



CONTROLE DE PODRIDÃO PEDUNCULAR DO MAMÃO UTILIZANDO IRRADIAÇÃO UVC

Érica Tiemi **Konda**¹; Gabriela Sales **Mangolin**²; Rosely dos Santos **Nascimento**³; Daniel **Terao**⁴;

Nº 18414

RESUMO - A podridão peduncular compromete a quantidade e a qualidade fitossanitária de mamões podendo provocar grandes perdas. O uso da irradiação ultravioleta C (UVC) vem ganhando reconhecimento, por atuar diretamente sobre o fitopatógeno e induzir o fruto a criar mecanismos de defesa ao ataque de agentes infecciosos. O objetivo do presente trabalho foi definir as doses de UVC que inibem a germinação de esporos dos fungos do complexo causador da podridão peduncular em mamão: **Alternaria alternata**, **Colletotrichum gloeosporioides**, **Fusarium solani** e **Lasiodiplodia theobromae**, e avaliar doses de UVC no controle da doença em mamão papaya. Preparou-se, para cada fungo, uma suspensão de esporos na concentração 10^5 esporos mL^{-1} , que foi irradiada com diferentes doses de UVC, variando de $0,25 kJ m^{-2}$ a $3,00 kJ m^{-2}$. As suspensões irradiadas foram plaqueada e após 72 h avaliou-se a inibição na germinação de esporos pela contagem de Unidade Formadora de Colônias (UFC). Irradiou-se a região peduncular do fruto nas seguintes doses: 0,5; 1,0; 1,5 e $2,0 kJ m^{-2}$. Após irradiados os mamões foram armazenados durante 7 dias em câmara fria ($10\text{ }^{\circ}C$) e 8 dias em temperatura ambiente ($22\text{ }^{\circ}C$), avaliando-se diariamente a severidade da doença utilizando uma escala de notas. A dose letal de UVC variou em função da sensibilidade da espécie fúngica: $0,6 kJ m^{-2}$ para **F. solani**, $1,5 kJ m^{-2}$ para **L. theobromae** e $2,0 kJ m^{-2}$ para **C. gloeosporioides** e **A. alternata**. No controle da podridão peduncular obteve-se o melhor resultado com a dose de $0,5 kJ m^{-2}$.

Palavras-chave: luz ultravioleta C, doença pós-colheita, *Carica papaya*, método alternativo, controle físico.

¹ Autora, Bolsista Embrapa: Graduação em Engenharia de Alimentos, UNIFAJ, Jaguariúna-SP; ericatkonda@yahoo.com.br.

² Colaboradora Bolsista CNPq (PIBIC): Graduação em Engenharia Ambiental, PUCC, Campinas-SP.

³ Colaboradora Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP.

⁴ Orientador: Pesquisador da Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP; daniel.terao@embrapa.br



ABSTRACT - Stem-end rot compromises the quantity and quality of papaya and can cause great losses. The use of ultraviolet C (UVC) irradiation has gained recognition, as it acts directly on the phytopathogen and induces mechanisms of defense in fruit against the attack of infectious agents. The objective of the present work was to define the doses of UVC, which inhibit spore germination of fungi of the complex causing stem-end rot in papaya: ***Alternaria alternata***, ***Colletotrichum gloeosporioides***, ***Fusarium solani*** and ***Lasiodiplodia theobromae***, and to evaluate doses of UVC in the control of the disease. Spore suspension at the concentration of 10^5 spores mL^{-1} was prepared for each fungus which was irradiated with different doses of UVC ranging from 0.25 kJ m^{-2} to 3.0 kJ m^{-2} . The irradiated suspension was plated and after 72 h the inhibition on spore germination was evaluated by the Colony Forming Unit (CFU) count. Peduncle region of the fruit was irradiated by the following doses: 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 kJ m^{-2} . After irradiation, papayas were stored for 7 days in a cold chamber ($10 \text{ }^\circ\text{C}$) and 8 additional days at room temperature ($22 \text{ }^\circ\text{C}$), evaluating daily the evolution of disease severity using a scale of notes. The lethal dose of UVC varied according to the fungal species sensibility: 0.6 kJ m^{-2} for ***F. solani***, 1.5 kJ m^{-2} for ***L. theobromae***, 2.0 kJ m^{-2} for ***C. gloeosporioides*** and ***A. alternata***. The best control of stem-end rot was obtained with the dose of 0.5 kJ m^{-2} .

