

ANDRÉ RODRIGUES DA COSTA

OZÔNIO COMO AGENTE FUNGICIDA NA PÓS-COLHEITA DO MAMÃO
(*Carica papaya* L.)

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2012

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

T

C837o
2012

Costa, André Rodrigues da, 1984-
Ozônio como agente fungicida na pós-colheita do mamão
(*Carica papaya* L.) / André Rodrigues da Costa. – Viçosa,
MG, 2012.
86f. : il. (algumas col.) ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Lêda Rita D'Antonino Faroni.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 66-82

1. Mamão – Tecnologia pós-colheita.
2. *Colletotrichum gloesporioides* – Efeito do ozônio.
3. *Colletotrichum magna* - Efeito do ozônio. 4. Mamão - Efeito do ozônio. 5. Ozônio. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. ed. 634.651

ANDRÉ RODRIGUES DA COSTA

OZÔNIO COMO AGENTE FUNGICIDA NA PÓS-COLHEITA DO MAMÃO
(*Carica papaya* L.)

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

APROVADA: 25 de maio de 2012.

Luiz Carlos Chamhum Salomão
(Coorientador)

Paulo Roberto Cecon
(Coorientador)

Pedro Amorim Berbert

Lêda Rita D'Antonino Faroni
(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que esteve à minha frente em todos os momentos. Em cada amigo e em cada gesto de amor das pessoas que me são próximas pude sentir a presença do Pai.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do Programa de Pós-Graduação. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo e financiamento do projeto.

À minha orientadora, professora Lêda, pela orientação desde a iniciação científica, muito obrigado pela confiança depositada em mim.

Aos meus coorientadores Paulo Roberto Cecon, Luiz Carlos Chamhum Salomão e Olinto Liparini Pereira, que me nortearam e, depositando confiança em mim, cederam seus laboratórios e me apoiaram nesse projeto.

Ao Robson e Stefânia, que me ajudaram imensamente no meu experimento, minha eterna gratidão.

Agradeço à minha preciosa família, sem a qual jamais conseguiria chegar a lugar algum. A base da minha vida. Meu pai, que se foi cedo demais, tenho certeza que, perto de Deus, olha por mim. À heroína da minha vida, minha mãe, que com suas orações me manteve de pé até hoje. Meus preciosos irmãos, Alexandre e Andresa e minha amada tia (madrinha) Angélica, sem vocês minha vida não faz nenhum sentido.

Aos meus amigos. Família que escolhi. Cada um de vocês foi colocado por Deus no meu caminho. Aos antigos, com quem não tenho a sorte de conviver no dia-a-dia, e aos novos, que estiveram presentes nessa etapa da minha vida. Todos eternos. Muito obrigado! Alguns tiveram importância especial nessa conquista. À Juliana, a quem não tenho palavras para

agradecer. Jamais poderei pagar, a não ser com eterna gratidão e amor, todo o carinho, atenção e ajuda que você me deu. Ao meu grande amigo Ernandes, que me acompanhou em todas as etapas vividas na UFV, a quem devo eterna gratidão e mesmo de longe esteve presente. Ao Léo, cuja convivência e amizade foram apoio, consolo e alegria não só durante esse mestrado, mas por toda minha caminhada em Viçosa. Lívia, Guilherme, Nathália e Marina Camila, amigos sempre presentes na minha vida desde os tempos de calouro e que me socorreram diversas vezes durante meu experimento, que sorriram comigo inúmeras vezes e sempre estarão presentes em minha vida. Ana Paula e Gil, com quem tive a grande sorte de morar por pouco tempo. Presentes de Deus nos últimos momentos de UFV. Essenciais na minha vida para sempre. Marta e Tales, meus eternos colegas de laboratório, meus grandes amigos, inesquecíveis. À Fernanda (Laqua) pelo imenso apoio durante o desenvolvimento desse projeto, pela convivência curta, mas inesquecível. Marcela, Cris, Romenique, Vanessa, Alisson, Yenis, Gutierrez, Diego, Svete, Deise e aos demais queridos do Laboratório de Grãos, muito obrigado pelo apoio e companheirismo. Aos colegas do Centreinar, em especial à Fernanda (Batuti), companheira de mestrado na época das disciplinas. Silas, Dayvison, Anelize, Andressa, Tarcísio (Cisok) e Kim, que até mesmo sem saber me ajudaram muito, me fazendo sorrir em momentos difíceis. Aos meninos e meninas da Floresta, tarde conheci vocês. Ao meu amigo e colega de profissão Igor, pelos sorrisos, conselhos e companheirismo.

E à grande Mãe do Céu Maria Santíssima, que silenciosamente esteve presente na minha vida até agora, orando por mim e me acalmando nas horas mais terríveis, eu bem sei como tive sua ajuda.

Esse momento pode ser traduzido por uma palavra: gratidão!

BIOGRAFIA

André Rodrigues da Costa, filho de José Anacleto de Lima Costa e Maria José Aparecida Costa, nasceu em 04 de fevereiro de 1984, em Miradouro, Minas Gerais.

Ingressou no curso de Agronomia em 2005 na Universidade Federal de Viçosa e graduou-se em 2009.

Em 2010, ingressou no Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em nível de Mestrado, no Setor de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, MG, submetendo-se à defesa de dissertação em maio de 2012.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Doenças de pós-colheita	18
2.2 Controle de doenças pós-colheita	19
2.3 O Ozônio.....	21
2.3.1 Características físico-químicas do ozônio	21
2.3.2 Ozônio como agente sanitizante e descontaminante	23
MATERIAL E MÉTODOS.....	26
3.1 Isolamento e obtenção de suspensão de conídios de <i>Colletotrichum</i> sp. 28	
3.2 Inoculação dos frutos de mamoeiro com conídios de <i>Colletotrichum</i> sp. 28	
3.3 Obtenção do gás ozônio.....	29
3.4 Quantificação do gás ozônio.....	30
3.5 Processo de ozonização dos frutos de mamoeiro	30
3.6 Análises realizadas nos frutos tratados ou não com água ozonizada .	32
3.6.1 Percentual de área lesionada por <i>Colletotrichum</i> sp. em mamões tratados ou não com água ozonizada.....	33
3.6.2 Produção de CO ₂ dos mamões tratados ou não com água ozonizada	34
3.6.3 Perda de massa fresca	35
3.6.4 Acidez titulável	36
3.6.5 Sólidos solúveis.....	36
3.6.6 Avaliação da cor.....	36
3.6.7 Vitamina C.....	37
3.6.8 Firmeza	37
3.6.9 Determinação do pH	37
3.7 Delineamento experimental	37
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
3.1 Armazenamento a 11°C.....	40
3.1.1 Percentual de área lesionada por <i>Colletotrichum</i> sp.	40
3.1.2 Produção de CO ₂	41
3.1.3 Percentual de perda de massa fresca	43
3.1.4 Acidez titulável.....	44
3.1.5 Sólidos solúveis.....	45

3.1.6	Cor da casca	46
3.1.7	Teor de Vitamina C.....	47
3.1.8	Firmeza da polpa.....	47
3.1.9	pH da polpa	49
3.2	Armazenamento a 25 °C.....	50
3.2.1	Percentual de área lesionada por <i>Colletotrichum</i> sp.	50
3.2.2	Produção de CO ₂	53
3.2.3	Percentual de perda de massa fresca	55
3.2.4	Acidez titulável.....	56
3.2.5	Sólidos solúveis.....	57
3.2.6	Cor da casca	58
3.2.7	Teor de vitamina C	62
3.2.8	Firmeza da polpa.....	62
3.2.9	pH da polpa	64
4.	CONCLUSÃO	65
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

RESUMO

COSTA, André Rodrigues da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, maio de 2012. **Ozônio como agente fungicida na pós-colheita do mamão** (*Carica papaya* L.). Orientadora: Lêda Rita D'Antonino Faroni. Coorientadores: Luiz Carlos Chamhum Salomão, Olinto Liparini Pereira, Paulo Roberto Cecon.

As doenças fúngicas de pós-colheita, principalmente a antracnose, constituem uma das causas de depreciação do mamão, com perdas na comercialização. O processo normalmente utilizado para controle dessa doença em pós-colheita inclui tratamento hidrotérmico dos frutos a 49 °C durante 20 min, com posterior resfriamento por igual período, além da aplicação de fungicidas. As desvantagens associadas aos tratamentos convencionais tornam necessária a busca de novos métodos de controle da antracnose na pós-colheita do mamão. Uma das alternativas é a utilização do gás ozônio (O₃), por se tratar de forte agente oxidante e antimicrobiano, que pode ser gerado no local por meio de uma descarga elétrica, descartando a necessidade de manipulação, armazenamento ou eliminação de embalagens. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficácia do ozônio dissolvido em água para controle de antracnose em mamões, bem como verificar a influência desse tratamento nas características físis e químicas dos frutos. Foram utilizados mamões (*Carica papaya* L.) 'Golden', colhidos no estágio de maturação 1, com até 15% de cor da casca amarela. Para a avaliação do efeito do ozônio no controle de antracnose, os frutos foram inoculados com suspensão de conídios de *Colletotrichum gloesporioides* e *C. magna*, na concentração de $2,3 \times 10^6$ UFC mL⁻¹. Posteriormente procedeu-se à ozonização dos frutos em tanque com água contendo ozônio dissolvido na concentração de 0,8 mg L⁻¹, pelos períodos de 40, 80, 120 e 160 min. Como

controle foram utilizados frutos não ozonizados. Após esse processo, os frutos foram armazenados em câmaras climáticas a 11 °C e 80 a 85% UR por 15 dias. Foram feitas análises nesse período no primeiro e no 15° dia. Posteriormente, a temperatura da câmara foi modificada para 25 °C, sendo feitas análises nos 17°, 19°, 21° e 23° dias de armazenamento. Foram analisados o percentual de área lesionada, produção de CO₂, perda de massa fresca, acidez titulável, sólidos solúveis, cor da casca, teor de vitamina C, firmeza da polpa e pH. Durante o armazenamento a 11 °C, não houve aumento significativo de área lesionada por antracnose. Os mamões apresentaram aumento da taxa respiratória, com uma tendência de menor aumento para aqueles expostos ao ozônio. A firmeza da polpa apresentou redução nesse período. Os valores do ângulo Hue (h°) apresentaram decréscimo e os valores de Croma e Diferença de cor aumentaram. A massa fresca dos frutos sofreu decréscimo e os parâmetros acidez titulável, sólidos solúveis, teor de vitamina C e pH não apresentaram variação nesse período. Durante o armazenamento a 25 °C, foi verificado menor percentual de área lesionada nos frutos tratados com ozônio, em comparação aos não tratados. Os frutos expostos ao ozônio dissolvido na água também apresentaram menor perda de firmeza da polpa e menor taxa respiratória ao longo do armazenamento. Os parâmetros de cor (Croma, Hue° e diferença de cor), pH, sólidos solúveis e acidez titulável dos mamões ozonizados não diferiram dos observados nos frutos expostos ao ozônio. Pode-se concluir que a aplicação do ozônio dissolvido na água, na concentração de 0,8 mg L⁻¹, por até 160 min, é eficiente na diminuição da severidade de antracnose na pós-colheita de frutos de mamão 'Golden', sem, entretanto, afetar negativamente a qualidade dos frutos.

ABSTRACT

COSTA, André Rodrigues da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, May, 2012. **Ozone as a fungicidal agent in post-harvest papaya (*Carica papaya* L.)**. Adviser: Lêda Rita D'Antonino Faroni. Co-advisers: Luiz Carlos Chamhum Salomão, Olinto Liparini Pereira, Paulo Roberto Cecon.

Fungal diseases of postharvest, mainly anthracnose, are one of the causes of papaya depreciation with losses in trading. The process normally used for this disease control in postharvest includes hydrothermal treatment at 49 °C for 20 minutes, followed by cooling for the same period, besides the application of fungicides. Disadvantages linked to conventional treatments lead to search for new methods to control postharvest anthracnose in papaya. One alternative is ozone gas (O₃) usage, for being a strong oxidizing and antimicrobial agent, which can be generated on site by an electrical discharge, dismissing the need for handling, storage, or disposal of packaging. This study aimed to evaluate the effectiveness of ozone dissolved in water to control anthracnose in papaya and check the influence of this treatment on these fruits physical and chemical characteristics. Papaya (*Carica papaya* L.) Golden cultivar was used, harvested at maturity stage 1, with up to 15% yellow color. To evaluate the ozone effect in controlling anthracnose, fruits were inoculated with spore suspension of *Colletotrichum gloeosporioides* and *C. magna* at a concentration of 2.3×10^6 CFU mL⁻¹. Subsequently, fruits ozonation was performed in tank with water containing dissolved ozone at a concentration of 0.8 mg L⁻¹ for periods of 40, 80, 120, and 160 minutes. Non-ozonated fruits were used as control. After this process, the fruits were stored in chambers at 11 °C and 80 to 85% RH for 15 days. Analyzes were performed in this period in the first and 15th days. Subsequently, the chamber temperature was changed to 25 °C and analyzes

was made on the 17°, 19°, 21°, and 23° days of storage. Data were subjected to variance analysis using SAEG (SAEG, 2007) statistical software. The comparison of analysis mean values of the ozonated or non-ozonated fruit stored for zero and 15 days was performed by the F test at 5% probability. In the second step, fruits stored at 25 °C for eight days were analyzed from the 15th day. Split plot scheme was made and in the parcels there were five periods of exposure (0, 40, 80, 120, and 160 minutes) to Ozone dissolved in water; and in subplots there were five periods of fruits storage (0, 2, 4, 6, and 8 days, except for CO₂ production, that in subplot there were four storage periods, from the second day) in a completely randomized design (CRD) with two replicates, except percentage of injured area, with three replicates. Analyzes were of percentage of injured area, CO₂ production, fresh mass loss, titratable acidity, soluble solids, skin color, vitamin C content, pulp firmness, and pH. During storage at 11 °C, there was no significant increase in lesioned area by anthracnose. The papayas showed increased respiratory rate with a trend towards smaller increase for those exposed to ozone. The firmness decreased during this period. Values of Hue° decreased and values of Chroma and Color Difference increased. Fruit fresh mass suffered a decrease and parameters suffered titratable acidity, soluble solids, and vitamin C content; pH showed no change during this period. During storage at 25 °C, lowest percentage of lesioned area in fruits treated with ozone was recorded in comparison to untreated fruits. The fruits exposed to ozone dissolved in water also showed less loss of firmness and lower respiration rate during storage. The color parameters (Chroma, Hue°, and Color Difference), pH, soluble solids, and titratable acidity of ozonated papayas did not differ from those observed in fruits exposed to ozone dissolved in water. It can be concluded that the application of

ozone dissolved in water at a concentration of 0.8 mg L^{-1} for up to 160 minutes is efficient in reducing the severity of anthracnose in postharvest of papaya Golden cultivar without, however, adversely affecting fruits quality.

1. INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é um fruto importante do ponto de vista econômico e nutricional. O Brasil é hoje o segundo maior produtor, atingindo aproximadamente 1,8 milhões de toneladas em 2009, perdendo apenas para a Índia, com aproximadamente 3,9 milhões de toneladas (FAO, 2011). Entre as várias substâncias que fazem parte da composição do mamão, citam-se aquelas com atividade antioxidante, substâncias que evitam os efeitos danosos da formação de radicais livres, como carotenoides e vitamina C (SIQUEIRA, 2003).

Apesar de ser um fruto saboroso e de boa aparência, com elevada capacidade de penetração nos mercados mais exigentes, ainda é pouco conhecido em vários países e apenas 1,53% da produção brasileira é destinada à exportação (FAO, 2011).

Um dos grandes problemas na pós-colheita do mamão são as várias doenças fúngicas, que depreciam a qualidade e aparência dos frutos, prejudicando sua comercialização. A antracnose é a doença mais importante incidente sobre frutos maduros em regiões produtoras do mundo, vista a sua representatividade para a economia, pois os frutos atacados por essa doença se tornam inadequados para comercialização e consumo. Essa patologia no mamão é causada, principalmente, pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. & Sacc., sendo relatada recentemente a ocorrência de *Colletotrichum magna* também como fitopatógeno de mamões no Brasil (NASCIMENTO et al., 2010). De morfologia quase idêntica, essas espécies de fungo possuem a capacidade de infectar o mamão ainda no campo e permanecer em estado de quiescência sob a cutícula, sem o aparecimento de sintomas, até que haja condições para seu desenvolvimento (KUO, 1999). Por

se tratar de uma doença em que os sintomas somente aparecem em fases mais avançadas de maturação dos frutos, é recomendado que o controle, nesse caso, seja efetuado antes desse período (NERY-SILVA et al., 2001).

Para viabilizar as exportações e garantir a qualidade dos frutos na pós-colheita no que se refere a doenças provocadas por fungos, é necessária a adoção de medidas fitossanitárias. O tratamento utilizado para controle de doenças pós-colheita em mamão, como antracnose e alternária, é a hidrotermia (AKAMINE e ARISUMI, 1953; PIMENTEL, 2007). A eficiência desse processo no controle de podridões pós-colheita pode ser aumentada com a aplicação de fungicidas à água de imersão (OLIVEIRA et al., 1995). Esses dois métodos têm sido tradicionalmente utilizados em conjunto para controle de doenças de pós-colheita em mamão (MEDINA, 2000; NERY-SILVA et al., 2004).

O uso de defensivos químicos representa sério risco ao meio ambiente e à saúde humana, principalmente pela presença de resíduos tóxicos, sendo necessário esperar um período de carência para o consumo dos frutos após a aplicação de tais produtos (OLIVEIRA et al., 1995). Além disso, alguns fungos causadores de doenças nos frutos do mamoeiro já adquiriram resistência aos fungicidas, limitando o uso desses produtos e exigindo o desenvolvimento de pesquisas com produção integrada, que utilizem técnicas alternativas para o controle de doenças pós-colheita (ZAMBOLIM et al., 2002; DANTAS et al., 2004).

As desvantagens da utilização dos métodos tradicionais de controle de doenças de pós-colheita em frutos de mamoeiro tornam necessária a busca de novos processos que sejam eficazes e não causem prejuízos ao meio ambiente. Entre os métodos de controle de antracnose estão a aplicação de

indutores de resistência (DANTAS et al., 2004) e de óleos essenciais (CARNELOSSI et al., 2009), bem como aplicação de ozônio (KECHINSKI et al., 2012).

O ozônio é um gás altamente reativo, com grande capacidade de inativação de microrganismos. A sua eficácia foi confirmada por diversos autores, apresentando largo espectro antimicrobiano, com eficiência no controle de fungos, bactérias, vírus e protozoários, além de esporos de fungos e de bactérias (AKBAS e OZDEMIR, 2006; WU et al., 2006; TSENG e LI, 2006).

