

LUCIANO RIBEIRO BRAGA

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DE MAMÕES
DO GRUPO SOLO SUBMETIDOS A DIFERENTES
INJÚRIAS MECÂNICAS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2004

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

T

B813c
2004

Braga, Luciano Ribeiro, 1974-
Características químicas e físicas de mamões do grupo
solo submetidos a diferentes injúrias mecânicas / Luciano
Ribeiro Braga. – Viçosa : UFV, 2004.
xi, 46f. : il. ; 29cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Luiz Carlos Chamhum Salomão
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 39-46

1. Mamão - Fisiologia pós-colheita. 2. Mamão - Cultivo.
3. Mamão - Qualidade. 4. Frutas - Conservação. 5. Mamão
- Armazenamento. I. Universidade Federal de Viçosa.
II. Título.

CDD 20.ed. 634.6515

LUCIANO RIBEIRO BRAGA

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E FÍSICAS DE MAMÕES
DO GRUPO SOLO SUBMETIDOS A DIFERENTES
INJÚRIAS MECÂNICAS**

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

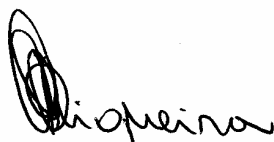
APROVADA: 31 de julho de 2004.



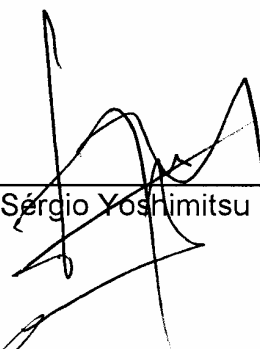
Prof. Paulo César Corrêa
(Conselheiro)



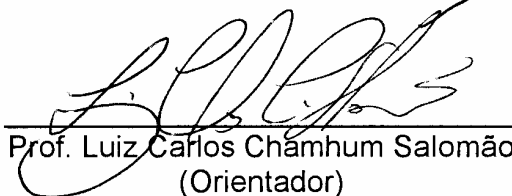
Prof. Paulo Roberto Cecon
(Conselheiro)



Prof. Dalmo Lopes de Siqueira



Prof. Sérgio Yoshimitsu Motoike



Prof. Luiz Carlos Châmhum Salomão
(Orientador)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero agradecer a Deus, por tudo o que tenho recebido, pela força concedida na realização dos meus sonhos, pela paz emocional e espiritual que me proporciona.

À Universidade Federal de Viçosa, pelo acolhimento para a realização de mais este curso.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

À empresa AGRA PEX, em especial ao meu amigo Fabrício, pelo fornecimento dos frutos utilizados na realização deste trabalho.

Ao professor Luiz Carlos Chamhum Salomão, pela amizade, pelos ensinamentos, pela orientação e dedicação, muito importantes na realização deste trabalho.

Aos meus conselheiros professores Paulo Roberto Cecon e Paulo César Corrêa, pelas críticas e pelos ensinamentos indispensáveis à realização e ao aperfeiçoamento deste trabalho.

Aos professores Dalmo Lopes, Sérgio Motoike e José Geraldo, pela honrosa participação na banca de defesa e pelas sugestões valiosas, que contribuíram para o engrandecimento deste trabalho.

Ao professor Sebastião Tavares de Rezende, pela boa vontade na cessão de materiais para realização das análises enzimáticas.

Ao meu grande amigo Sávio Ferreira, pela amizade construída desde a graduação e que, com certeza, nos acompanhará ao longo de nossas vidas, agradeço por seu companheirismo e pela Fé nos momentos difíceis.

À Virgínia e ao Jacson, pela amizade bonita construída entre nós, pelas gargalhadas nos momentos de descontração e pelo apoio a mim dedicado.

À Tia Ilza, ao Zé Mauro e familiares, por acolher-me como membro da família e estarem sempre ao meu lado, dando-me forças para a conquista de mais uma vitória.

À Nena e familiares, pela amizade bonita e pelo carinho a mim dedicado neste período em que estive em Viçosa e que, com certeza, serão eternos.

À Glória, ao Alex e aos seus filhos, por esta amizade bonita e verdadeira construída entre nós e que deixou a certeza de que o mundo é pequeno quando a amizade é verdadeira. O meu abraço a essa família equatoriana.

Ao professor Wilson Roberto Maluf e à 'família Maluf', por me ensinarem os primeiros passos nesta caminhada pela vida científica.

À estagiária Camila e ao laboratorista João Geraldo, pela dedicação e pelo auxílio nas análises.

Ao meu amigo Alexandre Paiva, pelos conselhos e pelas orientações na realização deste trabalho.

Aos professores Gerival, José Maria e Cláudio Bruckner, pela amizade, pelo incentivo e pelas sugestões.

Aos amigos do futebol, em especial, Alexandre, Ueliton, João, Roseilton, JP, Gil, Célio, César e Claudinho, pela descontração nas manhãs de domingo.

Aos meus amigos da fruticultura, em especial, Alexandre Parizzotto, Cláudio Rodrigo, Maria de Lurdes, Andréia, Victor, Cláudio Nolasco, Aline, Virgínia, Antônio Rezende, Sebastião e Marlon, obrigado pelo companheirismo.

Aos funcionários do setor de fruticultura, Carla, Marcio, Cenira, Moacir, Vicente, Ernesto e Sobreira, por toda ajuda proporcionada.

À Mara, secretária da Fitotecnia, pelo acolhimento e pelas orientações.

Agradecimento especial à minha família, que acreditou no meu sonho e esteve sempre ao meu lado, acompanhando-me a cada degrau superado rumo a esta realização.

À Wádila, pessoa muito especial em minha vida, que esteve comigo, apesar da distância, sempre ao meu lado, dando-me forças para a realização desse sonho. A você, dedico todo o meu amor.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho, que, para mim, é mais que um trabalho e, sim, sonho, o meu muito obrigado.

BIOGRAFIA

LUCIANO RIBEIRO BRAGA, filho de Waldemar Alves Braga e Ana Ribeiro Braga, nasceu na cidade de Conceição da Barra, Espírito Santo, em 13 de junho de 1974.

Cursou o 1º Grau na Escola Estadual “Dr. Edward Abreu do Nascimento”, em Pedro Canário, e o 2º Grau na Escola Agrotécnica Federal de Santa Teresa, em Santa Teresa, Espírito Santo, concluindo o ensino médio em dezembro de 1992.

Em julho de 1996, ingressou na Universidade Federal de Lavras-MG, graduando-se em Engenharia Agrônômica, em julho de 2001.

Em agosto de 2001, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO.....	viii
ABSTRACT	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	8
2.1. Avaliação das características químicas e físicas de mamões submetidos a injúrias mecânicas.....	8
2.1.1. Obtenção dos frutos	8
2.1.2. Simulação das injúrias.....	9
2.1.2.1. Injúria mecânica de impacto	9
2.1.2.2. Injúria mecânica de abrasão.....	10
2.1.2.3. Injúria mecânica de compressão	11
2.1.3. Acondicionamento dos frutos	11
2.1.4. Delineamento experimental	12
2.1.5. Avaliações não-destrutivas.....	12
2.1.5.1. Índice de cor da casca.....	12
2.1.5.2. Incidência de podridões e período para manifestação dos sintomas.....	12
2.1.5.3. Perda de massa	13
2.1.5.4. Taxa respiratória.....	13
2.1.6. Avaliações destrutivas.....	13

	Página
2.1.6.1. Extravasamento de solutos	13
2.1.6.2. Firmeza da polpa.....	14
2.1.6.3. Teor de sólidos solúveis	14
2.1.7. Atividade enzimática.....	14
2.1.7.1. Pectinametilesterase (PME)	15
2.1.7.2. Poligalacturonase (PG).....	16
2.1.8. Análise estatística.....	16
2.2. Quantificação do tipo e da intensidade de injúrias ocorridas em mamões comercializados nos mercados de Viçosa.....	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
3.1. Alterações químicas e físicas associadas a injúrias mecânicas em mamões	18
3.1.1. Índice de cor da casca.....	18
3.1.2. Perda de massa	20
3.1.3. Firmeza da polpa.....	21
3.1.4. Extravasamento de solutos	24
3.1.5. Teor de sólidos solúveis	26
3.2. Atividade enzimática.....	27
3.2.1. Poligalacturonase (PG).....	27
3.2.2. Pectinametilesterase (PME)	30
3.3. Taxa respiratória.....	31
3.4. Incidência de podridões e período para manifestação dos sintomas.....	33
3.5. Quantificação das injúrias ocorridas em mamões comercializados nos mercados	34
4. CONCLUSÕES	37
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
APÊNDICE	44

RESUMO

BRAGA, Luciano Ribeiro, M.S., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2004.
Características químicas e físicas de mamões do Grupo Solo submetidos a diferentes injúrias mecânicas. Orientador: Luiz Carlos Chamhum Salomão. Conselheiros: Paulo César Corrêa e Paulo Roberto Cecon.

As injúrias mecânicas podem ocorrer em qualquer ponto da cadeia de comercialização do mamão, fazendo com que ele perca ou diminua o seu valor comercial e nutricional, além de contribuir para um aumento nas perdas pós-colheita. O presente trabalho teve como objetivos estudar algumas alterações no metabolismo de mamões submetidos a injúrias de impacto, abrasão e compressão; e quantificar a incidência de injúrias em frutos amostrados em dois mercados de Viçosa, Minas Gerais. As injúrias foram simuladas em duas áreas de 15 cm², previamente demarcadas, em posições diametralmente opostas, na região equatorial de mamões *Improved Sunrise Solo Line 72/12*, no índice de cor da casca 3 (25 a 40% da área superficial da casca amarela). A injúria por impacto foi provocada por uma esfera de aço de 66 g solta sobre o fruto de uma altura de 1,2 m; a abrasão foi feita com uma lixa d'água de 80 mesh presa a um suporte de fórmica flexível; e para a compressão utilizou-se um peso de madeira de 3 kg deixado em repouso sobre o fruto por 5 minutos. Os frutos-controle não foram submetidos a nenhum tipo de injúria. Após a simulação das injúrias os frutos foram armazenados a 15 ± 1°C e 85 ±

5% de UR, sendo as amostragens feitas em intervalos de dois em dois dias para avaliação de índice de cor da casca, incidência de podridões, perda de massa fresca, extravasamento de solutos, firmeza da polpa, teor de sólidos solúveis e atividade das enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase. A taxa respiratória foi avaliada nos intervalos de 4, 8, 12, 24, 48 e 72 horas após as injúrias. Também foram determinados o tipo e a intensidade das injúrias ocorridas em mamões comercializados em dois estabelecimentos comerciais de Viçosa. Os resultados evidenciaram os efeitos depreciativos das injúrias mecânicas na qualidade final e também no tempo de vida de prateleira de mamões. O amadurecimento foi antecipado nos frutos injuriados, que apresentaram índices de cor da casca maiores do que nos frutos-controle. A injúria por abrasão foi a que provocou efeitos mais drásticos, por apresentar, no final do período avaliado, aumento de 27% na perda de massa média e de 19,9% no extravasamento de solutos, em relação aos frutos-controle. Além disso, os frutos submetidos a essa injúria apresentaram maior taxa respiratória e maior incidência de podridões. A atividade das enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase e o teor de sólidos solúveis não foram alterados em função das injúrias. O alto índice de frutos com sintomas de injúrias mecânicas nos mercados de Viçosa evidenciou a fragilidade dos tecidos e o potencial de perdas na cadeia de comercialização.

ABSTRACT

BRAGA, Luciano Ribeiro, M. S., Universidade Federal de Viçosa, July, 2004.
Chemical and physical features of Solo group papaya submitted to different mechanical injuries. Adviser: Luiz Carlos Chamhum Salomão.
Committee members: Paulo César Corrêa and Paulo Roberto Cecon.

Mechanical injuries occur at any point of papaya's commercialization chain. As a consequence, this fruit can lose its commercial and nutritional values, leading to an increasing post harvest losses. The present work aimed to study some modifications in papaya metabolism submitted to impact, abrasion and compression and to quantify incidence of injuries in the fruit market of Viçosa, Minas Gerais. The injuries were simulated in two 15 cm² area marked previously in opposite sites of papaya fruits cv. Improved Sunrise Solo Line 72/12 at maturation index 3 (with 25 to 40% of superficial area yellow). The impact injury was provoked by a 66 g steel sphere released over the fruit from 1.2 meters high. The abrasion injury was simulated using a 80 mesh water sandpaper attached to a flexible formic support. The compression injury was simulated using a 3 kg wood left over the fruit during 5 minutes. Control fruits were not submitted to any injury. After injuries' simulation, fruits were stored at 15 ± 1°C and 85 ± 5% RH. Sampling were done at each two days, the color index, incidence of putrescence, lost of fresh mass, electrolyte leakage, pulp firmness, soluble solids content and pectinmethylesterase and

polygalacturonase activity were evaluated. Respiratory rate was evaluated after 4, 8, 12, 24, 48 and 72 hours after injuries. The type and intensity of injuries presented in papayas commercialized in two stores of Viçosa were also evaluated. The results showed the depreciative effects of mechanical injuries to final quality and also to shelflife of papayas. Injured fruits ripened earlier and had higher peel color index than the ones of control fruits. At the end of evaluation period, abrasion injuries caused the worst effect. There was an increase of 27% in mass loss and 19.9% in electrolyte leakage comparing injured fruits and the control fruits. Furthermore, fruits submitted to abrasion presented a higher respiratory rate and a higher putrescence incidence. Pectinmethylesterase and polygalacturonase activities and soluble solids contents were not modified by injuries. The elevated index of fruits with mechanical injuries in Viçosa markets showed the tissue fragility and the potential lost in commercialization chains.