Keywords: ultraviolet C light, postharvest disease, *Carica papaya*, alternative method, physical control.

1. INTRODUÇÃO

O mamão (*Carica papaya* L.) é uma fruta tropical bastante apreciada pelo mercado consumidor e de grande importância para a economia brasileira. Em 2016 a produção brasileira foi de 1,4 milhões de toneladas, classificando o país como o segundo maior produtor no ranking mundial, superado apenas pela Índia (FAO, 2017). Exportou em 2017 37,94 mil toneladas, principalmente para o mercado europeu (ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA, 2017). Além da sua importância econômica, possui uma grande importância nutricional, sendo rico em compostos como carotenóides e vitamina C (DANTAS et al., 2013).

Segundo Dantas et al. (2013), o mamão por ser um fruto climatérico, ou seja, continua sua maturação mesmo depois de colhido, necessita de um controle pós-colheita. Possui uma casca fina e danificável, suscetível à choques mecânicos ou lesões durante o manuseio, expondo o fruto ao ataque de microorganismos, que podem causar perdas de até 75% durante o período de



comercialização (PAULL et al., 1997). A podridão é um grande empecilho econômico porque torna o mamão imprestável para a comercialização e impróprio para o consumo, resultando em grandes perdas, e até mesmo os sintomas superficiais causam a desvalorização comercial (DANTAS et al., 2013).

Os sintomas das doenças pós-colheita aparecem, com maior frequência, durante a maturação dos frutos, como, por exemplo, a antracnose, causada pelo *Colletotrichum gloeosporioides* (DANTAS et al., 2013). Um levantamento feito por Dantas et al. (2003) demonstrou que 82,53% dos mamões comercializados na CEASA de Recife apresentaram alta incidência de diferentes doenças causadas por fungos, e a podridão peduncular destacou-se das demais doenças, com uma incidência média de 39,71%, seguido da antracnose com 20,32%.

A podridão peduncular é causada pela colonização de um complexo fúngico que penetra através de rachaduras no pedúnculo, cortes ou ferimentos que ocorrem durante a colheita (GAYET et al., 1995). Tal doença antes era atribuída apenas ao *C. gloeosporioides* e *Phoma caricae-papaye* como agentes causais. Posteriormente outros fungos, como *Botryodiplodia*, *Phomopsis*, *Lasiodiplodia theobromae*, *Fusarium*, além de *Alternaria alternata* foram identificados nos tecidos doentes, associados, também, à podridão peduncular (GAYET et al., 1995; NETTO, 2012).

Atualmente, utiliza-se fungicidas no tratamento pós-colheita de mamão. No entanto o consumidor está mais consciente sobre o efeito prejudicial que eles causam à saúde. Além disso, segundo Meissner et al. (2000), os fungicidas perdem sua eficiência quando usados de maneira contínua, devido à seleção de raças resistentes, como ocorreu, por exemplo, com o fungicida benomyl no controle de *C. gloeosporioides* em manga.

As aplicações de métodos alternativos visam mitigar as doenças fúngicas, sem alterar os aspectos qualitativos do fruto e garantir a segurança do consumidor. O uso da irradiação ultravioleta C (UVC) vem ganhando um amplo reconhecimento do mercado por ser altamente eficiente, atuando diretamente sobre o fitopatógeno, induzindo o fruto a criar mecanismos de defesa contra os ataques externos, além de retardar processos de amadurecimento, sem deixar resíduos químicos (TERAO et al., 2015). Estudos mostraram que a irradiação UVC é capaz de reduzir até seis ciclos Log de crescimento de importantes organismos que podem afetar a integridade do alimento e a saúde de quem os consomem, como *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella enteritidis*, *Bacillus cereus*, *Escherichia coli* e *Listeria monocytogenes* (DERMICI; PANICO, 2008).

Assim, o presente trabalho teve como objetivo definir, *in vitro*, as doses de UVC que inibem a germinação de esporos dos fungos do complexo causador da podridão peduncular em mamão: *Alternaria alternata*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Fusarium solani*, *Lasiodiplodia theobromae* e



Phoma caricae-papayae, e avaliar *in vivo* doses de UVC no controle da podridão peduncular em mamão papaya.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em duas etapas no Laboratório de Microbiologia Ambiental na Embrapa Meio Ambiente, Jaguariúna-SP: *in vitro* e *in vivo*.

