fenômeno é confirmado pela maior rapidez apresentada pelos frutos submetidos à injúria por impacto em 20 cm<sup>2</sup> em atingir o estágio de cor da casca 6, ou seja, fruto com a casca totalmente amarela. Possivelmente, a antecipação do pico climatérico deve-se ao fato que o dano por impacto promove injúria em profundidade, atingindo os tecidos da casca e da polpa (capítulo 2).

### Conclusões

- Os frutos submetidos ao dano mecânico por abrasão apresentaram maior perda de massa fresca (%), perda de massa fresca diária (%) e extravasamento de eletrólitos (%).
- Os danos por corte, abrasão e impacto numa área de 20 cm<sup>2</sup> induziram maior perda de massa fresca (%) e maior perda de massa fresca diária (%) pelos frutos em relação à área de 10 cm<sup>2</sup> do mesmo tipo de dano.
- O dano por impacto numa área de 20 cm<sup>2</sup> antecipou o pico climatérico e o amadurecimento de bananas ‘Prata Anã’.

### Referências Bibliográficas

- BANKS, N. H.; JOSEPH, M. Factors affecting resistance of banana fruit to compression and impact bruising. **J. Sci. Food Agric.**, n. 56, p. 315-323, 1991.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio.** Lavras: ESAL / FAEPE, 1990. 320p.
- DADZIE, B. K.; ORCHARD, J. E. **Routine post-harvest screening of banana/plantain hybrids: criteria and methods.** Inibap Technical Guidelines 2.

- Montpellier: International Network for the Improvement of Banana and Plantains, 1997. 63 p.
- FERRIS, R. S. B.; HOTSONYAME, G. K.; WAINWRIGHT, H.; TOMPSON, A. K. The effects of genotype, damage, maturity, and environmental conditions on the postharvest life of plantain. **Tropical Agriculture**. v. 70, n.1, p. 45-50, 1993.
- FERRIS, R. S. B.; WAINWRIGHT, H.; THOMPSON, A. K. The effects of morphology, maturity and cultivar on the ripening and susceptibility of plantains (AAB) to mechanical damage. **Fruits**, v. 50, n. 2, p. 101-107, 1995.
- LLADÓ, J. D. S.; DOMINGUEZ, A. M. The effects of peel abrasion on the postharvest physiology and commercial life of banana fruits. **Acta Horticulturae**, n. 490, p. 547-553, 1998.
- MATTIUZ, B. H.; DURIGAN, J. F. Efeito de injúrias mecânicas no processo respiratório e nos parâmetros químicos de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 282-287, 2001.
- MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. **Frutiséries Banana**. [2000]. Disponível em: <<http://www.integracao.gov.br/publicacoes.html>>. Acesso em: 23 junho 2001.
- MOURA, M. L.; MOURA, M. A.; PINTO, C. M. F.; FINGER, F. L. Amadurecimento de frutos de tomateiro cv. Santa Clara e de seu mutante natural "firme". **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 3-8, 2002.
- QUINTANA, M. E. G.; PAULL, R. E. Mechanical injury during postharvest handling of 'Solo' papaya fruit. **Journal of American Society of Horticultural Science**, v. 118, n. 5, p. 618-622, 1993.
- SOUZA, A. L. B.; CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B.; MACHADO, J. C. Respostas bioquímicas em tecidos de pêssgo ferido mecanicamente e tratado com CaCl<sub>2</sub> no local da injúria. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 3, p. 658-666, 1999.

WHILTON, T. H.; BASSUK, N. L.; RANNEY, T. G.; REICHERT, D. L. An improved method for using electrolyte leakage to assess membrane competence in plant tissues. **Plant Physiology**, v. 98, p. 198-205, 1992.

## **CAPÍTULO 4**

### **ALTERAÇÕES FÍSICAS E METABÓLICAS INDUZIDAS POR DANO MECÂNICO EM BANANAS ‘PRATA ANÃ’ MANTIDAS SOB TEMPERATURA AMBIENTE**

Resumo – O objetivo deste trabalho foi verificar as alterações físicas e metabólicas induzidas por estresse mecânico em bananas ‘Prata Anã’ mantidas em temperatura ambiente (25,4 °C e 82 % de UR). Foi utilizado o esquema em parcelas subdivididas no tempo, constituído de testemunha e quatro fontes de dano mecânico: corte, abrasão, impacto e compressão, com amostragens ao longo do tempo, no delineamento inteiramente casualizado. Foram avaliadas a evolução de cor da casca, as porcentagens de perda de massa fresca acumulada e diária, a respiração dos frutos, o extravasamento de eletrólitos da região danificada da casca, os teores de açúcares solúveis totais e amido e a atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase. Os danos por corte e abrasão promoveram maior porcentagem de perda de massa fresca. Todos os tipos de dano mecânico aumentaram extravasamento de eletrólitos em relação à testemunha ao longo do período de avaliação. O dano por impacto antecipou o pico climatérico e o amadurecimento, além de prejudicar a conversão de amido em açúcares solúveis totais na polpa. A atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase na casca foi aumentada em até 230,57 e 89,58 %, e 618,40 e 956,59 % pelas injúrias de impacto e abrasão, respectivamente, em relação à atividade observada nos frutos não danificados.

### **PHYSICAL AND METABOLIC ALTERATIONS INDUCED BY MECHANICAL DAMAGE ON ‘PRATA ANÃ’ BANANAS KEPT UNDER ROOM TEMPERATURE**

Abstract – The objective of this work was to verify the physical and metabolic alterations induced by mechanical damage on ‘Prata Anã’ bananas maintained under room condition (25,4 °C and 82 % of RH). An experiment was set up on a completely random design following a split-plots in time, constituted of control and four sources of mechanical injuries: cut, abrasion, impact and compression, with samplings along of the time. The skin color evolution, the percentages of accumulated and daily fresh mass loss, respiration of fruits, electrolyte leakage of the injured region of the skin, total soluble sugars and starch content and the activity of the polyphenoloxidase and peroxidase enzymes were evaluated. The damages caused by cut and abrasion promoted greater percentage of fresh mass loss. All the kinds of mechanical damage increased electrolyte leakage in relation to control along of the evaluation period. The damage by impact anticipated the climacteric peak and ripening, besides harming the conversion of the starch into total soluble sugars in the flesh. The polyphenoloxidase and peroxidase activity in the skin was increased in up to 230,57 and 89,58 %, and of 618,40 and 956,59 % by the injuries of impact and abrasion, respectively, in relation to control.

### **Introdução**

As bananas apresentam respostas físicas e fisiológicas ao dano mecânico. As respostas físicas estão ligadas principalmente à sua aparência, com o aparecimento de sintomas avançados de necrose e lignificação na região danificada (Lladó & Dominguez, 1998). Em função das respostas fisiológicas, a banana que sofre injúria mecânica apresenta alterações de cor e sabor, amaciamento dos tecidos, amadurecimento mais rápido devido ao aumento na respiração e produção de etileno, maior perda de peso (perda de água), maior invasão de microorganismos (Dadzie &

Orchard, 1997; Lladó & Dominguez, 1998) e maior atividade enzimática na área do dano (Lladó & Dominguez, 1998). O fermento conduz a um acréscimo na taxa respiratória e aumento na perda de matéria seca e de água. As feridas podem ser cicatrizadas mas, antes disso, ocorre uma perda fisiológica considerável. O produto injuriado aumenta significativamente a liberação de CO<sub>2</sub> e captação de O<sub>2</sub>. As células mais próximas do ponto injuriado, que não foram mortas no processo, respiram muito mais rapidamente. Esse aumento na taxa de respiração é tido como responsável pela produção de compostos que oferecem resistência contra o ataque microbiológico. A evolução de etileno da parte ferida pode desencadear o amadurecimento dos frutos injuriados e dos frutos sadios próximos, armazenados na mesma caixa, câmara ou depósito (Chitarra & Chitarra, 1990).

O resultado de todas estas alterações é uma banana de pior qualidade, com menor preço de venda, além de maior perda (Dadzie & Orchard, 1997).

Ferris et al. (1993 e 1995), trabalhando com três genótipos de plátanos e três pontos de colheita (definidos pelo período entre a emissão da inflorescência e a colheita do cacho), observaram que o dano por abrasão (18 cm<sup>2</sup>) reduziu o tempo de amadurecimento e aumentou a taxa de perda de matéria fresca dos frutos. Essa antecipação no amadurecimento, provavelmente, deveu-se ao aumento da permeabilidade ao vapor d'água, que por sua vez aumentou a perda de matéria fresca. Segundo Littman (1972a e 1972b) e Finger et. al (1995), a perda de umidade causa aumento na taxa de respiração e na produção de etileno do fruto climatérico, reduzindo o período pré-climatérico e, conseqüentemente, antecipando o amadurecimento.

Nos mesmos trabalhos citados anteriormente, Ferris et al. (1993 e 1995) observaram que o dano por impacto (680 e 750 mJ cm<sup>-2</sup>) reduziu o tempo de maturação de frutos colhidos 85 dias após a emissão da inflorescência. O dano por corte (5 cm de comprimento e 1 cm de profundidade) também promoveu a redução do período de

amadurecimento sem afetar a perda de massa fresca em relação aos frutos-controle. Porém, o dano por compressão (10,2 kgf cm<sup>-2</sup>) não mostrou efeito nas características avaliadas comparativamente aos frutos não danificados. Entretanto, Maxie et al. (1968) mostraram que os frutos danificados por compressão apresentaram redução substancial do período pré-climatérico. A diferença entre os resultados obtidos nesses trabalhos se deve às diferentes intensidades de estresse aplicado bem como os genótipos utilizados, evidenciando que o grau de integridade da casca é determinante do período necessário para o amadurecimento dos frutos.

Lladó & Domingues (1998) também constataram que o dano mecânico por abrasão antecipou o amarelecimento da casca e a evolução autocatalítica de etileno em bananas, reduzindo o período pré-climatérico. No entanto, esses autores observaram que a produção máxima de etileno não diferiu entre os frutos intactos e os que sofreram algum tipo de dano mecânico. A injúria mecânica também acelerou o amaciamento dos tecidos e a conversão de amido em açúcares solúveis, enquanto a atividade da ACC oxidase, enzima chave na síntese de etileno (Kays, 1991), atingiu o nível máximo logo após a injúria, o que, nos frutos não danificados mecanicamente, ocorreu no período pós-climatérico.

Ainda em relação às respostas fisiológicas, a injúria pode promover o rompimento das células da epiderme, desencadeando reações enzimáticas e, conseqüentemente, o surgimento de regiões escurecidas no local afetado devido ao extravasamento e exposição do líquido celular à ação enzimática, que promove a oxidação de compostos fenólicos a quinonas (Radi et al., 1997). Em resposta a determinados tipos de estresse, observa-se também aumento de atividade de enzimas responsáveis por mecanismos de defesa dos tecidos vegetais, como fenilalanina amonialiase (Hahlbrock & Scheel, 1989) e peroxidase amônica (Lagrimini, 1987), que estão ligadas à síntese de lignina

(Hahlbrock & Scheel, 1989 e Lagrimini, 1987), e polifenoloxidase, que está envolvida no escurecimento da região danificada (Mayer & Harel, 1979; Bower & Cutting, 1988).

Duas enzimas são as principais causadoras do escurecimento da região danificada: a peroxidase e a polifenoloxidase, com destaque para a última (Mizobutsi, 2002; Enzimelab, 2004; International Working Group on Plant Peroxidases, 2004; Taiz & Zeiger, 2004).

As polifenoloxidases pertencem ao grupo das enzimas óxido-redutases. Esta classe de enzimas possui uma série de nomes triviais provenientes do seu substrato preferencial, como: tirosinase, cresolase, fenolase, ortodifenol oxidase e catecolase (Whitaker, 1972).

O escurecimento dos tecidos vegetais é iniciado pela oxidação enzimática de compostos fenólicos pelas polifenoloxidases. O produto inicial da oxidação é a quinona, que rapidamente se condensa, formando pigmentos escuros insolúveis, denominados melanina. A quinona também pode reagir não enzimaticamente com outros compostos fenólicos, aminoácidos e proteínas, formando também a melanina (Araújo, 1990; Araújo, 1999). A condensação e polimerização das quinonas levam à formação de polímeros amorfos, insolúveis e altamente estáveis (Mathew & Parpia, 1971).

De acordo com Underhill e Critchley (1995), esta enzima, quando 'in vivo', é encontrada ligada às membranas celulares, sendo ativada somente quando liberada destas, ou seja, quando a membrana celular sofre algum dano. Em seguida, a enzima oxida compostos fenólicos convertendo estes em quinonas. A polifenoloxidase é inibida pelas quinonas formadas, reduzindo assim sua atividade. Ataque de insetos e patógenos, alterações fisiológicas e danos mecânicos ocorridos no tecido vegetal provocam o rompimento da membrana celular, propiciando maior contato entre as enzimas e seus substratos, podendo atuar dentro e fora da célula.

As peroxidases são enzimas que utilizam o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ) como aceptor de elétrons para catalisar uma série de reações oxidativas (International Working Group on Plant Peroxidases, 2004; Gaspar et al., 1982). Estão localizadas na parede celular, cloroplastos, vacúolos, retículo endoplasmático, complexo de Golgi, mitocôndria e vesículas das células vegetal (Gaspar et al., 1982). Também são responsáveis pela remoção do peróxido de hidrogênio dos cloroplastos e citossol, oxidação de compostos tóxicos, biossíntese e lignificação da parede celular, resposta de defesa contra ferimentos, catabolismo do ácido indolacético e biossíntese de etileno (International Working Group on Plant Peroxidases, 2004). Danos na membrana plasmática, causados por ruptura mecânica ou ação de enzimas proteolíticas, ativam as peroxidases que são proteínas de membrana (Reimann et al., 1992).

Souza et al. (1999) trabalhando com pêssegos, observaram que a indução de ferimentos antecipou e intensificou os picos de atividade da fenilalanina amonialiase e das enzimas oxidativas polifenoloxidase e peroxidase.

Em tomate, registram-se menores teores de sólidos solúveis totais em frutos danificados mecanicamente que também apresentaram amadurecimento acelerado em função de uma maior produção de etileno (Akinbolu et al., 1991). O etileno, por sua vez, aumenta a atividade da enzima pectinametilsterase (PME) e de outras enzimas próximo ao tecido injuriado (Awoh et al., 1982). Os tomates danificados mecanicamente também têm reduzida a acidez total titulável (Akinbolu et al., 1991).

Em goiabas ‘Paluma’ e ‘Pedro Sato’, frutos danificados mecanicamente também apresentam redução nos valores de acidez titulável, sólidos solúveis totais e açúcares redutores e totais, provavelmente devido à utilização destes compostos como substrato respiratório, evidenciado pelo aumento da quantidade de  $CO_2$  produzido (Mattiuz & Durigan, 2001).

Existem poucos trabalhos sobre os efeitos de danos mecânicos em bananas 'Prata Anã'. Portanto, o objetivo deste trabalho foi verificar as alterações físicas e metabólicas induzidas por estresse mecânico em bananas 'Prata Anã' mantidas em condição ambiente.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido nos Laboratórios de Pós-Colheita e de Análise de Frutas do Setor de Fruticultura do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizadas bananas (*Musa* spp.) 'Prata Anã' (AAB) obtidas em pomar comercial da Fazenda Cachoeira do Salto, de propriedade da Agropecuária Veloso Maia, localizada no Município de Verdelândia, MG (15° 24' S, 43° 43' W, 480 m de altitude, clima do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen).

O experimento foi montado segundo o esquema em parcelas subdivididas no tempo, sendo os tratamentos constituídos de testemunha ou ausência de dano mecânico (T1) e quatro fontes de dano mecânico: corte (T2), abrasão (T3), impacto (T4) e pressão ou compressão (T5), com amostragens ao longo do tempo por um período de 9 dias, no delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições e 3 frutos por parcela.

Os cachos foram colhidos em novembro de 2003 quando os frutos centrais da segunda penca atingiram o diâmetro de  $36 \pm 2$  mm. Uma vez colhidos, os cachos foram lavados com água na casa de embalagem da propriedade, sendo então despencados. A segunda, a terceira e a quarta pencas de cada cacho foram identificadas, envolvidas em plástico bolha e acondicionadas em caixas de papelão ondulado. As caixas foram transportadas para o Laboratório de Pós-Colheita da Universidade Federal de Viçosa, onde os frutos foram individualizados por um corte rente à almofada floral e lavados em solução de detergente a 0,2% por cinco minutos. Após este processo, os frutos foram

acondicionados em caixas plásticas forradas com papel picado e mantidos em condição ambiente (médias de  $25,4 \pm 1,9$  °C e  $82 \pm 9,1$  % de umidade relativa do ar) até e após o momento de aplicação dos tratamentos.

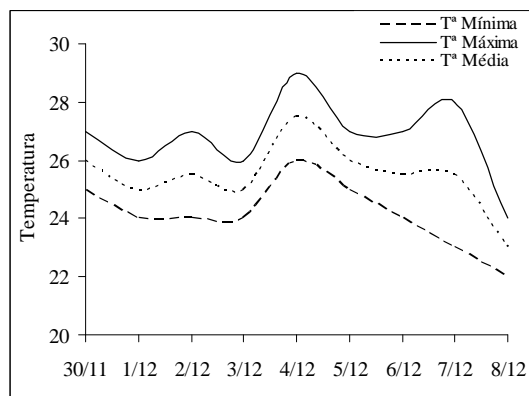


Figura 1- Temperaturas máxima, média e mínimas do ambiente durante a condução do experimento. Viçosa, 2003.