Entre as espécies já estudadas e que apresentaram sensibilidade ao ozônio, destacam-se as bactérias *Salmonella typhimurium* (CHAIDEZ et al., 2007), *Escherichia coli* e *Bacillus cereus* (AKBAS e OZDEMIR, 2008), *Listeria monocytogenes* (SHEELAMARY e MUTHUKUMAR, 2011); os fungos *Alternaria* sp., *Aspergillus* sp., *Aureobasidium* sp., *Cladosporium* sp., *Geotrichum* sp., *Mucor* sp., *Penicillium brevicompactum*, *Stachybotris chartarum*, *Trichoderma viride*, *Ulocladium* sp. (HUDSON e SHARMA, 2009), *Botrytis cinerea* (BARBONI et al., 2010), *Fusarium oxisporum* (IGURA et al., 2004); e os protozoários *Cyptosporidium* e *Giardia* (HSU e YEH, 2003), entre outros. Cada microrganismo apresenta sensibilidade inerente ao ozônio, de tal forma que as bactérias são mais sensíveis que fungos e leveduras; bactérias gram-positivas são mais sensíveis que as gram-negativas; e os esporos são mais resistentes que as células vegetativas (PASCUAL et al., 2007).

As aplicações mais comuns do ozônio são na descontaminação da superfície dos alimentos, no tratamento de água, detoxificação e redução dos níveis de micotoxinas e resíduos de pesticidas de alguns produtos agrícolas (KIM et al., 1999b). Desta forma, o ozônio se apresenta como uma alternativa

capaz de atender as necessidades da indústria de alimentos pela potencialidade de aumentar a vida de prateleira dos produtos, reduzir perdas na produção e, conseqüentemente, dar condições de ampliar o mercado. Outra vantagem do ozônio é o fato de poder ser gerado rapidamente no próprio local de aplicação (PALOU *et al.*, 2001) e ser utilizado no tratamento de frutas e verduras por via seca, na forma gasosa, ou por via úmida, dissolvido na água.

Embora na literatura já estejam disponíveis trabalhos com ozônio como agente antimicrobiano em frutas, apenas um foi encontrado utilizando ozônio dissolvido em água para controle de doenças em mamão (KECHINSKI *et al.*, 2012). Torna-se, portanto, necessária a realização de novos estudos com diferentes condições de tratamento com água ozonizada na pós-colheita de mamão para avaliação da eficiência desse processo na conservação dos frutos.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do ozônio solubilizado na água como agente antimicrobiano na pós-colheita de mamão 'Golden', especificamente na diminuição da severidade da antracnose, causada por *Colletotrichum sp.* bem como avaliar os efeitos desse processo na qualidade dos frutos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O mamoeiro é uma planta de clima tropical, da família *Caricaceae*, originária do continente americano. A família *Caricaceae* é dividida em quatro gêneros, dos quais o mais importante é o *Carica*, com 21 espécies descritas, incluindo a espécie *Carica papaya*, a mais cultivada no mundo. Atualmente, produz-se mamão em várias regiões de clima tropical como América do Sul, África, Ásia e Oceania.

O mamão é um fruto altamente nutritivo, com concentrações elevadas de cálcio, ácido ascórbico (Vitamina C) e provitamina A (MEDINA, 1995). As características químicas de frutos de mamão podem variar de acordo com a cultivar, época de cultivo, estágio de maturação, etc. Santana et al. (2004) avaliaram a composição química de diversos genótipos de mamão, bem como a aceitação dos frutos por provadores. Apesar das diferenças observadas entre os genótipos testados, aquele que obteve maior aceitação pelos provadores, com consequente melhor penetrabilidade no mercado, apresentou teores de vitamina C variando entre 68 e 142 mg 100 g⁻¹, acidez titulável entre 0,08 e 0,09 g ac. cítrico 100 g⁻¹, pH em torno de 5,55 e 5,38 e sólidos solúveis entre 13 e 14 °Brix. Os autores observaram ainda que os mamões com maior firmeza foram mais bem avaliados pelos provadores.

O mamão é ainda fonte de papaína, proteína enzimática encontrada no látex do mamoeiro, presente nos frutos verdes, folhas, sementes e tronco da planta. Essa enzima proteolítica é capaz de hidrolisar partes específicas de proteínas, o que representa uma vantagem para certos processos industriais em que a hidrólise total é indesejada (MELO e RUGGIERO, 1988).

2.1 Doenças de pós-colheita

As perdas provocadas por fitopatógenos, para Nascimento et al. (2008) são um dos fatores responsáveis pelo atraso no desenvolvimento da indústria e da cultura do mamoeiro. Diversas espécies de fungos causam podridões em frutos de mamão durante a pós-colheita. Entre as doenças mais importantes pode-se citar a podridão peduncular, causada pelos fungos *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium* spp., *Phoma caricae-papayae* (Tarr.), *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon & Maulb., *Phomopsis caricae-papayae* Petr. & Cif., *Rhizopus stolonifer* (Ehrenb., Fr.) Vuill., *Phytophthora palmivora* Butler e *Pestalotia* sp. (DANTAS et al.; 2003). Além da podridão peduncular, são citadas a mancha-chocolate (*C. gloeosporioides*) e a antracnose (*Colletotrichum* sp.).

A antracnose é a principal doença pós-colheita do mamão, causada por *C. gloeosporioides*, que na fase teleomórfica é denominado *Glomerella cingulata*. Geralmente a infecção pelo agente etiológico ocorre em campo, nos estádios iniciais de desenvolvimento do fruto, permanecendo quiescentes até seu amadurecimento (REZENDE e MARTINS, 2005). Diversas espécies de fruteiras são infectadas por *Colletotricum* sp. Silva et al. (2006) avaliaram a patogenicidade desse microrganismo em mangas ‘Tommy Atkins’ e ‘Rosa’, e em mamão, goiaba e maracujá. Os frutos que apresentaram maior susceptibilidade ao patógeno foram as variedades de manga e o mamão. Além de *C. gloeosporioides*, recentemente *C. magna* foi descrito causando antracnose em frutos de mamoeiro (NASCIMENTO et al.; 2010). Essa espécie possui as mesmas características morfológicas de *C. gloeosporioides*, sendo necessária a realização de análise biomolecular para diferenciar as duas espécies.

Os sintomas da antracnose se iniciam com pequenas manchas rosadas, não deprimidas, de aspecto seco e bordo definido, sobre a superfície em maturação. Em seguida, essas lesões crescem e se tornam arredondadas, formadas por lesões deprimidas, circulares, de coloração escura e podem atingir até 5 cm de diâmetro (OLIVEIRA e SANTOS FILHO, 2000; LIBERATO e TATAGIBA, 2001). A infecção ocorre quando há água livre disponível, onde os conídios formam os tubos germinativos dentro de 6 a 8 h e apressórios em 10 a 12 h. Os apressórios são estruturas achatadas, formadas pelo inchaço da hifa, ou dos tubos germinativos. Através dessa estrutura o fungo adere firmemente à superfície do hospedeiro, facilitando sua penetração (KRUGNER e BACHI, 1995). Assim, para penetrar na superfície dos frutos o fungo não necessita de ferimentos, podendo causar infecções mesmo com a casca intacta (REZENDE e MARTINS, 2005).

2.2 Controle de doenças pós-colheita

O controle de doenças pós-colheita do mamão deve se iniciar no campo, com medidas que evitem danos durante a colheita e transporte, uma vez que ferimentos nos frutos podem servir de porta de entrada para patógenos. Além disso, a aplicação de fungicidas e controle cultural pode diminuir a quantidade de inóculos no campo e, em consequência, controlar infecções quiescentes. A qualidade pós-colheita dos frutos depende do manejo da cultura no campo, não podendo ser melhorada, somente preservada (REZENDE e MARTINS, 2005).

As formas de controle de doenças pós-colheita em mamão, em especial a antracnose, são, principalmente, o tratamento hidrotérmico dos frutos e aplicação de fungicidas protetores e sistêmicos. A hidrotermia é utilizada na pós-colheita de frutos de mamoeiro desde a década de 1950 (TATAGIBA e

OLIVEIRA, 2000), sendo o método de controle também da mosca-das-frutas (OLIVEIRA et al., 1995). O processo, geralmente, consiste em imergir os frutos em água a 49 °C durante 20 min, com posterior resfriamento (AKAMINE e ARISUMI, 1953), podendo haver outros binômios temperatura/tempo de imersão (FONSECA et al., 2003; KECHINSKI et al., 2012). A hidrotermia também pode ser utilizada no controle de doenças pós-colheita em outros produtos, como, por exemplo, maçã (BARTNICKI et al., 2011), banana (SPONHOLZ et al., 2004), goiaba (PESSOA et al., 2007), manga (DIAS et al., 2005) e maracujá (CAMPOS et al. 2005).

Apesar de, em muitos casos, a associação entre tratamento hidrotérmico e fungicidas para controle de podridões pós-colheita em frutas ser eficaz, a desvantagem pode estar na existência de resíduos de pesticidas no produto, bem como em distúrbios fisiológicos que podem ser causados pela exposição dos frutos a altas temperaturas (OLIVEIRA et al., 1995; TATAGIBA e OLIVEIRA, 2000). Nolasco et al. (2008) avaliaram diferentes períodos de exposição de bananas à água em diferentes temperaturas. Os autores observaram diminuição da ocorrência de podridões em frutos submetidos a algumas combinações de temperatura da água e período de exposição. Entretanto, foi verificada ocorrência de escaldadura em alguns casos, bem como prejuízo ao amadurecimento dos frutos quando submetidos durante nove e 12 min à água a uma temperatura de 56 °C. A aplicação de fungicidas também se torna limitada devido à ocorrência de fitopatógenos resistentes a esses produtos, fazendo-se necessária a busca de métodos alternativos para controle de doenças em pós-colheita de frutas (ZAMBOLIM et al., 2002; DANTAS et al., 2004).

2.3 O Ozônio

O gás ozônio tem sido utilizado ao longo do tempo em diversas áreas de aplicação. Suas características físico-químicas permitem que ele seja útil no tratamento de água potável (SHIN e SOBSEY, 2003), efluentes domésticos e industriais (TERNES et al., 2003; SNYDER et al., 2006), processos de branqueamento de celulose (MAIA e COLODETE, 2003), descontaminação de alimentos (ARTES et al., 2009), desinfecção de equipamentos (DOSTI et al. 2005), armazenamento de grãos (ROZADO et al., 2008; PEREIRA et al., 2008; ISIKBER e OZTEKIN, 2009), entre outros.

2.3.1 Características físico-químicas do ozônio

O ozônio (O_3), forma triatômica do oxigênio, é um gás incolor, instável, muito reativo e tóxico. A molécula de ozônio possui o segundo maior potencial de oxidação entre os elementos químicos, sendo superada somente pela molécula do flúor (F_2). Em condições normais de temperatura e pressão, o ozônio é moderadamente solúvel em água: 13 vezes mais solúvel que o O_2 . É facilmente detectável em concentrações muito baixas, na faixa de 0,01 a 0,05 mg L⁻¹ (HILL e RICE, 1982).

O gás ozônio decompõe-se rapidamente em oxigênio (O_2). Sua velocidade de decomposição é fortemente dependente da pureza do solvente, diminuindo na presença de impurezas. Condensa-se a -112,4 °C, formando um líquido de cor azul, e congela a -193 °C, formando um sólido de cor violeta escuro. O ozônio em estado líquido pode explodir facilmente por motivos de choques, faísca elétrica ou mudanças bruscas na temperatura e pressão (KUNZ et al., 1999).

Devido à instabilidade do ozônio, o que impede sua armazenagem, tornam-se necessárias sua geração no local e sua utilização em sistema de fluxo contínuo. Entre os diferentes processos utilizados para a geração de ozônio, o mais difundido é o método de descarga eletroquímica, conhecido como efeito corona, sendo atualmente utilizado em praticamente todos os geradores de ozônio disponíveis comercialmente, pois produz uma maior quantidade de ozônio com menor custo (KHADRE et al., 2001). Neste método, o ozônio é gerado pela passagem de ar atmosférico ou oxigênio puro entre dois eletrodos submetidos a uma elevada diferença de potencial elétrico de, aproximadamente, 10.000 V. Isto causa a dissociação do oxigênio, sendo a formação do ozônio consequência da recombinação de radicais livres de oxigênio, com moléculas de oxigênio presentes no sistema (METCALF e EDDY, 1991; KHADRE et al., 2001; GUZEL-SEYDIM et al., 2004).

O ozônio pode ser dissolvido em água e utilizado para desinfecção de alimentos e superfícies. A solubilidade do ozônio em água depende das características de temperatura e presença de compostos orgânicos e inorgânicos. A inativação de microrganismos utilizando água ozonizada depende diretamente da quantidade de ozônio dissolvido nela. A temperatura da água, além da concentração de ozônio injetada, deve ser observada para que se obtenha quantidade desejada do gás solubilizado. A concentração de ozônio presente na água ozonizada é inversamente proporcional à temperatura dela, bem como é diretamente proporcional à quantidade de gás injetado (USEPA, 1986).

Em condições ambientais, o ozônio é um gás instável que possui odor característico, podendo ser facilmente detectado por um indivíduo em concentrações de 0,02 - 0,1 mg m⁻³. Os níveis máximos permissíveis e

aceitáveis para uma exposição ao ozônio, segundo a Associação Americana de Higiene Industrial (AIHA) e a Administração de Saúde e Segurança Ocupacional (OSHA), são de $0,2 \text{ mg m}^{-3}$ por 8 h diárias ou $0,6 \text{ mg m}^{-3}$ por 10 min. A toxicidade do ozônio é um importante critério para sua aprovação no ambiente de processamento de alimentos. Em seres humanos, o primeiro alvo é o trato respiratório e os sintomas são dores de cabeça, vertigens, sensação de queimação dos olhos e garganta e tosse (WANG, 1993; GUZEL-SEYDIM et al., 2004).

No Brasil, a exposição ao gás ozônio segue as determinações do Ministério do Trabalho e Emprego, por meio da Norma Regulamentadora N° 15, aprovada e com redação dada pela portaria N° 3.214/78, que dispõe sobre os limites de tolerância do ozônio em atividades ou operações nas quais os trabalhadores ficam expostos. O limite do gás para trabalhos de até 48 h semanais é de $0,16 \text{ mg m}^{-3}$ (BRASIL, 1978). Na indústria de alimentos, no entanto, o uso desse gás é limitado, não havendo legislação específica que regule sua utilização (CHIATTONE et al., 2008).

2.3.2 Ozônio como agente sanitizante e descontaminante

Uma das principais características do ozônio é sua alta reatividade, apresentando tempo de meia-vida entre 15 e 50 min, sendo degradado em O_2 , e dessa forma não apresenta nenhuma atividade residual ativa (SPENCER, 2003). Salienta-se que o ozônio foi classificado como GRAS (Generally Recognized as Safe) nos Estados Unidos e liberado pelo FDA (Food and Drug Administration) para uso direto em alimentos.

Devido à sua alta reatividade, o ozônio possui ampla capacidade de inativar células microbianas, principalmente pela desestruturação da membrana e/ou da parede celular. Em células bacterianas, a ação do ozônio é um processo complexo, com desnaturação de vários componentes celulares como proteínas, lipídios insaturados e enzimas da membrana celular, peptoglicanas da parede celular, enzimas e ácidos nucleicos do citoplasma, além de proteínas e peptoglicanas da capa dos esporos bacterianos e capsídeos virais (KHADRE et al., 2001).

Diversos autores têm relatado a eficiência do ozônio na inativação de microrganismos em produtos de origem vegetal. Barboni et al. (2010) armazenaram kiwi durante seis meses em câmara fria, com aplicação de ozônio em forma de gás com um fluxo de 4 mg h^{-1} . Esses autores constataram que o ozônio teve ação fungicida em *Botrytis cinerea*, tendo controlado o crescimento do fungo, o que não ocorreu em câmara sem aplicação do gás. Sharpe et al. (2009) relataram que foi possível reduzir notavelmente a incidência de podridões causadas por *B. cinerea* e *Sclerotinia sclerotiorum* em maçãs, cenouras e uvas, utilizando ozônio na forma de gás, nas concentrações de 450 e 600 ppb ($0,45$ e $0,6 \text{ mg L}^{-1}$), sem que houvesse prejuízos à qualidade dos produtos.

Tzortzakis et al. (2008) controlaram consideravelmente lesões de *Alternaria alternata* e *Colletotrichium coccodes* em tomates, causadores de mancha preta e antracnose, respectivamente, nesses frutos. Os autores utilizaram concentrações de ozônio na forma de gás, de até $5 \text{ } \mu\text{mol mol}^{-1}$ ($0,00024 \text{ mg L}^{-1}$), constatando que quanto maior a concentração do gás, maior o seu efeito inibidor no desenvolvimento das lesões fúngicas. Outro aspecto importante observado foi que a inibição, pelo ozônio, do desenvolvimento das

lesões visíveis refletiu-se em redução semelhante da biomassa fúngica abaixo da superfície do fruto. Além disso, a produção de esporos dos fungos foi significativamente reduzida quando os frutos foram armazenados em ambiente enriquecido com ozônio em concentrações mais elevadas. Além da redução do crescimento micelial, a diminuição da capacidade do fungo de produzir esporos viáveis torna-se interessante, uma vez que pode diminuir a recontaminação de frutos durante o armazenamento. Ainda segundo Tzortzakis et al. (2008), a exposição dos fungos ao ozônio *in vitro*, a 13 °C, não teve efeitos consideráveis no crescimento micelial, o que pode significar que a ação do ozônio no crescimento das lesões fúngicas foi influenciado por alterações provocadas pelo gás nas interações entre o fruto e o patógeno.

O ozônio pode ser combinado com outros métodos de controle de microrganismos em alimentos para aumentar sua eficácia. Lanao et al. (2008) observaram a eficiência da aplicação de ozônio para inativação do microrganismo *Clostridium perfringens* em água. Os autores verificaram que a combinação de ozônio com H₂O₂ foi a mais eficaz na eliminação da bactéria, seguida pelo tratamento com apenas ozônio e ozônio com TiO₂. Entretanto, os três tratamentos foram avaliados como bem sucedidos no processo. Kechinski et al. (2012) avaliaram a eficiência da aplicação de ozônio dissolvido em água, bem como a aplicação de cera como revestimento dos frutos e hidrotermia. Os autores utilizaram duas concentrações de ozônio (2 e 4 mg L⁻¹) e dois períodos de exposição ao ozônio dissolvido na água (1 e 2 min). A hidrotermia foi feita com aspersão da água nas temperaturas de 45, 55 e 65 °C sobre os frutos durante 60 s. Após a hidrotermia e a ozonização, os frutos foram revestidos por cera de carnaúba. Os autores verificaram que o conjunto dos três tratamentos foi eficiente na desinfecção dos frutos de mamão.

Além da ação microbicida, o ozônio pode ser utilizado para fins de degradação de substâncias indesejadas, como resíduos de pesticidas e micotoxinas (CATALDO, 2008; IKEURA et al., 2011; ALENCAR et al., 2012).