1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é cultivado comercialmente em regiões do globo terrestre compreendidas entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, a 21° de latitude Norte e 21° de latitude Sul (Alves, 2003), sendo espécie tipicamente de clima tropical. O Brasil destaca-se como o primeiro produtor mundial de mamões, produzindo, em 2002, 1.500.000 toneladas, equivalentes a 25,21% da produção mundial. Outros países com produção expressiva são Nigéria, Índia, México e Indonésia, com participações de 12,57%, 11,76%, 11,57% e 8,59%, respectivamente (FAO, 2003).

O mamoeiro é cultivado praticamente em todo o território nacional, à exceção de algumas regiões com invernos rigorosos, sendo as regiões Sudeste e Nordeste as maiores produtoras. No Brasil, a área plantada com o mamoeiro, em 2002, foi de 40,8 mil hectares, tendo uma produtividade média de 36,76 t/ha (FAO, 2003). Os estados da Bahia, do Espírito Santo e do Pará, são responsáveis por 89,29% da produção nacional (AGRIANUAL, 2003).

Apesar de ser o maior produtor e ter uma das maiores produtividades do mundo, o Brasil se enquadra apenas como o terceiro maior exportador da fruta *in natura*. Do total exportado para consumo *in natura*, em 2001, o México foi responsável por 37,41%, seguido de Malásia (27,26%), Brasil (11,52%) e Estados Unidos (4,2%) (FAO, 2003).

O Estado do Espírito Santo é atualmente o maior exportador de mamões do país, sendo responsável por aproximadamente 80% da exportação

brasileira. A área plantada com a cultura no estado é de 11,5 mil hectares, com uma produtividade média de 57 t/ha/ano. A cultura encontrou na região norte do Estado condições edafoclimáticas favoráveis que, somadas ao emprego de altas tecnologias na sua exploração, permitiram a produção de frutas com alto padrão de qualidade e grande aceitação pelos mercados consumidores locais e internacionais (Martins e Malavasi, 2003).

Segundo Souza (2002), a produção de mamões pode ser orientada para o mercado *in natura*, nas vizinhanças da região produtora, e para exportação de frutas frescas e industrialização, em regiões mais distantes. Atualmente, a maior parte do montante produzido é consumida no mercado interno, sendo uma pequena parcela destinada à exportação, principalmente para o mercado europeu (Souza, 1999; 2002).

O conhecimento da fisiologia pós-colheita do mamão é um fator importante e necessário para a determinação do ponto de colheita, para a prática de uma colheita racional e para a determinação do tipo de embalagem, armazenamento e tipo de transporte adequado, de acordo com a distância do mercado consumidor.

O mamão é uma baga de tamanho variável, com formato variando de redondo a piriforme e oblongo, dependendo do tipo de flor que o originou (Paull, 1993; Paull et al., 1997). O fruto é bastante perecível, possuindo casca fina e polpa tenra, exigindo grandes cuidados durante os procedimentos de colheita e pós-colheita.

O fruto apresenta padrão respiratório climatérico (Paull, 1993) e se caracteriza por uma vida pós-colheita relativamente curta, completando o seu amadurecimento em poucos dias ou semanas, sendo também sujeito a perdas pós-colheita por injúrias mecânicas, patógenos ou por fatores abióticos. Esses fatores podem se manifestar nos frutos isoladamente ou em conjunto, proporcionando perdas quantitativas, qualitativas ou nutricionais nas diferentes fases da cadeia pós-colheita, ou seja, durante as etapas de tratamento, armazenamento, comercialização ou consumo (Balbino, 2003).

No Brasil, embora a maioria das informações sobre perdas pós-colheita seja oriunda de estimativas grosseiras, sabe-se que esses índices são elevados. No caso da cultura do mamoeiro estes dados são agravados devido à alta perecibilidade do fruto. Vários autores citam dados de perdas que podem

variar de 40 a 100% (Kays, 1991), 50% (UFLA, 1999) e 40% (Vilas Boas, 2000).

Salles et al. (2002) fizeram um levantamento das perdas ocorridas na comercialização de banana, mamão, laranja, abacaxi e maracujá nos mercados de São Luiz, MA. Segundo os autores, a maior fração de perdas ocorreu no atacado, com índice médio de 11,6% e de 7,7% no varejo. As perdas ocorridas com o mamão tiveram um elevado índice no atacado (15,8%), perdendo apenas para a banana (20%). No mercado varejista, as perdas foram menores, mas ainda preocupante; pois, levando-se em consideração a grande rotatividade dos frutos nas gôndolas, essas se tornam bastante elevadas. No caso específico do mamão, as principais causas de perdas, considerando apenas em termos quantitativos, estão distribuídas de forma diferente entre os mercados atacadista e varejista. No atacado, a má qualidade do produto comprado (28%), o armazenamento inadequado (27%) e a embalagem inadequada (15%) são as principais causas de perdas. No varejo, o manuseio inadequado do produto pelo consumidor (40%), o tempo entre compra e venda (25%) e a má qualidade do produto comprado (15%) foram as principais causas de perdas nesse segmento.

Rangel et al. (2002) quantificaram as perdas ocorridas durante a comercialização do mamão 'Formosa', em Brasília. Segundo os autores, as perdas no mercado atacadista variaram de 1,5 a 20,3% do volume comercializado, sendo que estas perdas representaram um custo de R\$ 7,3 mil a R\$ 76,9 mil mensais para os boxes da Ceasa/DF. Porém, no mercado varejista, as perdas médias foram de 5,4% do volume comercializado. Tanto no atacado quanto no varejo, os danos físicos foram as principais causas de perdas do mamão comercializado. No atacado, os danos físicos foram responsáveis por 86% das perdas, seguida por maturação inadequada (frutos imaturo ou muito maduro), que representou 10%. O transporte (a granel) e as embalagens inadequados foram os agravantes dos danos físicos nos frutos. No varejo, 58% das perdas também foram causadas por danos físicos e estes foram provocados pelo excesso de camadas de frutos nas gôndolas dos supermercados.

Apesar de menores estes números ainda estão bem próximos daqueles mostrados por Pantastico (1981). De acordo com o autor, cerca de 30% dos

frutos tropicais como manga, mamão e banana eram perdidos somente na fase final da cadeia de comercialização na cidade de São Paulo-SP. Isso mostra a importância de maiores estudos na busca por uma agricultura mais competitiva e que possa suprir o mercado com produtos de qualidade, de acordo com a demanda e, assim, poder reduzir as perdas.

Segundo Vilas Boas (2000), perdas pós-colheita são quaisquer mudanças na quantidade ou qualidade de um produto após a colheita que comprometem seu uso pretendido ou reduzem o seu valor. O mesmo autor enfatiza ainda que a perda física completa do produto é o exemplo mais dramático, porém, muito da perda total é devido à redução na sua qualidade e no seu valor nutricional.

Nos trabalhos citados, as perdas foram avaliadas apenas de forma quantitativa, não sendo diferenciadas as perdas provocadas por redução no valor nutricional ou mesmo perdas patológicas resultantes da ação negativa das injúrias mecânicas sobre o produto.

As injúrias mecânicas podem ser definidas como deformações plásticas, rupturas superficiais e, em casos mais extremos, destruição dos tecidos vegetais, provocada por forças extremas, causando modificações físicas (danos físicos), fisiológicas, químicas e bioquímicas, que resultam em alterações na cor, no aroma, no sabor e na textura (Mohsenin, 1986; Moretti, 2002).

O mamão, em qualquer grau de maturação, é susceptível a danos mecânicos, principalmente abrasão, impacto, compressão e cortes (Quintana e Paull, 1993, Paull et al., 1997, Moretti, 2002). Estas injúrias podem servir de porta de entrada para diversos patógenos, o que resulta numa grande incidência de doenças e, conseqüentemente, em perdas pós-colheita (Chitarra e Chitarra, 1990).

Dentre as várias doenças em pós-colheita do mamão, a antracnose, tendo como agente causal o fungo *Colletotrichum gloeosporioides* Penz. e a podridão-peduncular, causada por diversos fungos (Ventura et al., 2003; Alvarez e Nishijima, 1987) são responsáveis pelas maiores perdas. Ambas têm o processo de infecção facilitado em função de injúrias ocorridas no tecido dos frutos.

As Injúrias mecânicas também podem induzir diversas alterações das rotas metabólicas e, conseqüentemente, provocar mudanças no metabolismo. Essas mudanças incluem aumento da respiração no local da injúria, produção de etileno, acúmulo de compostos metabólicos secundários e ruptura celular, levando à descompartimentalização de enzimas e substratos. Estas respostas são acarretadas subseqüentemente a uma série de reações destinadas a efetuar a restauração de membranas nos tecidos vegetais (Rolle e Chism, 1987).

As injúrias mecânicas podem ocorrer em qualquer ponto da cadeia de comercialização, desde a colheita até o consumo (Chitarra e Chitarra, 1990). A abrasão resulta da fricção entre dois frutos e entre o fruto e a parede da caixa durante a colheita e o transporte (Moretti, 2002). Os cortes podem resultar do contato do fruto com um objeto pontiagudo ou unhas dos colhedores ou manuseadores (Chitarra, 1994). Os impactos são geralmente provocados pela colisão do fruto contra superfícies sólidas ou outros frutos durante as etapas de colheita, manuseio e transporte (Moretti, 1998), sendo problemas maiores para frutos com 40% ou mais de coloração amarela da casca (Paull et al., 1997). A compressão resulta do acondicionamento impróprio ou uso de embalagens inadequadas, sendo estas acarretadas pela utilização de frutos de tamanhos diferentes em uma mesma caixa e pelo acondicionamento de quantidade excessiva do produto dentro da embalagem (Chitarra, 1994; Calbo et al., 1995).

Bélgica-Geronimo e Mendoza Júnior (1988) avaliaram, no período de março a junho de 1984, em Limbon, Filipinas, a incidência de injúrias mecânicas ocorridas em mamões transportados a granel em quatro pontos diferentes da cadeia de comercialização. As etapas avaliadas foram logo após a colheita, após o transporte para o mercado atacadista, após o transporte para o mercado varejista e após o varejo. O aumento das injúrias mecânicas ocorreu de forma cumulativa, partindo de 0% após a colheita para 95% dos frutos avaliados após o transporte para o mercado varejista. Após o varejo, os frutos foram transportados em caixas de papel e não se observou nenhuma injúria além das apresentadas anteriormente. Segundo os mesmos autores, as principais injúrias observadas foram impacto, abrasão e corte, sendo estas resultantes do manuseio inadequado dos frutos e do transporte a granel em carrocerias desprotegidas.

Quintana e Paull (1993) estudaram as injúrias mecânicas ocorridas em mamões durante o manuseio pós-colheita. Foram retiradas amostras no momento da colheita e em cinco pontos de uma casa de embalagem comercial no Hawaii, em setembro de 1989 e setembro de 1990. Os autores constataram que, após o manuseio, os frutos apresentavam sinais de injúrias mecânicas e essas se caracterizavam por áreas afundadas de coloração verde-escura na casca. Verificaram também que a área injuriada na superfície do fruto aumentou significativamente ao longo do sistema de manuseio, passando de 8% no momento da colheita, para 40% após a embalagem. Esse aumento ocorreu devido ao efeito cumulativo das injúrias.

Pesquisa realizada em 1992 pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), em mamões havaianos comercializados na Califórnia, mostrou que 72% das caixas analisadas continham frutos com cicatrizes e amassamentos provocados por danos mecânicos (Paull et al., 1997).

Lladó e Domínguez (1998) avaliaram o efeito da injúria mecânica por abrasão na fisiologia e na vida de prateleira de bananas. As injúrias foram simuladas utilizando-se uma lixa e as áreas injuriadas em cada fruto foram de 0, 1 e 4 cm², sendo os frutos, em seguida, armazenados em ambientes com diferentes umidades relativas. Segundo os autores, as mudanças na cor da casca foram aceleradas com o aumento da área injuriada. As injúrias também influenciaram o padrão climatérico, sendo o período pré-climatérico menor nos frutos danificados. Nestes, a atividade da ACC-oxidase da casca atingiu o nível máximo logo após a aplicação das injúrias, enquanto nos frutos-controle a atividade foi máxima no período pós-climatérico. A firmeza da casca também foi menor nos frutos danificados, sendo que estes tiveram o processo de amolecimento acelerado em função da injúria.

Em quiabos, o dano mecânico proporcionado pela colheita aumentou em 26% a perda de matéria fresca nos frutos danificados em relação aos frutos-controle (Della-Justina et al., 1998). Porém, Halloran et al. (1999) não observaram diferenças significativas entre os melões injuriados e não-injuriados para essa mesma característica. Outros distúrbios como aumento na produção de etileno e CO₂ devido ao dano mecânico puderam ser observados em tomates (MacLeod et al., 1976; Moretti, 1998). Moretti (1998) observou também um aumento no vazamento de solutos em tomates danificados,

comportamento semelhante ao observado por Jiang et al. (2001), em morangos.

