

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

FLAVIA FIGUEIRA DE SOUZA PATRÍCIO

**D-LIMONENO NA PÓS COLHEITA DO MAMOEIRO
'THB'**

**São Mateus - ES
Abril de 2022**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**D-LIMONENO NA PÓS COLHEITA DO MAMOEIRO
'THB'**

FLAVIA FIGUEIRA DE SOUZA PATRÍCIO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Orientadora: Prof^a Dra Sara Dousseau Arantes

**São Mateus - ES
Abril de 2022**

P314d Patricio, Flavia Figueira de Souza, 1984-
D-limoneno na pós colheita do mamoeiro 'THB' / Flavia
Figueira de Souza Patricio. - 2022.
24 f. : il.

Orientadora: Sara Dousseau Arantes.
Coorientadora: Cátia Aparecida Simon.
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) -
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário
Norte do Espírito Santo.

1. Carica papaya L. 2. pós-colheita. 3. mamão. 4.
fitossanidade. 5. firmeza. 6. doenças. I. Arantes, Sara Dousseau.
II. Simon, Cátia Aparecida. III. Universidade Federal do
Espírito Santo. Centro Universitário Norte do Espírito Santo. IV.
Título.

CDU: 63

D-LIMONENO NA PÓS COLHEITA DO MAMOEIRO 'THB'

FLAVIA FIGUEIRA DE SOUZA PATRÍCIO

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para obtenção do título de mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada: 25 de fevereiro de 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

PROTOCOLO DE ASSINATURA



O documento acima foi assinado digitalmente com senha eletrônica através do Protocolo Web, conforme Portaria UFES nº 1.269 de 30/08/2018, por EDILSON ROMAIS SCHMILDT - SIAPE 1172860 Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas - DCAB/CEUNES Em 03/03/2022 às 08:29

Para verificar as assinaturas e visualizar o documento original acesse o link: <https://api.lepisma.ufes.br/arquivos-assinados/3692857?tipoArquivo=0>

ASSINATURAS (3)

Documento original assinado eletronicamente, conforme MP 2200-2/2001, art. 10, § 2º, por:

SARA DOUSSEAU ARANTES
AGENTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL
CPDI NORTE - INCAPER - GOVES
assinado em 03/03/2022 15:51:46 -03:00

CÁTIA APARECIDA SIMON
CIDADÃO
assinado em 04/03/2022 09:15:15 -03:00

REGINALDO MIRANDA DE OLIVEIRA
CIDADÃO
assinado em 03/03/2022 16:37:36 -03:00



INFORMAÇÕES DO DOCUMENTO

Documento capturado em 04/03/2022 09:15:16 (HORÁRIO DE BRASÍLIA - UTC-3) por SARA DOUSSEAU ARANTES (AGENTE DE PESQUISA E INOVAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO RURAL - CPDI NORTE - INCAPER - GOVES)

Valor Legal: ORIGINAL | Natureza: DOCUMENTO NATO-DIGITAL

A disponibilidade do documento pode ser conferida pelo link: <https://e-docs.es.gov.br/19/2022-092XQK>

Prof. Dr. Reginaldo Miranda de Oliveira

Faculdade Espírito-Santense

(Membro Externo)

Prof. Dr. Edilson Romais Schmildt

Universidade Federal do Espírito Santo

(Membro Interno)

Prof. Dra. Sara Dousseau Arantes

Universidade Federal do Espírito Santo

(Orientadora)

Prof. Dra. Cátia Aparecida Simon

Faculdade Espírito-Santense

(Coorientadora)

Deus primeiramente, pelo seu infinito poder, amor e sabedoria.
A minha mãe Sônia, pelo ensinamento e exemplo de vida.
Ao meu esposo Cláudio Junio, pelo incentivo, amor e compreensão.
Aos meus filhos Daniel, Mateus e Lucas, presentes de Deus.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e oportunidade de realizar este sonho, sempre iluminando o meu caminho, e que me permitiu amadurecer um pouco mais como pessoa e profissional através da preparação deste trabalho.