Na aplicação de ozônio para descontaminação e desinfecção de frutas e hortaliças devem ser tomadas precauções para que não ocorram danos ou injúrias aos produtos. A concentração desse microbicida bem como a forma de aplicação (diluído em água ou em gás) podem influenciar na qualidade final do produto. Diversos autores tem relatado danos à superfície de frutas e hortaliças devidos a concentrações inadequadas do gás, bem como à forma de aplicação. Calatayud e Barreno (2004) verificaram danos em um cultivar de alface submetido ao ozônio em forma de gás, com redução nos níveis de clorofilas a e b. Wei et al. (2007) aplicaram água ozonizada em folhas de alface, verificando a preservação da sua firmeza durante o armazenamento, além de melhor controle de microrganismos à medida que se aumentou a concentração do gás dissolvido na água. Porém, os autores verificaram maior escurecimento das folhas durante o armazenamento, quanto maior a concentração de ozônio aplicada.

A aplicação do ozônio tem a característica de não deixar efeito residual no produto. Isso pode ser considerado uma vantagem, uma vez que não é necessário aguardar período de carência para a comercialização, pois não há risco para a saúde do consumidor. Uma desvantagem dessa característica é que a ausência de um efeito protetor abre caminho para o surgimento de novas por microrganismos.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi feito nos Laboratórios de Pré-Processamento e Armazenamento de Produtos Vegetais do Departamento de Engenharia

Agrícola – DEA, de Análise de Frutas do Departamento de Fitotecnia – DFT e no de Patologia de Sementes e Pós-Colheita – DFP, todos na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais.

Foram utilizados mamões do grupo Solo, cultivar Golden, originários de um pomar comercial localizado no município de Linhares (ES). Os frutos foram colhidos no estágio de maturação 1, com até 15% de cor amarela. Após a colheita, os mamões foram transportados para casa de embalagem, onde foram lavados com solução de cloro a 1% e selecionados de acordo com tamanho, cor, presença de lesões, ferimentos e outros defeitos, a fim de se conseguir o máximo de uniformidade dos frutos. Os frutos foram classificados como tipo exportação, com média de massa de $353 \pm 29,0$ g. Ao término da seleção, os mamões foram transportados até a UFV em veículo com ar condicionado, na temperatura de 20 a 25 °C e, então, acondicionados em câmara climática a 11 °C e 80-85 % UR (Figura 1), até o início do experimento.



Figura 1 - Mamões acondicionados em câmara climática a 11 °C e 80-85% de umidade relativa.

3.1 Isolamento e obtenção de suspensão de conídios de *Colletotrichum* sp.

Para a avaliação do efeito do ozônio no controle de *Colletotrichum* sp., foram obtidos isolados de duas espécies pertencentes a esse gênero, *C. gloesporioides* e *C. magna*, conforme método descrito por Goes (1995). Após o isolamento e identificação das duas espécies de fungos, as placas de Petri contendo os isolados foram incubadas em câmara climática do tipo B.O.D. a 25 °C, sem controle de umidade relativa e de fotoperíodo e em ausência de luz artificial, até o surgimento da estrutura reprodutiva dos fungos. Então, foram feitas a repicagem e a transferência dos isolados para placas de Petri contendo meio ágar aveia, que posteriormente foram incubadas nas mesmas condições adotadas na obtenção das estruturas reprodutivas dos fungos, a fim de obter densa massa micelial e conidial. Após esse processo, obteve-se suspensão de conídios, mediante deposição de água destilada e esterilizada sobre a superfície de placa de Petri contendo micélio e conídios, seguindo-se fricção das colônias, com auxílio de bastão de vidro Drigalski. Após remoção da massa micelial e conidial, foi feita filtragem em camada dupla de gaze, misturando-se as suspensões das duas espécies de fungo. Em seguida, o filtrado foi submetido à contagem em microscópio óptico, com auxílio de uma câmara de Neubauer, obtendo uma suspensão de conídios com concentração de $2,3 \times 10^6$ UFC mL⁻¹.

3.2 Inoculação dos frutos de mamoeiro com conídios de *Colletotrichum* sp.

Decorridas 15 horas da chegada dos frutos ao local de realização do experimento, procedeu-se a uma nova seleção, de tal forma que fossem

descartados aqueles que se encontravam em estágio mais avançado de maturação.

Feita a seleção, procedeu-se a inoculação dos frutos com a suspensão de conídios de *C. gloesporioides* e *C. magna* com auxílio de borrifador. Foram aplicados em cada fruto aproximadamente 4 mL da suspensão de conídios das duas espécies, com concentração de $2,3 \times 10^6$ UFC mL⁻¹, anteriormente obtida. Após a inoculação, os frutos foram acondicionados em câmara climática a 25 °C e 80-85% UR por 24 h, a fim de que houvesse condições adequadas para germinação dos conídios e posterior infecção dos frutos.

3.3 Obtenção do gás ozônio

O gás ozônio foi obtido por meio do gerador de ozônio O&LM, desenvolvido pela empresa Ozone & Life®, São José dos Campos, SP. No processo de geração do gás, foi utilizado como insumo oxigênio, isento de umidade, obtido pelo concentrador do próprio gerador de ozônio. Este oxigênio, no gerador, passou por um reator refrigerado, no qual ocorreu uma descarga por barreira dielétrica (DBD). Esta descarga foi produzida ao aplicar uma alta voltagem entre dois eletrodos paralelos, tendo entre eles um dielétrico (vidro) e um espaço livre por onde fluiu o ar seco. Neste espaço livre, foi produzida uma descarga em forma de filamentos, onde foram gerados elétrons com energia suficiente para produzir a quebra das moléculas de oxigênio, formando o ozônio.

O gerador de ozônio O&LM possui duas saídas, uma por onde sai o ozônio gerado e outra por onde sai o ar atmosférico obtido por um compressor de ar acoplado ao equipamento.

3.4 Quantificação do gás ozônio

O método utilizado para quantificar a concentração inicial do gás ozônio a ser borbulhado na água foi o iodométrico, pela titulação indireta (APHA, 1985), conforme recomendado pela International Ozone Association. Este método consiste no borbulhamento do ozônio residual, durante um min, em 50 mL de solução de iodeto de potássio, para ocorrer a liberação de iodo (I_2). Para garantir a produção de I_2 , são adicionados 2,5 mL de ácido sulfúrico 1 N, reduzindo assim o pH. Posteriormente, titula-se com tiosulfato de sódio 0,1 M até que a coloração amarela do iodo se torne clara. Em seguida, adiciona-se 1 mL de solução indicadora de amido 1% e titula-se até o desaparecimento da coloração azul. Devido à rápida decomposição do ozônio, a quantificação da sua concentração no meio foi feita imediatamente depois do borbulhamento.

A concentração inicial do ozônio, determinada pelo método iodométrico, foi de 2,71 mg L⁻¹ na saída do ozonizador, ou seja, presente no ar de borbulhamento do tanque.

3.5 Processo de ozonização dos frutos de mamoeiro

Decorridas 24 horas da inoculação dos frutos com conídios de *C. gloesporioides* e *C. magna*, os mamões foram submetidos ao tratamento com ozônio dissolvido em água destilada a 11 °C.

No processo de ozonização da água, utilizou-se um tanque cilíndrico de PVC, de 35 cm de diâmetro por 60 cm de altura, dotado de tampa, também em PVC, com duas aberturas para entrada e exaustão do gás (Figura 2a). O ar contendo gás ozônio foi borbulhado na água, utilizando-se mangueira

perfurada em forma de espiral e fixada no fundo do tanque (Figura 2b). À medida que o ar contendo ozônio percorria a mangueira, o gás era expelido através dos microfuros presentes em toda a extensão da espiral, fazendo com que a água contida no interior do tanque fosse borbulhada uniformemente. Então, as bolhas percorriam toda a extensão do tanque até a superfície da água. O ar contendo o ozônio residual era retirado pela abertura de exaustão, sendo encaminhado até o exterior da câmara fria, onde o processo de ozonização era realizado.

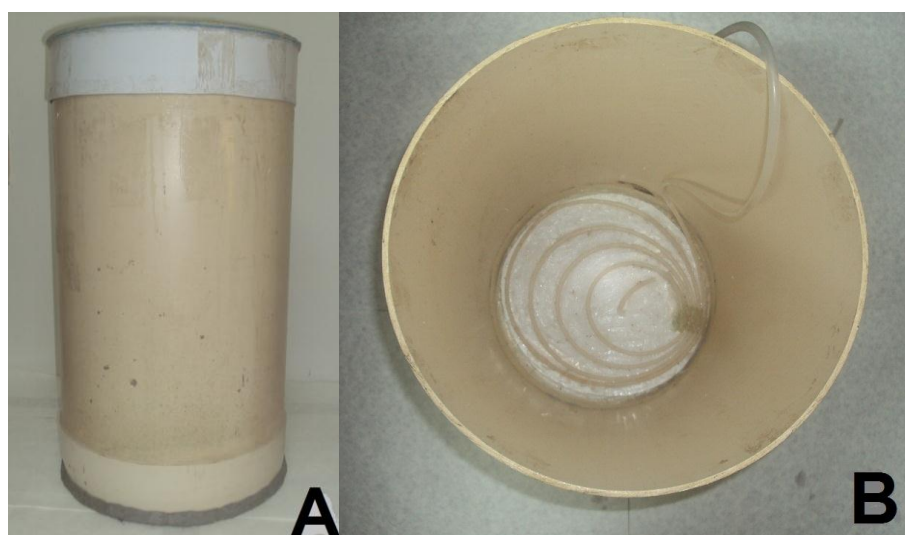


Figura 2 - Tanque feito em PVC utilizado na ozonização dos frutos do mamoeiro (A), e interior do tanque com espiral para borbulhamento do gás (B).

O tratamento dos frutos com água ozonizada foi feito em câmara a 11 °C para manter a temperatura da água estável, uma vez que a solubilidade do ozônio em água depende também da sua temperatura (USEPA, 1986). A água destilada, onde os frutos foram imersos, foi, inicialmente, borbulhada com ar contendo ozônio na concentração de 2,71 mg L⁻¹ durante 20 min, atingindo-se a concentração de 0,8 mg L⁻¹. Após esse período, os frutos eram imersos na água ozonizada. Em seguida, o tanque era fechado e vedado com fita adesiva

para impedir vazamento do gás do interior da câmara. Por vez, foram ozonizados 18 mamões, mantendo-se a concentração de ozônio constante. Os períodos de exposição adotados foram 40, 80, 120 e 160 min, em três repetições. Depois de cada período de ozonização, procedia-se ao descarte da água ozonizada. Como controle, foram utilizados mamões não ozonizados.

Ao término da ozonização, os frutos foram retirados e acondicionados individualmente em bandejas de poliestireno expandido e armazenados em câmaras climáticas durante 15 dias na temperatura de 11 °C e UR de 80 a 85% para simular as condições de transporte do mamão para países importadores. Ao final dos 15 dias, a temperatura da câmara foi modificada para 25 °C, mantendo a umidade relativa entre 80 e 85%. Foram feitas análises no primeiro e décimo quinto dia de armazenamento. Com relação ao armazenamento na temperatura de 25 °C, os frutos foram analisados a cada dois dias, a partir do 15º dia de armazenamento, até o 23º dia.

3.6 Análises realizadas nos frutos tratados ou não com água ozonizada

Para a avaliação da severidade da antracnose nos frutos tratados ou não com água ozonizada, determinou-se o percentual de área lesionada. A produção de CO₂ dos frutos ozonizados ou não foi quantificada para verificar possível influência do tratamento sobre a respiração dos mamões. A qualidade física e química dos frutos foi avaliada pelas características perda de massa fresca, acidez titulável, sólidos solúveis, vitamina C, coloração da casca, firmeza e pH da polpa.

3.6.1 Percentual de área lesionada por *Colletotrichum sp.* em mamões tratados ou não com água ozonizada

O percentual de área lesionada por *Colletotrichum sp.* em mamões ozonizados ou não foi estimado com base na área das lesões em relação à área superficial dos frutos e expresso em porcentagem de área lesionada. Cada lesão característica de antracnose teve seu diâmetro medido com auxílio de um paquímetro. Considerando que as lesões se aproximam da forma de uma circunferência, foram estimadas as áreas de cada lesão em cada fruto, e, somadas essas áreas, obteve-se a estimativa de área lesionada por fruto.

A área superficial dos frutos foi estimada considerando que o formato do fruto de mamão se assemelha a um prolato (Figura 3). Cada fruto teve seu comprimento e espessura medidos, sendo possível calcular a área superficial do prolato (MOHSENIN, 1986).

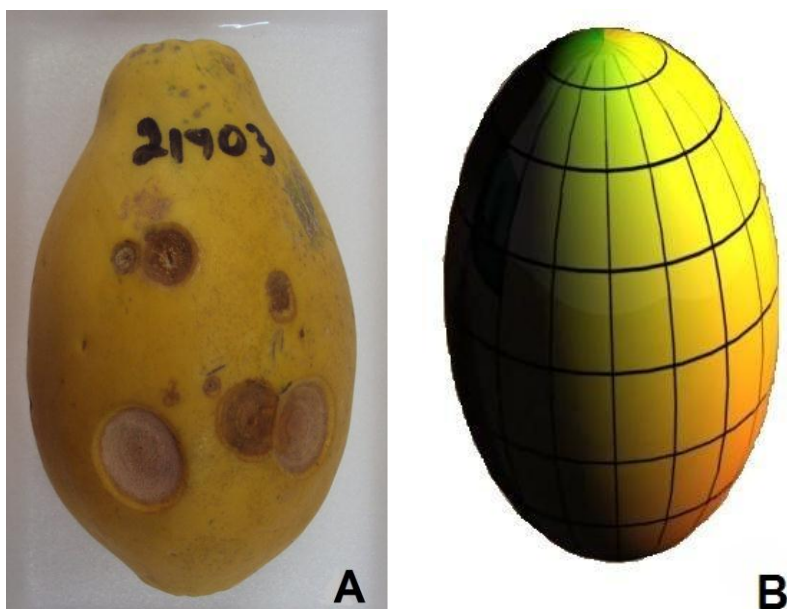


Figura 3 - Mamão com lesões circulares provocadas por *Colletotrichum sp.* (A), em comparação com esferóide prolato (B).

Comparando a área superficial estimada de cada mamão com a respectiva área lesionada, foram obtidas as porcentagens de área superficial lesionada por *Colletotrichum sp.* em cada fruto.

3.6.2 Produção de CO₂ dos mamões tratados ou não com água ozonizada

A produção de CO₂ pelos frutos foi determinada por cromatografia gasosa. Os mamões foram acondicionados em frascos plásticos herméticos com volume de 3.460 mL, dotados de uma ventoinha acoplada à parte interior da tampa (Figura 4). Decorridos 60 minutos do fechamento dos frascos, eram ligadas as ventoinhas por 10 segundos para homogeneizar a atmosfera no seu interior. Posteriormente, eram retiradas duas alíquotas de 1,0 mL de gás de cada frasco com uma seringa hipodérmica e injetadas em um cromatógrafo a gás GOW MAC Série 550, com detector de condutividade térmica, equipado com uma coluna de alumínio preenchida com Porapak Q. O gás de arraste utilizado foi o hélio, com fluxo de 40 mL min⁻¹. A corrente elétrica foi de 150 mA. As temperaturas da coluna, do detector e do injetor foram de 50, 70 e 80 °C, respectivamente. E a temperatura ambiente de 20 a 25 °C.



Figura 4 - Frasco plástico hermético, dotados de uma ventoinha acoplada à parte interior da tampa, utilizado para determinação da produção de CO_2 dos mamões ozonizados.

A quantificação de CO_2 foi feita por comparação entre os picos produzidos pela amostra no cromatograma e aqueles produzidos pela injeção de uma alíquota-padrão composta de 4,990 mol de CO_2 por mol de mistura $\text{CO}_2 + \text{N}_2$. Os resultados foram expressos em $\text{mg de CO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$.

3.6.3 Perda de massa fresca

A massa fresca inicial dos frutos foi determinada com auxílio de uma balança digital no primeiro dia de armazenamento, tendo o mesmo procedimento sido adotado nos demais dias de análise. Assim, foi possível comparar os valores de massa obtidos durante o período de armazenamento com a massa inicial, obtendo-se porcentagem de perda de massa fresca.

3.6.4 Acidez titulável

A acidez titulável foi determinada conforme método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2005). Amostras de 5 g da polpa dos frutos, homogeneizadas em água destilada, foram tituladas com solução de NaOH 0,1 N previamente padronizada. Os resultados foram expressos em mg de ácido cítrico 100 g⁻¹ de polpa.

3.6.5 Sólidos solúveis

O teor de sólidos solúveis da polpa dos frutos foi obtido com auxílio de um refratômetro digital portátil, Atago modelo N1, com leitura na faixa de 0 a 32 °Brix.

3.6.6 Avaliação da cor

A avaliação da cor da casca dos frutos foi feita com o auxílio do colorímetro triestímulo ColorQuest™ II, obtendo-se os valores das coordenadas **L***, **a*** e **b*** do sistema Hunter.

Com os valores das coordenadas **L***, **a*** e **b***, foi possível estimar valores relacionados a tonalidade **h°** (Equação 1), a saturação da cor **C** (Equação 2) e a diferença de cor **ΔE** em relação ao dia da ozonização dos frutos (Equação 3) (LITTLE, 1975, FRANCIS, 1975, MCLELLAN et al., 1995, MASKAN, 2001).

$$h = \arctang(b/a) \quad (1)$$

$$C = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad (2)$$

$$\Delta E = \sqrt{((\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2)} \quad (3)$$

em que:

h^* = tonalidade da cor;

C^* = saturação da cor ou croma;

ΔE^* = Diferença de cor;

L^* = mensurável em termos de intensidade de branco a preto;

a^* = mensurável em termos de intensidade de vermelho e verde; e

b^* = mensurável em termos de intensidade de amarelo e azul.

3.6.7 Vitamina C

A quantificação da vitamina C nos frutos foi feita de acordo com método descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2005), por titulometria. Foram pesados cerca de 13 g de amostra de polpa, que foi homogeneizada em 50 mL de água destilada. Esse método se baseia na oxidação do ácido ascórbico pelo iodato de potássio.

3.6.8 Firmeza

A análise de firmeza da polpa foi feita com um penetrômetro digital Soil Control PDF-200, com ponteira de 0,5 cm, e expressa em Newtons (N).

3.6.9 Determinação do pH

A determinação do pH da polpa foi feita com pHmetro digital.