2.1 Irradiação UVC

Para a aplicação da irradiação UVC, usou-se um irradiador que consiste em material acrílico, impedindo assim a passagem da luz para o exterior do irradiador. A luz da lâmpada germicida Osram Puritec HNS de 36 W de potência, instalada na parte superior do equipamento, reflete sobre a superfície côncava e é irradiada sobre o fruto com a concentração de emissão de luz na faixa de 253,7 nm, com uma potência média de 370 $\mu\text{W cm}^{-2}$. O tempo das doses é calculado conforme mostra a equação 1 abaixo:

$$t(s) = \frac{D (kJ m^{-2})}{I (W m^{-2})} \quad (1)$$

Onde **t** é o tempo de aplicação, **D** é a dose aplicada e **I** é a fluência da lâmpada.

A fluência varia em função da distância que o fruto está da lâmpada. Para o teste *in vivo*, a fluência foi de 0,59 mW cm^{-2} e para o teste *in vitro* 0,35 mW cm^{-2} (Figura 1).



Figura 1. Mamões na câmara de irradiação da luz Ultravioleta C para o teste *in vivo*.

Foto: Érica Tiemi Konda

2.2 Teste *in vitro*

Para o teste *in vitro*, os fungos foram obtidos da coleção de Microrganismos de Importância Agrícola e Ambiental (CMAA) da Embrapa Meio Ambiente, localizada em Jaguariúna, SP. Os isolados utilizados foram: *Alternaria alternata* (CMAA 1487), *Colletotrichum gloeosporioides* (CMAA 1490), *Fusarium solani* (CMAA 1491), *Lasiodiplodia theobromae* (CMAA 1488) e *Phoma caricae-papayae* (CMAA 1483).

Em placa contendo o crescimento fúngico, adicionou-se 10 mL de água destilada estéril (ADE), e raspando com o auxílio de alça de Drigalski obteve-se uma suspensão de esporos que foi ajustada com o auxílio da câmara de Neubauer para uma concentração de 1×10^5 esporos mL^{-1} . Pipetou-se 5 mL dessa suspensão para uma placa de Petri de 60 mm, que foi colocada aberta no interior do irradiador aplicando-se diferentes doses de UVC de acordo com a Tabela 1. O espectro de doses de UVC foi ajustado para cada espécie fúngica, de acordo com o grau de sensibilidade apresentado. Após a irradiação, pipetou-se uma alíquota de 100 μl da suspensão para uma placa de Petri de 90 mm contendo meio BDA, espalhando-se com uma alça de Drigalski. Em seguida, as placas foram incubadas em BOD a 30 °C no escuro. Após 72h realizou-se a avaliação pela contagem de Unidades Formadoras de Colônias (UFC).



O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 6 repetições, considerando-se uma placa de Petri como unidade experimental.

Tabela 1. Espécies fúngicas e respectivas doses da Irradiação UVC aplicadas.

Fungo	Doses irradiadas (kJ m ⁻²)
<i>Alternaria alternata</i>	0,50; 1,20; 1,50; 2,0.
<i>Colletotrichum gloesporioides</i>	0,25; 0,50; 1,00; 1,50.
<i>Fusarium solani</i>	0,50; 0,60; 0,70.
<i>Lasiodiplodia theobromae</i>	1,0; 1,5

2.3 Teste *in vivo*

Para a realização deste teste, mamões papaya sem tratamento prévio, provenientes de Teixeira de Freitas-BA, foram lavados com detergente neutro e enxaguados com água de torneira e selecionados de acordo com o tamanho, visando uma padronização do tratamento. Foram avaliadas quatro doses de UVC: 0,5 kJ m⁻², 1,0 kJ m⁻², 1,5 kJ m⁻², 2,0 kJ m⁻², e como Testemunha foram utilizados mamões não irradiados.

Os frutos foram posicionados em pé na Câmara de irradiação UVC com o pedúnculo voltado para a lâmpada e então irradiados. Após a irradiação, os mamões foram armazenados na câmara fria a 10 °C, durante 7 dias e em seguida em temperatura ambiente de 22 °C, por 8 dias. Neste período, foi feita a avaliação da severidade da doença usando uma escala de notas, de acordo com a Figura 2.

Os dados de evolução da severidade de doença, ao longo do período de armazenamento, foram transformados, de dados qualitativos para dados quantitativos, pela área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 12 repetições, considerando-se um fruto como unidade experimental.