Em mirtilo e cereja-doce, Burton e Schulte-Pason (1987) observaram correlação positiva entre o dano mecânico de impacto e o aumento na produção de CO₂. Constataram, também, alta correlação entre o número de impactos e o surgimento subsequente de doenças fúngicas nos frutos. Tanto a produção de CO₂ quanto à incidência de doenças foram agravadas com o aumento do número de impactos sofridos pelos frutos.

O efeito das injúrias mecânicas na atividade de enzimas que atuam na degradação de parede celular tem sido relatado na literatura. Miller et al. (1987) verificaram aumento na atividade da poligalacturonase, pectinametilesterase e xilanase, em pepinos, 48 horas após sofrerem injúria mecânica de impacto. Aumentos na atividade da poligalacturonase também foram encontrados em tomates submetidos à injúria mecânica por impacto (Moretti, 1998).

Apesar dos poucos estudos encontrados na literatura sobre a suscetibilidade do mamão ao dano mecânico, sabe-se que esse é um fruto bastante sensível. Considerando a importância dessa cultura para o país e a sua alta suscetibilidade a danos mecânicos, este trabalho objetivou estudar algumas alterações no metabolismo de mamões, quando submetidos a injúrias mecânicas de impacto, abrasão e compressão e quantificar a incidência de injúrias em frutos amostrados em dois mercados de Viçosa, Minas Gerais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Avaliação das características químicas e físicas de mamões submetidos a injúrias mecânicas

2.1.1. Obtenção dos frutos

Os frutos foram obtidos em pomar comercial localizado no município de Sooretama, região norte do Estado do Espírito Santo. A região se caracteriza por apresentar médias de temperatura máximas de 30 a 32° C, médias de temperaturas mínimas de 15 a 18°C (Feitosa, 1986) e a precipitação pluvial média de 1.183 mm por ano (Castro e Scárdua, 1985).

Mamões do cultivar *Improved Sunrise Solo Line 72/12* (ISS 72/12) foram colhidos no estágio 1 de amadurecimento, ou seja, com até 10% da área superficial da casca amarela (Quadro 1), no período da manhã do dia 17 de março de 2003. Após a colheita, os frutos foram transportados para a casa de embalagem, onde foram selecionados quanto ao tamanho, estágio de maturação, defeitos físicos e distúrbios fisiológicos. Em seguida, foram acondicionados em caixas de papelão ondulado e transportados para o Laboratório de Pós-Colheita da Universidade Federal de Viçosa.

No laboratório, efetuou-se nova seleção e padronização dos frutos com aproximadamente 390 g. Nestes, foram demarcadas duas áreas de 15 cm², em posições diametralmente opostas, na região equatorial. Os mesmos foram

Quadro 1 – Escala visual para determinação da percentagem da área superficial de mamões com coloração amarela

Índice de cor da casca	Descrição
1	até 10% da área superficial da casca com coloração amarela
2	10 a 25% da área superficial da casca com coloração amarela
3	25 a 40% da área superficial da casca com coloração amarela
4	40 a 55% da área superficial da casca com coloração amarela
5	55 a 70% da área superficial da casca com coloração amarela
6	70 a 85% da área superficial da casca com coloração amarela
7	85 a 100% da área superficial da casca com coloração amarela

Fonte: Balbino (1997).

imersos em hipoclorito de sódio ($100 \mu\text{L L}^{-1}$ de água) por 5 minutos, enxaguados e tratados com benomyl ($0,3 \text{ g L}^{-1}$ de água). Os frutos foram acondicionados em caixas plásticas forradas com plástico de bolhas e armazenados em câmara fria ($15 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ UR) até atingirem o estágio 3 de amadurecimento (Quadro 1), para então serem submetidos a injúrias (dia zero das avaliações).

2.1.2. Simulação das injúrias

2.1.2.1. Injúria mecânica por impacto

A injúria mecânica por impacto foi causada de acordo com a metodologia citada por Dadzie e Orchard (1997). Os frutos foram danificados individualmente, nas áreas previamente demarcadas, por uma esfera de aço com 66 g, solta de uma altura de 1,2 m. 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 (Figura 1). Cada área demarcada do fruto sofreu três impactos, um ao lado do outro, totalizando seis impactos por fruto.

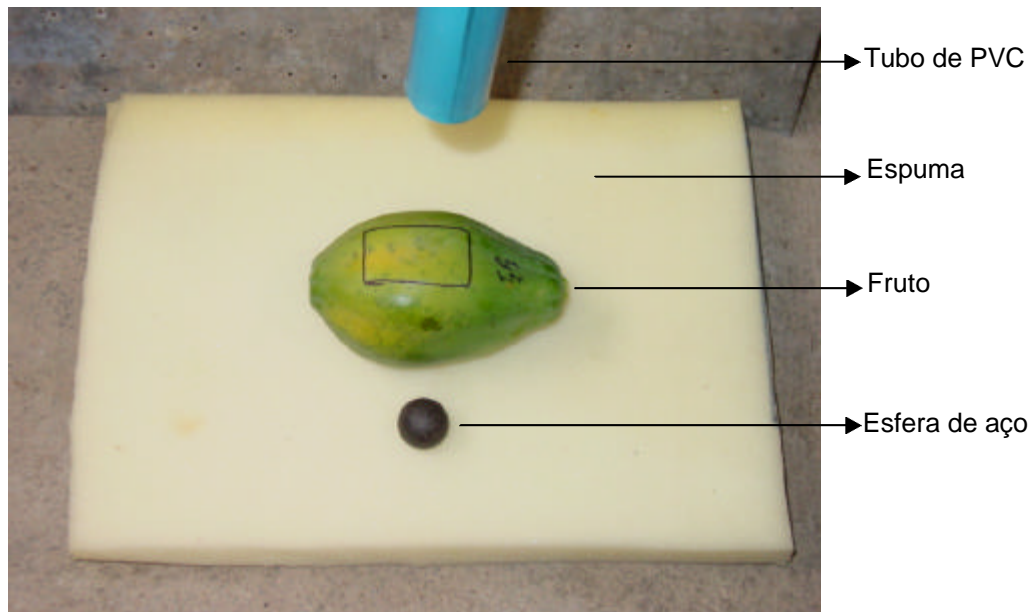


Figura 1 – Equipamento utilizado para simulação de injúria mecânica por impacto em mamões.

2.1.2.2. Injúria mecânica por abrasão

A injúria mecânica por abrasão foi causada com auxílio de uma lixa d'água de 80 mesh, presa a um suporte de fórmica flexível (Figura 2). Em cada área previamente demarcada no fruto fez-se a injúria de forma mais uniforme possível, injuriando-a por inteira.



Figura 2 – Uso de lixa para simulação de injúria mecânica por abrasão em mamões.

2.1.2.3. Injúria mecânica por compressão

A injúria mecânica por compressão foi causada com auxílio de um aplanador horizontal de frutos (Calbo e Nery, 1995) modificado. Os frutos foram colocados sob um bloco de madeira com massa de 3 kg, que permaneceu por 5 min sobre os mesmos. Ao aplanador, acima e abaixo do fruto, encontravam-se presas duas cunhas, simulando as quinas presentes nas caixas de madeira (Figura 3).

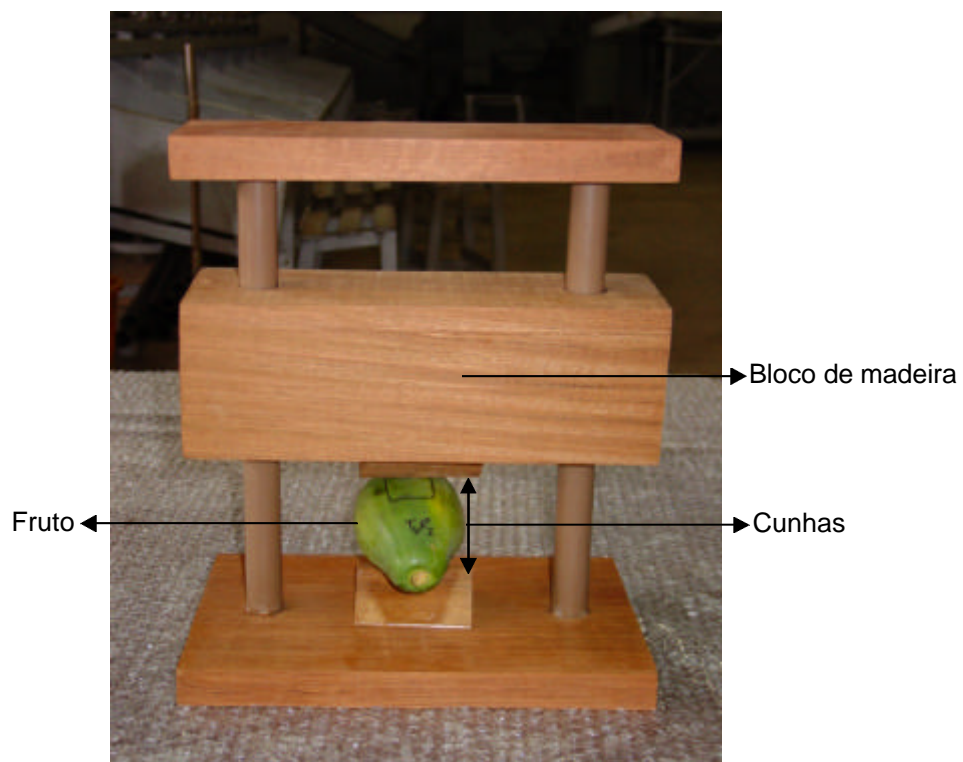


Figura 3 – Aplanador horizontal utilizado para simulação de injúria mecânica por compressão em mamões.

2.1.3. Acondicionamento dos frutos

Após simulação das injúrias, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas forradas com plástico de bolhas e armazenados em câmara fria com temperatura de aproximadamente $15 \pm 1^{\circ}\text{C}$ e $85 \pm 5\%$ de umidade relativa, durante 10 dias, com amostragens a cada 2 dias.

2.1.4. Delineamento experimental

O experimento foi montado segundo um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas os tratamentos (três tipos de injúrias e frutos não-injuriados) e nas subparcelas os períodos de avaliação (0, 2, 4, 6, 8 e 10 dias), no delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições e dois frutos por unidade amostral. A avaliação no dia zero foi feita imediatamente após a simulação das injúrias.

Para avaliação da taxa respiratória utilizaram-se três repetições e um fruto por unidade amostral, sendo avaliada nos intervalos de 4, 8, 12, 24, 48 e 72 horas após as injúrias.

2.1.5. Avaliações não-destrutivas

2.1.5.1. Índice de cor da casca

A cor da casca foi determinada com base na escala visual desenvolvida por Balbino (1997). Os valores crescentes de 1 a 7 foram atribuídos em função da percentagem de área superficial da casca amarela (Quadro 1).

2.1.5.2. Incidência de podridões e período para manifestação dos sintomas

A incidência de podridões foi determinada apenas na área danificada, sendo feita, a partir da manifestação dos sintomas, por meio de contagem do número de mamões naturalmente infectados. Foi também verificado o número de dias entre a aplicação dos tratamentos e o início do aparecimento dos sintomas. Eventuais podridões surgidas na região peduncular ou em outra parte do fruto não foram computadas.

2.1.5.3. Perda de massa

A redução da massa fresca foi determinada por gravimetria. Os resultados foram expressos em termos de perdas percentuais, utilizando-se a relação entre o peso encontrado em cada dia de avaliação e o peso encontrado no primeiro dia de avaliação, multiplicado por 100.

2.1.5.4. Taxa respiratória

Para determinação da taxa respiratória utilizou-se um novo lote de frutos, os quais foram submetidos aos mesmos tratamentos e armazenados sob as mesmas condições que os demais. Esta foi avaliada nos três primeiros dias após as injúrias, sendo determinada pela quantificação do CO₂ produzido pelos frutos mantidos individualmente em frascos hermeticamente fechados, com capacidade para 1.600 mL. Após período de 1 hora, a partir do fechamento dos frascos, foram retiradas alíquotas de 1 mL da atmosfera interna e injetadas num cromatógrafo a gás (marca GOW MAC, série 550), equipado com coluna de alumínio preenchida com Porapak Q e detector de condutividade térmica. As condições de trabalho foram: fluxo de gás de arraste (Hélio) de 40 mL.min⁻¹; corrente elétrica de 100 mA; atenuação de 1; temperaturas da coluna, do detector e do injetor de 50, 70 e 80 °C, respectivamente, e temperatura ambiente de 20 a 23 °C. A quantificação foi feita pela comparação da altura dos picos produzidos pelas amostras, no cromatograma, com aqueles produzidos pela injeção de uma alíquota-padrão, composta de 6,02% mol de CO₂ por mol de mistura CO₂ + N₂. Os resultados foram expressos em mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹.

2.1.6. Avaliações destrutivas

2.1.6.1. Extravasamento de solutos

O nível de dano nos tecidos injuriados foi avaliado pelo extravasamento de solutos celulares, de acordo com a metodologia descrita por Serek et al.