Frutos com a casca totalmente verde, ou seja, no índice de cor da casca 1 (Dadzie & Orchard, 1997), foram danificados por impacto, pressão ou compressão, abrasão e corte. Os frutos foram danificados, um de cada vez, na região central, entre duas quinas, perfazendo duas áreas com  $10 \text{ cm}^2$  cada uma, totalizando  $20 \text{ cm}^2$ . Cada área de  $10 \text{ cm}^2$  possuía 2 cm de largura e 5 cm de comprimento.

O dano por corte foi feito com o auxílio de um estilete na profundidade de 2 mm, sendo efetuados três cortes distanciados 1 cm um do outro, com 5 cm de comprimento. O dano por abrasão foi feito com o auxílio de uma lixa d'água nº 80, sendo esfregada por toda área previamente demarcada. O dano por impacto foi feito de acordo com metodologia descrita por Dadzie e Orchard (1997), soltando-se sobre os frutos uma esfera de aço com 66 gramas, à altura de 1,5 metro. O fruto foi colocado sobre uma espuma para minimizar danos adicionais do lado oposto ao do teste, sendo um tubo de PVC usado para direcionar a queda da esfera. A energia de impacto é calculada pela equação  $E = m.g.h$ ; ( $m$  = massa da esfera;  $g$  = constante gravitacional,  $9,81 \text{ m/s}^2$ ;  $h$  =

altura da queda), sendo de 971,2 mJ. O dano por compressão foi feito mantendo-se apoiado sobre o fruto um peso de 3 kg durante 5 minutos.

Foram avaliadas a evolução da cor de acordo com o índice de cor da casca (Dadzie & Orchard, 1997), a porcentagem de perda de massa fresca por gravimetria, a taxa de perda de massa fresca, ou seja, porcentagem de perda de massa fresca diária, a respiração dos frutos por meio de cromatografia gasosa, expressa em mg de CO<sub>2</sub> produzidos por 1 kg de fruto durante 1 hora, o extravasamento de eletrólitos da região danificada da casca, os teores de açúcares solúveis totais, amido e a atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase.

A evolução de cor, a porcentagem acumulada de perda de massa fresca, a taxa diária de perda de massa fresca e a respiração foram determinadas diariamente em amostras em duplicata, constituídas por três frutos.

O extravasamento de eletrólitos, os teores de açúcares solúveis totais, amido e as atividades das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) foram determinados a cada dois dias. Para isto, os frutos foram amostrados aleatoriamente durante o processo de amadurecimento.

Os frutos foram pesados em conjunto para determinação da redução diária de massa fresca e tiveram sua coloração avaliada individualmente segundo a escala de cores de 1 a 7, descrita por Dadzie e Orchard (1997), utilizada comercialmente e que padroniza a evolução da cor durante a maturação. Assim: 1. fruto completamente verde; 2. fruto levemente verde; 3. fruto com pronunciada tonalidade amarela, com 50% de cor verde e 50% de cor amarela; 4. fruto mais amarelo do que verde; 5. fruto amarelo com as extremidades verdes; 6. fruto completamente amarelo; 7. fruto amarelo, com manchas castanhas.

Para determinação da produção de CO<sub>2</sub>, três frutos foram colocados em recipiente com capacidade para 3,3 litros, hermeticamente fechado, por um período de 30 minutos.

As taxas de evolução de CO<sub>2</sub> foram determinadas por cromatografia gasosa. Utilizou-se um cromatógrafo Gow Mac Série 550 equipado com detector de condutividade térmica e coluna de alumínio preenchida com PORAPAK Q, sendo as condições de trabalho: temperatura da coluna de 50 °C, temperatura do injetor de 80 °C, temperatura do detector de 70 °C, fluxo do gás de arraste de 40 ml minuto<sup>-1</sup>, atenuação 4 e voltagem de 150 mV. A quantificação do CO<sub>2</sub> foi feita por comparação dos picos produzidos pela amostra, no cromatograma, e os produzidos pela injeção de uma alíquota padrão contendo 5,96 % mol de CO<sub>2</sub> por mol de mistura CO<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>.

O extravasamento de eletrólitos foi determinado de acordo com metodologia descrita por Whilton et al. (1992), sendo retirado um disco de casca por área danificada por fruto, com 1 cm de diâmetro, com auxílio de um perfurador de metal. Esta secção foi lavada em água destilada e seca superficialmente em papel absorvente, sendo em seguida incubada por 2 horas em tubo de ensaio com tampa, contendo 18 ml de água destilada, e mantida sob condição ambiente. Após este período, a condutividade elétrica foi medida com um condutivímetro SCHOT modelo CG 853. Posteriormente, os tubos contendo as amostras de casca foram autoclavados a 121 °C e 1,5 atm por 30 minutos. Após a autoclavagem, realizou-se novamente a leitura da condutividade elétrica. Os resultados foram expressos como a razão entre os valores obtidos na primeira e segunda medição, multiplicada por 100.

Foram retiradas subamostras, na região das injúrias, de aproximadamente 500 mg de polpa para determinação de amido e açúcares, e 1000 mg de casca para determinação da atividade da PPO e POD. Estas amostras foram congeladas em nitrogênio líquido (-196 °C) e armazenadas em congelador a -20° C, até o período das determinações.

Para a determinação de amido e açúcares amostras foram trituradas em politron com etanol 80 % e centrifugadas a 2000 g por dez minutos. O precipitado foi novamente extraído e centrifugado por mais três vezes, e os sobrenadantes combinados tiveram

seus volumes completados para 25 ml. Dez mililitros dos sobrenadantes combinados foram evaporados completamente, em evaporador rotativo a vácuo, a aproximadamente 45°C, e o resíduo, ressuspendido em 5 ml de água destilada, que foi armazenado em congelador, a -20° C, até o momento das análises. Deste extrato, foram tomadas alíquotas para determinação dos açúcares solúveis, por reação com antrona (Hogde & Hofreiter, 1962).

O resíduo das extrações alcoólicas foi tratado com água e ácido perclórico 52% na proporção de 1:1,3 e centrifugado a 2000 g, por dez minutos, por três vezes, permitindo-se tempos de reação, anteriores à centrifugação, de 20, 30 e 20 minutos, para as três extrações, respectivamente. Os sobrenadantes assim obtidos foram combinados, completando-se o volume para 50 ml com água destilada e utilizados para quantificação de amido, pelo método de McCready et al. (1950), modificado por Patel (1970).

Para determinação das atividades da PPO e POD, foram utilizados os métodos descritos por Flurkey e Jen (1978), Coelho (2001) e Silva (1981), com modificações.

Para obtenção do extrato enzimático, 1000 mg de casca congelada foram colocados em tubo de ensaio juntamente com 5 mililitros de tampão fosfato 0,2 M (pH = 6,0) resfriados e maceradas em politron a 20.500 r.p.m por 40 segundos. A suspensão obtida foi centrifugada a 10.000 g por 21 minutos a 4 °C. Após a centrifugação, o sobrenadante ou extrato enzimático foi colocado em outro tubo de ensaio mantido em banho de gelo.

Para determinação da atividade da PPO, foram adicionados em tubo de ensaio 1,3 mililitros de tampão fosfato 0,2 M (pH 6,0) e 1,5 mililitros de catecol 0,2 M. Este tubo foi colocado em banho termostático a 25 °C até estabilização da temperatura. Após esta operação adicionaram-se 30µL do extrato enzimático seguido de homogeneização e, a seguir, foram efetuadas 7 leituras de absorvância de 30 em 30 segundos em espectrofotômetro no comprimento de onda de 425 nm. Os resultados foram expressos

em unidades da enzima por grama de amostra calculada a partir da quantidade de extrato que acusou um aumento na absorvância de 0,001 unidades por minuto.

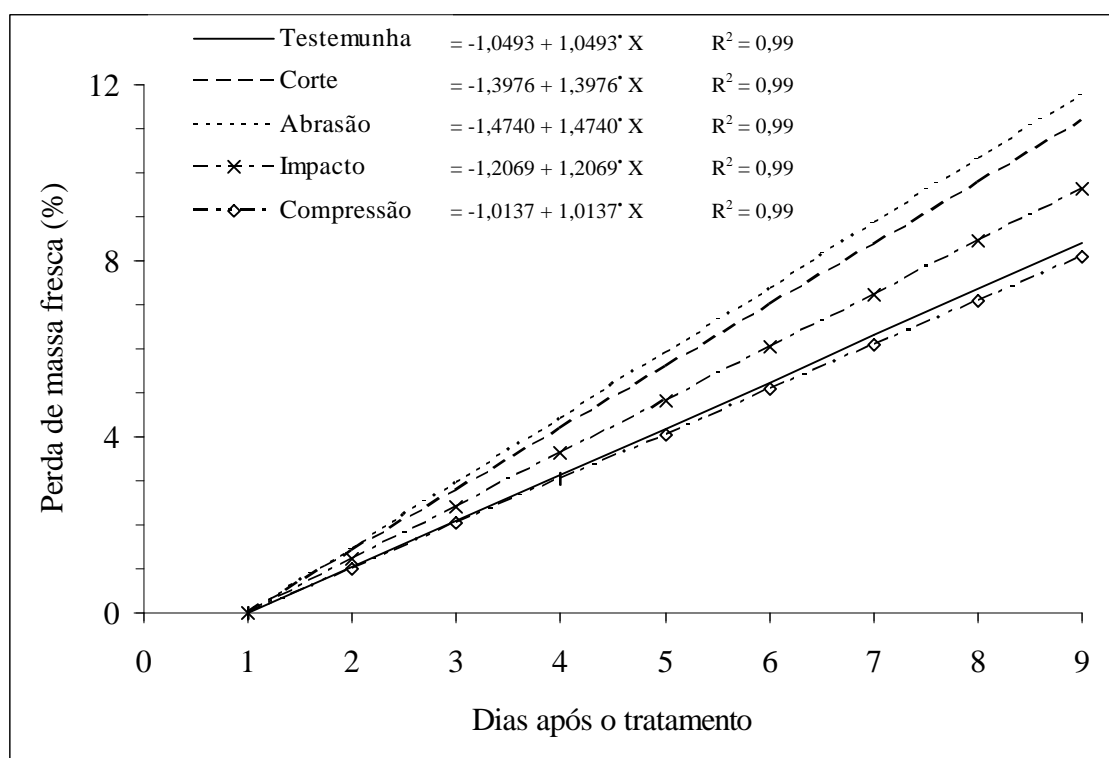
Para determinação da atividade da POD, foram adicionados em tubo de ensaio 2,0 mililitros de tampão fosfato 0,2 M (pH 6,0) com 0,5 % de guaiacol gelado. Este tubo foi colocado em banho termostático a 30 °C até estabilização da temperatura. Após esta operação, adicionaram-se 100µL do extrato enzimático e 100µL de peróxido de hidrogênio a 0,08 % seguidos de homogeneização. Imediatamente, foram efetuadas 7 leituras de absorvância de 30 em 30 segundos em espectrofotômetro a 470 nm. Os resultados foram expressos em unidades da enzima por grama de amostra, calculada a partir da quantidade de extrato que acusou um aumento na absorvância de 0,001 unidades por minuto. Todos os reagentes utilizados foram mantidos em geladeira. As soluções de catecol, guaiacol e peróxido de hidrogênio foram preparadas e armazenadas no escuro.

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. Os modelos lineares e não lineares foram escolhidos com base no potencial para explicar o fenômeno biológico em questão, no coeficiente de determinação e na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste t até o nível de 10 % de probabilidade. A análise estatística foi realizada com auxílio do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da Universidade Federal de Viçosa, SAEG V. 5.0. Para os dados de respiração e atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase, utilizou-se análise descritiva.

## **Resultados e Discussão**

Em todos os tratamentos foi observado aumento da perda de massa fresca (%) dos frutos ao longo das avaliações. Porém, os frutos danificados por corte e abrasão

apresentaram, ao final das avaliações, 11,18 e 11,79 % de perda de massa fresca, enquanto que os frutos submetidos ao dano por impacto, compressão e a testemunha perderam 9,66; 8,11 e 8,39 % de sua massa fresca, respectivamente, nove dias após a realização dos tratamentos (figura 2). Observou-se, também, intensa desidratação na região do fruto submetida ao dano por abrasão e corte com o passar do tempo. Estes resultados indicam que as injúrias por corte e abrasão tornam a banana ‘Prata Ana’ mais suscetível a perda de massa fresca, o que, conseqüentemente, traz prejuízos à toda cadeia de comercialização, haja vista que a venda dos frutos se dá baseada em peso. Além disso, os frutos desidratados e danificados têm aparência desagradável ao consumidor final.



\*Significativo a 0,1 % de probabilidade pelo teste t.

Figura 2– Perda de massa fresca acumulada (%) de bananas ‘Prata Ana’ ao longo do tempo de armazenamento a 25,4 °C e 82 % de UR, em função dos tipos de dano mecânico.

Os maiores valores de perda de massa fresca dos frutos danificados por corte e abrasão, ao longo do período de avaliação, devem-se ao fato destas injúrias exporem os

tecidos internos do fruto, no caso do corte; e retirar a cutícula das células da epiderme e do parênquima próximo da epiderme da casca, no caso da abrasão (capítulo 2). Estes tecidos funcionam como barreiras físicas à perda de água do fruto para o meio externo (Taiz & Zeiger, 2004).

Embora os frutos dos tratamentos de injúrias por corte e abrasão tenham apresentado tendência de valores superiores à perda de massa fresca por dia em relação aos demais tratamentos, não houve efeito significativo de tipo de dano mecânico sobre a perda de massa fresca diária (%) (quadro 1). Provavelmente, a perda de massa fresca diária (%) esteja mais ligada às variações das condições do ambiente como temperatura e umidade relativa do ar.

O extravasamento de eletrólitos serve como referência para verificar a integridade das membranas ou alteração da permeabilidade seletiva (Ferguson & Watkins, 1981). À medida que o fruto vai amadurecendo, as membranas vão perdendo sua permeabilidade seletiva e se rompem (Kays, 1991). Por isso, pode-se observar nos resultados o aumento do extravasamento de eletrólitos (%) nos frutos de todos os tratamentos, ao longo do tempo, em consequência do amadurecimento (figura 3).

Quadro 1 – Valores médios de perda de massa fresca diária (%) de bananas ‘Prata Anã’ mantidas a 25,4 °C e 82 % UR em função dos tipos de dano mecânico

Testemunha	Corte	Abrasão	Impacto	Compressão
1,08 a	1,40 a	1,41 a	1,21 a	1,09 a

As médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

O extravasamento de eletrólitos da casca de banana ‘Prata Ana’ mostra uma tendência de evolução ao longo das avaliações com três fases distintas: a primeira fase caracterizada por um aumento lento nos valores, a segunda fase por um aumento exponencial e a terceira e última fase que mostra uma estabilização, ou seja, um modelo

sigmoidal. Percebe-se que apenas os frutos submetidos aos danos por abrasão e impacto alcançaram a 3ª fase, enquanto que os demais atingiram apenas a 2ª fase. Possivelmente, caso as avaliações continuassem ao longo do tempo, os frutos-controle e aqueles danificados por corte e compressão atingiriam a última fase. Este mesmo comportamento pode ser observado nas avaliações de açúcares solúveis totais, amido e estágio de cor da casca (figuras 4, 5 e 6). Portanto, as características ligadas aos processos de amadurecimento de bananas, provavelmente, apresentam este tipo de comportamento quando são realizadas avaliações ao longo do tempo. Moura et. al (2002) também observaram este comportamento nos teores de carotenóides e licopeno do tomate ‘Santa Clara’. Da mesma forma, Rocha (2005) observou comportamentos semelhantes em bananas ‘Prata’.

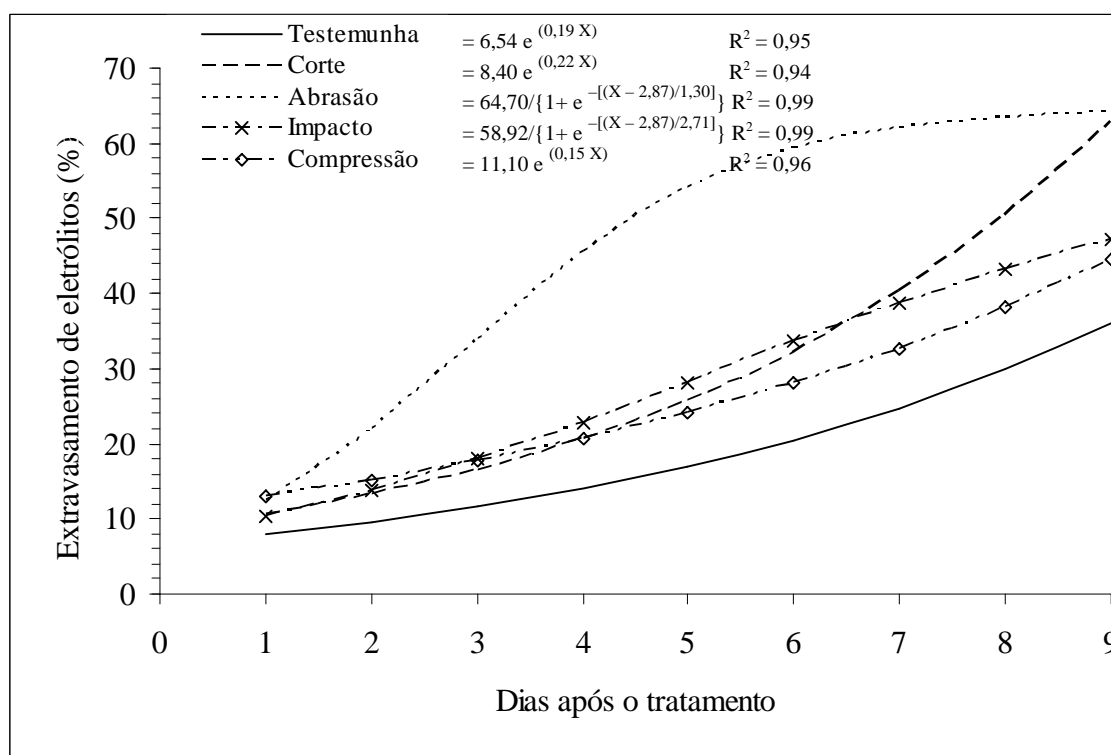


Figura 3 – Extravasamento de eletrólitos (%) da casca de bananas ‘Prata Anã’ ao longo do tempo de armazenamento a 25,4 °C e 82 % de UR, em função dos tipos de dano mecânico.