3.7 Delineamento experimental

O experimento foi desenvolvido em duas etapas. Na primeira etapa, foram analisados os frutos ozonizados ou não, armazenados a 11 °C no primeiro (dia zero) e no 15° dia. Os dados obtidos foram analisados segundo

um esquema fatorial 2 x 5 (dois tempos de armazenamento [0 e 15 dias] e cinco períodos de exposição [0, 40, 80, 120 e 160 min] no Delineamento Inteiramente Casualizado (D.I.C.) com duas repetições. Para a análise de percentual de área lesionada, foram utilizadas três repetições. Os dados foram analisados por meio de análise de variância e de regressão, utilizando o programa estatístico SAEG (SAEG, 2007). A comparação dos valores médios das análises dos frutos ozonizados ou não, armazenados por zero e 15 dias, foi feita pelo teste F a 5% de probabilidade.

Na segunda etapa foram analisados os frutos ozonizados ou não, armazenados a 25 °C a partir do 15° dia, exceto para a produção de CO₂, cujos dados foram analisados a partir do 17° dia, ou segundo dia de armazenamento a 25 °C. Foi feito um esquema de parcelas subdivididas, tendo nas parcelas cinco períodos de exposição (0, 40, 80, 120 e 160 min) ao ozônio dissolvido na água e nas subparcelas cinco períodos de armazenamento dos frutos (0, 2, 4, 6 e 8 dias), sendo que, para produção de CO₂, os períodos de armazenamento foram quatro (2, 4, 6 e 8). As análises foram feitas em D.I.C., com duas repetições, exceto para percentual de área lesionada, com três repetições. Os dados foram analisados por meio de regressão, utilizando o programa estatístico SAEG (SAEG, 2007).

Os valores médios do percentual de área lesionada, de produção de CO₂ e firmeza da polpa dos mamões submetidos ou não ao ozônio dissolvido na água e armazenados a 25°C, foram analisados em função do período de exposição ao gás e do armazenamento, utilizando-se a metodologia da superfície de resposta. Os demais parâmetros físico-químicos foram submetidos a análises de regressão. Os modelos foram escolhidos adotando-

se como critérios o coeficiente de determinação (R^2) e a explicação biológica. Utilizou-se, para tanto, o software SAEG (SAEG, 2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Armazenamento a 11°C

3.1.1 Percentual de área lesionada por *Colletotrichum* sp.

Os percentuais de área lesionada por *Colletotrichum* sp. nos frutos armazenados a 11 °C não apresentaram diferença estatística entre os períodos de armazenamento de zero e 15 dias. O armazenamento a baixas temperaturas desacelera o crescimento e desenvolvimento das colônias fúngicas, sendo temperaturas acima de 20 °C ideais para o crescimento desses microrganismos (VIEIRA et al., 2006). Entretanto, no 15º dia de armazenamento, foi possível ajustar um modelo de regressão linear para os percentuais de área lesionada dos mamões ozonizados por zero, 40, 80, 120 e 160 min (Figura 5). Observou-se tendência de diminuição da área lesionada nos frutos quanto maior fosse o período de exposição ao ozônio dissolvido na água. No primeiro dia de armazenamento (dia zero), não foram encontradas lesões de antracnose em nenhum dos frutos, não sendo possível ajustar um modelo de regressão. As médias de área lesionada por antracnose na superfície dos frutos encontram-se na Tabela 1.

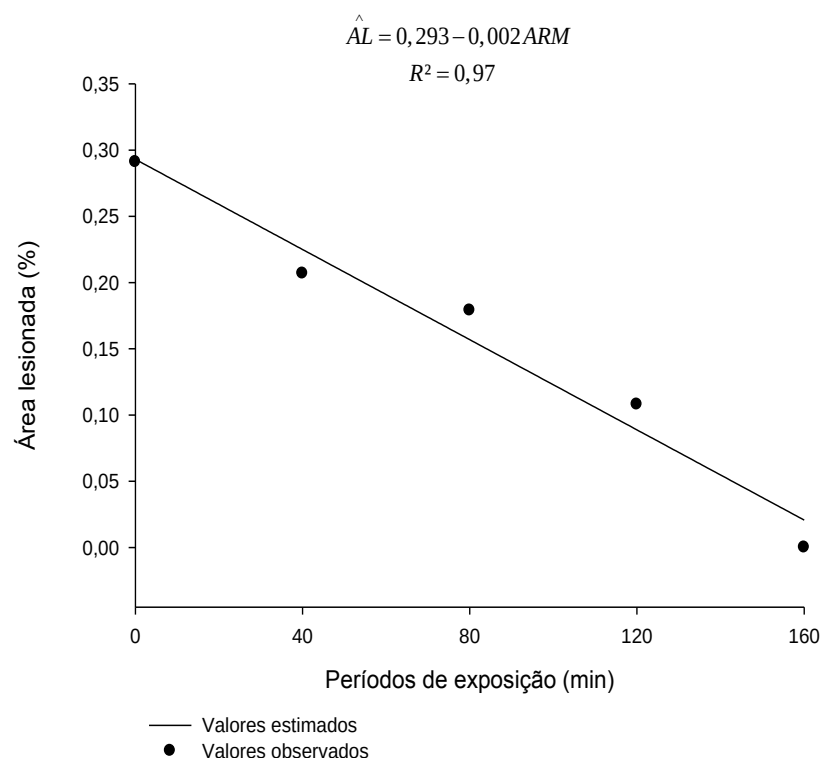


Figura 5 – Percentual de área lesionada por antracnose nos mamões ozonizados ou não, no 15º dia de armazenamento a 11 °C, em função do período de exposição ao ozônio.

Tabela 1 – Valores médios de percentual de área lesionada dos mamões expostos ao ozônio dissolvido na água pelos períodos de zero, 40, 80, 120 e 160 min, e armazenados a 11 °C, no primeiro e no 15º dias de armazenamento.

Valores médios	Períodos de exposição (min)					
	Armazenamento (dias)	0	40	80	120	160
Percentual de área lesionada (%)	0	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
	15	0,29a	0,14a	0,23a	0,11a	0,00a

Médias seguidas com a mesma letra minúscula na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5 % de significância.

3.1.2 Produção de CO₂

A produção de CO₂ dos mamões armazenados a 11 °C variou significativamente entre os períodos de armazenamento de zero e 15 dias, sendo essa produção maior no 15º dia. Com relação aos períodos de

exposição dos frutos ao ozônio dissolvido na água, observou-se tendência de menor produção de CO₂ nos frutos ozonizados em comparação aos não ozonizados no 15º dia de armazenamento (Figura 6). Destaca-se que esse resultado é coerente com o percentual de área lesionada por antracnose, o qual apresenta tendência de diminuição à medida que se aumenta o período de exposição dos frutos ao ozônio. A presença de lesões ou injúrias nos frutos pode provocar aumento da sua taxa respiratória, com aceleração do metabolismo e consequente amadurecimento mais rápido (KADER, 2002).

Os valores observados no primeiro dia (dia zero) não apresentaram tendência de diminuição ou aumento com relação ao período de exposição dos frutos ao ozônio, não sendo possível ajustar um modelo de regressão.

Na Tabela 2 encontram-se dispostos os valores médios de produção de CO₂ para cada período de armazenamento e de exposição.

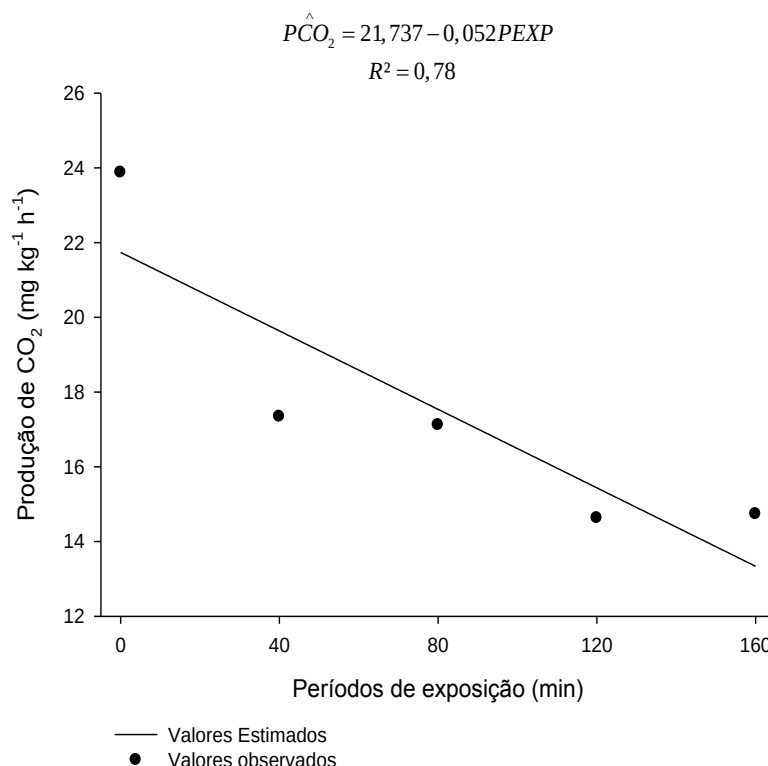


Figura 6 – Produção de CO₂ pelos mamões ozonizados ou não, no 15º dia de armazenamento a 11 °C, em função do período de exposição ao ozônio.

Tabela 2 – Valores médios de produção de CO₂ dos mamões expostos ao ozônio dissolvido na água pelos períodos de zero, 40, 80, 120 e 160 min, e armazenados a 11 °C, no primeiro e no 15° dias de armazenamento.

Valores médios	Períodos de exposição (min)					
	Armazenamento (dias)	0	40	80	120	160
Produção de CO ₂ (mg CO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	0	6,00b	6,70b	4,76b	6,82b	5,24b
	15	23,87a	17,34a	17,12 ^a	14,62a	14,73a

Médias seguidas com a mesma letra maiúscula na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5 % de significância.

3.1.3 Percentual de perda de massa fresca

A massa fresca dos frutos de mamão expostos ou não ao ozônio dissolvido na água, armazenados a 11 °C, variou significativamente em relação aos períodos de armazenamento de zero e 15 dias. Com relação ao período de exposição dos frutos ao ozônio dissolvido na água, não foi possível ajustar modelos de regressão. Verifica-se que, ao final de 15 dias de armazenamento a 11 °C, período de tempo necessário para que os frutos exportados chegassem até os países importadores, a perda de massa fresca foi inferior a 10% (Tabela 3), limite máximo para que o produto seja comercializável (CHITARRA e CHITARRA, 1990).

Tabela 3 – Valores médios de percentual de perda de massa fresca no 15º dia de armazenamento em relação ao dia zero, dos mamões expostos ao ozônio dissolvido na água pelos períodos de zero, 40, 80, 120 e 160 min, e armazenados a 11 °C.

Valores médios	Período de exposição (min)					
	Armazenamento (dias)	0	40	80	120	160
Perda de massa fresca (%)	0	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a	0,00a
	15	4,04b	3,77b	4,22b	4,12b	4,18 b

Médias seguidas com a mesma letra minúscula na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

3.1.4 Acidez titulável

A acidez titulável ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) da polpa dos mamões expostos ou não ao ozônio dissolvido na água e armazenados a 11 °C não variou significativamente entre os períodos de armazenamento de zero e 15 dias. Com relação aos períodos de armazenamento dos frutos ao ozônio dissolvido na água, não foi possível ajustar modelos de regressão para o dia zero ou 15º dia de armazenamento. As médias dos valores de acidez titulável da polpa dos frutos ozonizados ou não, armazenados a 11 °C, encontram-se na Tabela 4. Quanto mais baixa a temperatura de armazenamento dos frutos, menores são as variações químicas da sua polpa, uma vez que essas condições retardam o amadurecimento e a consequente produção de ácidos orgânicos (ALMEIDA, 2006).

Tabela 4 – Valores médios de acidez titulável (mg 100g⁻¹) dos mamões expostos ao ozônio dissolvido na água pelos períodos de zero, 40, 80, 120 e 160 min, e armazenados a 11 °C, no primeiro e no 15° dias de armazenamento.

Valores médios	Períodos de exposição (min)					
	Armazenamento (dias)	0	40	80	120	160
Acidez titulável (mg 100g⁻¹)	0	0,08Aa	0,08Aa	0,09Aa	0,09Aa	0,10Aa
	15	0,09Aa	0,10Aa	0,09Aa	0,09Aa	0,08Aa

Médias seguidas com a mesma letra minúscula na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5 % de significância.

3.1.5 Sólidos solúveis

Os valores de sólidos solúveis dos mamões não variaram significativamente em função dos períodos de armazenamento de zero e 15 dias (Tabela 5). Com relação aos períodos de exposição dos frutos ao ozônio, não foi possível ajustar modelos de regressão para os valores encontrados no dia zero ou no 15° dia de armazenamento. Os valores médios de sólidos solúveis dos mamões armazenados a 11 °C no primeiro e no 15° dia são apresentados na Tabela 5. Assim como os valores de acidez titulável, os valores de sólidos solúveis também variam pouco quando os frutos são armazenados a temperaturas mais baixas (ALMEIDA, 2006).

Tabela 5 – Valores médios de sólidos solúveis (°Brix) dos mamões expostos ao ozônio dissolvido na água pelos períodos de zero, 40, 80, 120 e 160 min, e armazenados a 11 °C, no primeiro e no 15° dias de armazenamento.

Valores médios	Períodos de exposição (min)					
	Armazenamento (dias)	0	40	80	120	160
Sólidos solúveis (°Brix)	0	10,4a	10,7a	11,0a	10,4a	10,9a
	15	9,97a	11,5a	10,9a	10,4a	10,5a

Médias seguidas com a mesma letra minúscula na coluna, para cada variável, não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5 % de significância.

3.1.6 Cor da casca

Com base nos valores de L^* , a^* e b^* , foram calculadas as variáveis croma (C), hue° (h) e diferença de cor (ΔE). Esses parâmetros apresentaram variação significativa em relação ao tempo de armazenamento de 15 dias. Os valores do ângulo Hue (h°) foram significativamente menores no 15º dia em relação ao dia zero (Tabela 6). Com relação aos períodos de exposição ao ozônio, não foi possível ajustar modelos de regressão. A diminuição dos valores do ângulo Hue indica uma tendência de amadurecimento dos frutos, mesmo armazenados em temperatura de 11 °C.

Os valores de croma e a diferença de cor apresentaram aumento significativo aos 15 dias de armazenamento com relação ao dia zero (Tabela 6). Para esses parâmetros, também não foi possível ajustar modelos de regressão com relação ao período de exposição ao ozônio.

A diminuição dos valores do ângulo Hue (h°) e aumento dos valores de diferença de cor e croma indicam uma tendência de amadurecimento dos mamões armazenados em temperatura de 11 °C. Esse processo é acelerado à medida que se aumenta a temperatura de armazenamento dos frutos. Almeida et al. (2005) armazenaram mamões Golden a 13 e a 6 °C, tendo observado que, em temperaturas baixas, podem ocorrer injúrias por frio na casca dos mamões, com seu escurecimento. Portanto, apesar de ser um fator importante na conservação pós-colheita de tais frutos, o armazenamento a temperaturas baixas deve ser criterioso para evitar perda de valor comercial do produto.

Tabela 6 – Valores médios de Hue, croma e ΔE da casca dos mamões submetidos ao ozônio dissolvido na água e armazenados a 11 °C, no primeiro e no 15° dia de armazenamento.

Valores médios	Períodos de exposição (min)					
	Armazenamento (dias)	0	40	80	120	160
Hue	0	95,78a	96,45a	97,62a	97,38a	96,25a
	15	92,78b	91,67b	89,07b	90,71b	91,98b
Croma	0	46,96a	45,97a	46,40a	44,94a	48,06a
	15	53,78b	53,72b	57,46b	55,16b	51,30b
Diferença de cor	0	0a	0a	0a	0a	0a
	15	8,407b	8,915b	14,88b	12,63b	5,327b

Médias seguidas com a mesma letra na coluna para cada variável, não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

3.1.7 Teor de Vitamina C

Os teores de vitamina C dos frutos armazenados nas temperaturas de 11°C não foram afetados pelo período de exposição ao ozônio dissolvido na água e/ou pelo armazenamento, pelo teste F a 5% de probabilidade. Tais valores foram equivalentes a $54,6 \pm 6,5$, estando próximos aos teores de vitamina C encontrados na literatura para o mamão (OLIVEIRA JR et al., 2007; KECHINSKI et al., 2012).

3.1.8 Firmeza da polpa

Nos primeiros 15 dias de armazenamento a 11 °C foi observado decréscimo significativo da firmeza da polpa dos frutos em função do período de armazenamento (Tabela 7). Com relação aos períodos de exposição dos frutos ao ozônio dissolvido na água no 15° dia, foi ajustado modelo de regressão observando-se tendência de menor redução da firmeza nos frutos ozonizados em comparação aos não ozonizados (Figura 7). Esse comportamento indica que a aplicação do ozônio dissolvido na água ajudou a preservar a firmeza da polpa dos mamões durante os primeiros 15 dias, sendo

esse resultado bastante interessante para a comercialização do produto. Não foi possível ajustar modelo de regressão para os valores de firmeza da polpa dos frutos no dia zero.

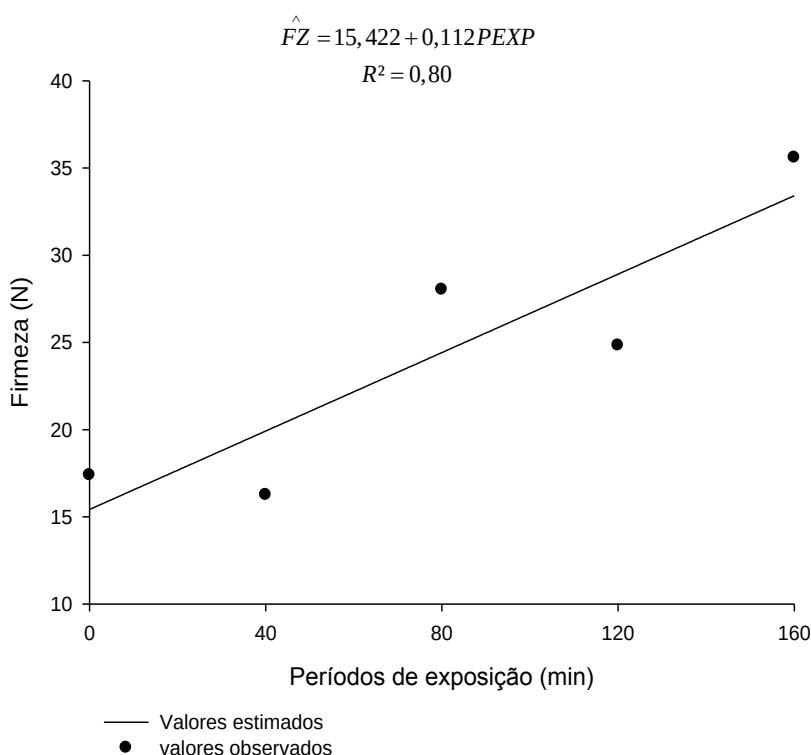


Figura 7 – Firmeza da polpa dos mamões, no 15º dia de armazenamento a 11 °C, em função do período de exposição ao ozônio.