(1995). No local injuriado de cada fruto retirou-se um cilindro (1,14 cm de diâmetro por 1,5 cm de comprimento), sem a remoção da casca, com auxílio de furador metálico de rolhas. Os cilindros foram lavados com água deionizada e secos superficialmente com papel absorvente, sendo em seguida incubados por 2 horas em 30 mL de água deionizada sob condição ambiente. Findo esse período, a condutividade elétrica da solução foi medida num condutivímetro (marca TECNOPON - CA 150). Após a incubação, as amostras foram autoclavadas (121 °C a 1,5 atm) por 30 min, eliminando-se a permeabilidade seletiva das membranas e permitindo-se o extravasamento total dos solutos. A condutividade elétrica da água foi medida novamente, e os resultados foram expressos como a razão entre a primeira e a segunda medição, multiplicada por 100.

2.1.6.2. Firmeza da polpa

A firmeza da polpa foi medida pela resistência à penetração das ponteiros de um penetrômetro, tipo EFFEGI, com diâmetros de 5/16" ou 7/16", após retirar uma porção superficial da casca na região injuriada de cada fruto. Os resultados foram expressos em kPa.

2.1.6.3. Teor de sólidos solúveis

Para determinação do teor de sólidos solúveis totais foram retirados cilindros da polpa com auxílio de um furador de rolhas metálico (1,14 cm de diâmetro), no local injuriado, após a remoção da casca. Estes cilindros foram macerados em cadinho de porcelana e filtrados em algodão para obtenção do suco. As leituras foram efetuadas em refratômetro portátil ATAGO N1 (faixa de leitura de 0 a 32°Brix). Os resultados foram expressos em graus brix.

2.1.7. Atividade enzimática

Para obtenção do extrato enzimático, 5 g da polpa foram retirados no local injuriado, com auxílio de um furador metálico de rolhas, após remoção da

casca. As amostras foram embaladas em papel alumínio, congeladas sob nitrogênio líquido e armazenadas em congelador a -20°C para análises posteriores.

O processo de extração das enzimas ocorreu de acordo com Hultin e Levine (1963) e Priya Shethu et al. (1996), com modificações. A amostra foi colocada num tubo de centrífuga e a ela adicionou-se 20 mL de uma solução extratora de cloreto de sódio 2 M, sendo em seguida triturada num homogeneizador de tecidos vegetal (Politron) por 1 min. Após a trituração, transferiu-se o macerado para um béquer de 50 mL e completou-se o volume de NaCl para 30 mL (6 mL por grama de polpa). Ajustou-se o pH do macerado para 6,0 com NaOH 0,1 M e deixou-se sob agitação, em agitador magnético, por um período de 1 h. Todos esses processos ocorreram em banho de gelo, sob temperaturas entre 0 e 4°C .

Após a agitação, o macerado foi centrifugado por 30 minutos a 9500 g a 4°C . Findo este tempo, o sobrenadante (extrato enzimático) foi utilizado para determinar a atividade das enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase.

2.1.7.1. Pectinametilesterase (PME)

A atividade da pectinametilesterase foi analisada de acordo com a quantidade de ésteres produzidos a partir da hidrólise das ramificações metiladas da pectina. A metodologia utilizada foi a descrita por Hultin e Levine (1965) e Brady (1976) com modificações. A 30 mL de solução de pectina cítrica 1% em NaCl 0,2 M e pH 7,5 foram adicionados 2 mL do extrato enzimático. O meio de reação, acidificado pela ação da PME, foi titulado com NaOH 0,005 M por 5 min até pH 7,0, à temperatura ambiente, registrando-se o volume gasto de NaOH.

A atividade enzimática foi expressa em micromoles de ésteres hidrolisados por grama de massa fresca de polpa por minuto ($\mu\text{mol éster} [\text{g MF}]^{-1} \text{min}^{-1}$), sendo considerada como uma unidade (U).

2.1.7.2. Poligalacturonase (PG)

Para determinação da atividade da poligalacturonase foi preparado, em tubos de ensaio, o seguinte meio de reação: a 380 μ L de tampão acetato de sódio 50 mM (pH 5,0) + 100 μ L de ácido poligalacturônico 0,2 % (pré-lavado com etanol 80%) foram acrescidos 20 μ L do extrato enzimático, perfazendo um total de 500 μ L. Os tubos foram incubados a 37°C por um período de 12 horas. Após incubação foi adicionado 1 mL de ácido Dinitrossalicílico (DNS) ao meio de reação, seguindo-se de imersão do mesmo em banho-maria fervente por 10 min. Para o controle (branco), o DNS foi adicionado antes da incubação. Após esse tempo, foram adicionados 5 mL de água destilada por tubo, determinando-se a absorvância a 540 nm (Luchsinger e Cornesky, 1962; Pressey e Avants, 1976).

A atividade enzimática foi expressa em micromoles de ácido galacturônico produzidos por grama de massa fresca de polpa por minuto (μ mol ácido galacturônico $[g \text{ MF}]^{-1} \text{ min}^{-1}$), sendo considerada como uma unidade (U).

2.1.8. Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e de regressão. As médias dos fatores qualitativos foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade. Para os fatores quantitativos, os modelos foram escolhidos com base na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste de t, a 5% de probabilidade, no coeficiente de determinação ($r^2 = \text{SQregressão}/\text{SQdias}$) e no potencial para explicar fenômeno em estudo.

Para as características índice de cor da casca e incidência de podridões foi realizada uma análise estatística descritiva, sendo os resultados expressos pelas médias acompanhadas dos respectivos desvios-padrão.

2.2. Quantificação do tipo e da intensidade de injúrias ocorridas em mamões comercializados nos mercados de Viçosa

Para determinação do tipo e da intensidade das injúrias ocorridas da colheita até o mercado varejista, foram analisados os frutos provenientes da Ceasa-MG, de Contagem e comercializados em dois estabelecimentos de Viçosa. A amostragem foi realizada antes da exposição do produto na área de vendas, sendo coletada, em cada estabelecimento, uma caixa de madeira contendo 18 frutos. Em seguida, as caixas foram transportadas para o Laboratório de Análise de Frutas da UFV, onde os frutos foram individualmente identificados e medidos (comprimento e diâmetro). Os frutos foram armazenados sob condição ambiente em caixas plásticas forradas com papel picado, onde permaneceram até ficarem completamente maduros (índice de cor 7), para então ser determinada a área lesionada por cada injúria.

A estimativa da área superficial de cada fruto foi obtida de acordo com a equação de regressão determinada por Silva (1995), para mamões do cultivar ISS 72/12:

$$\hat{A} = 2,6896x - 12,384 \quad (r^2 = 0,9998)$$

em que

A = estimativa da área superficial do fruto; e

X = produto do diâmetro pelo comprimento de cada fruto.

A área ocupada por cada tipo de injúria nos frutos foi obtida cobrindo-se a superfície injuriada com uma transparência quadriculada de 1 mm² de malha e somando-se as quadrículas correspondentes.

A razão entre a área injuriada sobre a área superficial do fruto multiplicada por 100, resultou na percentagem de área injuriada.

Os dados obtidos foram submetidos a uma análise estatística descritiva, sendo os resultados expressos pelas médias acompanhadas dos respectivos desvios-padrão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Alterações químicas e físicas associadas a injúrias mecânicas em mamões

3.1.1. Índice de cor da casca

Os frutos que foram submetidos a injúrias atingiram, no final do período avaliado, índices de cor da casca maiores do que os frutos-controle (Tabela 1). Os índices de cor ocorridos nos frutos submetidos aos três tipos de injúrias mostraram-se similares, sendo que a injúria por compressão apresentou média ligeiramente superior à das demais (6,34 contra 5,75 dos frutos não-injuriados). O índice de cor mais elevado indica uma aceleração no processo de amadurecimento e, conseqüentemente, uma menor vida de prateleira do fruto.

Tabela 1 – Índice de cor da casca de mamões (*Carica papaya* L.) submetidos a injúrias mecânicas por impacto, abrasão e compressão e armazenamento em câmara fria (15°C e 85 ± 5% UR) por 10 dias

Dia de Avaliação	Tratamentos			
	Testemunha	Impacto	Abrasão	Compressão
10º	5,75 ± 0,32	6,25 ± 0,50	6,17 ± 0,80	6,34 ± 0,61

Cada média está acompanhada do respectivo desvio-padrão.

A antecipação do amadurecimento no mamão também está relacionada a outros tipos de injúrias. Oliveira (1999), trabalhando com radiação de microondas e hidrotermia, obteve índices mais elevados de cor da casca em frutos tratados do que nos não-tratados. Segundo o autor, essa antecipação ocorre devido ao estresse térmico, principalmente nos frutos que desenvolveram escaldadura. Essa antecipação também pode ser observada em bananas cultivar 'Dwarf Cavendish' submetidas à injúria mecânica por abrasão e armazenadas individualmente em recipientes com 75% de umidade relativa e mantidas em temperatura ambiente (Lladó e Dominguez, 1998). De acordo com os autores, quanto maior a área injuriada na casca maior a antecipação.

Na Figura 4 é possível perceber a coloração amarela mais intensa na casca dos frutos injuriados, em relação aos frutos-controle.



Figura 4 – Diferenças na cor da casca de mamões (*Carica papaya* L.), submetidos a injúrias mecânicas por impacto, abrasão e compressão e armazenados em câmara fria (15°C e $85 \pm 5\%$ UR) por 10 dias.

Os sintomas na casca dos frutos provocados pelas injúrias foram bem diferentes. Nos frutos injuriados por impacto observou-se, em cada área demarcada, três depressões correspondentes aos pontos de queda da esfera, sendo bem mais visível logo após a injúria. Por outro lado, na compressão não se observou nenhum sintoma visível. Já nas áreas lesionadas pela injúria por

abrasão, além do enrugamento característico da perda de água, observou-se uma coloração verde-escura intensa (Figura 4), indicando inibição na degradação da clorofila nessa região. Esse comportamento assemelha-se ao encontrado por Moretti (1998) em tecido locular de tomates injuriados por impacto. Segundo Moretti (2002), esse escurecimento deve-se à oxidação enzimática dos constituintes das células injuriadas.

3.1.2. Perda de massa

A perda de massa fresca dos frutos (Quadro 2) não diferiu ($p>0,05$) nos dois primeiros períodos de avaliação, para todos os tratamentos. A partir do quarto dia de avaliação, os frutos submetidos à injúria por abrasão destacaram-se pela maior perda de massa. Ao final do período de avaliação, a perda de massa média provocada por esta injúria foi 27% maior que nos frutos não-injuriados, enquanto os frutos submetidos aos demais tipos de injúrias não diferiram ($p>0,05$) daqueles não-injuriados. Esta maior perda provocada pela injúria por abrasão deve-se ao fato de que essa injúria expõe os tecidos internos dos frutos, pois remove o sistema dérmico, que tem a função de regular a perda de água do produto. Esses resultados confirmam os obtidos por Ferris et al. (1995), os quais, ao estudarem os efeitos das injúrias mecânicas de impacto, corte e abrasão em Plantains (AAB) cultivares 'Ubok Iba', 'Agbagba' e 'Obino l'Ewai', constataram que a abrasão acentuou mais a perda de massa.

Segundo Wills et al. (1981), a perda de massa fresca durante o período pós-colheita de frutos e hortaliças se dá, principalmente, em função da perda de água. Essa perda de água determina, em grande parte, as perdas quantitativa e qualitativa dos produtos. Além do efeito da redução da massa fresca, a perda de água exerce efeitos marcantes sobre a fisiologia dos tecidos vegetais. Segundo Finger e Vieira (1997), a perda de água excessiva dos produtos hortícolas afeta a respiração, produção de etileno, degradação da clorofila e induz alterações no padrão de síntese de proteínas, o que, segundo Kays (1991), resulta em aceleração na taxa de senescência.

Quadro 2 – Médias de perda percentual de massa fresca de mamões submetidos a injúrias mecânicas por impacto, abrasão e compressão e armazenados em câmara fria (15° C e 85 ± 5% UR) por 10 dias

Tratamentos	Dias após as injúrias					
	0	2	4	6	8	10
Testemunha	0 a	0,31 a	0,78 b	1,39 b	1,99 b	2,74 b
Impacto	0 a	0,36 a	0,84 b	1,48 b	2,07 b	2,80 b
Abrasão	0 a	0,39 a	1,10 a	1,95 a	2,74 a	3,48 a
Compressão	0 a	0,32 a	0,85 ab	1,44 b	2,06 b	2,71 b

* As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

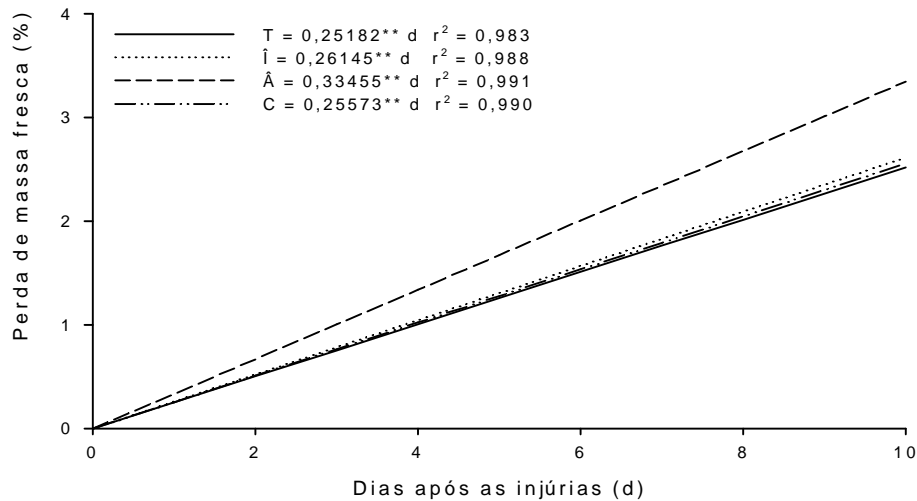
No caso do mamão, fruto comercializado com base na massa fresca, a perda de umidade resulta em perda de valor. Segundo Cenci et al. (2002), perdas de massa superiores a 5% já são suficientes para a depreciação de mamões. Os autores ressaltam também que, muitas das vezes, essa perda de massa é negligenciada na cadeia de comercialização. Vale ressaltar que perdas superiores à citada são para frutos nas gôndolas dos supermercados e que, no presente estudo, os dados referem a frutos armazenados em câmara fria com temperatura e umidade controladas.