Todos os frutos submetidos aos danos mecânicos apresentaram, ao longo das avaliações, valores de extravasamento de eletrólitos (%) superiores aos da testemunha. Entretanto, a casca dos frutos submetidos ao dano por abrasão apresentou os maiores valores de extravasamento de eletrólitos durante todo o período de avaliação, alcançando valores próximos do máximo no 6º dia após a realização do tratamento. Estes mesmos frutos atingiram, no último dia de avaliação, 64,1 % de extravasamento em relação ao total de eletrólitos, enquanto que os frutos danificados por corte, impacto, compressão e a testemunha alcançaram os valores de 62,9; 47,2; 44,5 e 36,2 %, respectivamente (figura 3). Isto decorre do fato de que o dano por abrasão promove o rompimento de grande quantidade de células da epiderme. Além disso, provavelmente, a integridade das membranas celulares é afetada por todos os tipos de dano mecânico.

Os teores de açúcares solúveis totais na polpa aumentaram nos frutos de todos os tratamentos aumentaram ao longo do tempo (figura 4), bem como reduziram os teores de amido (figura 5), conforme comportamento característico da banana, onde o amadurecimento do fruto é caracterizado pela conversão de amido em açúcares solúveis totais (Marriott, 1980; Kays, 1991; Salomão, 1995; Wills et. al, 1998).

Os frutos submetidos às injúrias por corte, abrasão, impacto e compressão atingiram, ao final das avaliações, teores de açúcares solúveis totais de 23,9; 21,5; 18,2 e 23,0 %, enquanto a testemunha atingiu 20,1 % (figura 4). De maneira geral, os valores de açúcares totais na polpa dos frutos danificados foram superiores aos dos frutos-controle ao longo do período de avaliação. Este fato indica que os frutos submetidos ao dano mecânico apresentam maior velocidade de conversão de amido em açúcares solúveis totais, ou seja, amadurecimento mais rápido da polpa.

No último dia de avaliação, o teor de amido na polpa dos frutos submetidos ao dano por impacto foi de 7,2 %. Em contrapartida os teores de amido, no último dia de

avaliação, na polpa dos frutos submetidos aos danos por corte, abrasão, compressão e testemunha foram de 3,8; 2,1; 2,9 e 6,7 % (figura 5).

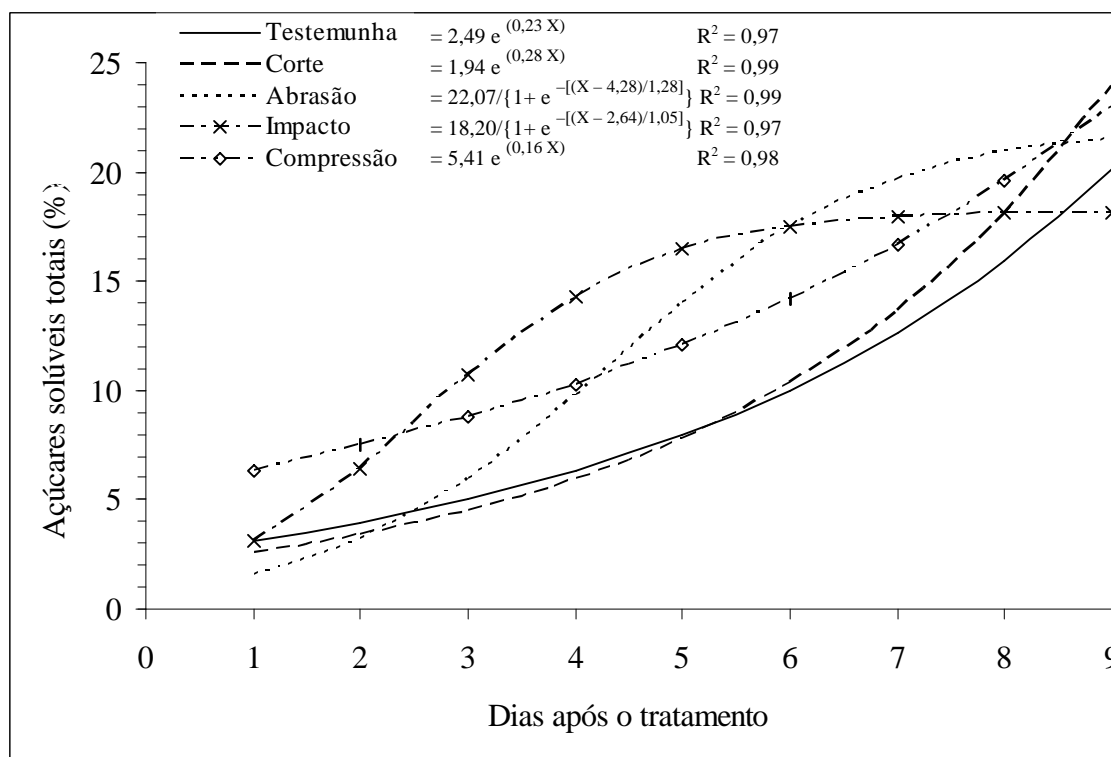


Figura 4 – Açúcares solúveis totais (%) da polpa de bananas ‘Prata Ana’ ao longo do tempo de armazenamento a 25,4 °C e 82 % de UR, em função dos tipos de dano mecânico.

A injúria de impacto provocou um prejuízo na conversão de amido em açúcares solúveis totais na polpa dos frutos. Observa-se, ao final das avaliações, que os teores de açúcares solúveis totais e amido da polpa dos frutos deste tratamento são, respectivamente, os menores e maiores em relação aos dos demais tratamentos. Este prejuízo na conversão é confirmado pela estabilização dos teores de açúcares e amido na polpa a partir do 6º dia de avaliação (figura 4 e 5). Além disso, estes teores alcançam valores próximos ao máximo e mínimo, respectivamente, antes dos demais tratamentos, indicando que os frutos submetidos ao dano por impacto amadurecem mais rápido que aqueles submetidos às injúrias por corte, abrasão e compressão, como também os frutos-

controle. Esta afirmação pode ser ratificada pelos resultados obtidos nas avaliações da evolução de cor da casca e respiração ao longo do tempo (figuras 6 e 7).

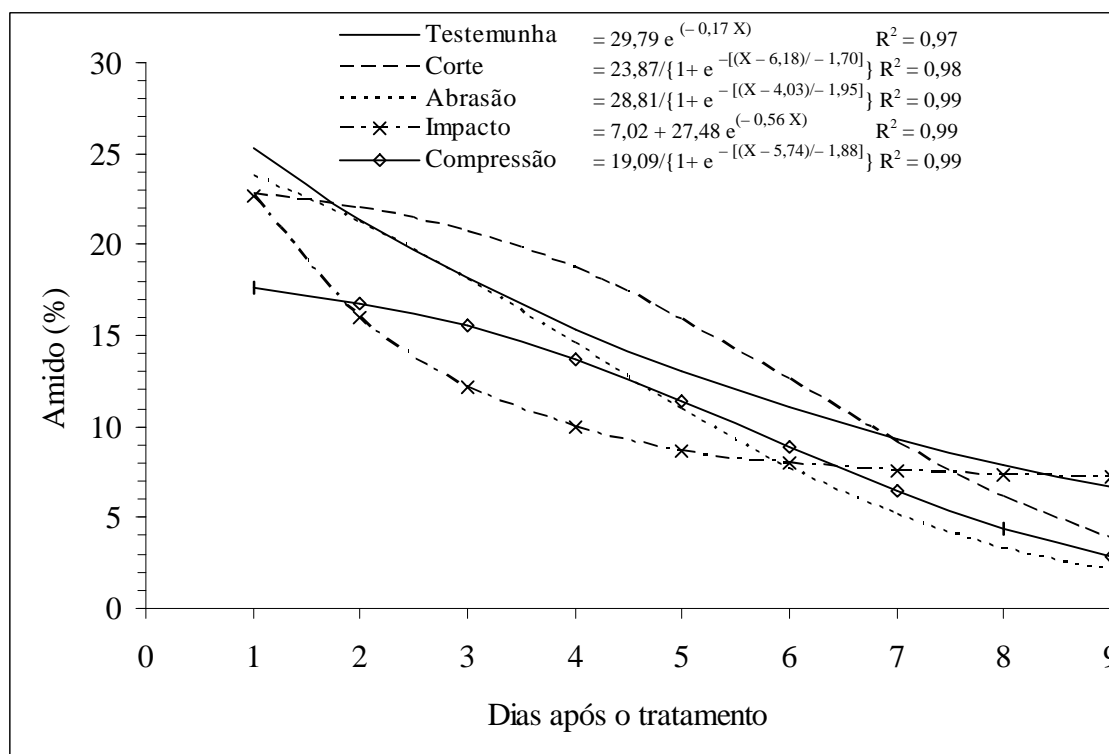


Figura 5 – Amido (%) da polpa de bananas ‘Prata Ana’ ao longo do tempo de armazenamento a 25,4 °C e 82 % de UR, em função dos tipos de dano mecânico.

A conversão de amido em açúcares solúveis totais é confirmada pelos resultados apresentados na figura 5. Em todos os tratamentos houve redução dos teores de amido na polpa de bananas ‘Prata Anã’ ao longo dos dias de avaliação (figura 5). Com exceção do dano por impacto, todos os frutos submetidos às injúrias mecânicas, apresentaram, ao final das avaliações, teores de amido na polpa inferiores aos da testemunha, indicando que nesta situação a conversão de amido em açúcares solúveis totais foi mais completa.

Os frutos de todos os tratamentos apresentaram evolução do índice de cor da casca ao longo do período de avaliações (figura 6). Este fenômeno é caracterizado pela degradação da clorofila presente nos tecidos da casca e conseqüente visualização dos carotenóides já presentes (Marriott, 1980; Kays, 1991; Wills et. al, 1998).

Apenas os frutos submetidos aos danos por abrasão e impacto ultrapassaram o índice de cor da casca 6, enquanto que os demais chegaram próximo a este índice (figura 6). Além disso, os frutos danificados por impacto atingiram o estágio de cor da casca 6 no 5º dia de avaliação. Todavia, os frutos submetidos ao tratamento de abrasão atingiram e ultrapassaram este mesmo estágio no último dia de avaliação (9º dia). Estes resultados indicam que a degradação de clorofila nos frutos submetidos ao dano por impacto foi mais rápida. A consequência disso é a redução da vida de prateleira destes frutos, pois a cor da casca é utilizada como um indicador do amadurecimento dos frutos.

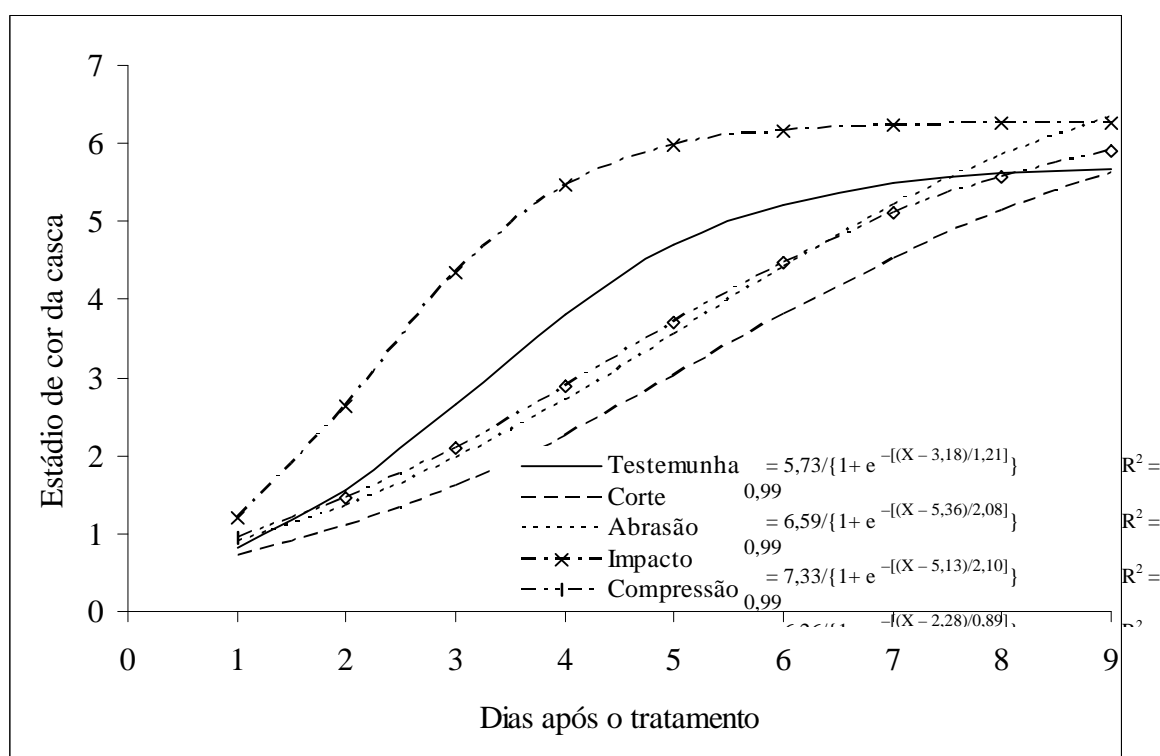


Figura 6 – Evolução do índice de cor da casca de bananas ‘Prata Anã’ ao longo do tempo de armazenamento a 25,4 °C e 82 % de UR, em função dos tipos de dano mecânico.

A maior velocidade em atingir o estágio de cor da casca 6, isto é, casca totalmente amarela, dos frutos submetidos ao dano por impacto pode ser explicada pela antecipação do pico climatérico respiratório dos frutos deste tratamento em relação aos da testemunha e aos dos demais tipos de dano mecânico, os quais não apresentaram pico

de produção de CO<sub>2</sub> antes da testemunha (figura 7). Este resultado confirma as tendências apresentadas pelos teores de açúcares solúveis totais e amido (figuras 4 e 5).

Embora seja citado na literatura que a perda de massa fresca antecipa o pico climatérico (Littman, 1972a e 1972b; Marriott, 1980, Finger et. al., 1995), este comportamento não foi observado nos danos por corte e abrasão que apresentaram maior perda de massa fresca (%) ao longo de todo o período de avaliação.

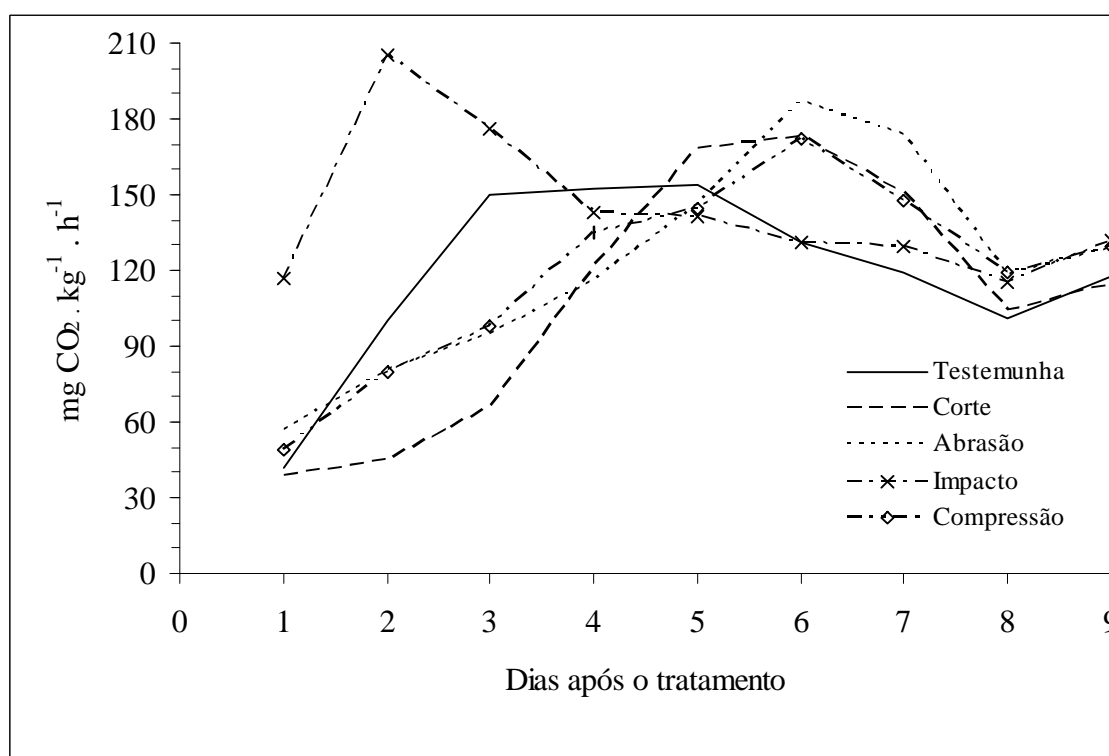


Figura 7 – Taxa respiratória de bananas ‘Prata Anã’ ao longo do tempo de armazenamento a 25,4 °C e 82 % de UR em função dos tipos de dano mecânico.