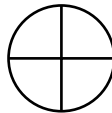
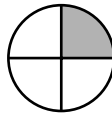
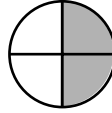
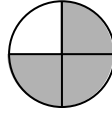
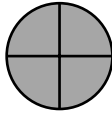
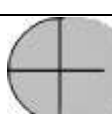
Nota	Área afetada	Aparência do pedúnculo
0	Sem sintoma	
1	< 25%	
2	25 a 50%	
3	50 a 75%	
4	75 a 100%	
5	100% e avançando para o fruto	

Figura 2. Escala de Podridão Peduncular utilizada para avaliar a severidade da doença.

Os dados foram submetidos à Análise de Variância à um nível de 5 % de probabilidade. Para comparação de médias aplicou-se o teste Tukey a 5% de probabilidade, usando o programa estatístico SISVAR.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os experimentos *in vitro* demonstraram que a dose letal de UVC para inibir a germinação de esporos depende da espécie fúngica. Enquanto que para o fungo mais sensível, o *F. solani*, a dose letal foi de 0,6 kJ m⁻², para *L. theobromae* foi necessária uma dose de 1,5 kJ m⁻², que não diferiu da dose de 1,0 kJ m⁻². Para *A. alternata* e *C. gloeosporioides* foi necessária uma dose 2,0 kJ m⁻² para inibir completamente a germinação de esporos, não diferindo das doses de 0,5; 1,0 e 2,0 kJ m⁻² (Figura 3).

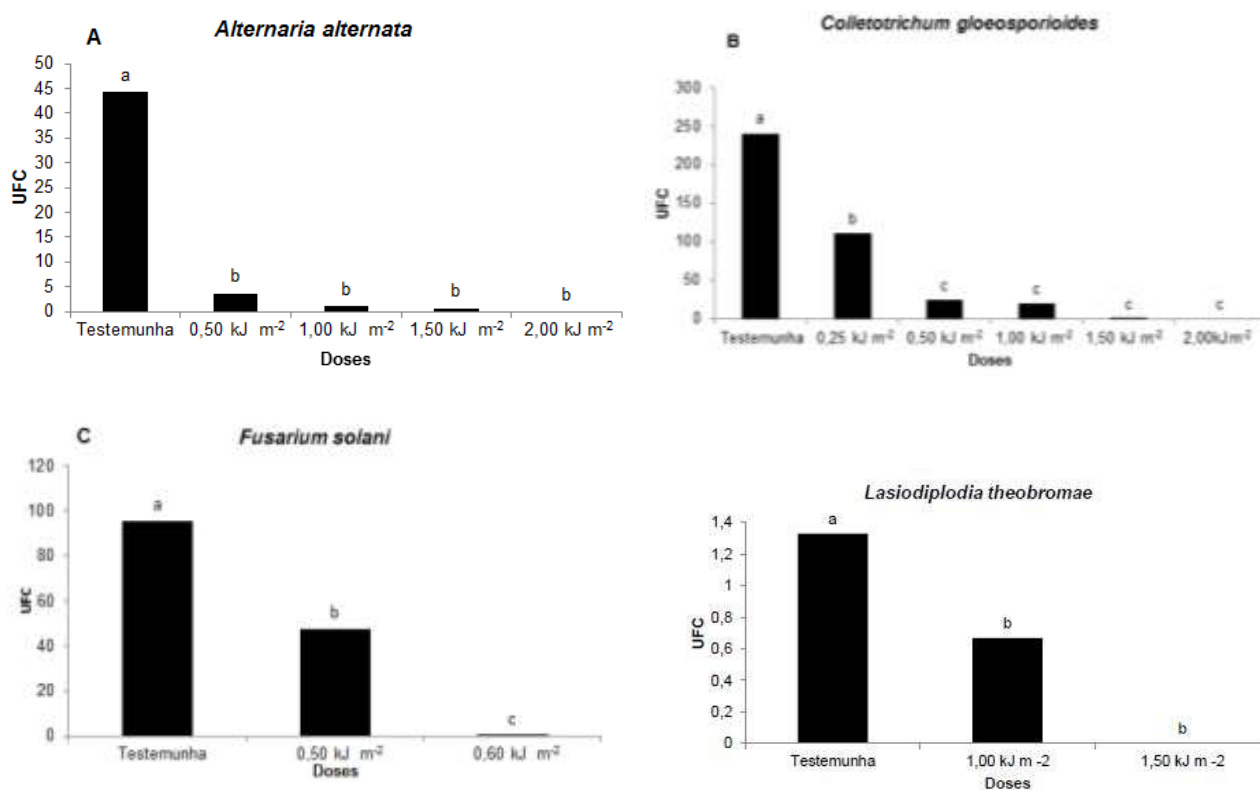


Figura 3. Efeito da irradiação UVC na germinação de esporos (Unidade Formadoras de Colônia - UFC) de: A. *Alternaria alternata*, B. *Colletotrichum gloeosporioides*, C. *Fusarium solan* e D. *Lasiodiplodia theobromae*, fungos do complexo fúngico causador da podridão peduncular em mamão.