Na Figura 5 pode-se observar que a perda de massa, para todos os tratamentos, aumentou linearmente com o aumento dos dias após as injúrias e que a abrasão foi a única a destacar-se das demais.

3.1.3. Firmeza da polpa

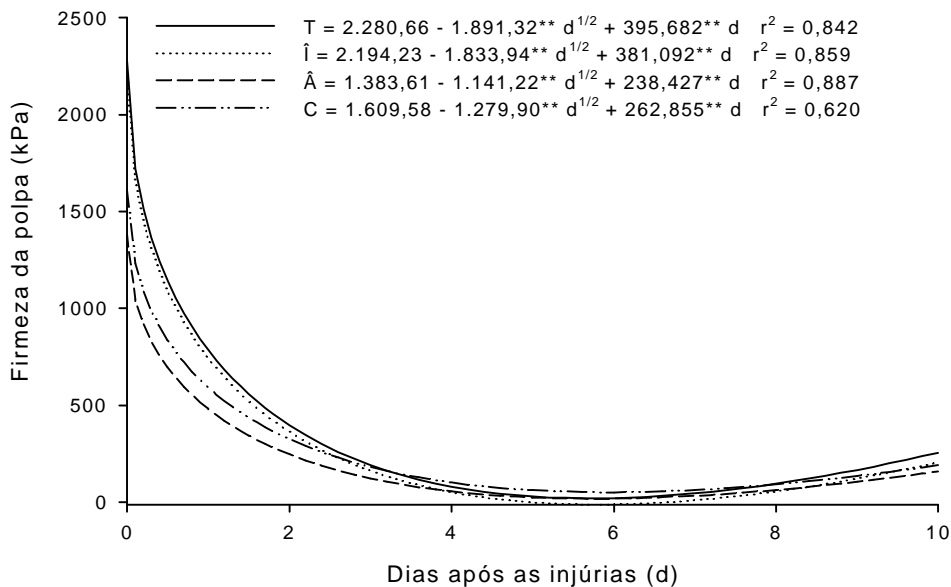
A redução da firmeza da polpa ocorreu de forma abrupta da primeira para a segunda avaliação, tendendo a estabilizar-se a partir daí (Figura 6). Essa redução, tão acentuada na firmeza da polpa, observada em todos os tratamentos, deve-se ao amadurecimento dos frutos.

A injúria por abrasão resultou em menor firmeza de polpa em relação à testemunha, apenas no primeiro dia de avaliação, conforme se observa no Quadro 3. Essa menor firmeza é reforçada pela maior perda de massa fresca



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

Figura 5 – Estimativa de perda percentual de massa fresca de mamões submetidos a injúrias mecânicas por impacto (I), abrasão (A) e compressão (C) e armazenados em câmara fria (15° C e 85 ± 5% UR), em função dos dias após as injúrias.



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

Figura 6 – Estimativa da firmeza de polpa de mamões submetidos a injúrias mecânicas por impacto (I), abrasão (A) e compressão (C) e armazenados em câmara fria (15° C e 85 ± 5% UR), em função dos dias após as injúrias.

Quadro 3 – Média de firmeza da polpa de mamões submetidos a injúrias mecânicas por impacto, abrasão e compressão e armazenados em câmara fria (15° C e 85 ± 5% UR) por 10 dias

Tratamentos	Dias após as injúrias					
	0	2	4	6	8	10
Testemunha	2.322,00 a	196,61 a	181,43 a	137,81 a	166,26 a	135,29 a
Impacto	2.242,70 ab	134,02 a	144,77 a	142,24 a	139,07 a	55,00 a
Abrasão	1.407,57 c	133,39 a	99,25 a	102,41 a	95,46 a	87,87 a
Compressão	1.642,99 bc	174,48 a	143,50 a	173,84 a	156,78 a	79,02 a

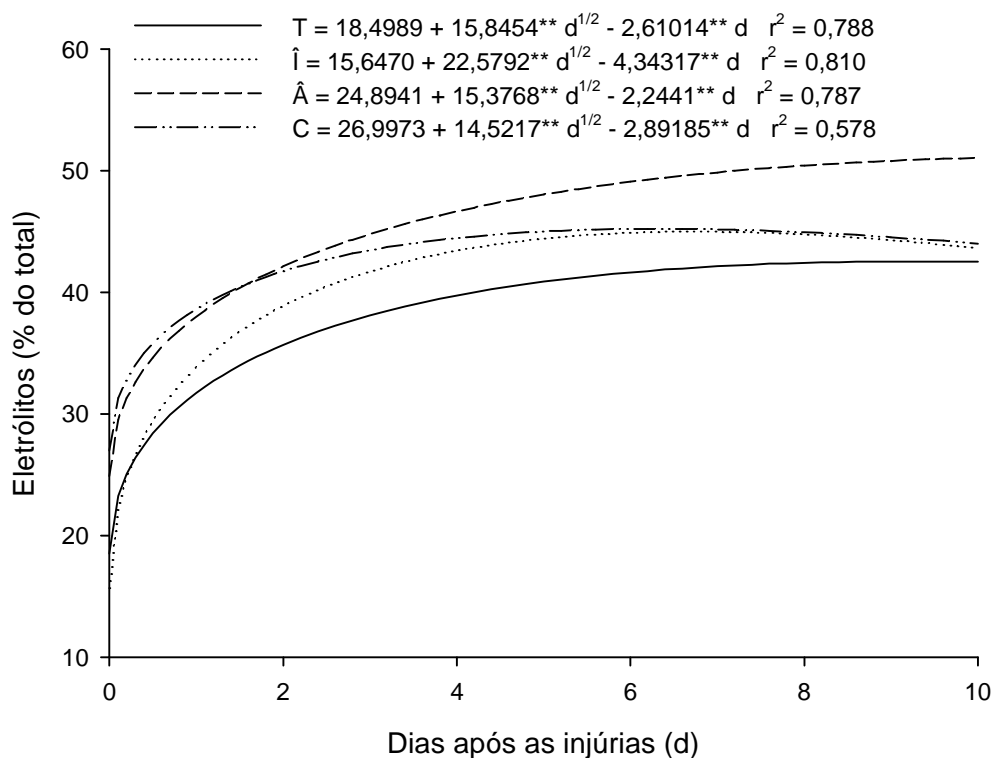
* As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

provocada por essa injúria, conforme se observa na Figura 5. De acordo com Kays (1991), a perda de massa fresca resulta, conseqüentemente, numa menor turgidez das células, contribuindo para menor firmeza da polpa. Estes resultados vêm ao encontro dos obtidos por Paull e Chen (1997), que trabalharam com o processamento mínimo do mamão. Segundo os autores, o estresse provocado pelo ferimento durante o corte reduz a firmeza e aumenta a perda de massa dos frutos cortados.

O amaciamento da polpa é um dos principais atributos de qualidade pós-colheita, pois o amadurecimento é acompanhado da perda de firmeza. Diversos trabalhos mostram o efeito negativo das injúrias mecânicas sobre essa característica para os mais diferenciados frutos. Halloran et al. (1999), trabalhando com dano mecânico em melão, constataram que os frutos danificados mecanicamente tiveram menor firmeza em relação aos frutos-controle, principalmente nas duas primeiras semanas de armazenamento, os quais atribuíram essa menor firmeza a uma maior taxa de senescência nos frutos danificados. Em banana, a injúria por abrasão promoveu uma aceleração no amadurecimento, sendo evidenciada pela menor firmeza da casca nos frutos danificados em relação aos frutos-controle (Lladó e Dominguez, 1998).

3.1.4. Extravasamento de solutos

Ao contrário do observado nos dados de firmeza da polpa (Figura 6), o extravasamento de solutos teve um aumento acentuado entre o primeiro e o segundo períodos de avaliação, para todos os tratamentos (Figura 7). Este fato também pode estar relacionado ao maior grau de amadurecimento dos frutos.



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

Figura 7 – Estimativa de extravasamento de solutos (percentagem de eletrólitos extravasados em relação ao total de eletrólitos celulares) de mamões submetidos a injúrias mecânicas por impacto (I), abrasão (A) e compressão (C) e armazenados em câmara fria (15° C e 85 ± 5% UR), em função dos dias após as injúrias.

Observa-se, ao longo do período avaliado (Figura 7), que todos os tipos de injúrias promoveram maior extravasamento de solutos em relação aos frutos-controle, com exceção apenas do primeiro dia, para a injúria por impacto. As injúrias alteraram (p 0,05) o extravasamento de solutos, destacando-se as injúrias por abrasão e compressão por causarem, ao longo do período

avaliado, percentagens médias de extravasamento de 19,9 e 12,2% maiores, respectivamente, em relação aos frutos não-injuriados (Quadro 4). Segundo Kays (1991) as primeiras respostas dos frutos ao dano são rápidas mudanças na permeabilidade da membrana e no potencial bioelétrico. Os dados obtidos no presente estudo estão de acordo com o discutido por Kays (1991), pois o extravasamento de eletrólitos provocado pelas injúrias por abrasão e compressão foram 46,4 e 35,1% maiores, respectivamente, em relação aos frutos-controle, no primeiro dia de avaliação. Por outro lado, ao analisar o último dia de avaliação, observa-se que as diferenças em relação aos frutos-controle diminuíram, sendo de 18,7% para abrasão e de apenas 3,5% para compressão. Esse menor extravasamento provocado pelas injúrias no fim do período avaliado deve-se a uma série de reações destinadas a restaurar as membranas dos tecidos danificados. Segundo Kays (1991), essa seqüência de reações depende do tecido danificado e inclui dessecação de algumas células da camada externa do parênquima adjacente ao dano, suberização e, em alguns casos, lignificação das células abaixo das células desseçadas e também uma aceleração no processo de divisão celular.

Quadro 4 – Médias de extravasamento de solutos (percentagem de eletrólitos extravasados em relação ao total de eletrólitos celulares) de mamões submetidos a injúrias mecânicas por impacto, abrasão e compressão e armazenados em câmara fria (15° C e 85 ± 5% UR) por 10 dias

Tratamentos	Dias após as injúrias					
	0	2	4	6	8	10
Testemunha	17,59 bc	39,26 b	40,22 ab	37,26 a	40,04 b	46,15 b
Impacto	14,55 c	44,59 ab	39,33 b	42,06 a	43,97 ab	46,26 b
Abrasão	23,76 ab	46,78 a	47,11 a	42,54 a	49,36 a	54,77 a
Compressão	25,75 a	47,35 a	43,26 ab	39,61 a	43,61 ab	47,79 ab

* As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Aumento no vazamento de solutos também foi detectado em tomates. Segundo Moretti (1998), a injúria mecânica de impacto provocou um aumento de 25% no vazamento de solutos no tecido pericárpico de tomates injuriados,

sugerindo que esse aumento foi causado, provavelmente, pela ruptura de células próximas à área de impacto, causando aumento na quantidade de íons em solução e assim, contribuindo para elevação da condutividade elétrica do meio celular.

3.1.5. Teor de sólidos solúveis

Os teores médios de sólidos solúveis totais obtidos pelos tratamentos variaram de 11,15 a 12,41° Brix no primeiro dia de avaliação (Quadro 5). Ao longo do período avaliado nota-se uma pequena tendência de aumento, porém, a análise de regressão mostrou-se não-significativa.

Quadro 5 – Médias de teor de sólidos solúveis totais de mamões submetidos a injúrias mecânicas de impacto, abrasão e compressão e armazenados em câmara fria (15°C e 85 ± 5% UR) por 10 dias

Tratamentos	Dias após as injúrias					
	0	2	4	6	8	10
Testemunha	12,10 ab	11,62 b	12,40 a	11,82 c	12,45 a	12,50 a
Impacto	11,15 b	12,55 ab	12,10 a	12,92 ab	12,22 a	12,22 a
Abrasão	11,94 ab	12,67 a	12,52 a	13,15 a	12,55 a	13,05 a
Compressão	12,41 a	12,50 ab	12,35 a	12,22 abc	12,12 a	12,60 a

* As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

As significâncias entre os tratamentos, observadas dentro de cada dia de avaliação, oscilaram bastante, tendo diferenças significativas nos dias zero, dois e seis e não-significativas nos dias quatro, oito e dez. Entretanto, não foi possível estabelecer padrão de comportamento para essa variável. Provavelmente, isso se deve aos baixos teores de amido do fruto (cerca de 1%), insuficientes para promoverem grandes alterações nos teores de sólidos solúveis durante o amadurecimento do fruto.