Tabela 7 – Valores médios (N) de firmeza da polpa dos mamões expostos ao ozônio dissolvido na água pelos períodos de zero, 40, 80, 120 e 160 min, e armazenados a 11 °C, no primeiro e no 15º dias de armazenamento.

Valores médios	Períodos de exposição (min)					
	Armazenamento (dias)	0	40	80	120	160
Firmeza da polpa (N)	0	48,62 ^a	46,11a	60,69a	45,76a	43,73a
	15	17,39b	16,25b	28,03b	24,83b	35,59b

Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

As condições de armazenamento podem influenciar a evolução da firmeza da polpa dos frutos, conforme verificado por Almeida et al. (2005), que

armazenaram mamões 'Golden' a baixas temperaturas e observaram que o armazenamento a 6 °C causou injúrias nos frutos com consequente aumento da sua firmeza nas duas partes do mesocarpo. Já os mamões armazenados a 13 °C apresentaram decréscimo acentuado nos valores de firmeza da polpa durante os primeiros seis dias de armazenamento.

3.1.9 pH da polpa

O pH da polpa dos frutos variou significativamente durante o armazenamento a 11 °C, pelo teste F a 5% de probabilidade. Os valores médios de pH da polpa dos mamões no primeiro e no 15° dia de armazenamento são apresentados na Tabela 8. Com relação ao período de exposição ao ozônio, não foi possível ajustar modelos de regressão para os valores observados no dia zero e no 15° dia de armazenamento. Geralmente, a diminuição dos valores do pH da polpa é acompanhada pelo aumento da acidez titulável. No entanto, esse comportamento não foi observado durante os 15 dias de armazenamento a 11 °C. Essa discrepância também foi verificada por Almeida et al. 2006 ao armazenarem mamões Golden a baixas temperaturas.

Tabela 8 – Valores médios de pH da polpa dos mamões expostos ao ozônio dissolvido na água pelos períodos de zero, 40, 80, 120 e 160 min, e armazenados a 11 °C, no primeiro e no 15° dias de armazenamento.

Valores médios	Armazenamento (dias)	Períodos de exposição (min)				
		0	40	80	120	160
pH	0	5,44a	5,51a	5,55a	5,45a	5,48a
	15	5,19b	5,03b	5,10b	5,12b	5,08b

* Médias seguidas com a mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste F ao nível de 5% de significância.

3.2 Armazenamento a 25 °C

3.2.1 Percentual de área lesionada por *Colletotrichum sp.*

No armazenamento a 25 °C os frutos apresentaram aumento no percentual de área lesionada por antracnose. Esse aumento foi menos acentuado nos mamões tratados com ozônio dissolvido na água em comparação aos mamões não tratados (Figura 8). O percentual estimado de área lesionada nos frutos não ozonizados ao 23º dia de armazenamento foi de 40,4%, enquanto que nos frutos ozonizados, por 160 min, foi, em média, de 19,3% de área lesionada.

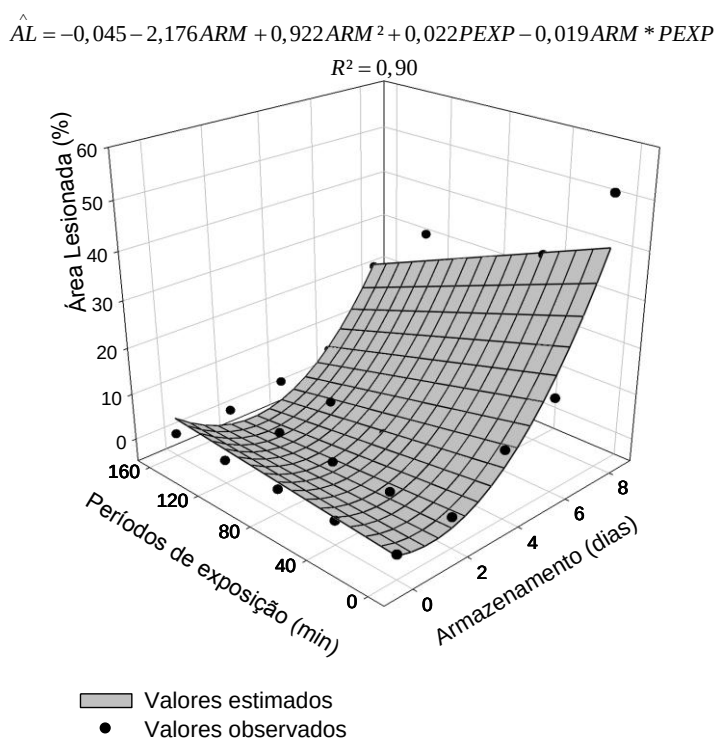


Figura 8 - Percentual de área lesionada (AL) por *Colletotrichum sp.* em mamões ozonizados (0,8 mg L⁻¹) ou não, e armazenados na temperatura de 25 °C, em função do período de exposição e do armazenamento.

A Figura 9 apresenta o aspecto visual dos frutos não ozonizados em comparação aos expostos ao ozônio dissolvido na água na concentração de 0,8 mg L⁻¹, no oitavo dia de armazenamento a 25 °C.

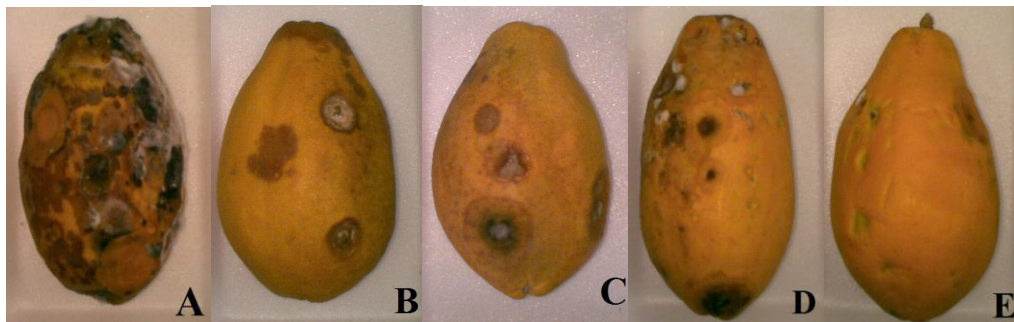


Figura 9 – Aspecto visual dos frutos ozonizados ou não, armazenados a 25 °C no 23º dia. A: mamão não ozonizado. B, C, D e E: mamões expostos ao ozônio dissolvido na água contendo 0,8 mg L⁻¹ de ozônio dissolvido, pelos períodos de 40, 80, 120 e 160 min, respectivamente.

A ação fungicida do ozônio se dá, provavelmente, devido ao contato do gás dissolvido na água com a cutícula do fruto, atingindo o micélio quiescente de *Colletotrichum sp.* Os patógenos causadores da antracnose geralmente infectam os frutos no campo, penetrando através da cutícula e permanecendo em estado quiescente até o surgimento de condições adequadas para o seu desenvolvimento (KUO, 1999). Sendo assim, as formas de controle da antracnose objetivam atingir o agente etiológico abaixo da cutícula dos frutos.

O controle da antracnose pelo ozônio solubilizado na água não depende apenas da concentração do gás, mas também do período de exposição do produto ao ozônio dissolvido na água. Quanto maior o período de exposição, maior será o tempo de contato do ozônio e dos radicais livres gerados a partir de sua decomposição com a superfície dos frutos. Então, ao oxidar parte da

cutícula, o agente desinfetante poderá atingir e inativar micélios quiescentes de *Colletotrichum* sp.

O ozônio e os radicais gerados por sua degradação causam oxidação de componentes celulares vitais, como os constituintes da membrana plasmática e/ou da parede celular microbiana, levando ao extravasamento de constituintes citoplasmáticos e, conseqüentemente, inativando a célula (PASCUAL et al., 2007). Esses compostos podem agir ainda inativando moléculas do conteúdo celular, como enzimas e ácidos nucleicos. Ainda de acordo com esses autores, não há consenso sobre o principal mecanismo de ação do ozônio. A ruptura do envoltório celular é a forma mais rápida de inativação microbiana por um agente desinfetante, uma vez que não se faz necessário que esse agente permeie a membrana celular para ser eficaz.

O tratamento de produtos de origem vegetal com água ozonizada vem sendo estudado por diversos autores, sendo verificada sua eficiência na inativação de diversas espécies microbianas em frutas e hortaliças. Alexandre et al. (2011) avaliaram o efeito do ozônio dissolvido na água para controle de *Listeria innocua* em pimentão vermelho, mesófilos totais em morangos e coliformes em agrião. Os autores utilizaram concentrações de 0,3 e 2 ppm (0,3 e 2 mg L⁻¹) de ozônio dissolvido na água por 2 e 3 min. Observaram que, quando o ozônio é aplicado em solução aquosa para a redução da carga microbiana em frutas e hortaliças, sua eficácia é dependente da combinação microrganismo/alimento. Vijayanandraj et al. (2006) avaliaram a eficiência do ozônio na inibição da capacidade reprodutiva de *Aspergillus niger*, agente causal de podridão negra em cebolas. Os autores concluíram que, apesar de ser eficaz no controle da forma micelial do fungo, o ozônio não teve efeito na inativação de esporos. Os conídios expostos ao ozônio dissolvido em água

germinaram, mas deram origem a uma quantidade significativa de colônias com micélios estéreis. Já em alface tratada com água ozonizada, Kim et al. (1999a) verificaram que 5 min de exposição foram suficientes para diminuir em quatro ciclos log a população de aeróbicos mesófilos. Constataram também que a aplicação de água ozonizada de forma constante e com agitação é mais eficiente na eliminação de microrganismos em alface.

Kechinski et al. (2012) empregaram água ozonizada para tratamento pós-colheita de mamões, com concentrações de 2 e 4 mg L⁻¹, em combinação com tratamento hidrotérmico dos frutos e aplicação de cera de carnaúba. Concluíram que o tratamento com água ozonizada em tais concentrações, por períodos de 1 e 2 min, não foi capaz de controlar o surgimento e desenvolvimento de antracnose. Somente em tratamentos combinados, como, por exemplo, água ozonizada e tratamento hidrotérmico, foi observada efetividade na desinfecção dos frutos.

3.2.2 Produção de CO₂

A partir do segundo dia de armazenamento a 25 °C verificou-se aumento da produção de CO₂ tanto para os mamões não ozonizados, quanto para aqueles expostos ao ozônio. Foi observado efeito linear tanto em relação ao tempo de armazenamento quanto ao período de exposição dos frutos ao ozônio dissolvido na água (Figura 10). No oitavo dia de armazenamento a 25 °C, o valor estimado de produção de CO₂ pelos frutos não ozonizados foi de 107,56 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹. Já os frutos expostos ao ozônio dissolvido na água por 160 minutos apresentaram uma produção média de CO₂ e 78,28 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ no oitavo dia de armazenamento.

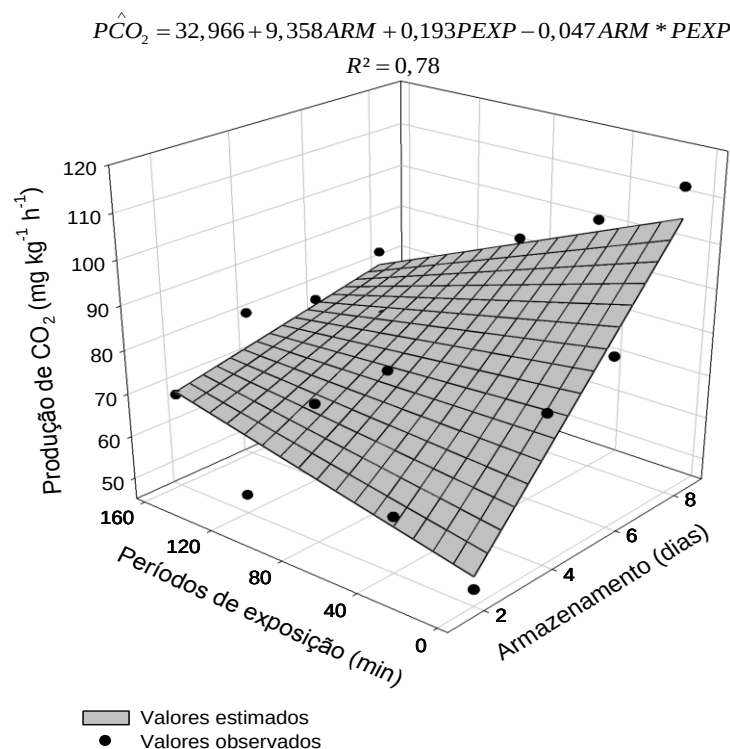


Figura 10 - Superfície de resposta da produção de CO₂ (PCO₂) dos mamões ozonizados ou não, e armazenados na temperatura de 25 °C, a partir do 2º dia, em função do período de exposição e do armazenamento.

Os mamões não ozonizados apresentaram maior crescimento da taxa respiratória ao longo do armazenamento, o que condiz com os percentuais de área lesionada por antracnose, que apresentaram maior crescimento para os mamões não ozonizados em comparação aos não tratados. Os percentuais de área lesionada mais elevados implicam maior população de *Colletotrichum* sp. no sistema fruto-microrganismo. Esse aspecto pode ter influenciado a quantidade de CO₂ produzida e que foi mensurada, pois frutos com maior quantidade de lesões tendem a apresentar maior taxa respiratória (KADER, 2002).

3.2.3 Percentual de perda de massa fresca

A perda de massa fresca dos mamões armazenados a 25 °C, a partir do primeiro dia de armazenamento não foi afetada significativamente pelo período de exposição dos frutos ao ozônio, sendo essa redução da massa influenciada pelo tempo de armazenamento (Figura 11).

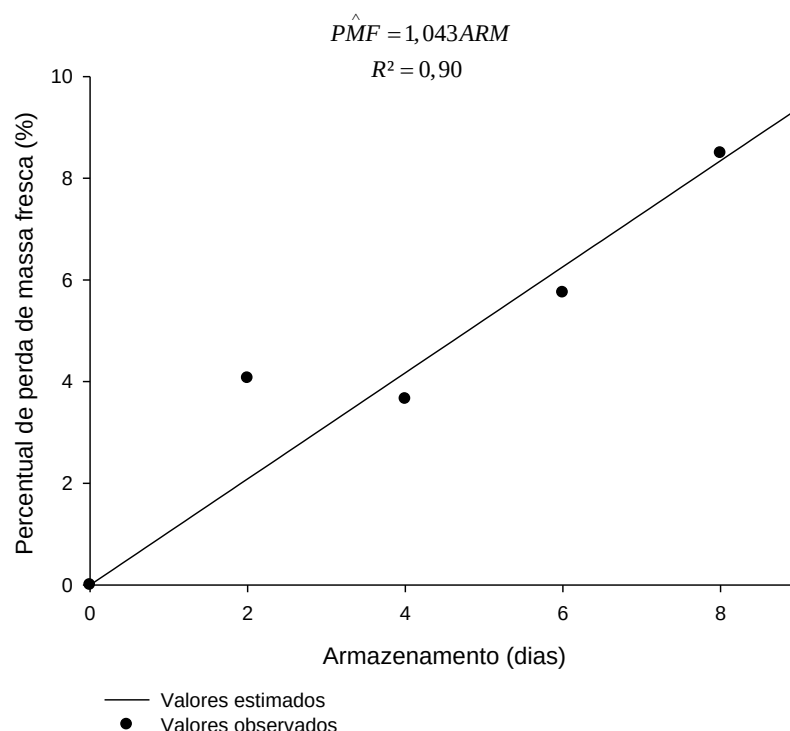


Figura 11 – Percentual de perda de massa dos mamões ozonizados ou não, e armazenados a 25 °C, em função do período de armazenamento.

Diversos autores quantificaram o percentual de perda de massa fresca em frutos submetidos a tratamentos fitossanitários, inclusive com ozônio, ao longo do armazenamento. Pimentel et al. (2007) trataram mamões Solo com irradiação e choque térmico e não observaram diferenças na perda de massa entre os tratamentos e o controle, mas somente ao longo do armazenamento. Forney et al. (2007) trataram cenouras com ozônio e, igualmente, não encontraram diferenças significativas na perda de massa dessas hortaliças devidas ao tratamento.

3.2.4 Acidez titulável

Em geral, durante o período de armazenamento a 25 °C, a partir do dia zero, Figura 12, verificou-se ligeira redução da acidez, com ponto de mínimo próximo ao 2° dia de armazenamento. Posteriormente, verificou-se elevação da acidez até o 8° dia. Durante o armazenamento a 25 °C, também não houve influência significativa da exposição ao ozônio dissolvido na água sobre a acidez da polpa dos mamões.

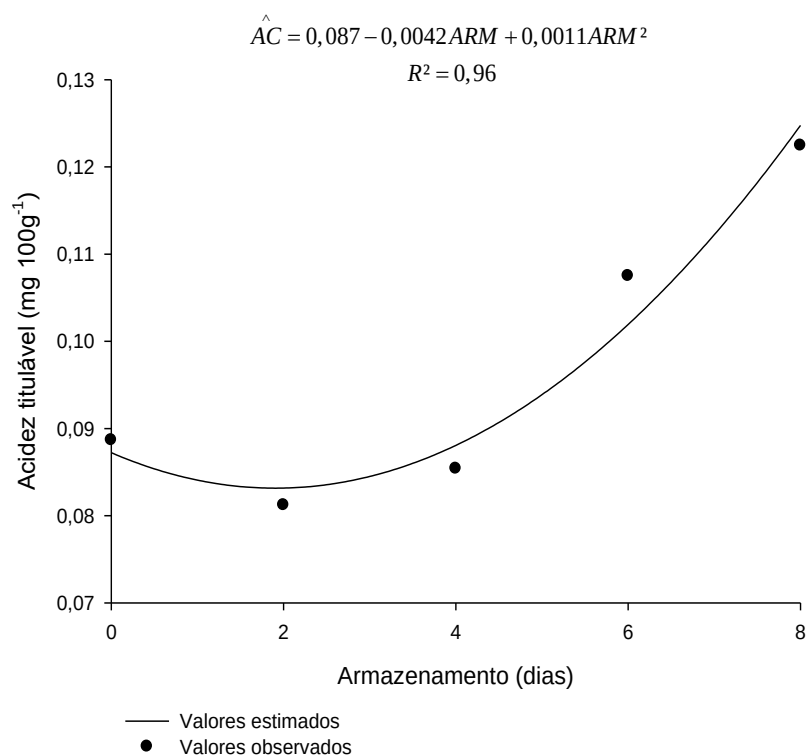


Figura 12 – Acidez titulável da polpa dos mamões ozonizados ou não, e armazenados na temperatura de 25 °C, em função do período de armazenamento.