Ao meu esposo, por nunca me deixar desistir, obrigada pelo incentivo, exemplo, confiança, compreensão, e por todo amor.

A minha Orientadora Professora Dra Sara Dousseau Arantes, pela competente orientação, dedicação, incentivo, apoio, compreensão e amizade. Agradeço por toda paciência que teve comigo para que eu fizesse o melhor trabalho.

A minha coorientadora Cátia Aparecida Simon pelas sugestões propostas para a execução deste trabalho, como também pela colaboração na condução dos ensaios.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical na pessoa do professor Edney Leandro da Vitória e aos demais professores pelos ensinamentos.

A todos os colegas da equipe do laboratório de Fisiologia Vegetal e Pós-Colheita do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica Extensão Rural (INCAPER).

A Universidade Federal do Espírito Santo, o Centro Universitário Norte do Espírito Santo e o Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical pela formação proporcionada.

Ao INCAPER por disponibilizar o uso do laboratório de Fisiologia Vegetal e Pós-Colheita. Agradeço a todos que de alguma maneira contribuíram para o desenvolvimento desse trabalho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (FAPES) pela bolsa concedida e pela origem dos recursos experimentais.

A Litho Plant, empresa parceira do INCAPER no projeto aprovado pelo Edital FAPES nº 10/2019 intitulado de “Biofertilizantes para o aumento da qualidade pós colheita”.

Gratidão sempre!

OBRIGADA!

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRAT	vii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. MATERIAL E MÉTODOS	3
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	5
3.1 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DOS FRUTOS.....	5
3.2 INCIDÊNCIA DE DOENÇA.....	7
4. CONCLUSÕES.....	10
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	11
6. APÊNDICE.....	14

RESUMO

FIGUEIRA DE SOUZA PATRÍCIO, Flavia. M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Abril de 2022; **D-Limoneno na pós colheita do mamoeiro 'THB'**; Orientadora: Sara Dousseau Arantes; Coorientadora: Cátia Aparecida Simon.

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma das espécies frutíferas mais cultivadas no mundo, sendo o Brasil o segundo maior produtor mundial desta cultura, entretanto ainda se torna necessário desenvolver técnicas no manejo pós-colheita que visem melhorias na qualidade do fruto. O mamão tem elevado teor de umidade e taxa respiratória, sendo facilmente danificável, podendo sofrer perdas diretamente no fruto pela degradação da polpa e perdas econômicas pela falta de consumo em tempo hábil. O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de diferentes concentrações da solução homogênea de óleo essencial cítrico contendo D-Limoneno na desinfestação do mamão no processo de pós colheita, no prolongamento do tempo de prateleira e o seu efeito na qualidade do fruto. Foi realizado um experimento *in loco* com frutos de mamoeiro 'THB', conduzido em um *packing house* da Fazenda Caliman Agrícola AS. Foi utilizado o delineamento experimental em blocos ao acaso com seis tratamentos, este constituídos por quatro doses de D-Limoneno (3000, 4000, 5000, 6000 ppm), um tratamento controle negativo (água) e um tratamento convencional padrão fazenda (20 ppm de cloro), cada um com quatro repetições. Os frutos foram expostos a dois ensaios: armazenamento de frutos a $16\text{ °C} \pm 2\text{ °C}$ com avaliações após 8 e 11 dias de armazenamento, sendo nestes avaliados os parâmetros de qualidade físico-química; no segundo ensaio houve o armazenamento de frutos a uma temperatura de 25 °C e avaliados após 7 dias de armazenamento para avaliação de incidência de doenças. Os resultados indicaram que não houve interação estatística significativa entre doses de D-Limoneno e tempo de armazenamento, para nenhuma das características avaliadas. A incidência de doenças foi baixa e não teve relação com os tratamentos, resultado atrelado à elevada sanidade dos frutos estudados. A qualidade físico-química dos frutos não foi afetada pelos tratamentos. Conclui-se que as concentrações de D-limoneno podem ser utilizadas na pós-colheita do mamão por não afetarem a qualidade dos frutos, porém, para comprovar o efeito sanitizante, devem ser conduzidos estudos de pesquisa básica, com controle do inóculo.