A Figura 4 apresenta os resultados obtidos nos testes *in vivo*, nela podemos observar que a irradiação UVC foi eficiente na diminuição da severidade da podridão peduncular em mamão, destacando-se a dose de 0,5 kJ m⁻², que não diferiu estatisticamente das doses de 1,0 e 1,5 kJ m⁻². A dose 2,0 kJ m⁻² apresentou maior severidade da doença, não diferindo da Testemunha, provavelmente devido a danos causados na epiderme que devem ter favorecido o processo de infecção do fungo.

De acordo com Terao et al. (2015) a sensibilidade à luz UVC depende a espécie fúngica. Cia et al. (2009) observaram que doses a partir de 0,84 kJ m⁻² diminuem a taxa de crescimento de *C. gloeosporioides* de mamão, e que doses de 0,4 a 1,3 kJ m⁻² reduzem significativamente a esporulação do fungo. Nos testes *in vitro*, Camili et al. (2004) observaram que a luz UVC retardou o crescimento micelial da colônia de *Botrytis cinerea*, fungo causador do mofo cinzento em uva.

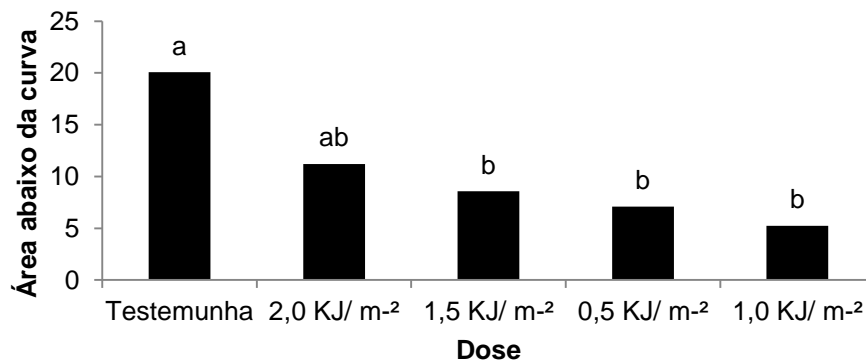


Figura 4. Área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) para Podridão Peduncular de mamões tratados com diferentes doses de irradiação UVC, pela avaliação da severidade da doença, durante um período de 14 dias de armazenamento (7 dias em ambiente refrigerado a 10 °C e 8 dias adicionais em temperatura ambiente 22 °C).

É necessária aplicar a dose correta de irradiação UVC para se obter um resultado adequado de controle da doença. Observa-se que doses menores são ineficazes e doses mais elevadas aumentam a severidade da doença, devido aos danos causados pela queimadura da epiderme do fruto. Tais resultados estão de acordo com os obtidos por Cia et al. (2007) que observaram que a aplicação inadequada da irradiação UVC, a partir de 0,4 kJ m⁻², causa danos fisiológicos no mamão papaya, caracterizados por escurecimento da epiderme, que podem ser notados já no primeiro dia após o tratamento, aumentando durante o período de armazenamento.

Em uva “Itália”, doses de 0,84; 1,30; 2,40 e 3,60 kJ m⁻² reduziram o desenvolvimento de *B. cinerea*, , porém, não de modo significativo, causando bronzeamento nas bagas de uva (CAMILI et al., 2004). Cia et al. (2009) estudaram o efeito da irradiação UVC em bagas de uva “Niagara Rosada” previamente inoculadas com *C. gloeosporioides* e observaram que não foram alterados os atributos físico-químicos após a irradiação nas doses de 1,05; 2,09; 4,18 e 8,35 kJ m⁻², controlando eficientemente o fitopatógeno. Sanches et al. (2017) constataram que, além do controle fitopatológico, a irradiação UVC possibilitou um aumento na vida de prateleira do fruto de camu-camu, sendo que a dose de 2,0 kJ m⁻² foi a mais eficiente, preservando a qualidade do fruto em ambiente refrigerado por 18 dias, enquanto que a de 1 kJm⁻² preservou por 15 dias e o controle apenas 9 dias.