Os picos climatéricos atingiram maior magnitude nos frutos injuriados, comparativamente aos não-injuriados. Os frutos danificados por corte, abrasão, impacto e compressão atingiram picos de produção de CO<sub>2</sub> de 172,9; 187,3; 205,0 e 172,1 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, respectivamente, enquanto que os da testemunha atingiram 154,1 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> (figura 7). Estes maiores valores de produção de CO<sub>2</sub> no pico climatérico podem estar relacionados às respostas de defesa e cicatrização dos frutos que necessitam da

energia proveniente da respiração (Taiz e Zeiger, 2004). A consequência de tudo isto é o maior consumo de substratos respiratórios (Kays, 1991).

A casca de bananas 'Prata Anã' apresentou pico de atividade da polifenoloxidase no 7º dia após a realização dos tratamentos, momento também em que os frutos dos tratamentos de dano por impacto (1.888,9 unidades grama<sup>-1</sup>), abrasão (1.083,3 unidades grama<sup>-1</sup>) e corte (718,26 unidades grama<sup>-1</sup>) apresentaram os picos de atividade superiores ao do dano por compressão (579,4 unidades grama<sup>-1</sup>) e da testemunha (571,4 unidades grama<sup>-1</sup>), evidenciando a resposta dos frutos a estas injúrias (figura 8). Estes resultados indicam um aumento de até 25,7 %; 89,6 % e 230,6 % na atividade da enzima polifenoloxidase dos frutos danificados por corte, abrasão e impacto, em relação aos da testemunha. Portanto, os danos por impacto e abrasão, com destaque para o dano por impacto, promoveram um acréscimo substancial da atividade desta enzima em relação aos demais tratamentos. Isso confirma que o aumento da atividade da PPO está diretamente relacionado com o rompimento de células.

Como nos tratamentos de dano mecânico o tecido vegetal sofre diversas injúrias, ocorre a produção de fenóis e liberação de peróxido de hidrogênio em resposta ao estresse (Buchanan et al., 2000; Taiz & Zeiger, 2004). As enzimas oxidativas são ativadas pela ruptura das membranas celulares (Ferrer et al., 1989), atuando na oxidação de compostos fenólicos (Siddiq et al., 1992) e na biossíntese de lignina (Lagrimini, 1991). O escurecimento observado da região afetada na casca ocorreu devido ao colapso celular, confirmado pelo extravasamento de eletrólitos, conduzindo à mistura de enzimas e substratos, que resulta na oxidação enzimática de substratos incolores que, na presença de oxigênio, são convertidos a produtos de cor escura (Ju & Zhu, 1988).

O comportamento da atividade da peroxidase na casca de banana 'Prata Anã' foi semelhante ao comportamento da atividade da polifenoloxidase ao longo do tempo e em

função dos tratamentos aplicados. Da mesma forma, as peroxidases, que são proteínas de membrana, são ativadas por ruptura mecânica (Reimmann et. al, 1992).

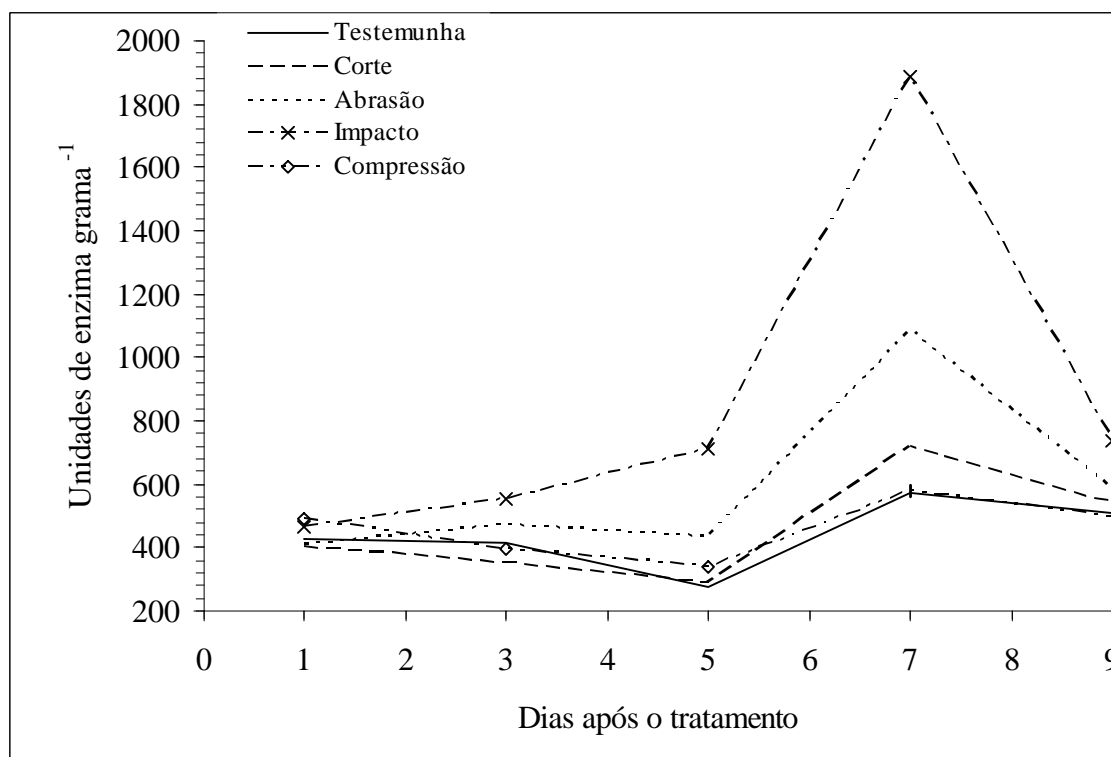


Figura 8 – Atividade da polifenoloxidase da casca de bananas ‘Prata Anã’ ao longo do tempo de armazenamento a 25,4 °C e 82 % de UR em função dos tipos de dano mecânico.

Assim como a atividade da polifenoloxidase, a peroxidase apresentou pico de atividade nos frutos dos tratamentos de dano por abrasão (12.515,3 unidades grama<sup>-1</sup>), impacto (8.509,5 unidades grama<sup>-1</sup>), compressão (1.726,3 unidades grama<sup>-1</sup>) no 7º dia após o tratamento e na testemunha (1.184,5 unidades grama<sup>-1</sup>) no 5º dia após o tratamento, embora neste caso o pico tenha sido mais discreto. No caso do dano por corte, não foi observado pico de atividade da peroxidase e sim aumento da atividade desta enzima até último dia de avaliação (4.860,7 unidades grama<sup>-1</sup>) (figura 9). Além disso, a atividade da peroxidase na região do fruto afetada pelos danos por impacto, abrasão e corte foi superior à atividade da mesma, nos frutos-controle e naqueles submetidos ao dano por compressão (figura 9).

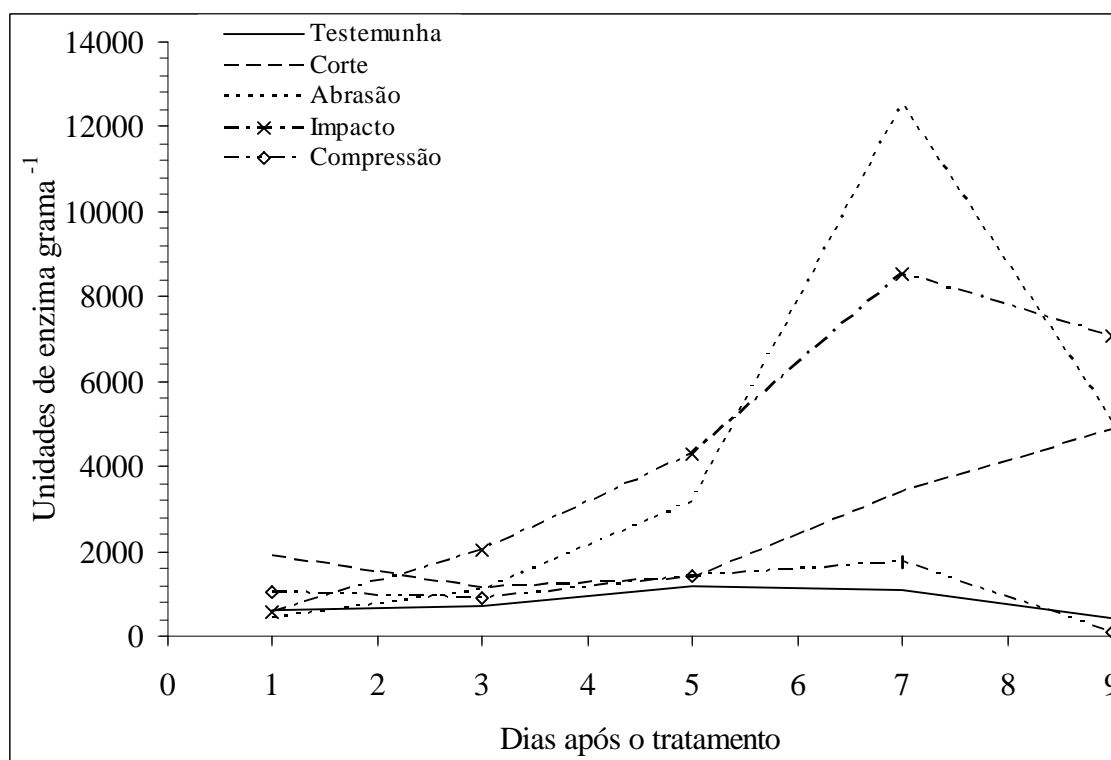


Figura 9 – Atividade da peroxidase da casca de bananas ‘Prata Anã’ ao longo do tempo de armazenamento a 25,4 °C e 82 % de UR em função dos tipos de dano mecânico.

Considerando os valores alcançados no pico de atividade da peroxidase, os resultados indicam um aumento de até 310,36; 956,59 e 618,40 % na atividade desta enzima nos frutos danificados por corte, abrasão e impacto em relação aos da testemunha. Portanto, os danos por abrasão e impacto, com destaque para o dano por abrasão, promoveram um acréscimo substancial da atividade desta enzima em relação aos demais tratamentos.

Os resultados de aumento da atividade da polifenoloxidase e peroxidase confirmam o estresse sofrido pelos frutos submetidos, principalmente, às injúrias por corte, abrasão e impacto. O escurecimento da região danificada em função da atividade das enzimas oxidativas tem como consequência uma aparência desagradável ao consumidor, podendo haver alterações no sabor. Nos mercados mais exigentes, frutos com estes sintomas são rejeitados e muitas vezes jogados fora, contribuindo para o desperdício de alimento.

De forma geral, o dano por compressão aplicado não promoveu efeito nocivo no fruto. Provavelmente, o fruto no estágio de cor da casca 1 apresenta tolerância a este tipo de dano mecânico com a intensidade aplicada.

Estes quatro tipos de dano mecânico podem ocorrer em qualquer ponto da cadeia de comercialização da banana 'Prata Anã' (capítulo 1), sendo função da tecnologia adotada na colheita e pós-colheita. Áreas pouco tecnificadas estão propensas a altos índices de frutos danificados e conseqüentemente, altos valores de perdas pós-colheita. Nestes locais, geralmente, a mão-de-obra não é treinada e qualificada, os frutos são colhidos e despencados no chão, o transporte dentro da lavoura é feito sem nenhum tipo de proteção, são utilizadas embalagens de madeira ou outras embalagens com carga acima da recomendada, os frutos são transportados em estradas sem conservação e em caminhão aberto, o manuseio é inadequado durante a climatização, distribuição e varejo.

### **Conclusões**

- Os danos por corte e abrasão aumentaram a perda de massa fresca (%) e o extravasamento de eletrólitos dos frutos.
- O dano por impacto acelerou o amadurecimento da banana 'Prata Anã' além de prejudicar a conversão de amido em açúcares solúveis totais na polpa.
- A atividade das enzimas polifenoxidase e peroxidase na casca de bananas 'Prata Ana' foi aumentada pelas injúrias de impacto e abrasão.
- A banana 'Prata Anã' no estágio de cor da casca 1 apresentou tolerância ao dano por compressão aplicado.

### **Referências Bibliográficas**

- ARAÚJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. Viçosa, MG: Editora UFV, 1999. 416 p.
- ARAÚJO, S. A. Escurecimento enzimático de alimentos. **Boletim técnico**. Universidade Federal de Viçosa, v. 231, 14 p. 1990.
- AKINBOLU, A. M.; UKOH, U. U.; NEGBENEBOR, C. A.; IGENE, J. O. Evaluation of post-harvest losses and quality changes in tomatoes in Borno State, Nigeria. **Tropical Science**, n. 31, p. 235-242, 1991.
- BOWER, J. P.; CUTTING, J. G. M. Avocado fruit development and ripening physiology. **Horticultural Reviews**, v. 10, p. 229-271, 1988.
- BUCHANAN, B. B.; GRUISSSEN, W.; JONES, R. L. **Biochemistry e molecular biology of plants**. Rockville: American Society of Plant Physiologists, 2000. 1367 p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL / FAEPE, 1990. 320p.
- COELHO, A. F. S. **Qualidade de alface americana (*Lactuca sativa* L.) minimamente processada**. 2001. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.
- DADZIE, B. K.; ORCHARD, J. E. Routine post-harvest screening of banana/plantain hybrids: criteria and methods. **Inibap Technical Guidelines 2**. Montpellier: International Network for the Improvement of Banana and Plantains, 1997. 63 p.
- ENZIMELAB. **Eastern Connecticut State University**. [2004]. Disponível em: <[http://koning.easternct.edu/Plant\\_Physiology/enzymelab.html](http://koning.easternct.edu/Plant_Physiology/enzymelab.html)>. Acesso em: 15 de maio de 2004.

- FERRIS, R. S. B.; HOTSONYAME, G. K.; WAINWRIGHT, H.; TOMPSON, A. K. The effects of genotype, damage, maturity, and environmental conditions on the postharvest life of plantain. **Tropical Agriculture**. v. 70, n.1, p. 45-50, 1993.
- FERRIS, R. S. B.; WAINWRIGHT, H.; THOMPSON, A. K. The effects of morphology, maturity and cultivar on the ripening and susceptibility of plantains (AAB) to mechanical damage. **Fruits**, v. 50, n. 2, p. 101-107, 1995.
- FERRER, A. S.; BRU, R.; GARCIA-CARMONA, F. Novel procedure for extraction of a latent grape polyphenoloxidase using temperature-induced phase separation in Triton X-114. **Plant Physiology**, v. 91, p. 1481-1487, 1989.
- FERGUNSON, I. B.; WATKINS, C. B. Ion relation of apple tissue during fruit development and ripening: I. Cation leakage. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 8, p. 155-164, 1981.
- FINGER, F. L.; PUSCHMANN, R.; BARROS, R. S. Effects of water loss on respiration, ethylene production and ripening of banana fruit. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Brasília, v. 7, n. 1, p. 95-114, 1995.
- FLURKEY, W. H.; JEN, J. J. Peroxidase e polyphenol oxidase activities in developing peaches. **Journal of Food Science**, v. 43, n. 6, p.1826-1831, 1978.
- GASPAR, T. H.; PENEL, C.; THORPE, T.; GREPIN, H. **Peroxidases 1970-1980**. Geneva: Universidade de Geneva, Centre de Botanique, 1982, 342 p.
- HAHLBROCK, K.; SCHELL, O. Physiology and molecular biology of phenylpropanoid metabolism. **Annual Review of Plant Physiology**, v. 40, p. 347-369, 1989.
- HODGE, J. E.; HOFREITER, B. T. Determination of reducing sugars and carbohydrates. In: WHISTLER, R. L.; WOLFROM, M. L., (Eds). **Methods in carbohydrates chemistry**, New York, Academic Press, v. 1, p.380-394, 1962.

- INTERNATIONAL WORKING GROUP ON PLANT PEROXIDASES. [2004].  
Disponível em:  
<<http://metallo.scripps.edu/PROMISE/FPBPEROXIDASE.html>>. Acesso em: 15 de maio de 2004.
- JU, Z. G.; ZHU, G .L. Research on tissue browning of fruit during storage. **Plant Phys. Commun.**, v. 4, p. 46-48, 1988.
- KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI, 1991. 532p.
- LLADÓ, J. D. S.; DOMINGUEZ, A. M. The effects of peel abrasion on the postharvest physiology and commercial life of banana fruits. **Acta Horticulturae**, n. 490, p. 547-553, 1998.
- LAGRIMINI, L. M. Tissue specificity of tobacco peroxidase isozymes and their induction by wounding and tobacco mosaic virus infection. **Plant Physiology**, v. 84, n. 2, p. 438-443, 1987.
- LAGRIMINI, L. M. Wound-induced deposition of polyphenol in transgenic plants overexpressing peroxidase. **Plant Physiology**, v. 96, n. 2, p. 577-583, 1991.
- LITTMAN, M. D. Effect of water stress on the respiratory gas exchange of banana fruit and tissue. **Agric. Anim. Sci.** n. 29, p. 114-130, 1972a.
- LITTMAN, M. D. Effect of water stress on ethylene production by preclimateric banana fruit. **Agric. Anim. Sci.** n. 29, p. 131-146, 1972b.
- MARRIOTT, J. Bananas – Physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. **Critical Reviews of Food Science Nutrition**, v. 13, p. 41-88, 1980.
- MATHEW, A. G.; PARPIA, H. A. B. Food browning as a polyphenoloxidase reaction. **Avances in Food Research**, v. 19, p. 75-145, 1971.