Solon et al. (2005) verificaram comportamento semelhante em mamões armazenados em baixa temperatura. Costa et al. (2010) obtiveram nos primeiros dias de armazenamento de mamão ‘Golden’ maiores valores de acidez, decrescendo até o 23° dia. A partir de então, os valores de acidez aumentaram, chegando ao máximo no 30° dia de armazenamento. O aumento

dos níveis de acidez da polpa dos frutos está ligado à liberação de ácidos galacturônicos, que aumentam, com o amadurecimento do fruto, pela ação das enzimas pectinametilesterase e poligalacturanase (ARRIOLA et al., 1980).

3.2.5 Sólidos solúveis

Os frutos armazenados a 25 °C, a partir do primeiro dia apresentaram decréscimo dos valores médios de sólidos solúveis ao longo do armazenamento. A exposição dos frutos ao ozônio dissolvido na água não afetou significativamente os valores de sólidos solúveis dos mamões (Figura 13).

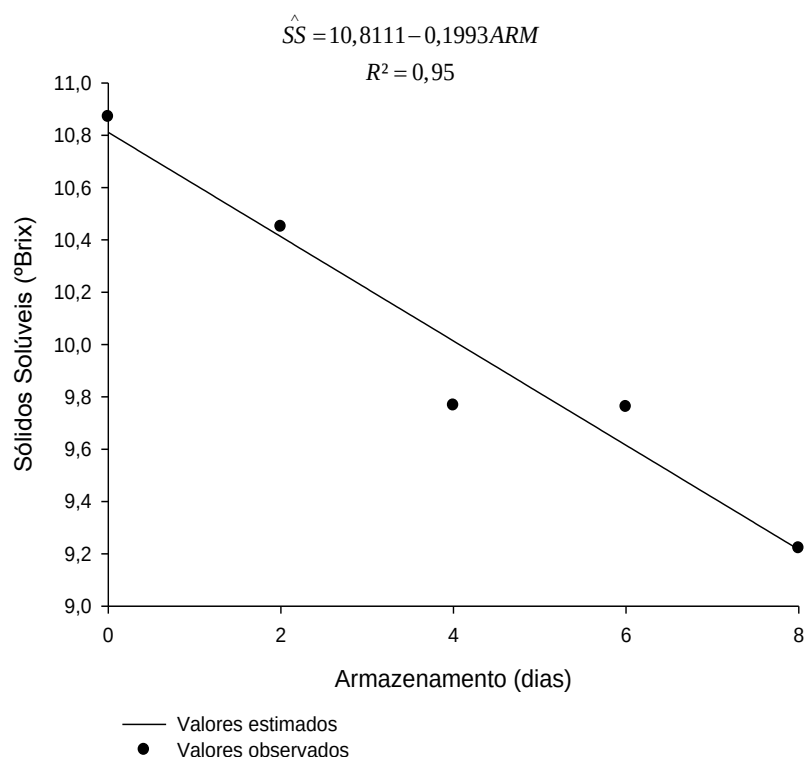


Figura 13 – Sólidos solúveis dos mamões ozonizados ou não, e armazenados na temperatura de 25 °C, em função do período de armazenamento.

O decréscimo dos teores de sólidos solúveis também foi verificado por Solon et al. (2005), que armazenaram mamões Formosa, observando diminuição dos valores desse parâmetro ao longo do armazenamento dos

frutos. Os mamões empregados no presente trabalho apresentaram teores de sólidos solúveis inferiores ao considerado ideal para colheita de frutos do grupo 'Solo', que corresponde a 11,5 °Brix (FAGUNDES e YAMANISHI, 2001). Entretanto, os valores obtidos são próximos aos encontrados por Almeida et al. (2006) para mamões 'Golden'. Esses autores obtiveram valores médios de sólidos solúveis na faixa de 8,8 e 11,3 °Brix, para os frutos armazenados a 13 °C, por 30 dias.

3.2.6 Cor da casca

No armazenamento a 25 °C, os valores do croma apresentaram acréscimo, sendo o ponto máximo estimado entre o 19° e 20° dias (Figura 14). A exposição dos frutos ao ozônio dissolvido na água não afetou de forma significativa os valores de croma. De acordo com Jacomino et al. (2003), o croma é indicativo da intensidade de cor da casca dos frutos, assumindo valores próximos a zero para cores neutras (cinza) e ao redor de 60 para cores vívidas. Então, pode-se afirmar que maiores valores de croma implicam maior intensidade da cor amarela, aspecto relacionado ao amadurecimento do fruto. O decréscimo desses valores a partir do 19° dia pode ser explicado pela maior área lesionada por antracnose, que alterou a coloração da casca dos mamões.

Com relação ao ângulo Hue (h°), para os frutos armazenados na temperatura de 25 °C, verificou-se, em geral, decréscimo durante o armazenamento, sendo mantido esse comportamento até o oitavo dia (Figura 15). Resultados semelhantes foram encontrados por Souza et al. (2009). Esses autores afirmaram que valores até 180° indicam maior retenção da coloração verde da casca, sendo esse parâmetro uma forma de avaliar o amadurecimento dos frutos. Houve, portanto, uma aceleração do amadurecimento dos frutos a

partir do primeiro dia de armazenamento a 25 °C, com degradação das clorofilas e consequente perda da coloração verde da casca dos mamões. A exposição dos frutos ao ozônio dissolvido na água também não afetou significativamente esse parâmetro de cor da casca.

A diferença de cor dos frutos, em relação à cor no primeiro dia de armazenamento a 25 °C, apresentou aumento até o oitavo dia, sendo esse aumento mais expressivo entre o início do armazenamento e o segundo dia. Esse fator também não sofreu influência significativa devida à aplicação do ozônio dissolvido na água.

O comportamento observado para as variáveis croma, ângulo Hue (h°) e diferença de cor indica a aceleração do amadurecimento dos frutos, quando foram armazenados a uma temperatura mais elevada. Além disso, os resultados indicam que a utilização de água ozonizada não afeta negativamente o processo de amadurecimento dos frutos. Segundo Chitarra e Chitarra (1990), as modificações na coloração das frutas correspondem a um dos principais critérios de julgamento para identificação de amadurecimento de frutos.

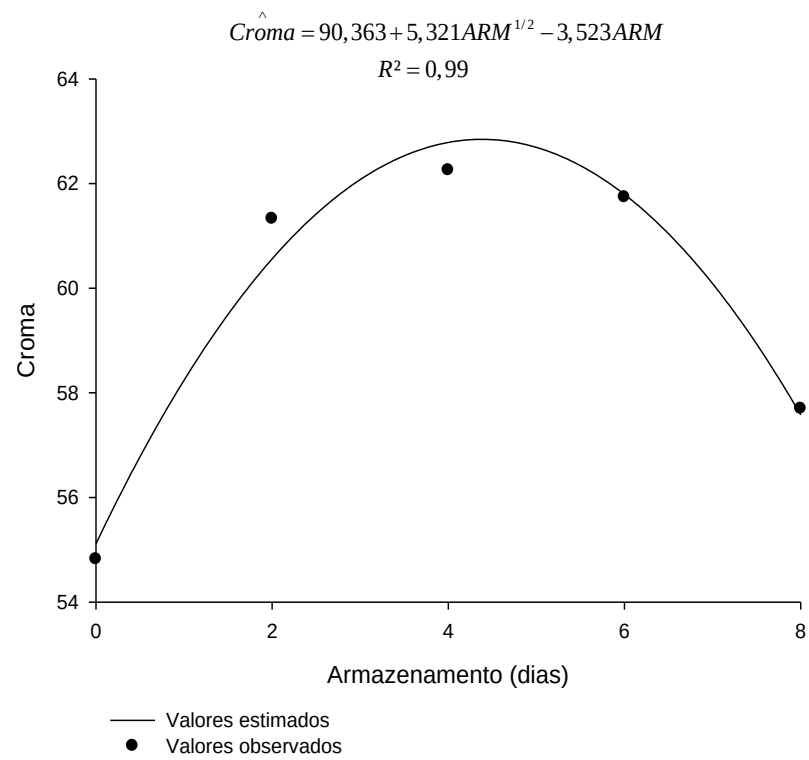


Figura 14 – Croma da casca dos mamões ozonizados ou não, e armazenados na temperatura de 25 °C, em função do período de armazenamento.

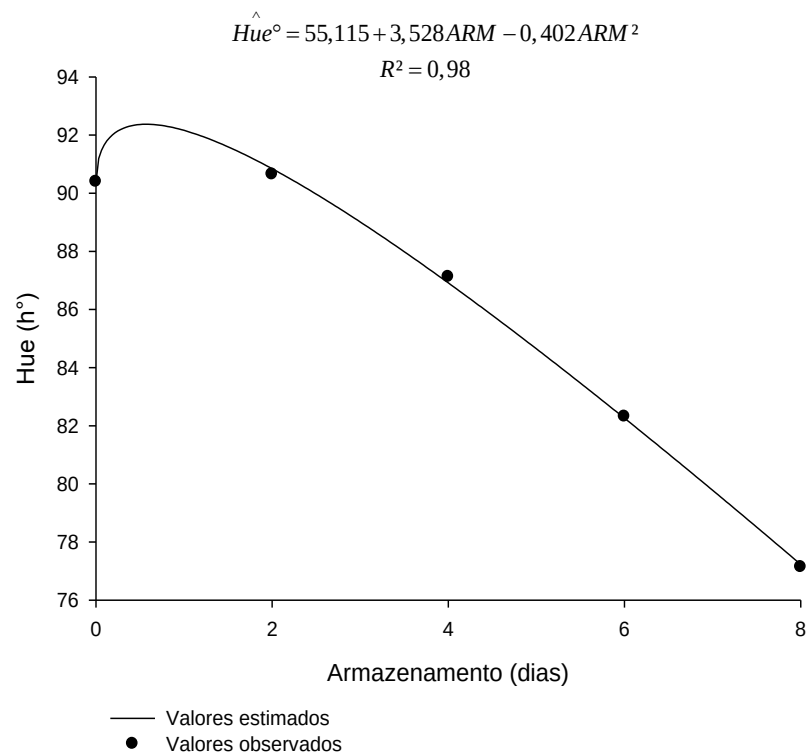


Figura 15 – Ângulo Hue de cor da casca dos mamões ozonizados ou não, e armazenados na temperatura de 25 °C, em função do período de armazenamento.

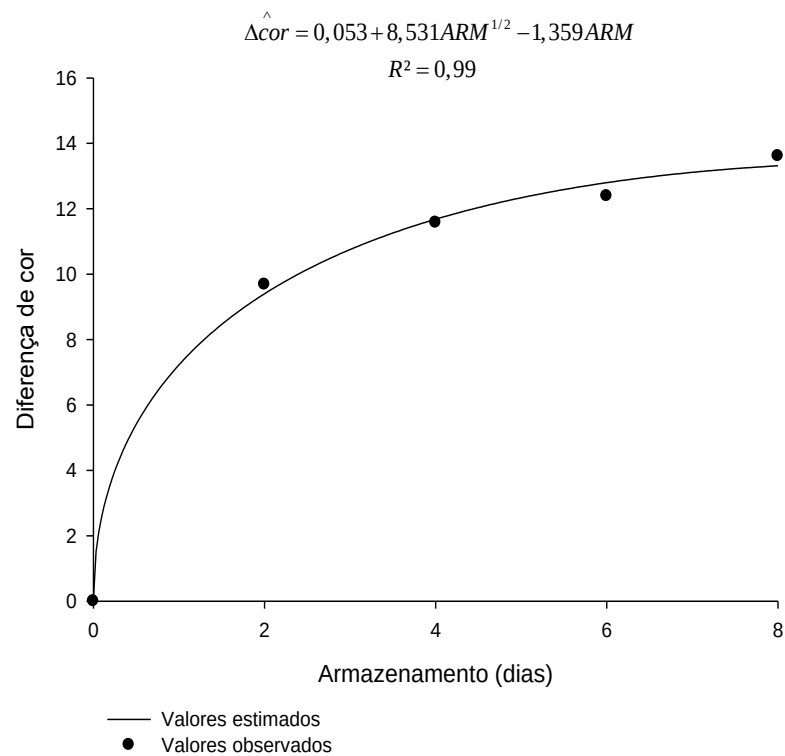


Figura 16 – Diferença de cor da casca dos mamões ozonizados ou não, em relação ao primeiro dia de armazenamento na temperatura de 25 °C, em função do período de armazenamento.

3.2.7 Teor de vitamina C

Os teores de vitamina C dos frutos armazenados nas temperaturas de 25 °C não foram afetados pelo período de exposição ao ozônio dissolvido na água e/ou pelo armazenamento, não sendo possível ajustar um modelo de regressão. Esses valores foram equivalentes a $59,2 \pm 7,7 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$. Tais valores obtidos estão próximos aos teores de vitamina C encontrados na literatura para mamão (OLIVEIRA JR et al., 2007; KECHINSKI et al., 2012).

3.2.8 Firmeza da polpa

Durante o armazenamento a 25 °C, a firmeza da polpa apresentou redução mais expressiva. No entanto, os frutos tratados com água ozonizada apresentaram maior firmeza da polpa nos dias iniciais do armazenamento (Figura 17), sendo uma vantagem do ponto de vista comercial. Wei et al. (2007) também encontraram maiores valores de firmeza em morangos e alface ao aplicarem ozônio solubilizado em água no tratamento desses produtos. Os autores verificaram que os morangos tratados com ozônio tiveram uma menor redução na firmeza da polpa durante o armazenamento. Salvador et al. (2006) armazenaram frutos de caqui em atmosfera modificada com 0,15 ppm ($0,0072 \text{ mg L}^{-1}$) de ozônio e também verificaram menor redução na firmeza desses frutos, com prolongamento da vida de prateleira.

$$\hat{FZ} = 18,696 - 5,617 ARM + 0,505 ARM^2 + 0,086 PEXP - 0,014 ARM * PEXP$$

$$R^2 = 0,86$$

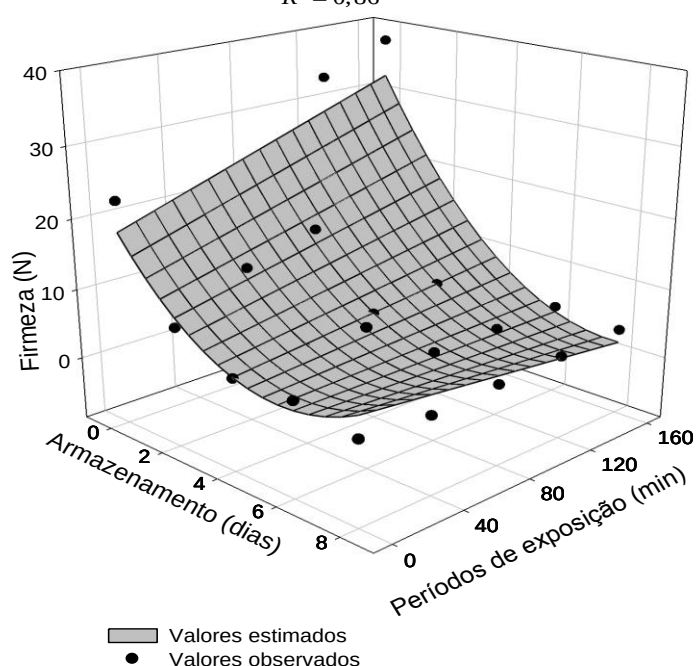


Figura 17 – Superfície de resposta da firmeza da polpa dos mamões ozonizados ou não, e armazenados na temperatura de 25 °C, em função do período de exposição e do armazenamento.

Ressalta-se que o decréscimo da firmeza ao longo do armazenamento dos frutos em geral ocorre em função de fatores fisiológicos ligados a enzimas, como β -Galactosidase, polygalacturonase e pectinametilesterase, que promovem o amaciamento da polpa, causando despolimerização da pectina e hemicelulose (LAZAN et al., 1995; LOURENÇO et al., 1984).

As condições de armazenamento podem influenciar a evolução da firmeza da polpa dos frutos, conforme verificado por Almeida et al. (2005). Esses autores armazenaram mamões 'Golden' a baixas temperaturas e observaram que o armazenamento a 6 °C causou injúrias nos frutos com consequente aumento da sua firmeza nas duas partes do mesocarpo. Já os mamões armazenados a 13 °C apresentaram decréscimo acentuado nos valores de firmeza da polpa durante os primeiros seis dias de armazenamento.

3.2.9 pH da polpa

Durante o armazenamento a 25 °C, os valores estimados de pH tenderam a aumentar até aproximadamente o segundo dia, decrescendo então até o 8º dia (Figura 18). Essa tendência foi observada independentemente da exposição dos frutos à água ozonizada. Ressalta-se que o comportamento observado do pH da polpa dos frutos ozonizados é contrário ao verificado para a acidez titulável, Figura 12, o que era esperado.

Os valores de pH da polpa dos frutos ficaram próximos dos encontrados por Júnior et al. (2007), que obtiveram valores médios entre 5,2 e 5,4 para os frutos do grupo Formosa e da cultivar Sunrise Solo, respectivamente. Fonseca et al. (2006) também encontraram comportamento semelhante ao observado nesse estudo em frutos de mamão das cultivares Sunrise Solo e Golden, verificando elevação do pH com posterior decréscimo acentuado.

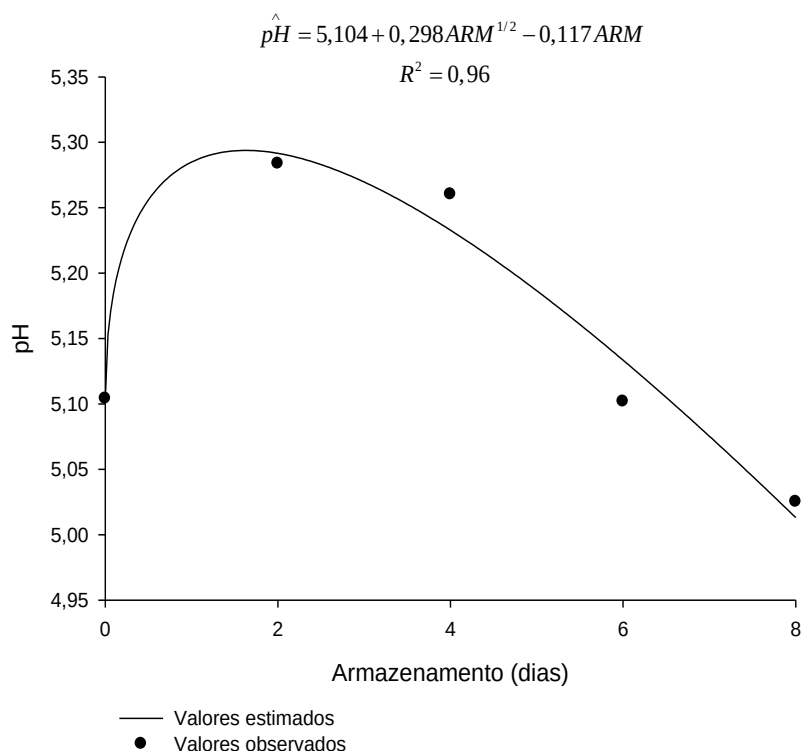


Figura 18 – pH da polpa dos mamões ozonizados ou não, armazenados na temperatura de 25 °C, em função do período de armazenamento.

4. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho, pode-se concluir que a aplicação do ozônio dissolvido na água, na concentração de 0,8 mg L⁻¹ de ozônio solubilizado, é capaz de diminuir a severidade da antracnose na pós-colheita de frutos de mamão ‘Golden’, inoculados com *Colletotrichum gloesporioides* e *C. magna*, sendo os melhores resultados obtidos com aplicação por 160 minutos.

O tratamento com ozônio dissolvido na água ajudou a manter a qualidade dos mamões durante o armazenamento nas temperaturas de 11 °C e 25 °C, por 15 e 8 dias, respectivamente.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKAMINE, E.K.; ARISUMI, T. Control of post-harvest storage decay of fruits of papaya (*Carica papaya* L.) with special reference to their effect of hot water. **Proceeding American Society Horticultural Science**, v.61, p.270-274, 1953.
- AKBAS, M.Y.; OZDEMIR, M. Effect of different ozone treatments on aflatoxin degradation and physicochemical properties of pistachios. **Journal of Science of Food and Agriculture**, v.86, p.2090-2104, 2006.
- AKBAS, M. Y.; OZDEMIR, M. Application of gaseous ozone to control populations of *Escherichia coli*, *Bacillus cereus* and *Bacillus cereus* spores in dried figs. **Food Microbiology**, v.25, p. 386–391, 2008.
- ALEXANDRE, E. M. C.; SANTOS-PEDRO, D. M.; BRANDÃO, T. R. S.; SILVA, C. L. M. Influence of aqueous ozone, blanching and combined treatments on microbial load of red bell peppers, strawberries and watercress. **Journal of Food Engineering**, v.105, p. 277–282, 2011.
- ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D.; SOARES, N. F. F.; SILVA, W. A.; CARVALHO, M. C. S. Efficacy of ozone as a fungicidal and detoxifying agent of aflatoxins in peanuts. **Journal of Science Food Agricultural**, v.92, p.899-905, 2012.
- ALMEIDA, R. F.; RESENDE, E. D.; VITORAZI, L.; ALMEIDA, C. L.; PINTO, L. K. A.; SILVA, H. R. F.; MARTINS, M. L. L. Injúria pelo frio em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L.) cv 'Golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, p. 17-20, 2005.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis**. 16.ed. Washington, DC.: AOAC, 1995.

ARTÉS, F.; GÓMEZ, P.; AGUAYO, E.; ESCALONA, V.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F. Sustainable sanitation techniques for keeping quality and safety of fresh-cut plant commodities. **Postharvest Biology and Technology**, v.51, p.287–296, 2009.

ARRIOLA, M. C.; CALZADA, J. F.; MENCHU, J. F.; ROLZ, C.; GARCIA, R. (1980) Papaya. In: **Tropical and subtropical fruits**. Westport, Connecticut, The AVI Publishing Co. Inc. p.316-340.

BARBONI, T.; CANNAC, M.; CHIARAMONTI, N. Effect of cold storage and ozone treatment on physicochemical parameters, soluble sugars and organic acids in *Actinidia deliciosa*. **Food Chemistry**, v.121, p.946–951, 2010.

BARTNICKI, V. A.; VALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; AMARANTE C. V. T.; STEFFENS, C. A. Tratamentos hidrotérmico e com radiação uv-c no controle pós-colheita da podridão olho-de-boi em uma linha comercial de seleção de maçãs. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 3, p. 737-745, 2011.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora N° 15 – Atividades e Operações Insalubres, Portaria GM nº. 3,214, de 08 de junho de 1978**, publicada no Diário Oficial da União de 06.07.1978, Brasília, DF.

CALATAYUD, A.; BARRENO, E. Response to ozone in two lettuce varieties on chlorophyll a fluorescence, photosynthetic pigments and lipid peroxidation. **Plant Physiology Biochemistry**, v.42, p.549-555, 2004.

CAMPOS, A. J.; MANOEL, L.; DAMATTO JÚNIOR, E. R.; VIEITES, R. L.; LEONEL, S.; EVANGELISTA, R. M. Tratamento hidrotérmico na manutenção da qualidade pós-colheita de maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal - SP, v. 27, n. 3, p. 383-385, 2005.

CARNELOSSI, P. R.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; CRUZ, M. E. S.; ITAKO, A. T.; MESQUINI, R. M. Óleos essenciais no controle pós-colheita de

Colletotrichum gloeosporioides em mamão. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, Botucatu, v.11, n.4, p.399-406, 2009.

CATALDO, F. Ozone Decomposition of Patulin - A Micotoxin and Food Contaminant. **Ozone: Science and Engineering**, v.30, p.197–201, 2008.

CHAIDEZ, C.; LOPEZ, J.; VIDALES, J.; CAMPO, N. C.; Efficacy of chlorinated and ozonated water in reducing *Salmonella typhimurium* attached to tomato surfaces. **International Journal of Environmental Health Research**, v.17, p. 311 – 318, 2007.

CHIATTONE, P. V.; TORRES, L. M.; ZAMBIAZI, R. C. Aplicação do ozônio na indústria de alimentos. **Alimentos e Nutrição**, v.19, p. 341-349, 2008.

CHITARRA, M.I.; CHITARRA, A.B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças; fisiologia e manuseio**. Lavras: Fundação de apoio ao ensino, Pesquisa e Extensão, 1990. 293p.

COSTA, F. B.; MENEZES, J. B.; ALVES, R. E.; NUNES, G. H.; MARACAJÁ, P. B.; Armazenamento refrigerado do mamão havaí ‘golden’ produzido na Chapada do Apodi – RN – BRASIL. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável**, v.5, n.4, p. 37 – 54, 2010.

DANTAS, S.A.F.; OLIVEIRA, S.M.A.; MICHEREFF, S.J.; NASCIMENTO, L.C.; GURGEL, L.M.S.; PESSOA, W.R.L.S. Doenças fúngicas pós-colheita em mamões e laranjas comercializados na Central de Abastecimento do Recife. **Fitopatologia Brasileira**, v.28, n.5, p.528- 533, 2003

DIAS, M. S. C.; LIMA, L. C.; CASTRO, M. V.; RIBEIRO JÚNIOR, P. M.; SILVA, E. B. Controle da antracnose e qualidade de mangas (*Mangifera indica* L.) cv. Van Dyke, após tratamento hidrotérmico e químico. **Ciência e agrotecnologia**, v.29, n.2, p.289-295, 2005.

DIAS, T. C.; MOTA, W. F.; OTONI, B. S.; MIZOBUTSI, G. P.; SANTOS, M. G. P. Conservação pós-colheita de mamão formosa com filme de PVC e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 33, n. 2, p. 666-670, 2011.

DOSTI, B.; GUZEL-SEYDIM, Z.; GREENE, A. K. Effectiveness of ozone, heat and chlorine for destroying common food spoilage bacteria in synthetic media and biofilms. **International Journal of Dairy Technology**, v.58, n.1, p.19-24, 2005.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Food and Agricultural commodities production**, maio/2011. Disponível em: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>. Acesso em: 20 de janeiro de 2012.

FAGUNDES, G. R.; YAMANISHI, O. K. Características físicas e químicas de frutos de mamoeiro do grupo 'solo' comercializados em 4 estabelecimentos de Brasília-DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.23, p.541-545, 2001.

FDA. Food and Drug Administration. Secondary direct food additives permitted in food for human consumption. **Federal Register**, vol. 66, n. 123, p. 33829-33830, 2001.

FONSECA, M. J. O.; CENCI, S. A.; LEAL, N. R.; BOTREL, N. Uso de atmosfera controlada para conservação pós-colheita do mamão 'golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 25, n. 3, p. 537-539, 2003.

FONSECA, M. J. O.; LEAL, N. R.; CENCI, S. A.; CECON, P. R.; BRESSAN-SMITH, R. E.; SOARES, A. G. Emissão de etileno e de co₂ em mamão 'sunrise solo' e 'golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 2, p. 322-324, 2006.

FONSECA, M. J. O.; LEAL, N. R.; CENCI, S. A.; CECON, P. R.; BRESSAN-SMITH, R. E.; BALBINO, J. M. S. Evolução dos pigmentos durante o

amadurecimento de mamão 'sunrise solo' e 'golden'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, p.451-455, 2007.

FONTES, R. V.; SANTOS, M. P.; FALQUETO, A. R.; SILVA, D. M. Atividade da pectinametilesterase e sua relação com a perda de firmeza da polpa de mamão cv. Sunrise solo e tainung. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.54-58, 2008.

FORNEY, C. F.; SONG, J.; HILDEBRAND, P. D.; FAN, L.; MCRAE, K. B. Interactive effects of ozone and 1-methylcyclopropene on decay resistance and quality of stored carrots. **Postharvest biology and technology**, v.45, p.341-348, 2007.

FRANCIS, F.J. The origin of $\tan^{-1} a/b$. **Journal of Food Science**, v. 40, p. 412, 1975.

GOES, A. **Queda prematura de *Citrus*: caracterização do agente causal, *Colletotrichum gloeosporioides* PENZ [Senso ARX, 1957, e controle da doença]**. 1995. 16 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", Piracicaba, 1995.

GUZEL-SEYDIM, Z. B.; GREENE, A. K.; SEYDIMA, A. C. Use of ozone in the food industry. **Lebensm.-Wiss. u.-Technol.** v.37, p.453–460, 2004.

HERNANDEZ, Y., LOBO, M. G., GONZALEZ, M. Determination of vitamin C in tropical fruits: A comparative evaluation of methods. **Food Chemistry**, v.96, p.654–664, 2006.

HILL, A. G.; RICE, R. G. em **Handbook of Ozone Technology and Applications**, Rice, R. G.; Netzer, A., eds.; Ann Arbor Science: Michigan, 1982, vol. 1, p. 1.

HUDSON, J.B.; SHARMA, M. The practical application of ozone gas as an anti-fungal (anti-mold) agent. **Ozone-Science & Engineering**, v.31, n.4, p.326-332, 2009.

IGURA, N.; FUJII, M.; SHIMODA, M.; HAYAKAWA, I. Inactivation efficiency of ozonated water for *Fusarium oxysporum* conidia under hydroponic greenhouse conditions. **Ozone-Science & Engineering**, v.26, n.5, p.217-221, 2004.

IKEURA, H. A.; KOBAYASHI, F. B.; TAMAKI, M. Removal of residual pesticide, fenitrothion, in vegetables by using ozone microbubbles generated by different methods. **Journal of Food Engineering**, v.103, p.345–349, 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. IAL. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4ed. Brasília: ANVISA, Ministério da Saúde, 2005. 1018p.

ISIKBER, A. A.; OZTEKIN, S. Comparison of susceptibility of two stored-product insects, *Ephestia kuehniella* Zeller and *Tribolium confusum* du Val to gaseous ozone. **Journal of Stored Products Research**, Egham, vol. 45, p. 159-164, 2009.

JACOMINO, A. P.; KLUGE, R. A.; BRACKMANN, A.; CASTRO, P. R. C. Amadurecimento e senescência de mamão com 1-metilciclopropeno. **Scientia Agraria**, v.59, n.2, p.303-308, 2002.

KECHINSKI, C. P.; MONTERO, C. R. S.; NOREÑA, C. P. Z.; TESSARO, I. C.; MARCZAK, L. D. F.; BENDER, R. J.; Effects of Ozone in Combination with Hydrothermal Treatment and Wax on Physical and Chemical Properties of Papayas. **Ozone: Science & Engineering**, v.34, p.57-63, 2012.

KETTERINGHAM, L. ; GAUSSERES, R. ; JAMES, S. J.; JAMES, C. Application of aqueous ozone for treating pre-cut green peppers (*Capsicum annuum* L.) **Journal of Food Engineering**, v.76, p.104–111, 2006.

- KHADRE, M.A.; YOUSEF, A.E.; KIM, J.G. Microbiological Aspects of Ozone Applications in Food: A Review. **Journal of Food Science**, v.66, n.9, p.1242-1252, 2001.
- KIM, J. G.; YOUSEF, A. E.; CHISM, G. W. Use of ozone to inactivate microorganisms on lettuce. **Journal of Food Safety**, v.19, p.17-34, 1999.
- KIM K.D.; OH, A. B. J.; YANG, J. Differential Interactions of a *Colletotrichum gloeosporioides* isolate with green and red pepper fruits. **Phytoparasitica**, v.27, p.97-106, 1999.
- KIM, J.G., YOUSEF, A.E.; DAVE, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: a review. **Journal of Food Protection**. v.62, n.9, p.1071-1087, 1999a.
- KIM, J.G.; YOUSEF, A.E.; CHISM, G.W. Use of ozone to inactivate microorganisms on lettuce. **Journal of Food Safety**, v.19, p.17-34, 1999b.
- KIM, H. S.; YAMADA, H.; TSUNO, H. The Control of Brominated By-products and the Removal of Organic Pollutants during the Ozone/Hydrogen Peroxide Treatment of Secondary Effluent. **Ozone: Science and Engineering**, v.29, p.23–30, 2007.
- KUNZ, A.; FREIRE, R. S.; ROEHWEDDER, J. J. R.; DURA, N. Construção e otimização de um sistema para produção e aplicação de ozônio em escala de laboratório. **Química Nova**. p.425-428, 1999.
- KUO, K.C. Germination and appressorium formation in *Colletotrichum gloeosporioides*. Proceedings of the National Science Council, Taipei, v.23, n.3, p.126-132, 1999.
- LANAO, M.; ORMAD, M. P.; IBARZ, C.; MIGUEL, N.; OVELLEIRO, J. L. Bactericidal Effectiveness of O₃, O₃/H₂O₂ and O₃/TiO₂ on *Clostridium perfringens*. **Ozone: Science and Engineering**, v.30, p.431-438, 2008.

- LIAO, C.; CHEN, M.; CHEN Y.; WANG, T.; SHEU, Z.; KUO K.; LINDA, P.; CHUNG, K.; LEE, M. Characterization of three *Colletotrichum acutatum* isolates from Capsicum spp. European **Journal of Plant Pathology**, 2012.
- LIBERATO, J.R.; TATAGIBA, J.S. Avaliação de fungicidas *in vitro* e em pós-colheita para o controle da antracnose e da podridão em frutos de mamão. **Summa Phytopathologica**, v.27, n.4, p.409-414, 2001.
- LITTLE, A. Off on a tangent. **Journal of Food Science**, Chicago, v.40, p.410-411, 1975.
- LOURENCO, E. J.; CATUTANI, A. T. **Purification and properties of pectinesterase from papaya**. Journal of the Science of Food and Agriculture, v. 35, p.1120-1127, 1984.
- MAIA, E. P.; COLODETTE, J. L. Efeito do conteúdo e da natureza da lçignina residual na eficiência e na seletividade do braqueamento com ozônio. **Revista Árvore**, v.27, p.217-232, n.2, 2003.
- MAHFOUDH, A. ; MOISAN, M.; SE´GUIN, J; BARBEAU, J.; KABOUZI, Y.; KE´ROACK, D. Inactivation of vegetative and sporulated bacteria by dry gaseous ozone. **Ozone: Science & Engineering**, v.32, p.180–198, 2010.
- MATSUURA, F. C. A. U.; FOLEGATTI, M. I. S.; CARDOSO, R. L.; FERREIRA D. C. Sensory acceptance of mixed nectar of papaya, passion fruit and acerola, **Scientia Agricola**, v.61, n.6, p.604-608, 2004.
- MCLELLAN, M.R.; LIND, L.R.; KIME, R.W. Hue angle determinations and stastistical analysis for multiquadrant hunter L, a, b data. **Journal of Food Quality**, v.18, n.3, p.235-240, 1995.
- MEDINA, J. C. Cultura. In: MEDINA, J. C.; BLEINROTH, E. W.; SIGRIST, J. M. M.; MARTIN, Z. J.; NISIDA, A. L. A. C.; BALDINI, V. L. S.; LEITE, R. S. S. F.;

GARCIA, A. E. B. **Mamão: Cultura, matéria prima, processamento e aspectos econômicos**. Campinas: ITAL, 1995. p.1-179.

MEDINA, V. M.; OLIVEIRA, J.R.P. COLHEITA E PÓS-COLHEITA. In: TRINDADE, A.V. (Org.). **Mamão - Produção (Aspectos Técnicos)**. 1 ed. Brasília - DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000, p. 66-68.

MELO, W. J.; RUGGIERO, C. A Papaína. In: RUGGIERO, C. (Ed.). **Mamão**. Jaboticabal: FCAV-UNESP, 1988. p. 19-47.

METCALF e EDDY. **Wastewater Engineering**. Treatment, Disposal, Reuse. McGraw-Hill international Editions. Third Edition, 1991, 349p.

MOHAN, N.; KIRIT PATEL, K. PADMANABHAN, S. ANANTHI. Ozone for Plant Pathological Applications. **Ozone: Science and Engineering**, v.27, p.499–502, 2005.

MOHSENIN, N. N. Physical characteristics. In: MOHSENIN, N. N. **Physical properties of plant and animal materials**. Amsterda: Gordon and Breach Science Publishers, 1986. P.51-86.

MORAES, W. S.; ZAMBOLIM, L.; LIMA, J.D. Quimioterapia de banana ‘prata anã’ no controle de podridões em pós-colheita. **Arq. Inst. Biol.**, v.75, n.1, p.79-84, 2008.

NASCIMENTO, R. J.; MIZUBUTI, E. S. G.; CÂMARA, M. P. S.; FERREIRA, M. F.; MAYMON, M.; FREEMAN, S.; MICHEREFF, S. J. First Report of Papaya Fruit Rot Caused by *Colletotrichum magna* in Brazil. **Plant Disease**, v.94, p. 1506, 2010.

NASCIMENTO, L. C.; NERY, A. R.; RODRIGUES, L. N. Controle de *Colletotrichum gloeosporioides* em mamoeiro, utilizando extratos vegetais,

indutores de resistência e fungicida. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 30, n. 3, p. 313-319, 2008.

NASCIMENTO, P. de O.; SIQUEIRA, A. P. de O.; TEIXEIRA, M. C. et al. Avaliação da longevidade de amostras de mamão 'Golden' armazenadas em freezer e biofreezer. In: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 20. Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, 54th. **Anais...** Vitória, CDRom. 2008.

NERY-SILVA, F.A.; MACHADO, J.C.; LIMA, L.C.O.; RESENDE, M.L.V. Controle químico da podridão peduncular de mamão causada por *Colletotrichum gloeosporioides*. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.3, p.519-524, 2001.

NOLASCO, C. A.; SALOMÃO, L. C. C.; CECOM, P. R.; BRUCKNER, C. H.; ROCHA, A. Qualidade pós-colheita de banana prata tratada por hidrotermia. **Ciência Agrotecnológica**, v. 32, n. 5, p. 1575-1581, 2008.