O estresse provocado por outras injúrias, como o calor da hidrotermia (Balbino, 1997) e também por radiação de microondas (Oliveira, 1999), não

foram suficientes para alterar o teor de sólidos solúveis totais em mamão. Isso mostra que o teor de sólidos solúveis totais não é uma boa característica para avaliar os danos provocados pelo estresse mecânico nessa espécie.

3.2. Atividade enzimática

3.2.1. Poligalacturonase (PG)

A atividade da poligalacturonase foi pouco influenciada pelas injúrias. No Quadro 6 observa-se que a injúria por impacto apresentou a menor atividade nos dois primeiros períodos de avaliação e que a injúria por compressão foi a que causou maior atividade, porém esta não diferiu dos frutos-controle e nem da abrasão. Para as demais avaliações, as diferenças foram observadas apenas no oitavo dia, com menor atividade enzimática nos frutos não-injuriados em relação aos que sofreram compressão.

Quadro 6 – Médias de atividade de poligalacturonase de mamões submetidos a injúrias mecânicas por impacto, abrasão e compressão e armazenados em câmara fria (15° C e 85 ± 5% UR) por 10 dias

Tratamentos	Dias após as injúrias					
	0	2	4	6	8	10
Testemunha	1,07 ab	0,92 ab	1,10 a	0,99 a	0,89 b	1,14 a
Impacto	1,02 b	0,82 b	1,20 a	1,11 a	1,03 ab	1,07 a
Abrasão	1,12 ab	0,92 ab	1,08 a	1,13 a	1,02 ab	1,11 a
Compressão	1,23 a	1,04 a	1,11 a	1,11 a	1,19 a	1,06 a

* As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Ao se contrastar o comportamento enzimático com a firmeza da polpa (Quadro 3), nota-se que apenas no dia zero apresentou o padrão de menor atividade com maior firmeza da polpa. Observa-se, também, que a queda brusca na firmeza da polpa não foi acompanhada de aumento na atividade enzimática.

O amolecimento do fruto é o maior atributo de qualidade e é quem determina a vida de prateleira do mesmo. De acordo com Tucker (1993), o principal mecanismo responsável pelo amolecimento é a degradação da parede celular. Nos frutos, a parede celular é composta apenas de parede primária e lamela média, não apresentando parede secundária (Taiz e Zeiger, 2002).

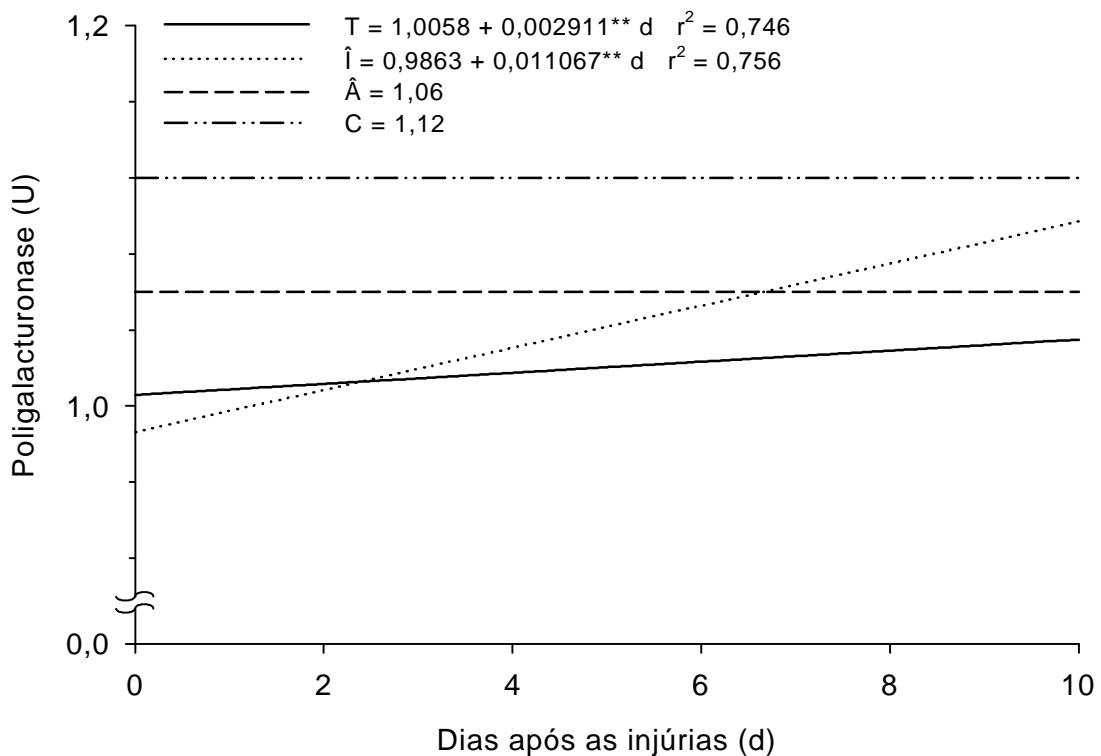
Durante o amadurecimento, as maiores mudanças ocorrem na lamela média, que é composta por substâncias pécticas, sendo que essas mudanças são desencadeadas pela ação de hidrolases de parede celular (Tucker, 1993). Porém, a função precisa dessas enzimas no processo de modificação da estrutura da parede e no amolecimento ainda não está bem esclarecida (Lazan et al., 1995).

Segundo Paull (1993), a atividade da PG aumenta durante o amadurecimento de mamões, ocorrendo o pico quando estes apresentam de 40 a 60% da superfície da casca amarela. No presente trabalho, a ausência de pico é justificável, pois os frutos apresentavam índice de cor 3 (25 a 40% da área superficial da casca amarela) (Quadro 1) no momento em que foram submetidos a injúrias e, portanto, com atividade próxima ao máximo.

Lazan et al. (1995) constataram aumento constante na atividade da PG durante todo período de amadurecimento de mamões, sendo que a maior atividade ocorreu no tecido interno do mesocarpo do fruto. Nesse mesmo tecido, os autores observaram um aumento de três vezes na atividade quando os frutos passaram do estágio de 5% da casca amarela para completamente maduro (100% da casca amarela). Por outro lado, a firmeza da polpa só apresentou uma queda brusca quando os frutos passaram do estágio de 50 para 75% da casca amarela; porém não se observou nenhum pico na atividade da PG nesse mesmo estágio. De acordo com os autores, o amolecimento dos frutos está relacionado com a despolimerização das pectinas e hemiceluloses e que a PG tem uma função importante na solubilização e não na despolimerização da pectina, por isso, somente a ação da PG pode não ser suficiente para induzir o amolecimento no fruto. D’Innocenzo (1996) também observou aumento na atividade da PG durante o amadurecimento de mamões. No entanto, ao contrário do observado por Lazan et al. (1995), o autor sugere que essa enzima apresenta relação direta com a redução na firmeza da polpa.

Em tomates, a injúria mecânica por impacto alterou a atividade da poligalacturonase, sendo que nos frutos injuriados a atividade foi 33% superior em relação aos frutos não-injuriados (Moretti, 1998). Segundo o autor, esse aumento contribuiu para elevação na quantidade de pectinas solúveis e isso está correlacionado com o aumento observado na consistência do tecido locular.

A análise de regressão mostrou que a atividade enzimática ao longo do período avaliado foi linear e crescente apenas para a testemunha e injúria por impacto. No entanto, nos frutos injuriados por abrasão e compressão não houve alteração da atividade em função do período de injúrias (Figura 8).



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

Figura 8 – Estimativa da atividade de poligalacturonase de mamões submetidos a injúrias mecânicas por impacto (I), abrasão (A) e compressão (C) e armazenados em câmara fria (15° C e 85 ± 5% UR), em função dos dias após as injúrias.

3.2.2. Pectinametilesterase (PME)

As injúrias praticamente não alteraram a atividade da pectinametilesterase. No Quadro 7, pode-se observar que não houve diferenças ($p > 0,05$) entre os tratamentos durante os oito primeiros dias de avaliação, notando-se diferenças apenas no décimo dia após aplicação dos tratamentos, sendo que a injúria por compressão foi superior à testemunha e abrasão, não diferindo do impacto. Esses dados estão de acordo com os encontrados por Halloran et al. (1999), que não observaram diferenças significativas na atividade da PME em melões submetidos à injúria por impacto em relação aos frutos-controle durante 35 dias de armazenamento a 2 °C. Os autores observaram uma redução na atividade dessa enzima durante o armazenamento, para ambos os tratamentos, sendo que essa foi maior nos frutos mecanicamente injuriados. Esse comportamento não foi observado no presente estudo, pois a atividade da PME manteve-se praticamente constante ao longo do período avaliado.

Quadro 7 – Médias de atividade de pectinametilesterase de mamões submetidos a injúrias mecânicas por impacto, abrasão e compressão e armazenados em câmara fria (15° C e 85 ± 5% UR) por 10 dias

Tratamentos	Dias após as injúrias					
	0	2	4	6	8	10
Testemunha	14,85 a	18,07 a	15,60 a	15,82 a	18,30 a	15,90 b
Impacto	15,37 a	19,42 a	15,97 a	16,05 a	17,77 a	20,10 ab
Abrasão	16,20 a	16,95 a	15,97 a	13,65 a	15,45 a	16,80 b
Compressão	17,57 a	16,05 a	17,25 a	16,35 a	17,32 a	23,77 a

* As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Karakurt e Huber (2003) avaliaram a atividade da PME em mamões minimamente processados e mamões inteiros armazenados a 5 °C por oito dias. Segundo os autores, a atividade da PME não diferiu entre os tecidos minimamente processados e os tecidos de frutos armazenados inteiros. Constatou-se também, para ambos os tecidos, um aumento na atividade do segundo dia de armazenamento em diante.

No presente trabalho não se observou diferença na atividade da PME em função das injúrias e também não foi possível fazer correlação entre a atividade desta com a perda de firmeza da polpa (Quadro 3). Estes dados vêm ao encontro dos obtidos por Paull et al. (1999), os quais sugerem que a PME não desempenha papel importante na perda de firmeza da polpa de mamões durante o amadurecimento. De acordo com Lazan et al. (1995), a perda de firmeza da polpa de mamões está diretamente ligada à atividade da enzima α -galactosidase.

3.3. Taxa respiratória

A taxa respiratória dos frutos foi alterada em função do estresse provocado pelas injúrias. Ao observar o Quadro 8, nota-se que as injúrias por abrasão e compressão induziram aumento na taxa respiratória, diferindo ($p < 0,05$) em relação aos frutos não-injuriados no tempo de oito horas após as injúrias. Já no tempo de 4 horas, a taxa respiratória foi superior nos frutos injuriados por compressão, em relação aos injuriados por impacto e não-injuriados, porém não diferiu daqueles da abrasão. No tempo de 12 horas não foi observada diferença entre os tratamentos. Por outro lado, no tempo de 24 horas observa-se novamente diferenças ($p < 0,05$), destacando-se a injúria por abrasão que causou uma taxa respiratória 146% maior do que os frutos-controle. Nos demais períodos, não se observou diferença entre os tratamentos, apesar das maiores taxas apresentadas pelos frutos injuriados.

Observando o comportamento da taxa respiratória, nota-se um pico 12 horas após o início do experimento para todos os tratamentos, sendo este maior nos frutos injuriados. Após o pico, a respiração reduziu-se lentamente, estabilizando-se entre 24 e 48 horas após as injúrias (Figura 9).