- MATTIUZ, B. H.; DURIGAN, J. F. Efeito de injúrias mecânicas no processo respiratório e nos parâmetros químicos de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 23, n. 2, p. 282-287, 2001.
- MAXIE, E. C.; AMEZQUITA, R.; HASSAN, B. M.; JOHNSON, C. F. Effect of gamma irradiation on the ripening of banana fruits. **Proc. Am. Soc. Horticult. Sci.** n. 92, p. 235-254, 1968.
- MAYER, A. M.; HAREL, E. Polyphenol oxidase in plants. **Phytochemistry**, v.18, n. 2, p. 193-198, 1979.
- McCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V.; OWENS, H. S. Determination of starch and amylose in vegetables. Application to peas. **Anal. Chemistry**, v. 22, p.1156-1158, 1950.
- MIZOBUTSI, G. P. **Envolvimento de peroxidase e de polifenoloxidase no escurecimento pós-colheita do pericarpo de lichia (*Litchi chinensis* Sonn.)**. 2002. 95 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MOURA, M. L.; MOURA, M. A.; PINTO, C. M. F.; FINGER, F. L. Amadurecimento de frutos de tomateiro cv. Santa Clara e de seu mutante natural "firme". **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 3-8, 2002.
- PATEL, R. Z. A Note on the Seasonal Variations in Starch Content of Different Parts of Arabica Coffee Trees. **East Afr. Agric. For. J.** n.36, p.1-6, 1970.
- RADI, M., MAHROUZ, M., JHOUD, A. Phenolic composition, browning susceptibility, and carotenoid content of several apricot cultivars at maturity. **Hortscience**, v. 32, n. 6, p. 1087-1091, 1997.
- REIMMANN, C. R.; RINGLI, C.; DUDLE, R. Complementary DNA cloning and sequence analysis of a pathogen-induced putative peroxidase from rice. **Plant Physiology**, v. 100, n. 1, p. 1611-1612, 1992.

- ROCHA, A. **Uso de permanganato de potássio na conservação pós-colheita de banana ‘Prata’**. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- SALOMÃO, L. C. C. **Efeitos do envoltório plástico no desenvolvimento e na maturação pós-colheita de frutos de banana (Musa AAB) ‘Mysore’**. 1995. 104f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- SIDDIQ, M.; SINHA, N. K.; CASH, J. N. Characterization of polyphenoloxidase from Stanley plums. **Journal of Horticultural Science**, v. 70, n. 2, p. 263-269, 1992.
- SILVA, E. **Estudo da atividade enzimática da polifenoloxidase e da peroxidase em algumas frutas e hortaliças “in natura” e processadas**. 1981. 108 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.
- SOUZA, A. L. B.; CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B.; MACHADO, J. C. Respostas bioquímicas em tecidos de pêsego ferido mecanicamente e tratado com  $\text{CaCl}_2$  no local da injúria. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 23, n. 3, p. 658-666, 1999.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- UNDERHILL, S. J. R.; CRITCHLEY, C. Celular localization of polyphenol oxidase and peroxidase activity in *Litchi chinensis* Sonn. pericarp. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 22, p. 627-632, 1995.
- WILLS, R.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest – an introduction to the physiology and handling of fruits, vegetables and ornamentals**. 4ed. Wallingford: CABI, 1998. 262p.
- WHILTON, T. H.; BASSUK, N. L.; RANNEY, T. G.; REICHERT, D. L. An improved method for using electrolyte leakage to assess membrane competence in plant tissues. **Plant Physiology**, v. 98, p. 198-205, 1992.

WHITAKER, J. R. **Principles of enzymology for the food science**. New York: Marcel Dekker, 1972. 636 p.

## **CAPÍTULO 5**

### **ALTERAÇÕES FÍSICAS E METABÓLICAS INDUZIDAS POR DANO MECÂNICO EM BANANAS ‘PRATA ANÃ’ MANTIDAS SOB REFRIGERAÇÃO**

Resumo – O objetivo deste trabalho foi verificar as alterações físicas e metabólicas induzidas por estresse mecânico em bananas ‘Prata Anã’ mantidas em câmara fria (15 °C e 89 % de UR). Foi utilizado o esquema em parcelas subdivididas no tempo, no delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos constituídos de testemunha e quatro fontes de dano mecânico: corte, abrasão, impacto e compressão, com amostragens ao longo do tempo. Foram avaliadas a evolução de cor da casca, as porcentagens de perda de massa fresca acumulada e diária, a respiração e produção de etileno nos frutos, o extravasamento de eletrólitos da região danificada da casca, os teores de açúcares solúveis totais e amido e a atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase. Os diversos tipos de dano mecânico aumentaram a perda de massa fresca (%), o extravasamento de eletrólitos e a atividade das enzimas oxidativas, além de antecipar o amadurecimento dos frutos. O dano por abrasão proporcionou maior perda de massa fresca por dia. O dano por impacto prejudicou a conversão de amido em açúcares solúveis totais de na polpa bananas ‘Prata Anã’.

### **PHYSICAL AND METABOLIC ALTERATIONS INDUCED BY MECHANICAL DAMAGE ON ‘PRATA ANÃ’ BANANAS KEPT UNDER LOW TEMPERATURE**

Abstract – The purpose of this work was to demonstrate the physical alterations and metabolic induced by mechanical damage on ‘Prata Anã’ bananas maintained under low temperature (15 °C and 89 % of RH). An experiment was set up on a completely random design following a split-plots in time, constituted of control and four sources of mechanical injuries: cut, abrasion, impact and compression, with samplings along of the time. The skin color evolution, the percentages of accumulated and daily fresh mass loss, respiration and ethylene production of fruits, electrolyte leakage of the injured region of the skin, total soluble sugars and starch content and the activity of the polyphenoloxidase and peroxidase enzymes were evaluated. The diverse types of mechanical damages increased the fresh mass loss (%), the electrolyte leakage and the activity of oxidative enzymes besides anticipating the ripening of the fruits. The damage by abrasion provided greater daily fresh mass loss. The damage caused by impact harmed the conversion of starch into total soluble sugars.

## **Introdução**

A produção brasileira de bananas é, predominantemente, voltada para o mercado interno e, geralmente, é colhida, manuseada e transportada de forma deficiente e inadequada, contribuindo para perdas substanciais na fase pós-colheita (Alves, 1997), que são de grande importância do ponto de vista econômico e nutricional (Chitarra & Chitarra, 1990). O dano mecânico é uma das principais causas de perdas pós-colheita em banana (Dadzie & Orchard, 1997; Ferris et al., 1995; Lladó & Dominguez, 1998), resultando na redução da vida pós-colheita e na não aceitação do fruto pelo consumidor.

A banana apresenta respostas físicas e fisiológicas aos danos mecânicos que estão ligadas principalmente à sua aparência, com o aparecimento de sintomas avançados de necrose na região danificada (Lladó & Dominguez, 1998). O fruto que sofre injúria

mecânica amadurece mais rápido devido ao aumento na respiração e produção de etileno, maior perda de peso (perda de água), maior invasão de microorganismos (Ferris et. al., 1993 e 1995; Dadzie & Orchard, 1997; Lladó & Dominguez, 1998) e maior atividade enzimática na área do dano (Lladó & Dominguez, 1998). O aumento na taxa de respiração é tido como responsável pela produção de compostos que oferecem resistência contra o ataque microbiológico. A evolução de etileno da parte da ferida pode desencadear o amadurecimento entre os frutos injuriados e os frutos sadios próximos, armazenados na mesma caixa, câmara ou depósito (Chitarra & Chitarra, 1990). O resultado de todas estas alterações é um produto (banana) de pior qualidade com altos índices de perda pós-colheita (Dadzie & Orchard, 1997).

A injúria também promove o rompimento das células da epiderme, desencadeando reações enzimáticas e, conseqüentemente, o surgimento de regiões escurecidas no local afetado devido ao extravasamento do líquido celular e exposição à ação enzimática, que promove a oxidação de compostos fenólicos em quinonas (Radi et al., 1997). Em resposta a determinados tipos de estresse, observa-se, também, aumento de atividade de enzimas responsáveis por mecanismos de defesa dos tecidos vegetais como a peroxidase (Lagrimini, 1987), que está ligada à síntese de lignina (Lagrimini, 1987), e polifenoxidase, que está envolvida no escurecimento da região danificada (Mayer & Harel, 1979; Bower & Cutting, 1988), em conseqüência da oxidação de fenóis (Enzimelab, 2004).

Lladó & Domingues (1998) também observaram que o dano mecânico antecipou o amarelecimento da casca e a evolução autocatalítica de etileno em bananas, reduzindo o período pré-climatérico. Entretanto, esses autores verificaram que a produção máxima de etileno não diferiu entre os frutos intactos e os que sofreram algum tipo de dano mecânico. A injúria mecânica também acelerou o amaciamento dos tecidos e a

conversão de amido em açúcares solúveis, enquanto a atividade da ACC oxidase, atingiu o nível máximo logo após a injúria.

Existem inúmeros trabalhos na literatura relatando os efeitos de baixas temperaturas na conservação de frutos por reduzir as atividades metabólicas relacionadas diretamente ou indiretamente ao processo de amadurecimento (Marriott, 1980; Kays 1991; Rocha, 2005). Contudo, poucos são os relatos sobre os efeitos do frio sobre os frutos submetidos a injúrias mecânicas.

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar as alterações físicas e metabólicas induzidas por estresse mecânico em bananas 'Prata Anã' mantidas em câmara fria.

### **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido nos Laboratórios de Pós-Colheita e de Análise de Frutas do Setor de Fruticultura do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa. Foram utilizadas bananas (*Musa* spp.) 'Prata Anã' (AAB) obtidas em pomar comercial da Fazenda Cachoeira do Salto, de propriedade da Agropecuária Veloso Maia, localizada no Município de Verdelândia, MG (15° 24' S, 43° 43' W, 480 m de altitude, clima do tipo Aw, segundo a classificação de Köppen).

Foi utilizado o esquema em parcelas subdivididas no tempo, sendo 5 tratamentos constituídos de testemunha ou ausência de dano mecânico (T1) e quatro fontes de dano mecânico: corte (T2), abrasão (T3) impacto (T4) e pressão ou compressão (T5), com amostragens ao longo do tempo por um período de 11 dias no delineamento inteiramente casualizado com 3 repetições e 3 frutos por parcela.

Os cachos foram colhidos em maio de 2004 quando os frutos centrais da segunda penca atingiram o diâmetro de  $36 \pm 2$  mm. Uma vez colhidos, os cachos foram lavados com água na casa de embalagem da propriedade, sendo então despencados. A segunda,

a terceira e a quarta pencas de cada cacho foram identificadas, envolvidas em plástico bolha e acondicionadas em caixas de papelão ondulado. As caixas foram transportadas para o Laboratório de Pós-Colheita da Universidade Federal de Viçosa, onde os frutos foram individualizados por um corte rente à almofada floral e lavados em solução de detergente a 0,2% por cinco minutos. Após este processo, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas forradas com papel picado e mantidos em câmara fria a  $15 \pm 1^\circ\text{C}$  e  $89 \pm 2\%$  de umidade relativa do ar até e após o momento de aplicação dos tratamentos.

Os procedimentos e avaliações subseqüentes foram idênticos às descritas no capítulo 4 com algumas modificações que serão citadas abaixo.

Foi avaliada, além das características citadas no capítulo 4, a produção de etileno dos frutos, expressa em  $\mu\text{mol}$  de etileno produzido por 1 kg de fruto durante 1 hora, por meio de cromatografia gasosa.

A evolução de cor, a porcentagem de perda de massa fresca acumulada e diária, a respiração e a produção de etileno foram determinadas diariamente nas amostras em duplicata, constituída por três frutos.

O extravasamento de eletrólitos, os teores de açúcares solúveis totais e amido e a atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) foram determinados em 1, 3, 5, 8 e 11 dias após a realização dos tratamentos. Para isto, os frutos foram amostrados aleatoriamente durante o processo de amadurecimento.

Para determinação da produção de etileno, três frutos foram colocados em recipiente com capacidade para 3,3 litros, hermeticamente fechado, por um período 55 minutos. As taxas de evolução de etileno foram determinadas por cromatografia gasosa. Utilizou-se um cromatógrafo Modelo 37-D da Instrumentos Científicos C.G. Ltda, equipado com detector de ionização de chama e coluna de aço inoxidável preenchida com PORAPAK R, sendo as seguintes condições de trabalho: temperatura da coluna de

80 °C, temperatura do vaporizador de 100 °C, temperatura do detector de 140 °C, fluxo do N<sub>2</sub> de 30 ml minuto<sup>-1</sup>, fluxo do H<sub>2</sub> de 30 ml minuto<sup>-1</sup>, fluxo do ar sintético (20 % de O<sub>2</sub> e 80% de N<sub>2</sub>) de 210 ml minuto<sup>-1</sup>. Foi injetada amostra com volume de 3 ml e utilizado um padrão (White Martins) contendo 99,5 % de etileno.

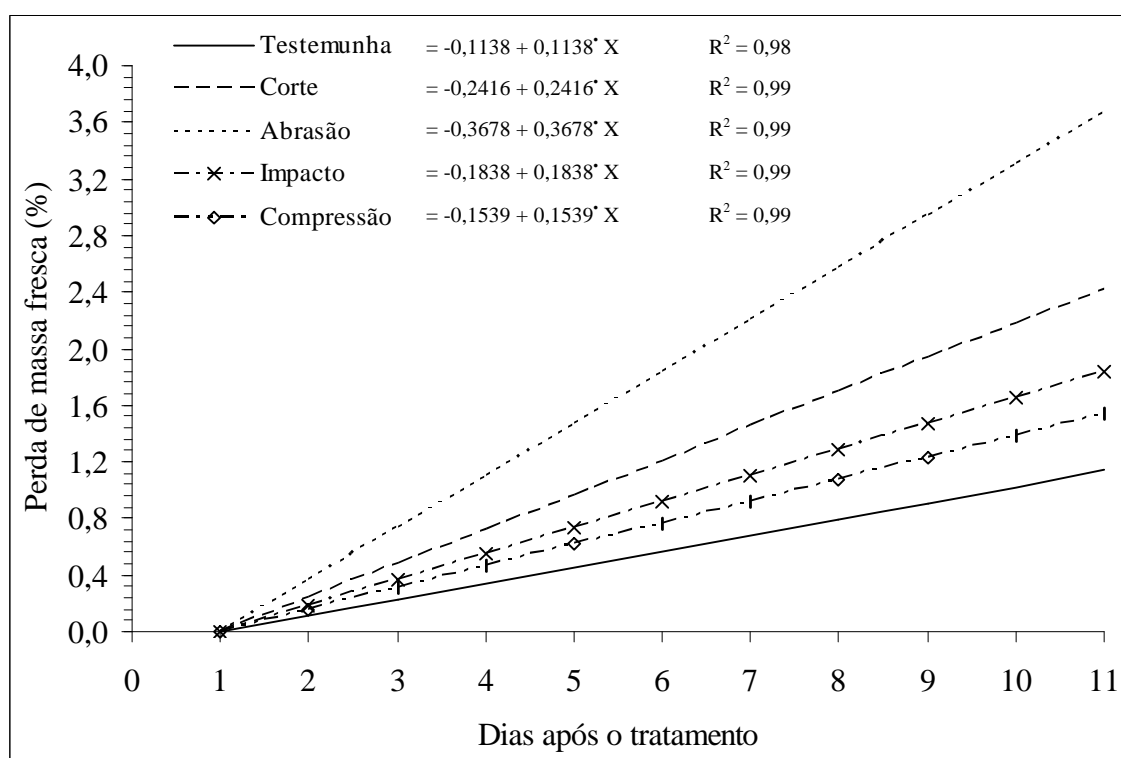
Para determinação da atividade da POD, utilizaram-se os mesmos procedimentos descritos no capítulo 4, mas com alíquotas de 250µL do extrato enzimático e peróxido de hidrogênio.

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. Os modelos lineares e não lineares foram escolhidos de acordo com o potencial de explicar o fenômeno biológico em questão, no coeficiente de determinação, na significância dos coeficientes de regressão, utilizando o teste t até o nível de 10 % de probabilidade. Para os dados de respiração, produção de etileno, e atividade das enzimas PPO e POD utilizou-se análise descritiva.

## **Resultados e Discussão**

A perda de massa fresca (%) de bananas ‘Prata Anã’ apresentou acréscimo linear ao longo do tempo em todos os tratamentos. Todavia, os frutos da testemunha apresentaram, após 11 dias de avaliação, 1,14 % de perda de massa fresca, ou seja, o menor valor entre todos os tratamentos. Enquanto isso, os valores de perda de massa fresca dos frutos submetidos aos danos por corte, abrasão, impacto e compressão, após 11 dias de avaliação foram de 2,42 %, 3,68 %, 1,84 % e 1,54 %, respectivamente (figura 1). Estes resultados, assim como os observados nos capítulos 3 e 4, confirmam que os danos por corte e abrasão proporcionam acréscimo marcante na perda de massa fresca dos frutos em relação à testemunha, mesmo quando estes estão mantidos em condições de baixa temperatura (15 °C) e alta umidade relativa do ar (89 %).