Palavras-chave: Grupo solo, THB, doenças pós-colheita, firmeza, °Brix, produto cítrico

ABSTRACT

FIGUEIRA DE SOUZA PATRICIO, Flavia. M.Sc.; Federal University of Espirito Santo; April 2022; **D-Limonene in post-harvest papaya 'THB'**; Advisor: Sara Dousseau Arantes; Co-advisor: Cátia Aparecida Simon.

Papaya (*Carica papaya* L.) is one of the most cultivated fruit species in the world, with Brazil being the second largest producer of this crop in the world, however it is still necessary to develop techniques in post-harvest management aimed at improving the quality of the fruit. Papaya has a high moisture content and respiratory rate, being easily damaged, and may suffer losses directly in the fruit due to pulp degradation and economic losses due to lack of consumption in a timely manner. The objective of this work was to evaluate the effect of different concentrations of a homogeneous solution of citrus essential oil containing D-Limonene on papaya disinfestation in the post-harvest process, on extending shelf life and its effect on fruit quality. An in loco experiment was carried out with 'THB' papaya fruits, carried out in a packing house at Fazenda Caliman Agrícola AS. The experimental design was in randomized blocks with six treatments, consisting of four doses of D-Limonene (3000, 4000, 5000, 6000 ppm), a negative control treatment (water) and a conventional standard farm treatment (20 ppm of chlorine), each with four replicates. The fruits were exposed to two tests: fruit storage at 16 °C + 2 °C with evaluations after 8 and 11 days of storage, in which the physicochemical quality was evaluated; in the second trial, the fruits were stored at a temperature of 25°C and evaluated after 7 days of storage to evaluate the incidence of diseases. The results indicated that there was no statistically significant interaction between D-Limonene doses and storage time, for any of the characteristics evaluated. The incidence of diseases was low and was not related to the treatments, a result linked to the high health of the fruits studied. The physicochemical quality of the fruits was not affected by the treatments. It is concluded that the concentrations of D-limonene can be used in papaya post-harvest as they do not affect the quality of the fruit, however, to prove the sanitizing effect, basic research studies should be conducted, with inoculum control.

Keywords: Soil group, THB, post-harvest diseases, firmness, °Brix, citrus product

1. INTRODUÇÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma das espécies frutíferas mais cultivadas no mundo, especialmente em áreas tropicais onde a temperatura média anual é de 25 °C (RUGGIERO *et al.*, 2011). A cultura exerce grande importância socioeconômica para a fruticultura nacional, destacando-se o Brasil como segundo produtor mundial de mamão e o terceiro exportador da fruta, com uma produção média anual de 1.235.003 toneladas (FAO, 2020).

O mamão ocupa posição de destaque no cenário do agronegócio nos estados do Espírito Santo, onde em 2020 alcançou uma produção de 438.855 mil toneladas e da Bahia, com 368.109 mil toneladas, sendo esses dois estados os maiores produtores brasileiros de mamão equivalendo a 35% da produção nacional (IBGE, 2020). A região Norte do Espírito Santo apresenta condições climáticas favoráveis e prevacente ao cultivo do mamoeiro, que exige para o seu bom desenvolvimento, temperaturas entre 21 °C e 33 °C, regime pluviométrico entre 1.500 mm e 1.800 mm anuais (COSTA *et al.*, 2021).

Paralelamente à importância da cultura no Brasil, ocorre grandes perdas pós-colheita, pois segundo Chitarra e Chitarra (2005) o mamão é considerado de alta perecibilidade, com vida-de-prateleira relativamente curta, por possui padrão respiratório climatérico, fazendo com que as transformações resultantes do amadurecimento ocorram aceleradamente após colhido, tal característica favorece à sua deterioração precoce.