O aumento na taxa respiratória dos frutos injuriados deve-se a uma resposta dos frutos às injúrias. Segundo Chitarra e Chitarra (1990), quando o fruto é injuriado há um aumento marcante na liberação de CO_2 e captação de O_2 , pois as células próximas ao ponto injuriado respiram muito mais rapidamente. Kays (1991) relata que o aumento na taxa respiratória em resposta ao ferimento está relacionado ao processo de cura. Outra explicação

Quadro 8 – Médias de taxa respiratória de mamões submetidos a injúrias mecânicas por impacto, abrasão e compressão e armazenados em câmara fria (15° C e 85 ± 5% UR) por 3 dias

Tratamentos	Horas após as injúrias					
	4	8	12	24	48	72
Testemunha	24,51 b	30,52 b	37,58 a	15,87 b	17,05 a	15,84 a
Impacto	21,78 b	42,26 ab	43,34 a	25,36 ab	24,82 a	25,55 a
Abrasão	33,52 ab	49,63 a	52,76 a	39,10 a	29,80 a	29,29 a
Compressão	45,82 a	50,24 a	51,44 a	23,59 ab	21,89 a	27,13 a

* As médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, nas colunas, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

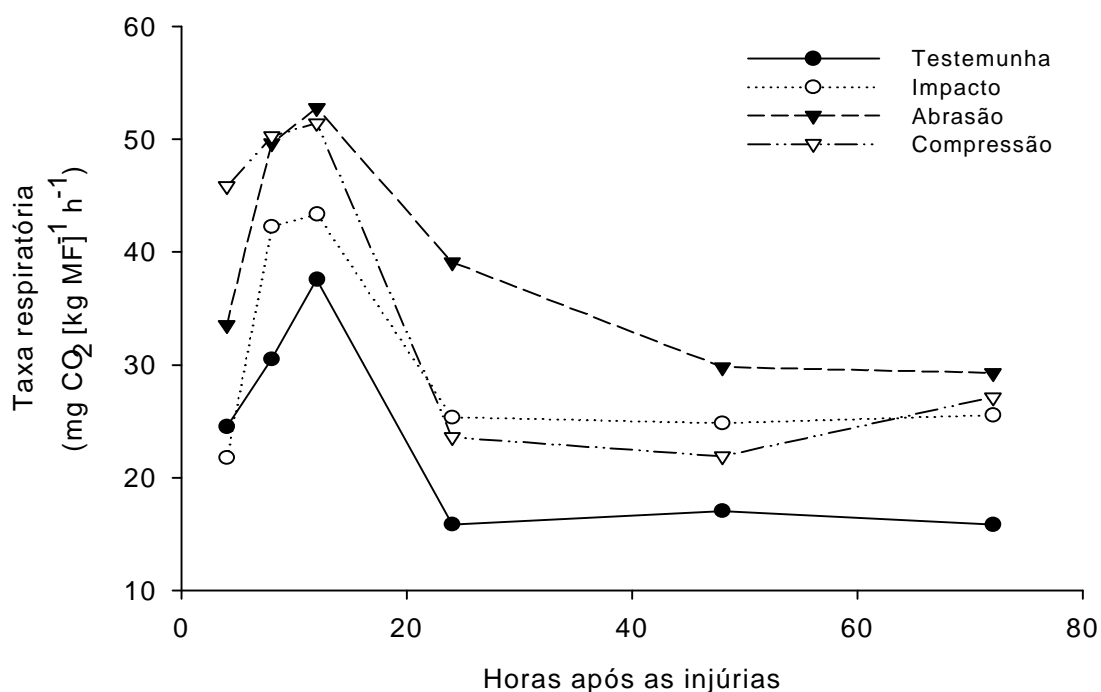


Figura 9 – Taxa respiratória de mamões submetidos a injúrias mecânicas por impacto, abrasão e compressão e armazenados em câmara fria (15°C e 85 ± 5% UR) por 3 dias.

para esse aumento na taxa respiratória foi apoiada por Burton e Schulte-Pason (1987), os quais sugerem que o aumento na taxa respiratória em mirtilo e cereja-doce submetidos à injúria mecânica de impacto deve-se à descarboxilação do ácido málico extravasado das células danificadas no local da injúria. Os dados obtidos nesse trabalho corroboram com as duas hipóteses anteriores, pois a injúria por abrasão além de induzir maior taxa respiratória, apresentou também um maior extravasamento de solutos (Figura 7).

O estresse provocado pelas injúrias mecânicas também causou aumentos nas taxas respiratórias de tomates (Moretti, 1998), goiabas (Mattiuz e Durigan, 2001) e em mamões minimamente processados (Paull e Chen, 1997 e Teixeira et al. 2001). Porém, Quintana e Paull (1993) não observaram aumentos significativos na taxa respiratória de mamões submetidos a injúrias por impacto e abrasão.

3.4. Incidência de podridões e período para manifestação dos sintomas

A incidência de podridões foi observada apenas nos frutos submetidos a injúrias por impacto e abrasão (Quadro 9). O período para surgimento das podridões foi diferente nesses tratamentos, sendo que, sob injúria por impacto, os primeiros sintomas foram observados somente no décimo dia e estes estavam presentes em 25% dos frutos. No entanto, sob injúria por abrasão observou-se 25% dos frutos com sintomas já no sexto dia após as injúrias e com o avançar do período de armazenamento a percentagem de incidência aumentou, chegando a 87,5% dos frutos com podridões no décimo dia. A precocidade e a maior incidência de podridões provocadas pela injúria por abrasão devem-se ao fato de que essa injúria remove a camada protetora dos frutos e, conseqüentemente, expõe ao ambiente os tecidos internos dos mesmos, contribuindo para um maior ataque dos fungos.

Segundo Bruton (1994), uma gama de fungos pode causar doenças pós-colheita em frutos e vegetais; porém, na maioria, são patógenos oportunistas, ou seja, capazes de invadir somente tecidos com ferimentos. De acordo com Wills et al. (1981), o processo de infecção é grandemente influenciado pelos danos mecânicos presentes na casca do produto, como arranhões por unhas, abrasões e perfurações por insetos.

Quadro 9 – Percentagem de mamões com sintomas de podridões, no local da injúria, após serem submetidos a injúrias mecânicas por impacto, abrasão e compressão e armazenados em câmara fria (15°C e 85 ± 5% UR)

Tratamentos	Dias após as injúrias					
	0	2	4	6	8	10
Testemunha	0	0	0	0	0	0
Impacto	0	0	0	0	0	25
Abrasão	0	0	0	25	75	87,5
Compressão	0	0	0	0	0	0

Halloran et al. (1999), trabalhando com injúria mecânica por impacto em melão, observaram taxa de infecção semelhante tanto nos frutos-controle quanto nos mecanicamente injuriados durante todo período avaliado. Isso confirma o que se discutiu anteriormente, com respeito a se ter uma porta de entrada para os patógenos, pois, diferentemente do que ocorre com a injúria por abrasão, a injúria por impacto não expõe ao ambiente os tecidos internos dos frutos.

3.5. Quantificação das injúrias ocorridas em mamões comercializados nos mercados

Todos os frutos analisados apresentaram pelo menos um tipo de injúria mecânica, sendo que as de maior ocorrência foram impacto, abrasão e compressão, presentes em média em 86,11, 83,33 e 80,56% dos frutos, respectivamente. A injúria por corte foi a de menor ocorrência, presente em apenas 13,89% dos frutos analisados (Quadro 10). A maior percentagem de área lesionada na superfície do fruto foi observada na injúria por compressão seguida por impacto, abrasão e corte, respectivamente (Quadro 10). Os frutos analisados no estabelecimento 1 apresentaram valores sempre maiores de percentagem de área injuriada para todas as injúrias, exceto na por corte. Esse comportamento deve-se, provavelmente, ao maior tamanho médio (428,8 e

Quadro 10 – Médias de percentagens de frutos e área lesionada por injúrias mecânicas em mamões comercializados em dois estabelecimentos de Viçosa, MG

Percentagem	Tipos de injúrias			
	Impacto	Abrasão	Compressão	Corte
Frutos injuriados	86,11 ± 3,93	83,33 ± 0,00	80,56 ± 3,93	13,89 ± 3,93
Área injuriada	1,04 ± 0,19	0,59 ± 0,10	1,13 ± 0,86	0,02 ± 0,00

375,3 g, estabelecimentos 1 e 2, respectivamente) e também ao estágio de amadurecimento mais avançado dos frutos no momento da amostragem (índice de cor médio de 5,4). Frutos mais maduros e, conseqüentemente, mais macios são mais susceptíveis a esses tipos de injúrias.

Segundo Quintana e Paull (1993), frutos de mamão são mais suscetíveis à injúria por impacto quando apresentam de 40% ou mais da superfície da casca amarela. Os dados obtidos neste trabalho corroboram os daqueles autores, pois no momento da amostragem os frutos do estabelecimento 1 apresentavam índice de cor 5, ou seja, com 55 a 70% da área superficial da casca amarela, tornando-os mais suscetíveis.

No mercado interno, a caixa mais utilizada é a de madeira, com dimensões internas de 36,5 x 29,5 x 15,0 cm (comprimento, largura e altura, respectivamente). Os materiais utilizados para confecção das mesmas são geralmente ripas rústicas com muitas farpas e quinas, o que contribui para a ocorrência das injúrias mecânicas.

Injúrias na casca são responsáveis diretas pelas perdas ocorridas no sistema de comercialização, pois, além da depreciação visual, as injúrias mecânicas causam alterações metabólicas que aceleram o processo de senescência, como visto anteriormente e, conseqüentemente, diminuem a vida de prateleira dos frutos.

Vale ressaltar que esses dados representam os danos acumulados desde a colheita até a chegada dos frutos aos mercados e que, provavelmente, mais danos ocorreriam após a exposição nas gôndolas, devido ao manuseio pelo consumidor.

Semelhantemente ao mamão, o pimentão também é comercializado em caixas de madeira. Lana et al. (1999) avaliaram os tipos e a intensidade dos danos causadores de perdas pós-colheita de pimentão no mercado varejista de Brasília, constatando que, em média, 64% dos frutos analisados apresentaram algum tipo de dano. Segundo os autores, esses danos são potenciais causas de descarte pela loja, seja porque o consumidor rejeita o produto danificado, seja porque o dano acelera o processo de deterioração do fruto.

Avaliando-se os resultados em conjunto, verifica-se que as injúrias nos tecidos do fruto aceleram o amadurecimento e senescência. A injúria por abrasão, por expor os tecidos ao contato com o ambiente exterior, acentuou o problema. É de se esperar que, quanto maior a superfície injuriada e a severidade da injúria, maiores sejam os prejuízos para a qualidade dos frutos. Daí a importância de melhorar a tecnologia de manuseio pós-colheita do produto visando reduzir a extensão da cadeia de beneficiamento e, conseqüentemente, os danos mecânicos.

4. CONCLUSÕES

Diante dos resultados, pôde-se concluir que:

1. As injúrias mecânicas, principalmente por abrasão, aceleraram os processos relacionados ao amadurecimento e à senescência, como taxa respiratória, extravasamento de solutos, perda de massa, incidência de podridões e evolução da cor da casca de mamões.

2. As injúrias mecânicas não alteraram a atividade das enzimas pectinametilesterase e poligalacturonase.

3. Dentre as injúrias estudadas, a abrasão foi a que mais depreciou, tanto a qualidade visual quanto a fisiologia do fruto, mostrando assim a importância da sua redução para uma maior vida pós-colheita do fruto.

4. O alto índice de frutos com sintomas de injúrias mecânicas nos mercados de Viçosa mostra a fragilidade dos tecidos e o potencial de perdas na cadeia de comercialização.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL: **Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2003. 521 p.

ALVAREZ, A. M.; NISHIJIMA, W. T. Postharvest diseases of papaya. **Plant Disease**, v. 71, n. 8, p. 681-686, 1987.

ALVES, F. de L. A cultura do mamão *Carica papaya* no mundo, no Brasil e no Estado do Espírito Santo. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F. S. da. **A cultura do mamoeiro**: tecnologias de produção. Vitória, ES: Incaper, 2003. Cap. 1, p. 13-34.

BALBINO, J. M. de S. Colheita, pós-colheita e fisiologia do amadurecimento do mamão. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F. S. da. **A cultura do mamoeiro**: tecnologias de produção. Vitória, ES: Incaper, 2003. Cap. 13, p. 403-440.

BALBINO, J. M. de S. **Efeitos de hidrotermia, refrigeração e ethephon na qualidade pós-colheita do mamão (*Carica papaya* L.)**. 1997. 104 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

BELGICA-GERONIMO, S. D.; MENDOZA JÚNIOR, D. B. Postharvest loss assessment of papaya (*Carica papaya* L.) in Limbon, Indang, Cavite. **The Philippine Agriculturist**, v. 71, n. 1, p. 85-97, 1988.

BURTON, C. L.; SCHULTE-PASON, N. L. Carbon dioxide as an indicator of fruit impact damage. **HortScience**, v. 22, n. 2, p. 281-282, 1987.

BRADY, C. J. The pectinesterase of the pulp of the banana fruit. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.3, p. 163-72, 1976.

BRUTON, B. D. Mechanical injury and latent infections leading to postharvest decay. **HortScience**, v. 29, n. 7, p. 747-749, 1994.

CALBO, A. G.; NERY, A. A. Medida de firmeza em hortaliças pela técnica de aplanção. **Horticultura Brasileira**, v. 13, n. 1, p. 14-18, 1995.

CALBO, A. G.; NERY, A. A.; HERRMANN, P. S. de P. Intercellular deformation in compressed organs. **Annals of Botany**, v. 76, p. 365-370, 1995.

CASTRO, L. L. F. de; SCÁRDUA, J. A. **Estimativa da necessidade potencial de irrigação para o Estado do Espírito Santo**. Cariacica: EMCAPA, 1985, 87 p. (EMCAPA - Documentos, 22).

CENCI, S. A.; FONSECA, M. J. de OLIVEIRA; FREITAS-SILVA, O. Procedimentos pós-colheita. In: FOLEGATTI, M. I. da SILVEIRA; MATSUURA, F. C. A. U. **Mamão: Pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap. 5, p. 24-38 (Frutas do Brasil, 21).

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

CHITARRA, M. I. F. Embalagem e transporte de frutos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, n. 179, p. 19-27, 1994.

DADZIE, B. K.; ORCHARD, J. E. **Routine pos-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.