O aumento da perda de massa fresca (%) traz consequências negativas à aparência do fruto, pois estando este desidratado, geralmente, é rejeitado pelo consumidor. No entanto, de acordo com as observações visuais, os valores alcançados por todos os tratamentos não foram suficientes para gerar este problema pois, de acordo com dados apresentados por Kays (1991) a perda de massa fresca máxima permitida em diversos frutos é, em média, de 9,7 %. Contudo, como a banana é comercializada em peso ao longo da cadeia, os frutos danificados, principalmente por corte e abrasão, trarão maior prejuízo financeiro.



\* Significativo a 0,1 % de probabilidade pelo teste t.

Figura 1– Perda de massa fresca (%) de bananas ‘Prata Ana’ ao longo do tempo de armazenamento a 15 °C e 89 % de UR, em função dos tipos de dano mecânico.

Não houve efeito significativo da interação dano e tempo em relação à perda de massa fresca diária (%) do fruto. Entretanto, o dano por abrasão proporcionou perda de massa fresca diária (%) média significativamente superior aos demais tratamentos. Além disso, o dano por corte promoveu perda de massa fresca diária (%) média dos

frutos superior à testemunha, sendo que os demais tratamentos não diferiram da mesma (quadro 1).

Quadro 1 – Perda de massa fresca diária (%) de bananas ‘Prata Anã’ em função dos tipos de dano mecânico

Testemunha	Corte	Abrasão	Impacto	Compressão
0,13 c	0,25 b	0,37 a	0,20 bc	0,17 bc

As médias seguidas por uma mesma letra não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste de Tukey.

O extravasamento de eletrólitos (%) está ligado à integridade da membrana plasmática, sendo inversamente proporcional à mesma (Ferguson & Watkins, 1981). Por isto, observou-se, em todos os tratamentos, aumento do extravasamento de eletrólitos (%) ao longo do tempo (figura 2), indicando, como esperado, a perda da integridade das membranas plasmáticas das células do fruto, à medida que ocorrem os processos de amadurecimento e senescência (Kays, 1991).

Todos os frutos dos tratamentos de dano mecânico apresentaram valores de extravasamento de eletrólitos (%), a partir do 5º dia de avaliação, superiores aos dos frutos da testemunha. Os frutos submetidos à injúria por abrasão apresentaram, ao final da avaliação, extravasamento de eletrólitos superior aos demais tratamentos (figura 2). Isto indica que a abrasão afeta severamente, no local onde foi aplicada, a integridade das membranas plasmáticas, apesar dela não promover o amadurecimento do frutos antes das demais injúrias estudadas (figura 5), o que poderia explicar maiores valores de extravasamento de eletrólitos (%).

O teor de açúcares solúveis totais na polpa de bananas ‘Prata Anã’ aumentou ao longo do tempo em todos os tratamentos (figura 3) evidenciando o amadurecimento dos frutos, que também é acompanhado por este fenômeno (Salomão, 1995; Wills et al., 1998). Tal teor aumenta com o amadurecimento em função da hidrólise do amido

(Marriott, 1980; Kays, 1991) acumulado durante o crescimento do fruto (Robinson, 1996).

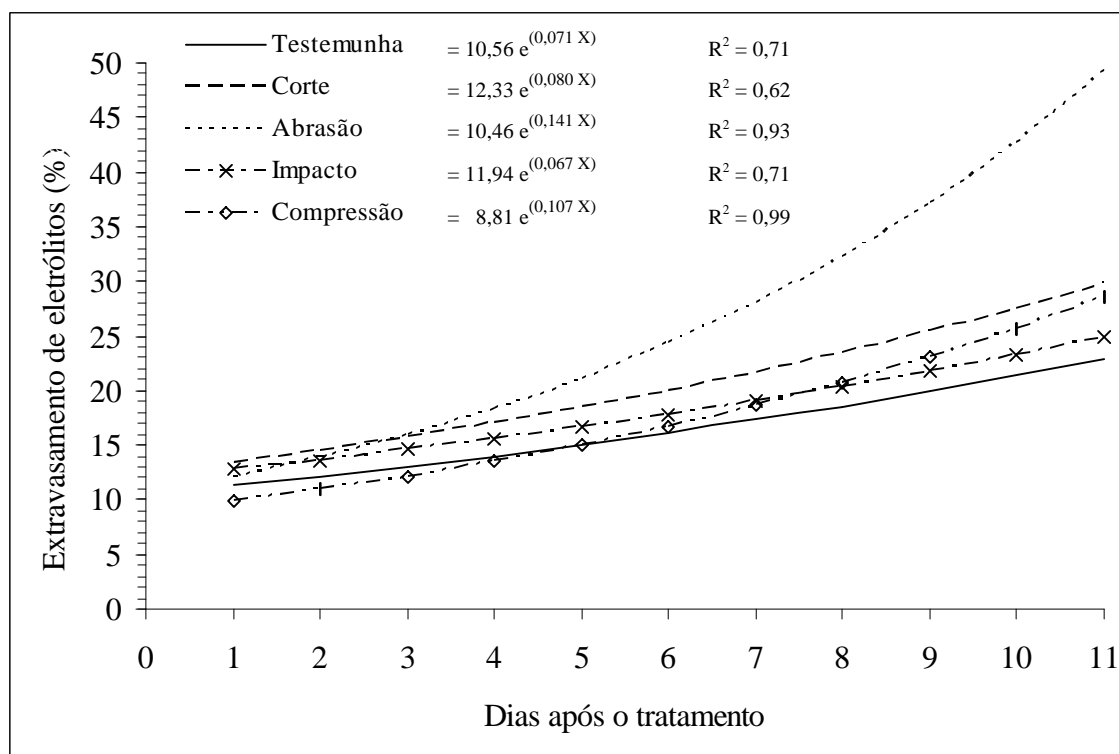


Figura 2 – Extravasamento de eletrólitos (%) da casca de bananas ‘Prata Anã’ ao longo do tempo de armazenamento a 15 °C e 89 % de UR, em função dos tipos de dano mecânico.

Os danos por compressão e abrasão proporcionaram ao final das avaliações os maiores teores de açúcares totais na polpa, 17,1 e 16,5 %, respectivamente. Os frutos submetidos aos danos por corte e impacto, por sua vez, apresentaram ao final das avaliações, os menores teores de açúcares solúveis totais, 15,0 e 15,1 %, respectivamente, em relação aos demais tratamentos (figura 3). Pelos baixos valores dos teores de açúcares solúveis totais (%) observados na polpa dos frutos (figura 3), assim como pelos altos valores dos teores de amido (%) (figura 4), pode-se pressupor que esses processos de amadurecimento não se completaram totalmente em função da baixa temperatura de armazenamento.

Os frutos submetidos ao dano por impacto apresentaram ao final das avaliações os menores teores de açúcares solúveis totais e os maiores teores de amido na polpa, em relação aos dos demais tratamentos (figuras 3 e 4). Estes resultados sugerem que este tipo de injúria compromete a conversão de amido em açúcares na região afetada, estando de acordo com as observações de Maia (2001) e do capítulo 2. Provavelmente, as células da polpa afetadas pela injúria de impacto entram em colapso comprometendo a atividade das enzimas que atuam na quebra do amido.

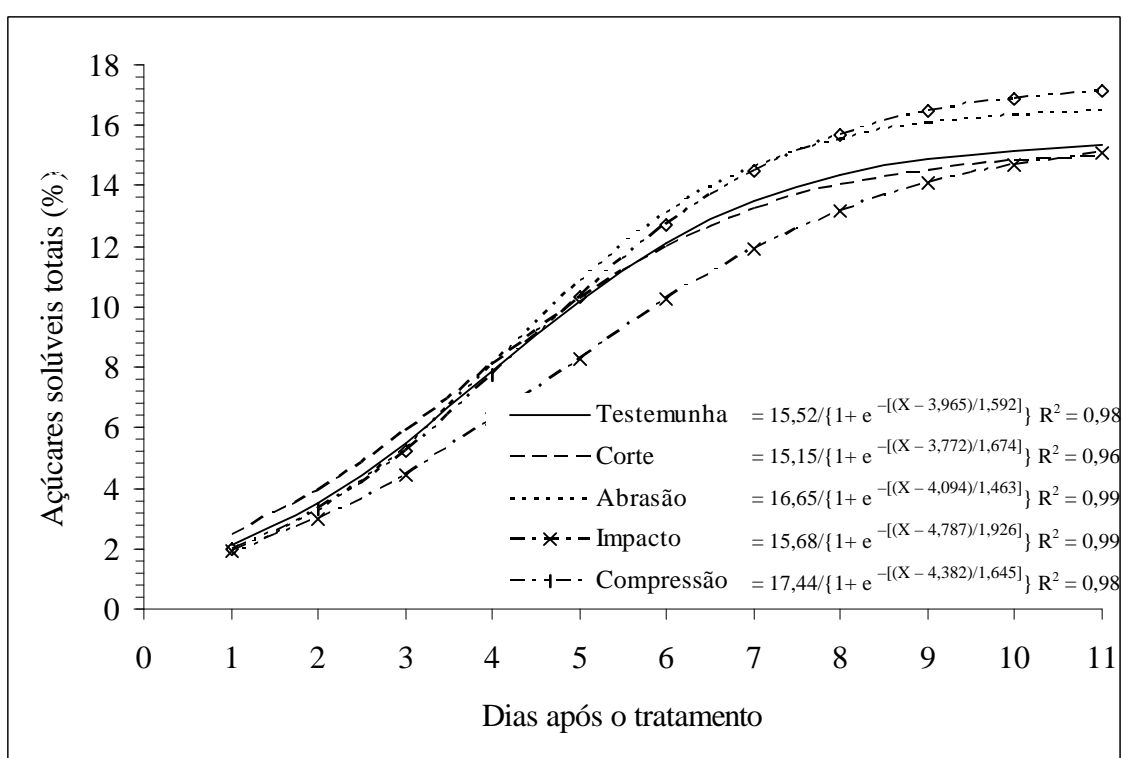


Figura 3 – Açúcares solúveis totais (%) da polpa de bananas ‘Prata Ana’ ao longo do tempo de armazenamento a 15 °C e 89 % de UR, em função dos tipos de dano mecânico.

Os frutos de todos os tratamentos apresentaram um padrão sigmoidal dos teores de açúcares solúveis totais (%) na polpa. Este comportamento caracteriza-se por três fases distintas sendo: 1ª fase caracterizada por um aumento lento, 2ª fase caracterizada por um aumento exponencial e 3ª fase caracterizada pela estabilização.

Observou-se, nos frutos de todos os tratamentos, redução do teor de amido na polpa dos frutos ao longo do período de avaliação (figura 4). Estes resultados confirmam a conversão de amido em açúcares solúveis totais à medida que o fruto vai amadurecendo. Além disso, com exceção dos frutos submetidos ao dano de impacto, os frutos danificados por corte, abrasão e compressão apresentaram ao final das avaliações teores de amido na polpa inferiores aos frutos controle. Estes dados corroboram aqueles observados nas avaliações do estágio de cor da casca, onde os frutos destes tratamentos apresentaram-se sempre em estádios mais avançados que os da testemunha.

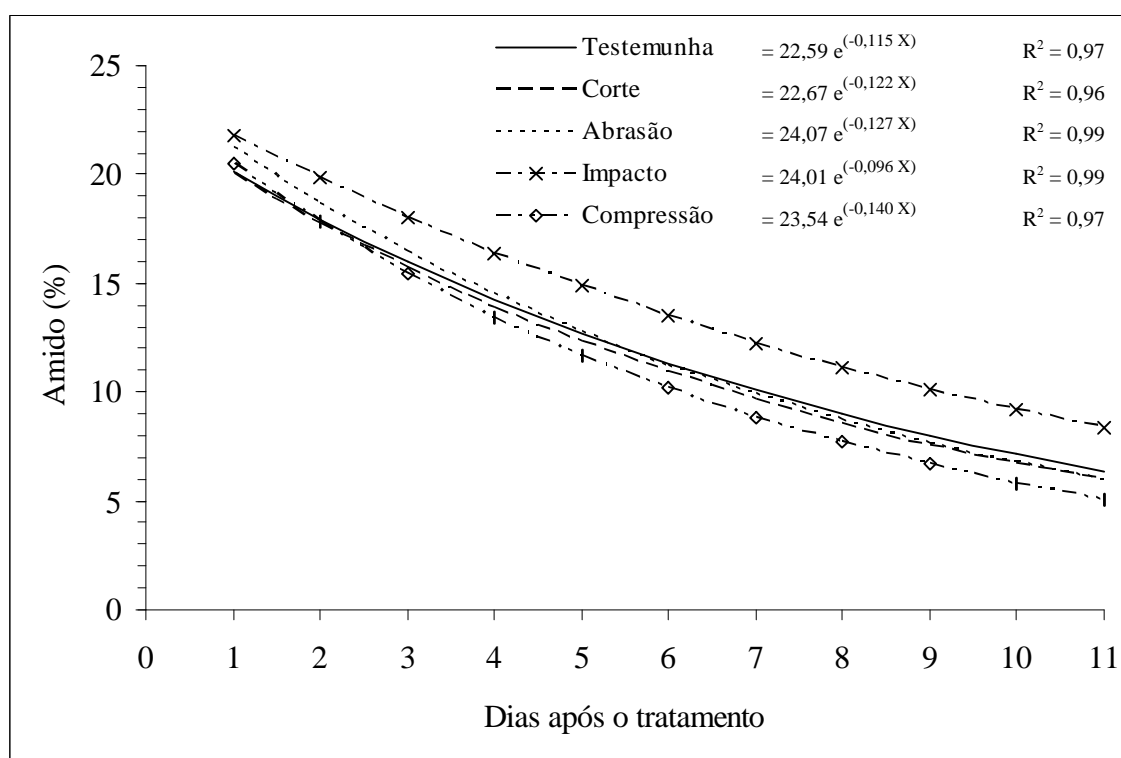


Figura 4 – Amido (%) da polpa de bananas ‘Prata Ana’ ao longo do tempo de armazenamento a 15 °C e 89 % de UR em função dos tipos de dano mecânico.

De acordo com os coeficientes dos modelos ajustados, a velocidade de conversão de amido em açúcares foi maior nos frutos submetidos aos danos por compressão e abrasão (figura 4).

A evolução do índice de cor da casca da banana, descrita por Dadzie e Orchard (1997), resulta da degradação de clorofila o que permite a visualização dos carotenóides

(Rocha, 1984). Este fenômeno ocorre à medida que o fruto amadurece (Marriott, 1980; Wills et al., 1998). Assim, todos os tratamentos proporcionaram aumento no índice de cor da casca ao longo do tempo (figura 5), o que caracteriza o amadurecimento dos frutos.

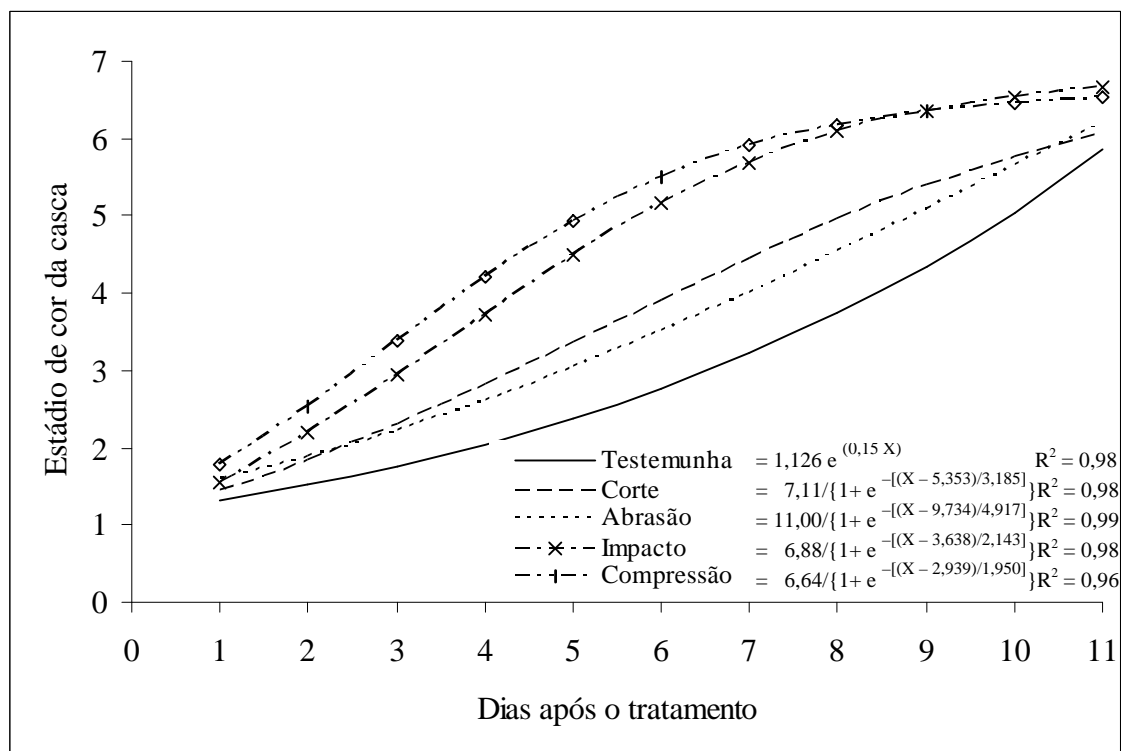


Figura 5 – Evolução do índice de cor da casca de bananas ‘Prata Anã’ ao longo do tempo de armazenamento a 15 °C e 89 % de UR em função dos tipos de dano mecânico.