Observou-se no presente trabalho, que o mamão é sensível à irradiação UVC, e mesmo a menor dose testada de 0,5 kJ m⁻² causou bronzeamento na epiderme, portanto, para que a



tecnologia estudada seja viável para uso prático no tratamento pós-colheita do mamão, é necessário que se desenvolva um equipamento que possibilite a aplicação da luz UVC direcionada apenas para a região peduncular, protegendo-se o restante do fruto.

4. CONCLUSÃO

A irradiação UVC reduz significativamente a severidade da podridão peduncular do mamão, além de ser uma tecnologia limpa, uma vez que não deixa resíduos tóxicos, e que não polui o meio ambiente. A dose ideal para reduzir a severidade da doença é de 1,0 kJ m⁻². A epiderme do mamão é sensível à luz UVC, portanto, a aplicação da luz UVC deverá ser direcionada apenas para a região peduncular, protegendo-se o restante do fruto.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Embrapa pelo apoio logístico e financeiro ao projeto.

6. REFERÊNCIAS

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017.

CAMILI, E.C. **Avaliação de agentes bióticos e abióticos aplicados em pós-colheita na proteção de uva 'Itália' contra *Botrytis cinerea*.** 2004. 156p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP, Botucatu.

CIA P.; PACHOLATI, S. F.; BENATO E. A.; CAMILI, E. C.; SANTOS, C. A. Effects of gamma and UV-C irradiation on the postharvest control of papaya anthracnose. **Postharvest Biology and Technology**, v. 43. p. 366-373, 2007.

CIA, P.; BENATO E. A.; VALENTINI, S. R. T.; ANJOS, V. D. A.; PONZO, F. S.; SANCHES, J.; TERRA, M. M. **Radiação ultravioleta no controle pós-colheita de *Colletotrichum gloeosporioides* em uva 'niagara rosada'.** *Bragantia*, v.68, n.4, p.1010-1015, 2009.

DANTAS, J. L. L.; JUNGHANS, D. T.; LIMA, J. F. de. **Mamão: o produtor pergunta, a Embrapa responde.** Brasília, DF: Embrapa, 2013. 170p. (Coleção 500 perguntas, 500 respostas).

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 frutas de mamão e laranja: ocorrência e indução de resistência com elicitores bióticos e abióticos.** 2003. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2003.

DERMICI, A.; PANICO, L. Pulsed ultravioleta light. **Food Science and Technology International**, v.14, n.5, p. 443-446, 2008.



FAO, Food and Agriculture Organization. FAOSTAT: Countries by commodity. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity>. Acesso em: 20 abr. 2018.

GAYET, J. P.; BLEINROTH, E. W.; MATALLO, M.; GARCIA, E. E. C.; GARCIA, A. E.; ARDITO, E. F. G.; BORDIN, M. R. **Mamão para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília, DF: Embrapa-FRUPEX, p. 38, 1995.

MEISSNER FILHO, P. E.; BARBOSA, C. J.; NASCIMENTO, A. S. Vírus. In: RITZINGER, C. H. S. P.; SOUZA, J. S. (Org.). **Mamão – Fitossanidade**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical; Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. p. 47-51, 2000.

NETTO, M. S. B. **Espécies de *Lasiodiplodia* associadas à podridão peduncular em mamão no nordeste do Brasil**. 2012. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Universidade federal rural de Pernambuco, Recife.

PAULL, R. E., NISHIJIMA, W., REYES, M. & CVALETTO, C. C. Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.). **Postharvest Biology and Technology**, v. 11, n. 3, p. 165-179. 1997.

SANCHES, A. G.; SILVA, M. B.; MOREIRA, E. G. S.; COSTA, J. M.; CORDEIRO, A. M. Efeitos de diferentes fontes de radiação na fisiologia e vida útil pós-colheita de camu-camu. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 4, n. 3, p. 1-8, 2017.

TERAO, D.; CAMPOS, J. S. C.; BENATO, E. A.; HASHIMOTO, J. M. Alternative strategy on control of postharvest diseases of mango (*Mangifera indica* L.) by use of low dose of ultraviolet-C irradiation. **Food Engineering Reviews**, v.7, p. 171-175, 2015.