DELLA-JUSTINA, M. E.; FINGER, F. L.; PUIATTI, M. Perda pós-colheita da matéria fresca e da água em quiabo influenciada pelo tamanho do fruto e dano mecânico. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 23, n. 1, p. 37-40, 1998.

D'INNOCENZO, M. **Comportamento de enzimas da parede celular e textura da polpa relacionados ao tratamento de irradiação de mamões (*Carica papaya* L. cv. Solo) durante o amadurecimento**. 1996. 85 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

FAO. FAOSTAT Database results [2002]. Disponível em: < <http://apps.fao.org/page/form?collection=Production.Crops.Primary&Domain=Production&servlet=1&language=EN&hostname=apps.fao.org&version=default> >. Acesso em: Jun. 2003.

FEITOSA, L. R. **Carta climatológica do Espírito Santo**. Vitória - ES: Governo do Estado, SEAG, EMCAPA, 1986. (Mapa colorido, escala: 1:400.000).

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.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. **Controle da perda pós-colheita de água em produtos hortícolas**. Viçosa: UFV, 1997. 29 p. (Cadernos didáticos, 19).

JIANG, Y.; SHIINA, T.; NAKAMURA, N.; NAKAHARA, A. Electrical conductivity evaluation of postharvest strawberry damage. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 9, p. 1392-1395, 2001.

HALLORAN, N.; KASIM, M. U.; CAGIRAN, R. Determination of mechanical injury and affects of bruising on the postharvest quality of cantaloupes. In: Proceedings of the first international symposium on cucurbits. **Acta Horticulturae**, n. 492, p. 105-111, 1999.

HULTIN, H. O.; LEVINE, A. S. On the occurrence of multiple molecular forms of pectinesterase. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, v.101, p. 396-402, 1963.

HULTIN, H. O.; LEVINE, A. S. Pectin methyl esterase in the ripening banana. **Journal of Food Science**, v. 30, p. 917-921, 1965.

KARAKURT, Y.; HUBER, D. J. Activities of several membrane and cell-wall hydrolases, ethylene biosynthetic enzymes, and cell wall polyuronide degradation during low-temperature storage of intact and fresh-cut papaya (*Carica papaya*) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 28, p. 219-229, 2003.

KAYS, J. S. **Postharvest physiology of perishables plant products**. New York: Avi, 1991. 532 p.

LLADÓ, J. D. S.; DOMÍNGUEZ, A. M. The effects of peel abrasion on the postharvest physiology and commercial life of banana fruits. In: Proceedings of the first international symposium on banana in the subtropics. **Acta Horticulturae**, n. 490, p. 547-553, 1998.

LANA, M. M.; NASCIMENTO, E. F. do; MOITA, A. W.; SOUZA, G. S.; MELO, M. F. de. **Metodologia para quantificação e caracterização das perdas pós-colheita de pimentão no varejo**. Embrapa, DF: Embrapa Hortaliças, 1999. 8 p. (Embrapa Hortaliças, Pesquisa em Andamento, 37).

LAZAN, H.; SELAMAT, K; ALI, Z. M. β -Galactosidase, polygalacturonase and pectinesterase in differential softening and cell wall modification during papaya fruit ripening. **Physiologia Plantarum**, v. 95, p. 106-112, 1995.

LUCHSINGER, W. W.; CORNESKY, R. A. Reducing power by the dinitrosalicilic acid method. **Analytical of Biochemistry**, v. 4, p. 346-347, 1962.

MacLEOD, R. F.; KADER, A. A.; MORRIS, L. L. Stimulation of ethylene and CO₂ production of mature-green tomatoes by impact bruising. **HortScience**, v. 11, n. 6, p. 604-606, 1976.

- MARTINS, D. dos SANTOS; MALAVASI, A. Aplicação do system approach para a exportação de frutas: mamão brasileiro para os Estados Unidos. In: ZAMBOLIM, L. **Manejo integrado; produção integrada; fruteiras tropicais; doenças e pragas**. Viçosa-MG, 2003. Cap. 1, p. 7-36.
- MATTIUZ, B.; DURIGAN, J. F. Efeito de injúrias mecânicas no processo respiratório e nos parâmetros químicos de goiabas 'Paluma' e 'Pedro Sato'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 282-287, 2001.
- MILLER, A. R.; DALMASSO, J. P.; KRETCHMAN, D. W. Mechanical stress, storage time and temperature influence cell wall degrading enzymes, firmness and ethylene production by cucumbers. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 112, n. 4, p. 666-671, 1987.
- MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal material: structure, physical characteristics and mechanical properties**. New York: Gordon and Breach, 2. ed., 1986, v. 1, 534 p.
- MORETTI, C. L. **A injúria mecânica de impacto e seus efeitos sobre a fisiologia e a conservação pós-colheita de tomates**. 1998. 134 f. Tese (Doutorado em produção vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- MORETTI, C. L. Danos mecânicos. In: FOLGATTI, M. I. da SILVEIRA; MATSUURA, F. C. A. U. **Mamão pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 59 p. (Frutas do Brasil, 21).
- OLIVEIRA, F. A. de M. B. **Comportamento térmico e qualidade pós-colheita do mamão (*Carica papaya* L.) submetido à radiação de microondas e tratamento hidrotérmico**. 1999. 51 f. Dissertação (Mestrado Fisiologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- PANTASTICO, E. B. Importância do manuseio pós-colheita e armazenamento de frutas. In: **Curso de pós-colheita e armazenamento de frutas**. Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), Campinas, 1981.
- PAULL, R. E. Pineapple and papaya, In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. 1. ed. London: Chapman & Hall, 1993, cap. 10, p. 291-323.
- PAULL, R. E.; CHEN, W. Minimal processing of papaya (*Carica papaya* L.) and the physiology of halved fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 12, p. 93-99, 1997.
- PAULL, R. E.; NISHIJIMA, W.; REYES, M.; CAVALETTO, C. Postharvest handling and losses marketing of papaya (*Carica papaya* L.). **Postharvest Biology and Technology**, v. 11, p. 165-179, 1997.
- PRESSEY, R.; AVANTS, J. K. Pear polygalacturonases. **Phytochemistry**, v. 15, p. 1349-1351, 1976.

PRIYA SETHU, K.M.; PRABHA, T.N.; THARANATHAN, R.N. Post-harvest biochemical changes associated with the softening phenomenon in *Capsicum annuum* fruits. **Phytochemistry**, v. 42, n. 4, p. 961-6, 1996.

QUINTANA, M. E. G.; PAULL, R. E. Mechanical injury during postharvest handling of 'solo' papaya fruit. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 118, n. 5, p. 618-622, 1993.

RANGEL, S. B.; FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. Perda do mamão do grupo 'Formosa' durante a comercialização em Brasília-DF. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Resumos...** Belém, 2002. 1 CD-ROM.

ROLLE, R. S.; CHISM, G. W. - III Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. **Journal of Food Quality**, v. 10, n.3, p. 157-177, 1987.

SALLES, J. R. de J.; CARVALHO, F. B. de; SANTOS, F. A. dos; SANTOS, S. C. de M.; AZAR, G. S.; MORAES, M. H. Perdas na comercialização de frutas no mercado de São Luís-MA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 17., 2002, Belém. **Resumos...** Belém, 2002. 1 CD-ROM.

SEREK, M.; TAMARI, G.; SISLER, E. C.; BOROCHOV, A. Inhibition of ethylene-induced cellular senescence symptoms by 1-methylcyclopropene, a new inhibitor of ethylene action. **Physiologia Plantarum**, v. 94, p. 229-232, 1995.

SILVA, E. O. **Efeito da embalagem plástica e da temperatura sobre a qualidade pós-colheita do mamão**. 1995. 79 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SOUZA, J. da S. Mercado mundial. In: FOLEGATTI, M. I. da SILVEIRA; MATSUURA, F. C. A. U. **Mamão pós-colheita**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. Cap. 1, p. 9-11 (Frutas do Brasil; 21).

SOUZA, J. da S. Comercialização. In: SANCHES, N. F.; DANTAS, J. L. L. **O cultivo do mamão**. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e fruticultura, 1999. Cap. 13, p. 82-86. (Embrapa Mandioca e Fruticultura, 34).

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Plant physiology**. 3. ed. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc., 2002. 690 p.

TEIXEIRA, G. H. de A.; DURIGAN, J. F.; MATTIUZ, B.; ROSSI JÚNIOR, O. D. Processamento mínimo de mamão 'Formosa'. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 1, p. 47-50, 2001.

TUCKER, G. A. Introduction, In: SEYMOUR, G. B.; TAYLOR, J. E.; TUCKER, G. A. **Biochemistry of fruit ripening**. 1. ed. London: Chapman & Hall, 1993, cap. 1, p. 1-51.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS – UFLA. **Fruticultura**: tecnologias de produção, gerenciamento e comercialização. Lavras: UFLA, 1999, 1CD-ROM.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. da S. Manejo das doenças do mamoeiro. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F. S. da. **A cultura do mamoeiro**: tecnologias de produção. Vitória, ES.: Incaper, 2003. Cap. 9, p. 229-308.

VILAS BOAS, E. V. de BARROS. **Perdas pós-colheita**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000. 63 p. (Textos acadêmicos).

WILLS, R. H. H.; Lee, T. H.; GRAHAN, D.; McGLASSON, W. B.; HALL, E. G. **Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit and vegetables**. Westport: AVI, 1981. 163 p.

APÊNDICE

APÊNDICE

Quadro 1A – Resumo da análise de variância dos dados de taxa respiratória (TR), perda de massa fresca (PP), firmeza da polpa (FP), extravasamento de solutos (ES), teor de sólidos solúveis totais (SST) e atividade de pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG) de mamões submetidos a diferentes injúrias mecânicas

F.V.	GL	QM		Quadrados Médios					
		TR	GL	PP	FP	ES	SST	PME	PG
Tratamentos (T)	3	575,1784**	3	0,8791228**	191455,1**	244,1724**	1,223283**	21,05750 ^{ns}	0,04877384**
Resíduo (a)	4	206,2913	12	0,06366753	126985,7	6,921405	0,2944792	12,16562	0,01134110
Dias (D)	5	792,1497**	5	20,29944**	8362265**	1616,325**	0,9426875*	30,45975 ^{ns}	0,08762137**
T x D	15	48,96154 ^{ns}	15	0,1019676**	126842,1 ^{ns}	22,96395 ^{ns}	0,6220887*	11,07425 ^{ns}	0,0210134*
Resíduo (b)	20	40,66652	60	0,008633218	128226,1	19,16196	0,3134236	13,33112	0,009575520
C.V. (%) parcelas	-	44,26	-	19,01	83,08	6,55	4,39	20,63	10,02
C.V. (%) sub-parcelas	-	19,65	-	7,0	83,4	10,90	4,54	21,60	9,21

** F, significativo, a 1% de probabilidade.

* F, significativo, a 5% de probabilidade.

^{n.s.} F, não-significativo, a 5% de probabilidade.

Quadro 2A – Equações de regressão ajustadas para os dados de taxa respiratória (TR), perda de massa fresca (PP), firmeza da polpa (FP), extravasamento de solutos (ES), teor de sólidos solúveis totais (SST) e atividade de pectinametilesterase (PME) e de poligalacturonase (PG) de mamões submetidos a diferentes injúrias mecânicas

Variáveis	Tratamentos	Equação	r ²
TR	Testemunha	= 30,0166 - 0,230438*** X	0,44
	Impacto	= Y = 30,52	-
	Abrasão	= 46,1498 - 0,254661*** X	0,25
	Compressão	= 58,1802 - 1,50443*** X + 0,0149359*** X ²	0,59
PP	Testemunha	= 0,25182*** d	0,98
	Impacto	= 0,26145*** d	0,98
	Abrasão	= 0,33455*** d	0,99
	Compressão	= 0,25573*** d	0,99
FP	Testemunha	= 2.280,66 - 1.891,31*** d ^{1/2} + 395,862*** d	0,84
	Impacto	= 2.194,23 - 1.833,94*** d ^{1/2} + 381,092*** d	0,85
	Abrasão	= 1.383,61 - 1.141,22*** d ^{1/2} + 238,427*** d	0,88
	Compressão	= 1.609,58 - 1.279,90*** d ^{1/2} + 262,855*** d	0,62
ES	Testemunha	= 18,4989 + 15,8454*** d ^{1/2} - 2,61014*** d	0,78
	Impacto	= 15,6470 + 22,5792*** d ^{1/2} - 4,34317*** d	0,81
	Abrasão	= 24,8941 + 15,3768*** d ^{1/2} - 2,24411*** d	0,78
	Compressão	= 26,9973 + 14,5217*** d ^{1/2} - 2,89185*** d	0,57
SST	Testemunha	= Y = 12,15	-
	Impacto	= Y = 12,19	-
	Abrasão	= Y = 12,65	-
	Compressão	= Y = 12,37	-
PME	Testemunha	= Y = 16,42	-
	Impacto	= 16,1107 + 0,26785* d	0,79
	Abrasão	= Y = 15,84	-
	Compressão	= Y = 17,88	-
PG	Testemunha	= 1,0058 + 0,002911*** d	0,74
	Impacto	= 0,9863 + 0,011067** d	0,75
	Abrasão	= Y = 1,06	-
	Compressão	= Y = 1,12	-

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

* Significativo, a 5% de probabilidade, pelo teste de t.