Todos os tratamentos de dano mecânico apresentaram maior velocidade de evolução do índice de cor da casca em relação à testemunha, sendo que os frutos submetidos aos danos por impacto e compressão apresentaram os maiores valores. Os frutos submetidos a esses dois tipos de dano mecânico foram os únicos a atingir valores próximos ao índice de cor da casca 7, enquanto os danos por corte e abrasão atingiram índices de cor da casca acima e próximos a 6 e a testemunha o índice de cor da casca abaixo de 6 (figura 5).

Com exceção dos frutos-controle, os frutos dos tratamentos de dano mecânico apresentaram na evolução de cor da casca um comportamento sigmoide (figura 5), semelhante ao observado nas avaliações dos teores de açúcares solúveis totais (%)

(figura 3). Desta maneira, pode-se inferir que os frutos-controle não atingiram a fase de estabilização da cor da casaca e, por isto, têm um padrão de evolução do estágio de cor da casaca exponencial. Conseqüentemente, espera-se que estes frutos estejam menos maduros que aqueles dos demais tratamentos (figura 5).

Como os frutos que estão no índice de cor da casaca 6, geralmente, estão nos estágios finais de amadurecimento e iniciando a senescência, a injúria mecânica reduz a vida de prateleira da banana 'Prata Anã', contribuindo para o aumento das perdas pós-colheita.

Embora todos os frutos submetidos à injúria mecânica tenham ultrapassado o índice de cor da casaca 6 ao final das avaliações, os teores de açúcares solúveis totais destes frutos foram abaixo do esperado para a banana 'Prata Anã' (capítulo 4), da mesma forma que os teores de amido ficaram acima do esperado neste estágio de maturação. Isto evidencia que na condição de 15 °C e 90 % de umidade relativa do ar, a conversão de amido em açúcares fica mais lenta que a degradação de clorofila durante o processo de amadurecimento do fruto, isto é, ocorre uma perda de sincronia entre os dois fenômenos. Isso sugere que esta temperatura não é a ideal para o amadurecimento dos frutos (Marriott, 1980)

Todos os tratamentos de injúria mecânica proporcionaram antecipação do pico climatérico de produção de CO<sub>2</sub> das bananas 'Prata Anã' em relação à testemunha. Os frutos submetidos aos danos por corte, abrasão, impacto e compressão atingiram o pico climatérico no 8º (66,81 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>), 7º (67,32 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>), 6º (74,79 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) e 4º (73,56 mg CO<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>) dia após a realização dos tratamentos (figura 6), no momento em que estes frutos apresentavam estágios de cor da casaca entre 4 e 5. Estes resultados estão de acordo com as afirmações de Dadzie e Orchard (1997) e Lladó e Dominguez (1998) que citam a antecipação do pico climatérico da banana em resposta ao dano mecânico. Observa-se também que os valores da taxa respiratória no pico

climatérico dos frutos submetidos a injúria por impacto e compressão foram superiores aos demais tratamentos.

A antecipação do pico climatérico está ligada à resposta do fruto ao estresse e conseqüentemente aos processos de defesa desencadeados (Taiz e Zeiger, 2004). A conseqüência disso é o amadurecimento mais rápido desse fruto e redução da sua vida de prateleira.

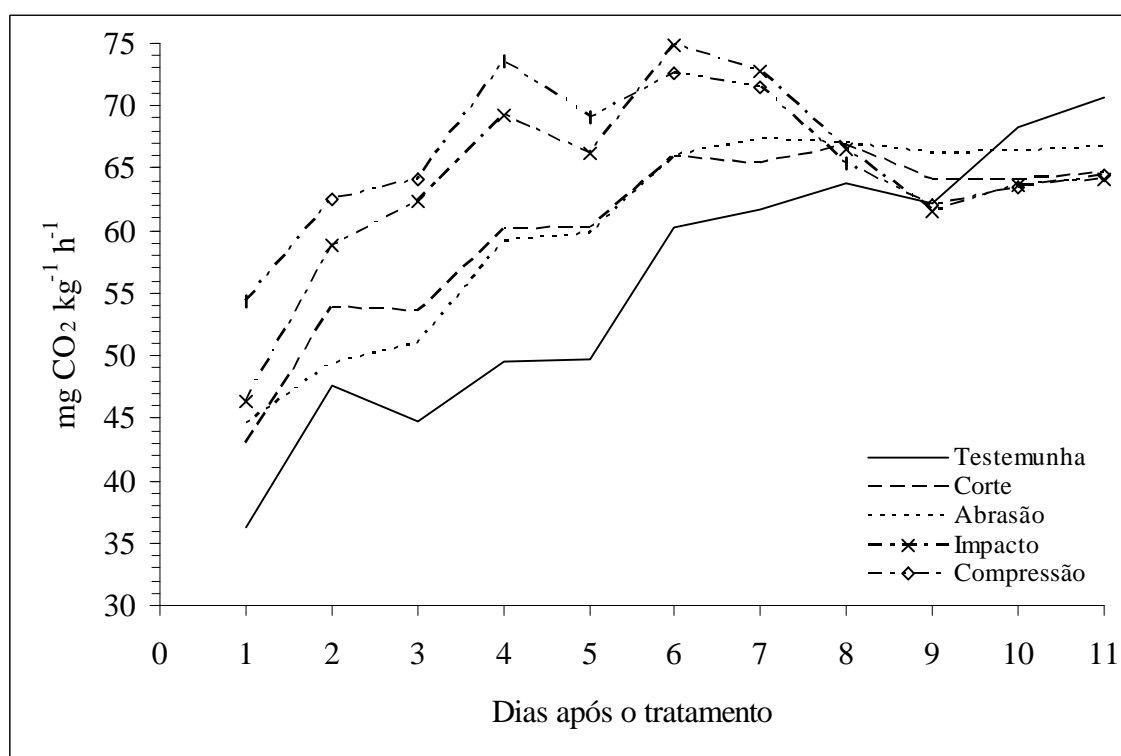


Figura 6 – Taxa respiratória de bananas ‘Prata Anã’ ao longo do tempo de armazenamento a 15 °C e 89 % de UR em função dos tipos de dano mecânico.

Em relação à produção de etileno de bananas ‘Prata Anã’, apenas os frutos submetidos aos danos por impacto e compressão apresentaram antecipação do pico, aos 6 e 4 dias após os tratamentos, respectivamente. A testemunha e os frutos submetidos aos danos por corte e abrasão apresentaram pico de produção de etileno 7 dias após o tratamento (figura 7). O resultado disso pode ser observado pela maior velocidade dos frutos submetidos aos danos por impacto e compressão em atingir o de índice de cor da

casca 6 (figura 5), já que o etileno está ligado aos processos de degradação de clorofila (Kays, 1991).

Além de reduzir a vida de prateleira dos frutos submetidos ao dano por impacto e compressão por acelerar seu amadurecimento, a evolução de etileno da parte da ferida pode desencadear o amadurecimento dos frutos injuriados e dos frutos sadios próximos, armazenados na mesma caixa, câmara ou depósito (Chitarra & Chitarra, 1990), resultando em maiores perdas.

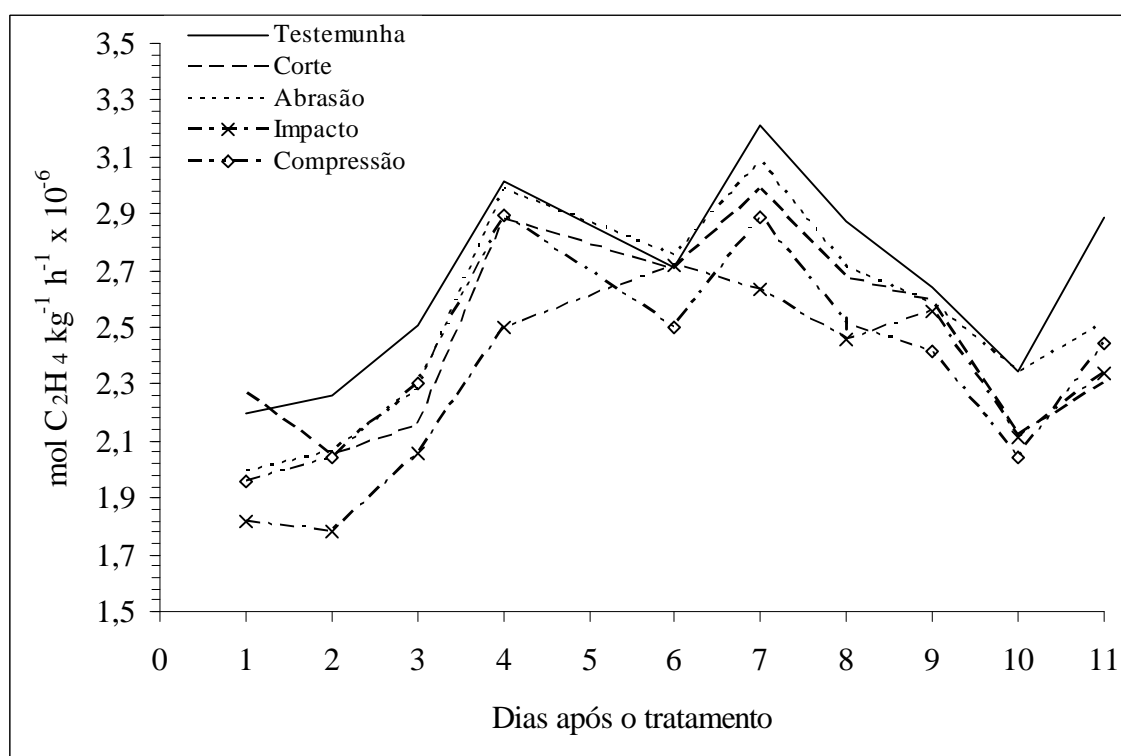


Figura 7 – Produção de etileno de bananas ‘Prata Anã’ ao longo do tempo de armazenamento a 15 °C e 89 % de UR em função dos tipos de dano mecânico.

Com exceção dos frutos submetidos ao dano por impacto, não foi observado pico de atividade da PPO ao longo do período de avaliação (figura 8). Os tratamentos de dano por corte, abrasão, impacto e compressão apresentaram médias gerais de atividade da polifenoloxidase de 424, 490, 551 e 464 unidades  $\text{grama}^{-1}$ , respectivamente. A testemunha, por sua vez, apresentou média geral de 420 unidades  $\text{grama}^{-1}$ . Estes

resultados indicam que, principalmente, os danos por abrasão e impacto proporcionam aumento da atividade desta enzima oxidativa.

A PPO, quando 'in vivo', é encontrada ligada às membranas celulares, sendo ativada somente quando liberada destas. Quando a membrana celular sofre algum dano, a enzima é liberada, ativada, oxidando compostos fenólicos que são convertidos em quinonas (Underhill & Critchley, 1995). Portanto, conforme observado nos resultados de extravasamento de eletrólitos (figura 2), o dano mecânico promove a destruição da integridade das membranas celulares das bananas e conseqüente mistura entre substrato e enzimas oxidativas que resultam no escurecimento observado na região afetada pelos danos por corte, abrasão e impacto. A presença destes compostos fenólicos na região da injúria é confirmada pelos cortes anatômicos avaliados no capítulo 2.

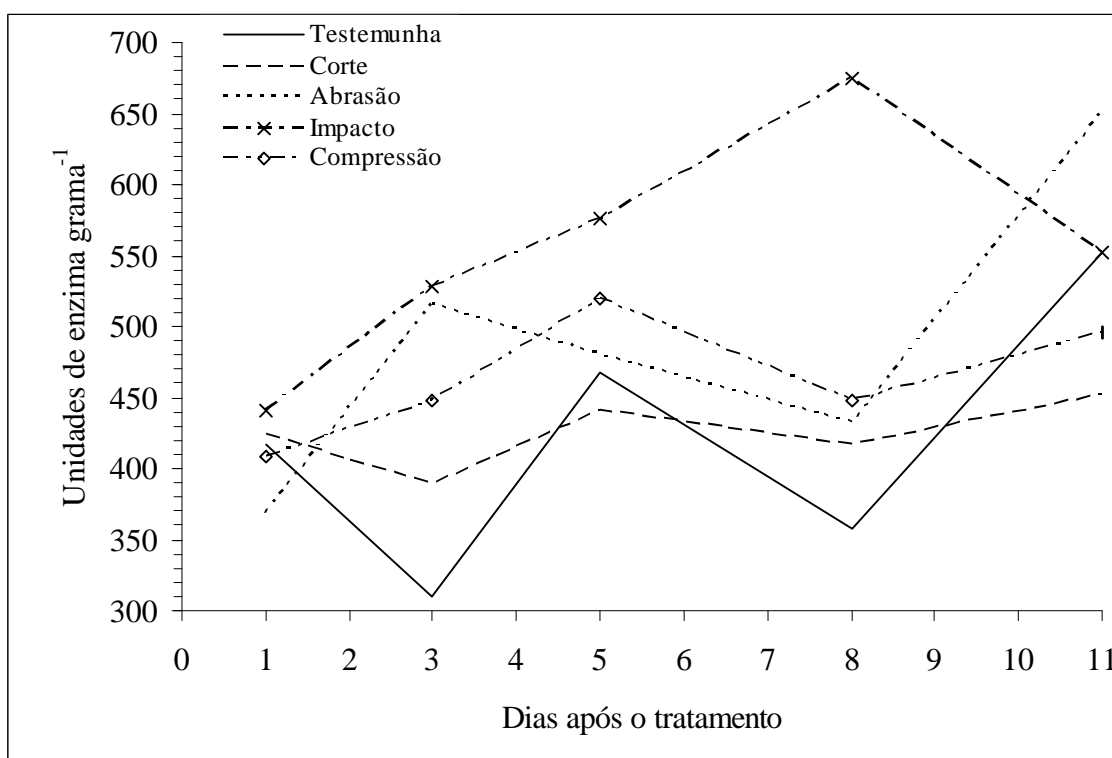


Figura 8 – Atividade da polifenoloxidase da casca de bananas ‘Prata Anã’ ao longo do tempo de armazenamento a 15 °C e 89 % de UR em função dos tipos de dano mecânico.

A atividade máxima da POD da casca de bananas ‘Prata Anã’ não submetidas a dano mecânico e daquelas submetidas aos danos por compressão e impacto ocorreu no

5º e 8º dia após a realização do tratamento respectivamente. Nos frutos submetidos aos danos por corte e abrasão, a atividade da POD foi crescente até os 11 dias após o tratamento (figura 9). Os maiores valores observados foram de 319, 1793, 2094, 3793 e 120 unidades grama<sup>-1</sup> para a testemunha e os danos por corte, abrasão, impacto e compressão, respectivamente. Nota-se que a atividade da peroxidase foi bastante aumentada pelos danos por corte, abrasão e impacto. Como esta enzima, além de estar ligada aos processos de oxidação de fenóis e possui atividade relacionada ao estresse (Mizobutsi, 2002; Enzimelab, 2004; International Working Group on Plant Peroxidases, 2004; Taiz & Zeiger, 2004), fica evidenciado, juntamente com o aumento da atividade média da PPO (figura 8), a resposta de defesa dos frutos ao dano mecânico.

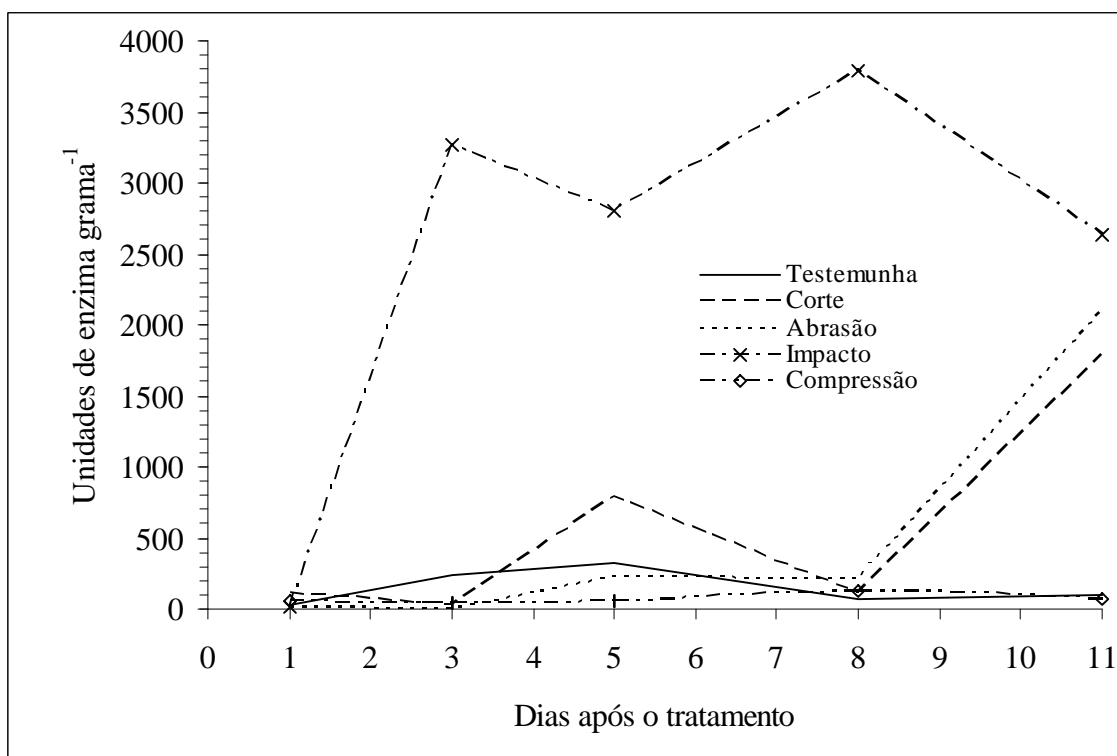


Figura 9 – Atividade da peroxidase da casca de bananas ‘Prata Anã’ ao longo do tempo de armazenamento a 15 °C e 89 % de UR em função dos tipos de dano mecânico.