OLIVEIRA JR, L. F. G.; COELHO, E. M.; COELHO, F. C. Caracterização pós-colheita de mamão armazenado em atmosfera modificada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, p.660–664, 2006.

OLIVEIRA, A. M. G; OLIVEIRA, M. A.; DANTAS, J. L. L.; SANCHES, N. F.; MEDINA, V. M.; CORDEIRO, Z. J. M.; SANTOS FILHO, H. P.; CARVALHO, J. E. B. **A cultura do mamoeiro**. Cruz das Almas, BA: EMBRAPA-CNPMF, 1995. 80p. (EMBRAPA-CNPMF, Circular Técnica, 21).

OLIVEIRA JR, L. F. G.; CARLOS, L. A.; CORDEIRO, C. A. M.; COELHO, E. M.; ARAÚJO, T. R. Qualidade de mamão 'Golden' minimamente processado armazenado em diferentes temperaturas. **Scientia Agraria**, v. 8, n.3, 2007.

OLIVEIRA, A. A. R.; SANTOS FILHO, H.P. Doenças do mamoeiro. SOUZA, J. da S.; RITZINGER, C. H. S. P. (Org.) **Mamão - Fitossanidade**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000, v.11, p.37-46.

OLMEZ, H.; AKBAS, M. Y. Optimization of ozone treatment of fresh-cut green leaf lettuce. **Journal of Food Engineering**, v.90, p.487–494, 2009.

PALOU, L.; SMILANICK, J.L.; CRISOSTO, C.H.; MANSOUR, M. Effect of gaseous ozone exposure on the development of green and blue molds on cold stored citrus fruit. **Plant Disease**, v.85, p.632–638, 2001.

PASCUAL, A.; LLORCA, L.; CANUT, A. Use of ozone in food industries for reducing the environmental impact of cleaning and disinfection activities. **Trends in Food Science & Technology**, v.18, p.S29-S35, 2007.

PEREIRA, A. M.; FARONI, L. R. A.; SOUSA, A. H.; URRUCHI, W. I.; PAES J. L. Influência da temperatura da massa de grãos sobre a toxicidade do ozônio a *Tribolium castaneum*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.5, p.493–497, 2008.

PÉREZ , A.G.; SANZ, C.; RIOS, J.J.; OLIAS R.; OLIAS, J.M. Effects of ozone treatment on postharvest strawberry quality. **Journal of Agricultural Food Chemistry**, v.47, p.1652-1656, 1999.

PESSOA, W. R. L. S.; LOPES, A. L.; COSTA, V. S. O.; OLIVEIRA, S. M. A. Efeito do tratamento hidrotérmico associado a indutores de resistência em pós-colheita de goiaba. **Revista Caatinga**, v.22, n.1, p.85-90, 2009.

PIMENTEL, R. M. A.; MARCONDES, Y. E. M.; WALDER, J. M. M. Qualidade do mamão cv. Solo submetido ao choque térmico e tratamento quarentenário por radiação gama. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.29, p.483-487, 2007.

PIMENTEL, J. D. R.; SOUZA, D. S.; OLIVEIRA, T. V.; OLIVEIRA, M. C.; BASTOS, V. S.; CASTRO, A. A. Estudo da conservação de mamão Havaí

utilizando películas comestíveis a diferentes temperaturas. **Scientia Plena**, v.7, n.10, p.1-6, 2011.

PINTO, L. K. A.; MARTINS, M. L. L.; RESENDE, E. D.; ALMEIDA, R. F.; VITORAZI, L.; PEREIRA, S. M. F. Influência da atmosfera modificada por filmes plásticos sobre a qualidade do mamão armazenado sob refrigeração. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v.26, p.744-748, 2006.

RICE, R. G.; DEBRUM, M.; HOOK, J.; CARDIS, D.; TAPP, C. Economic and Environmental Benefits of Ozone in Ozone Laundering Systems. *Ozone: Science & Engineering*, v.31, p.348–356, 2009.

RIED, A.; MIELCKE, J.; WIELAND, A. The Potential Use of Ozone in Municipal Wastewater. *Ozone: Science & Engineering*, v.31, p.415–421, 2009.

ROCHA, R. H. C.; NASCIMENTO, S. R. C.; MENEZES, J. B.; NUNES, G. H. S.; SILVA, E. O. Qualidade pós-colheita do mamão formosa armazenado sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, p.386-389, 2005.

ROCHA, R. H. C.; MENEZES, J. B.; NASCIMENTO, S. R. C.; NUNES, G. H. S. Qualidade do mamão ‘formosa’ submetido a diferentes temperaturas de refrigeração. **Revista caatinga**, v.20, p.75-80, 2007.

RODOLFO JÚNIOR, F.; TORRES, L. B. V.; CAMPOS, V. B.; LIMA, A. R.; OLIVEIRA, A. D.; MOTA, J. K. M. Caracterização físico-química de frutos de mamoeiro comercializados na EMPASA de Campina Grande-PB. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.9, p.53-58, 2007.

RODRIGUEZ, S.; CASÓLIBA, R.M.; QUESTA, A.G.; FELKER, P. Hot water treatment to reduce chilling injury and fungal development and improve visual quality of two *Opuntia ficus indica* fruit clones. **Journal of Arid Environments**, v.63, p. 366–378, 2005.

ROZADO, A. F.; FARONI, L. R. A.; URRUCHI, W. M. I.; GUEDES, R. N. C.; PAES, J. L. Aplicação de ozônio contra *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* em milho armazenado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.3, p.282–285, 2008.

SAEG **Sistema para Análises Estatísticas**, Versão 9.1: Fundação Arthur Bernardes - UFV - Viçosa, 2007.

SALVADOR, A.; ABAD, I.; ARNAL, L.; MARTINEZ-JAVEGA, J.M. Effect of ozone on postharvest quality of persimmon. **Journal of food science**, v.71, n.6, p.443 – 446, 2006.

SANTANA, L. R. R.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO R. L. Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya* L.): avaliação sensorial e físico-química dos frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.24, p.217-222, 2004.

SELMA, M. V.; ALLENDE, A.; LOPEZ-GALVEZ, F.; CONESA, M. A.; GIL, M. I. Disinfection potential of ozone, ultraviolet-C and their combination in wash water for the fresh-cut vegetable industry. **Food Microbiology**, v.25, p.809–814, 2008.

SILVA, K. S.; REBOUÇAS, T. N. H.; LEMOS, O. L.; BOMFIM, M. P.; BOMFIM, A. A.; ESQUIVEL, G. L.; BARRETO, A. P. P.; JOSÉ, A. R. S.; TAVARES, N. O. D. G. M. Patogenicidade causada pelo fungo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) em diferentes espécies frutíferas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.1, p.131-133, 2006.

SILVA, D. F. P.; SALOMÃO, L. C. C.; CECOM, P. R.; SIQUEIRA, D. L. Efeito de absorvedor de etileno na conservação de mamão 'Golden', armazenado à temperatura ambiente. **Revista Ceres**, v. 57, n.6, p. 706-715, 2010.

SIQUEIRA, T. V. **A cultura do mamão: desempenho no período de 1961 – 2002**. BNDES Setorial. Rio de Janeiro, n.18, p. 91-148, set .2003.

SHARPE, D.; FAN, L.; McRAE, K.; WALKER, B.; McKAY, R.; DOUCETTE C. Effects of Ozone Treatment on *Botrytis cinerea* and *Sclerotinia sclerotiorum* in relation to Horticultural Product Quality. **Journal of Food Science**, v.74, n.6, 2009.

SHIN, G.; SOBSEY, M. D. Reduction of norwalk virus, poliovirus 1, and bacteriophage ms2 by ozone disinfection of water. **Applied and Environmental Microbiology**, v.69, p.3975–3978, n.7, 2003.

SNYDER, S. A.; WERT, E. C.; REXING, D. J.; ZEGERS, R. E.; DRURY, D. D. Ozone oxidation of endocrine disruptors and pharmaceuticals in surface water and wastewater. **Ozone: Science and Engineering**, v.28, p.445–460, 2006.

SOLON, K. N.; MENEZES, J. B.; MEDEIROS, M. K. M.; AROUCHA, E. M. M.; MENDES, M. O. Conservação pós-colheita do mamão formosa produzido no vale do assu sob atmosfera modificada. **Revista Caatinga**, v.18, n.2, p.105-111, 2005.

SOUZA, B. S.; DURIGAN, J. F.; DONADON, J. R.; TEIXEIRA, G. H. A. Conservação de mamão ‘formosa’ minimamente processado armazenado sob refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 273-276, 2005.

SPENCER, R.J.S. **Ozone as a post-harvest treatment for potatoes**. 2003. 139f. Thesis (Master of Science of Plant Sciences) - University of Saskatchewan, Saskatoon, SK, Canada, 2003.

SPONHOLZ, C.; BATISTA, U. G.; ZAMBOLIM, L.; SALOMÃO, L. C. C.; CARDOSO, A. A. Efeito do Tratamento Hidrotérmico e Químico de Frutos de Banana ‘Prata’ no Controle da Antracnose em Pós-Colheita. **Fitopatologia brasileira**, v.29, p.480-485, 2004.

STUCKI, S.; SCHULZE, D.; SCHUSTER, D.; STARK, C. Ozonization of purified water systems. **Pharmaceutical Engineering**, v. 25, n.1, p.1-7, 2005.

SUSLOW, T.V. **Ozone applications for postharvest disinfection of edible horticultural crops. Oakland:** University of California - Division of Agriculture and Natural Resources, 2004. Publication 8133, 8p.

TATAGIBA, J. S.; OLIVEIRA, A. A. R. Tratamentos Pós-colheita. In: RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. S. **Mamão Fitossanidade**. Brasília: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Mandioca e Fruticultura. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2000. p. 12 -14.

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

TERNES, T. A.; UBERA, J. S.; HERRMANNA, N.; MCDOWELLA, D.; RIEDB, A.; KAMPMANNB, M.; TEISER, B. Ozonation: a tool for removal of pharmaceuticals, contrast media and musk fragrances from wastewater? **Water Research**, v.37, p.1976–1982, 2003.

TIWARI, B. K.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; O' DONNELL, C. P.; CULLEN, P. J. Modelling colour degradation of orange juice by ozone treatment using response surface methodology. **Journal of Food Engineering**, v.88, p.553–560, 2008.

TORRES, I. F.; PINOL, V. C.; URRUTIA, E. S.; REGUEIFEROS, M. G. In vitro antimicrobial activity of ozonized theobroma oil against candida albicans. **Ozone: Science and Engineering**, v.28, p.187–190, 2006.

TSENG, C. C.; LI, C. S. Ozone for Inactivation of Aerosolized bacteriophages. **Aerosol Science and Technology**, v.40, p. 683–689, 2006.

TZORTZAKIS, N.; SINGLETON, I.; BARNES, J. Impact of low-level atmospheric ozone-enrichment on black spot and anthracnose rot of tomato fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v.47, p.1–9, 2008.

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA). **Design manual: municipal wastewater disinfection**. Cincinnati, OH. EPA-625/1-86/021. 1986.

VELASQUEZ, M. T. O.; ROJAS-VALENCIA, M. N.; AYALA, A. Wastewater disinfection using ozone to remove free-living, highly pathogenic bacteria and amoebae. **Ozone: Science and Engineering**, v.30, p.367–375, 2008.

VENTA, M. B.; BROCHE, S. S. C.; TORRES, I. F.; PÉREZ, M. G.; LORENZO E. V.; RODRIGUEZ, Y. R.; CEPERO, S. M. Ozone Application for Postharvest Disinfection of Tomatoes. **Ozone: Science & Engineering**, v.32, p.361–371, 2010.

VIEIRA, D. G.; SILVA, R. M.; SILVA, O. F.; FONSECA, M. J. O.; SOARES, A. G.; COSTA, R. A. Crescimento in vitro de fungos (*Colletotrichum gloeosporioides* e *Cladosporium cladosporioides*) isolados de frutos do mamoeiro, sob atmosfera controlada e refrigeração. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, n.3, p.387-390, 2006.

VIJAYANANDRAJ, V. R.; PRASAD, D. N.; MOHAN, N.; GUNASEKARAN, M. Effect of ozone on *Aspergillus niger* causing black rot disease in onion. **Ozone: Science and Engineering**, v.28, p.347–350, 2006.

WANG, R. **Chemical modification of kraft lignin and resulting surface-active properties**. Thesis submitted to the Graduate Faculty of North Carolina State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy, 198p., 1993.

WEI, K.J.; ZHOU, H.; ZHOU, T.; GONG, J. Comparison of aqueous ozone and chlorine as sanitizers in the food processing industry: impact on fresh agricultural produce quality. **Ozone: Science and Engineering**, v.29, p.113–120, 2007.

WU, J.; DOAN, H.; CUENCA, M.A. Investigation of gaseous ozone as an anti-fungal fumigant for stored wheat. **Journal of Chemical Technology & Biotechnology**, v.81, n.7, p.1288-1293, 2006.

WU, J. G.; LUAN, T. G.; LAN, C. Y.; LO, W. H.; CHAN, G. Y. S. Efficacy evaluation of low-concentration of ozonated water in removal of residual diazinon, parathion, methyl-parathion and cypermethrin on vegetable. **Journal of Food Engineering**, v.79, p.803–809, 2006.

WU, J. J.; MURUGANANDHAM, M.; CHANG, L.T.; YANG, J.S.; CHEN, S.H. ozone-based advanced oxidation processes for the decomposition of n-methyl-2-pyrrolidone in aqueous medium. **Ozone: Science and Engineering**, v.29, p.177–183, 2007.

YAMANISHI, O. K.; FAGUNDES, G. R.; MACHADO FILHO, J. A.; FALCÃO, J. V.; MIRANDA, S. P. Comportamento da maturação de mamão tainung cultivado em Brasília-DF. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n.2, p.314-316, 2005.

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VENTURA, J.A.; VALE, F.X.R. Controle de doenças pós-colheita de frutas tropicais. In: Zambolim, L. (Ed.). **Manejo integrado: fruteiras tropicais – doenças e pragas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2002. cap. 12, p.443-511.

ZAMBRE, S. S.; VENKATESH, K. V.; SHAH, N. G. Tomato redness for assessing ozone treatment to extend the shelf life. **Journal of Food Engineering**, v.96, p.463–468, 2010.

ZHANG, H.; WANG, S.; HUANG, X.; DONG, Y.; ZHENG, X. Integrated control of postharvest blue mold decay of pears with hot water treatment and *Rhodotorula glutinis*. **Postharvest Biology and Technology**, v.49, p. 308–313, 2008.

ZOTTI, M.; PORRO, R.; VIZZINI, A.; MARIOTTI, M. G. Inactivation of *Aspergillus* spp. by Ozone treatment. **Ozone: Science and Engineering**, v.30, p.423–430, 2010.

Apêndices

Tabela 1 – Resumo da análise de variância dos valores médios do percentual de área lesionada dos mamões, submetidos ou não ao tratamento com ozônio dissolvido na água em diferentes períodos de exposição e armazenamento.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios
Armazenamento (ARM)	1	0,1847 ^{N.S*}
Período de exposição (PEXP)	4	0,0181 ^{N.S*}
ARM * PEXP	4	0,0181 ^{N.S*}
Resíduo	10	0,0301
c. v. (%)		221,2360

*N.S – Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância dos valores médios da taxa respiratória dos mamões, submetidos ou não ao tratamento com ozônio dissolvido na água em diferentes períodos de exposição no primeiro e 15º dia de armazenamento.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios
Armazenamento (ARM)	1	676,6283
Período de exposição (PEXP)	4	15,0425 ^{N.S*}
ARM * PEXP	4	14,9264 ^{N.S*}
Resíduo	10	62,0602
c. v. (%)		67,2110

*N.S – Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância dos valores médios da perda de massa fresca (%) dos mamões, submetidos ou não ao tratamento com ozônio dissolvido na água em diferentes períodos de exposição no primeiro e 15º dia de armazenamento.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios
Armazenamento (ARM)	1	82,69147
Período de exposição (PEXP)	4	0,01270656 ^{N.S*}
ARM * PEXP	4	0,01270656 ^{N.S*}
Resíduo	10	0,05624662
c. v. (%)		11,664

*N.S – Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância dos valores médios de acidez titulável da polpa dos mamões submetidos ou não ao tratamento com ozônio dissolvido na água em diferentes períodos de exposição, no primeiro e 15° dia de armazenamento.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios
Armazenamento (ARM)	1	0,0001 ^{N.S*}
Período de exposição (PEXP)	4	0,0000399 ^{N.S*}
ARM * PEXP	4	0,000023969 ^{N.S*}
Resíduo	10	0,00017469
c. v. (%)		235,033

*N.S – Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 5 – Resumo da análise de variância dos valores médios do teor de sólidos solúveis dos mamões, submetidos ou não ao tratamento com água ozônio dissolvido na água em diferentes períodos de exposição, no primeiro e 15° dia de armazenamento a 11 °C.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios
Armazenamento (ARM)	1	0,000222 ^{N.S*}
Período de exposição (PEXP)	4	0,52569 ^{N.S*}
ARM * PEXP	4	0,02434167 ^{N.S*}
Resíduo	10	0,714444
c. v. (%)		7,937

*N.S – Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 6 – Resumo da análise de variância dos valores médios da cor dos mamões, submetidos ou não ao tratamento com ozônio dissolvido na água em diferentes períodos de exposição, no primeiro e 15° dia de armazenamento.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios		
		Cor		
		ΔE	C	H
Armazenamento (ARM)	1	503,2338	305,7202	148,6230
Período de exposição (PEXP)	4	14,07391 ^{N.S}	3,285758 ^{N.S}	0,5224921 ^{N.S*}
ARM * PEXP	4	14,07391 ^{N.S}	9,561380 ^{N.S}	4,719358 ^{N.S*}
Resíduo	10	6,516994	4,554774	3,069393
c. v. (%)		50,893	4,237	1,864

*N.S – Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 7 – Resumo da análise de variância dos valores médios da firmeza dos mamões, submetidos ou não ao tratamento com ozônio dissolvido na água em diferentes períodos de exposição e armazenamento.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios
Armazenamento (ARM)	1	3017,1960
Período de exposição (PEXP)	4	113,5487 ^{N.S*}
ARM * PEXP	4	105,2317 ^{N.S*}
Resíduo	10	144,0394
c. v. (%)		32,703

*N.S – Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 8 – Resumo da análise de variância dos valores médios de pH da polpa dos mamões, submetidos ou não ao tratamento com ozônio dissolvido na água em diferentes períodos de exposição e armazenamento.

Fonte de variação	Grau de liberdade	Quadrados médios
Armazenamento (ARM)	1	0,725
Período de exposição (PEXP)	4	0,002 ^{N.S*}
ARM * PEXP	4	0,009 ^{N.S*}
Resíduo	10	0,05
c. v. (%)		1,316

*N.S – Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.