O aumento da atividade destas enzimas oxidativas promovem o escurecimento da área injuriada devido à oxidação de fenóis (Mizobutsi, 2002; Enzimelab, 2004; International Working Group on Plant Peroxidases, 2004; Taiz & Zeiger, 2004),

resultando em aspecto desagradável do fruto para o consumidor, muito embora, na maioria das vezes, esteja apto ao consumo.

Ao comparar os processos de perda de massa fresca acumulada e diária (%), degradação de amido e conseqüente formação de açúcares solúveis totais na polpa, evolução do índice de cor da casca, produção e pico de CO<sub>2</sub>, atividade da PPO e POD na casca do frutos de um mesmo tratamento, mantidos em condição ambiente (capítulo 4) e em câmara fria (capítulo 5); observou-se que aqueles mantidos em condições ambiente apresentam maior intensidade e velocidade dos fenômenos. Portanto, a manutenção dos frutos a 15 °C e 90 % de umidade relativa do ar pode reduzir os efeitos deletérios do dano mecânico, com ressalvas ao teor de açúcares solúveis totais que se mostrou abaixo do adequado devido à lentidão da hidrólise do amido, mesmo com os frutos atingindo índices de cor da casca próximos a 7.

### **Conclusões**

Considerando as bananas ‘Prata Anã’ armazenadas em câmara fria conclui-se que:

- Todos os frutos submetidos ao dano mecânico aumentaram a perda de massa fresca (%), o extravasamento de eletrólitos (%) e a atividade média da polifenoloxidase, aceleraram a evolução do índice de cor da casca e anteciparam o pico climatérico em relação à testemunha.
- O dano por abrasão proporcionou maior perda de massa fresca acumulada e diária (%).
- O dano por impacto prejudicou a conversão de amido em açúcares solúveis totais na polpa.
- Os danos por impacto e compressão anteciparam o pico de produção de etileno e o amadurecimento dos frutos.

- O dano por impacto aumentou consideravelmente a atividade da polifenoloxidase e peroxidase.

### Referências Bibliográficas

- ALVES, E. J., (Org.). **A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais**. Brasília: Embrapa-SPI/Cruz das Almas: Embrapa-CNPMPF, 1997. 585 p.
- BOWER, J. P.; CUTTING, J. G. M. Avocado fruit development and ripening physiology. **Horticultural Reviews**, v. 10, p. 229-271, 1988.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Lavras: ESAL / FAEPE, 1990. 320p.
- COELHO, A. F. S. **Qualidade de alface americana (*Lactuca sativa* L.) minimamente processada**. 2001. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Farmácia da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2001.
- DADZIE, B. K.; ORCHARD, J. E. Routine post-harvest screening of banana/plantain hybrids: criteria and methods. **Inibap Technical Guidelines 2**. Montpellier: International Network for the Improvement of Banana and Plantains, 1997. 63 p.
- ENZIMELAB. **Eastern Connecticut State University**. [2004]. Disponível em: <[http://koning.easternct.edu/Plant\\_Physiology/enzymelab.html](http://koning.easternct.edu/Plant_Physiology/enzymelab.html)>. Acesso em: 15 de maio de 2004.
- FERRIS, R. S. B.; HOTSONYAME, G. K.; WAINWRIGHT, H.; TOMPSON, A. K. The effects of genotype, damage, maturity, and environmental conditions on the postharvest life of plantain. **Tropical Agriculture**. v. 70, n.1, p. 45-50, 1993.

- FERRIS, R. S. B.; WAINWRIGHT, H.; THOMPSON, A. K. The effects of morphology, maturity and cultivar on the ripening and susceptibility of plantains (AAB) to mechanical damage. **Fruits**, v. 50, n. 2, p. 101-107, 1995.
- FERGUNSON, I. B.; WATKINS, C. B. Ion relation of apple tissue during fruit development and ripening: I. Cation leakage. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 8, p. 155-164, 1981.
- FLURKEY, W. H.; JEN, J. J. Peroxidase e polyphenol oxidase activities in developing peaches. **Journal of Food Science**, v. 43, n. 6, p.1826-1831, 1978.
- HODGE, J. E.; HOFREITER, B. T. Determination of reducing sugars and carbohydrates. In: WHISTLER, R. L.; WOLFROM, M. L., (Eds). **Methods in carbohydrates chemistry**, New York: Academic Press, v. 1, p.380-394, 1962.
- INTERNATIONAL WORKING GROUP ON PLANT PEROXIDASES. [2004]. Disponível em: <<http://metallo.scripps.edu/PROMISE/FPBPEROXIDASE.html>>. Acesso em: 15 de maio de 2004.
- KAYS, S. J. **Postharvest physiology of perishable plant products**. New York: AVI, 1991. 532p.
- LLADÓ, J. D. S.; DOMINGUEZ, A. M. The effects of peel abrasion on the postharvest physiology and commercial life of banana fruits. **Acta Horticulturae**, n. 490, p. 547-553, 1998.
- LAGRIMINI, L. M. Tissue specificity of tobacco peroxidase isozymes and their induction by wounding and tobacco mosaic virus infection. **Plant Physiology**, v. 84, n. 2, p. 438-443, 1987.
- MAIA, V. M. **Efeitos de doses de nitrogênio, fósforo e potássio na produção da bananeira ‘Prata Anã’ e na suscetibilidade do fruto ao dano mecânico**. 2001. 52

- f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.
- MARRIOTT, J. Bananas – Physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality. **Critical Reviews of Food Science Nutrition**, v. 13, p. 41-88, 1980.
- MAYER, A. M.; HAREL, E. Polyphenol oxidase in plants. **Phytochemistry**, v.18, n. 2, p. 193-198, 1979.
- McCREADY, R. M.; GUGGOLZ, J.; SILVEIRA, V.; OWENS, H. S. Determination of starch and amylose in vegetables. Application to peas. **Anal. Chemistry**, v. 22, p.1156-1158, 1950.
- MIZOBUTSI, G. P. **Envolvimento de peroxidase e de polifenoxidase no escurecimento pós-colheita do pericarpo de lichia (*Litchi chinensis* Sonn.)**. 2002. 95 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2002.
- PATEL, R. Z. A Note on the Seasonal Variations in Starch Content of Different Parts of Arabica Coffee Trees. **East Afr. Agric. For. J.** n.36, p.1-6, 1970.
- RADI, M., MAHROUZ, M., JHOUD, A. Phenolic composition, browning susceptibility, and carotenoid content of several apricot cultivars at maturity. **Hortscience**, v. 32, n. 6, p. 1087-1091, 1997.
- ROBINSON, J. C. **Bananas and plantains**. Cambridge: CAB INTERNACIONAL, 1996. 238p.
- ROCHA, J. L. V. da. Fisiologia pós-colheita de banana. In: Simpósio Brasileiro sobre Bananicultura, 1., 1984. Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal. FCAV/UNESP, 1984, 400 p.

- ROCHA, A. **Uso de permanganato de potássio na conservação pós-colheita de banana ‘Prata’**. 2005. 85 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.
- SALOMÃO, L. C. C. **Efeitos do envoltório plástico no desenvolvimento e na maturação pós-colheita de frutos de banana (*Musa AAB*) ‘Mysore’**. 1995. 104f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.
- SILVA, E. **Estudo da atividade enzimática da polifenoloxidase e da peroxidase em algumas frutas e hortaliças “in natura” e processadas**. 1981. 108 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1981.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- UNDERHILL, S. J. R.; CRITCHLEY, C. Cellular localization of polyphenol oxidase and peroxidase activity in *Litchi chinensis* Sonn. pericarp. **Australian Journal of Plant Physiology**, v. 22, p. 627-632, 1995.
- WILLS, R.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D. **Postharvest – an introduction to the physiology and handling of fruits, vegetables and ornamentals**. 4ed. Wallingford: CABI, 1998. 262p.
- WHILTON, T. H.; BASSUK, N. L.; RANNEY, T. G.; REICHERT, D. L. An improved method for using electrolyte leakage to assess membrane competence in plant tissues. **Plant Physiology**, v. 98, p. 198-205, 1992.

## CONCLUSÕES GERAIS

Considerando os efeitos dos danos mecânicos por corte, abrasão, impacto e compressão sobre as características físicas, metabólicas, anatômicas e morfológicas da banana 'Prata Anã' foi observado que os danos por corte e abrasão e impacto numa área de 20 cm<sup>2</sup> resultaram em maior perda de massa fresca total acumulada e diária. O dano por impacto numa área de 20 cm<sup>2</sup> proporcionou antecipação do pico climatérico respiratório. Além disso, os frutos submetidos aos danos por corte, abrasão, impacto e compressão apresentaram sintomas morfológicos e reações anatômicas em resposta ao dano mecânico. Os danos por corte e abrasão, independente da área injuriada, promoveram maior porcentagem de perda de massa fresca em relação aos demais tratamentos. Todos os tipos de dano mecânico aumentaram o extravasamento de eletrólitos em relação à testemunha ao longo do período de avaliação. O dano por impacto antecipou o pico climatérico e o amadurecimento, além de prejudicar a conversão de amido em açúcares solúveis totais na polpa. A atividade das enzimas polifenoloxidase e peroxidase na casca foi bastante aumentada pelas injúrias de impacto e abrasão. Dentre os quatro tipos de dano mecânico estudados, bem como a intensidade aplicada, também foi observada que existe uma tolerância da banana 'Prata Anã' ao dano por compressão, quando ele ocorre no fruto ainda verde.

Ao comparar os processos de perda de massa fresca acumulada e diária, degradação de amido e conseqüente formação de açúcares solúveis totais na polpa, evolução do índice de cor da casca, produção e pico de CO<sub>2</sub>, atividade da polifenoloxidase e peroxidase na casca dos frutos de um mesmo tratamento, mantidos em condição ambiente (25,4 °C e 82 % UR) e em câmara fria (15 °C e 90 % UR) observou-se que aqueles mantidos em condições ambiente apresentam maior intensidade e velocidade dos fenômenos. Portanto, a manutenção dos frutos a 15 °C e 90

% de umidade relativa do ar pode reduzir os efeitos deletérios do dano mecânico, com ressalvas ao teor de açúcares solúveis totais que se mostrou abaixo do adequado devido à lentidão da hidrólise do amido, mesmo com os frutos atingindo índices de cor da casca próximos a 7. Entretanto, pelos baixos valores dos teores de açúcares solúveis totais na polpa dos frutos observados, assim como pelos altos valores dos teores de amido, pode-se pressupor que alguns processos de amadurecimento não se completaram totalmente, em função das condições de armazenamento em câmara fria.

Em relação à ocorrência e intensidade dos danos mecânicos por corte, abrasão, impacto e compressão, ao longo da cadeia de comercialização, foi observado que a porcentagem de frutos, área da casca e porcentagem da área da casca danificados aumentaram ao longo da cadeia de comercialização de bananas 'Prata Anã'. O uso da caixa de papelão proporcionou redução na incidência e intensidade de dano mecânico em relação aos demais tipos de embalagem. O dano por abrasão apresentou altos valores de incidência em todas as etapas da cadeia de comercialização e o dano por compressão apresentou grande importância relativa no varejo.

## **APÊNDICE**

Quadro 1A – Resumo das análises de variância da perda de massa fresca (PMF) e do índice de cor da casca (COR) de bananas ‘Prata Anã’ (capítulo 1)

Fontes de variação	GL	Quadrados médios	
		PMF	COR
Tratamento	8	168,4038**	6,8951*
Resíduo a	18	6,9217	2,3453
Tempo	12	657,1076**	79,9063**
Tratamento x Tempo	96	3,3369**	0,4375**
Resíduo b	216	0,2430	0,1412
CV (%)		5,52	10,05

\*\* e \* = significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Quadro 2A – Resumo das análises de variância da perda de massa fresca por dia (TAXA) de bananas ‘Prata Anã’ (capítulo 1)

Fontes de variação	GL	Quadrados médios
		Taxa
Tratamento	8	5,7297**
Resíduo a	18	0,1788
Tempo	11	1,7136**
Tratamento x Tempo	88	0,0263**
Resíduo b	198	0,0033
CV (%)		3,53

\*\* = significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

Quadro 3A – Resumo das análises de variância do extravazamento de eletrólitos 24 horas (VZ1) e 288 horas (VZ2) após o tratamento de bananas ‘Prata Anã’ (capítulo 1)

Fontes de variação	GL	Quadrados médios	
		VZ1	VZ2
Tratamento	8	24,42897 <sup>n.s.</sup>	688,2445**
Resíduo	18	15,23895	41,1445
CV (%)		29,73	12,02

\*\* = significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

<sup>n.s.</sup> = não significativo pelo teste F.

Quadro 4A – Resumo das análises de variância do extravazamento de eletrólitos 24 horas (VZ1) e 288 horas (VZ2) após o tratamento de bananas ‘Prata Anã’ (capítulo 1)

Fontes de variação	GL	Quadrados médios	
		VZ1	VZ2
Dano	3	45,2966 <sup>n.s.</sup>	1512,9120**
Área	1	5,6779 <sup>n.s.</sup>	53,6644 <sup>n.s.</sup>
Dano x Area	3	11,8335 <sup>n.s.</sup>	78,1676 <sup>n.s.</sup>
Resíduo	16	17,0743	46,1589
CV (%)		30,78	12,32

\*\* = significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

<sup>n.s.</sup> = não significativo pelo teste F.

Quadro 5A – Resumo das análises de variância do teor de açúcares solúveis totais (AC), amido (AM) e extravazamento de eletrólitos (VZ) de bananas ‘Prata Anã’ (capítulo 3)

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios		
		AC	AM	VZ
Dano	4	42,5871 <sup>**</sup>	40,4765 <sup>**</sup>	1350,4750 <sup>**</sup>
Resíduo a	10	6,8167	5,4957	69,4705
Tempo	4	825,0718 <sup>**</sup>	785,4875 <sup>**</sup>	3796,9970 <sup>**</sup>
Dano x Tempo	16	15,7571 <sup>**</sup>	16,6061 <sup>**</sup>	160,5227 <sup>**</sup>
Resíduo b	40	3,8341	4,7853	52,5853
CV (%)		16,56	17,25	24,04

<sup>\*\*</sup> = significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

Quadro 6A – Resumo das análises de variância da perda de massa fresca (PMF) e do índice de cor da casca (COR) de bananas ‘Prata Anã’ (capítulo 3)

Fontes de variação	GL	Quadrados médios	
		PMF	COR
Dano	4	22,1056 <sup>*</sup>	12,8424 <sup>n.s.</sup>
Resíduo a	10	5,6319	4,9564
Tempo	8	172,4747 <sup>**</sup>	49,9093 <sup>**</sup>
Dano x Tempo	32	0,6964 <sup>*</sup>	0,6526 <sup>*</sup>
Resíduo b	80	0,3863	0,3443
CV (%)		12,69	15,32

<sup>\*\*</sup> e <sup>\*</sup> = significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

<sup>n.s.</sup> = não significativo pelo teste F.

Quadro 7A – Resumo das análises de variância da perda de massa fresca por dia (TAXA) de bananas ‘Prata Anã’ (capítulo 3)

Fontes de variação	GL	Quadrados médios
		Taxa
Tratamento	4	0,61389 <sup>n.s.</sup>
Resíduo a	10	0,35081 <sup>n.s.</sup>
Tempo	7	0,85827 <sup>**</sup>
Tratamento x Tempo	28	0,13733 <sup>*</sup>
Resíduo b	70	0,06203
CV (%)		20,11

<sup>\*\*</sup> = significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

<sup>n.s.</sup> = não significativo pelo teste F.

Quadro 8A – Resumo das análises de variância do teor de açúcares solúveis totais (AC), amido (AM) e extravazamento de eletrólitos (VZ) de bananas ‘Prata Anã’ (capítulo 4)

Fontes de Variação	GL	Quadrados médios		
		AC	AM	VZ
Dano	4	5,3137**	16,2956**	226,6426**
Resíduo a	10	0,7956	1,6603	23,2576
Tempo	4	537,2132**	487,0637**	1020,3460**
Dano x Tempo	16	2,1365*	1,8078 <sup>n.s.</sup>	83,7748**
Resíduo b	40	1,2731	1,4840	11,7920
CV (%)		11,88	9,32	17,65

\*\* = significativo a 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

<sup>n.s.</sup> = não significativo pelo teste F.

Quadro 9A – Resumo das análises de variância da perda de massa fresca (PMF) e do índice de cor da casca (COR) de bananas ‘Prata Anã’ (capítulo 4)

Fontes de variação	GL	Quadrados médios	
		PMF	COR
Dano	4	8,07074**	18,1121**
Resíduo a	10	0,67856	2,1508
Tempo	10	7,98100**	40,9568**
Dano x Tempo	40	0,32023**	0,3514**
Resíduo b	100	0,01642	0,1486
CV (%)		12,23	9,57

\*\* = significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

Quadro 10A – Resumo das análises de variância da perda de massa fresca por dia (TAXA) de bananas ‘Prata Anã’ (capítulo 4)

Fontes de variação	GL	Quadrados médios
		Taxa
Tratamento	4	0,27279**
Resíduo a	10	0,01458
Tempo	9	0,09037**
Tratamento x Tempo	36	0,00169 <sup>n.s.</sup>
Resíduo b	90	0,00249
CV (%)		22,32

\*\* = significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F.

<sup>n.s.</sup> = não significativo pelo teste F.