Essas características os predispõem a um grande número de doenças que se manifestam somente na pós-colheita, apesar das infecções ocorrerem na pré-colheita, como também geram desvantagens quanto ao seu manuseio após a colheita, resultando em perdas decorrentes da falta de comercialização ou de consumo do produto em tempo hábil (CHITARRA; CHITARRA, 2005; FONTES *et al.*, 2008; REIS, H.F., 2014).

Com o intuito de conservar a qualidade dos frutos e evitar perdas pós-colheita, é necessário utilizar tratamentos fitossanitários para o controle das doenças pós-colheita do mamão, citando-se os produtos à base de óleos essenciais de plantas, agentes de controle biológico, hidrotérmico, aplicação de ceras, armazenamento refrigerado, fungicidas, dentre outros (DANTAS *et al.*, 2018; MURAKAMI *et al.*, 2020).

Há muitas décadas, os óleos essenciais extraídos de plantas medicinais têm sido amplamente estudados e utilizados devido às suas propriedades antibacterianas, antioxidante, antifúngicas, inseticidas, cosméticas e medicinais. Indústrias alimentícias, farmacêuticas e cosméticas têm dado uma atenção especial aos óleos essenciais por seu método de extração através de plantas aromáticas e sua variedade de moléculas voláteis, proporcionando-lhe assim características que os tornam úteis como conservantes, antioxidantes e aromatizantes (FERRONATTO; ROSSI, 2018).

Dentre os produtos de origem natural que tem despertado o interesse de empresas que desenvolvem insumos para uso agrícola destaca-se os extraídos da casca de laranja, por ser um coproduto do processamento da fruta e por possuir efeito no controle de fitopatógenos. O óleo essencial extraído da casca da laranja possui 91,4% de D-Limoneno (FERRONATTO; ROSSI, 2018) e está sendo objeto de pesquisa devida a sua comprovada ação bactericidas, inseticidas e fungicidas (GOMES, 2015).

Segundo Cerna-Chávez *et al.* (2019), o D-limoneno possui ação fungicida contra *Rhizoctonia solani*, *F. oxysporum* e *Alternaria solani*, apresentando concentrações inibitórias de 50% da população (IC50), respectivamente, a 2336, 4040 e 1435 ppm. No entanto, ainda são necessários estudos aplicados que avaliem a efetividade de soluções homogêneas de óleo essencial cítrico, na conservação pós-colheita do mamão.

Considerando o efeito antifúngico da D-Limoneno, a hipótese deste trabalho foi que sua aplicação na pós colheita do mamão poderá promover a desinfestação dos frutos, aumentando o tempo de prateleira e mantendo a qualidade dos frutos. Assim, objetivou-se com este trabalho avaliar o efeito de diferentes concentrações da solução homogênea do óleo essencial cítrico contendo D-Limoneno, na desinfestação do mamão na pós colheita, no prolongamento do tempo de prateleira e o seu efeito na qualidade.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os frutos foram colhidos de uma área de cultivo comercial de mamoeiro do Grupo Solo 'THB', localizada no município de Sooretama/ES. A colheita foi realizada quando os frutos estavam no estágio 1, ou seja, até 15% da superfície da casca com coloração amarela (MAPA, 2010; REIS, R.C. *et al.*, 2018). Os frutos foram encaminhados para o tanque de lavagem da *packing house* da Caliman Agrícola SA, situada no mesmo município em Sooretama/ES, sendo lá realizado os tratamentos com a lavagem na esteira automática com escova para uma capacidade de armazenamento de 2200 L de água. Em seguida os frutos foram conduzidos para o Laboratório de Fisiologia Vegetal/Pós-Colheita e de Fitopatologia, localizados na Fazenda Experimental de Linhares, do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão rural (INCAPER).

O experimento foi instalado em esquema fatorial 5 x 2 (5 doses de produto comercial D-limoneno = 0, 3000, 4000, 5000, 6000 ppm; 2 tempos de armazenamento) com um tratamento convencional padrão Fazenda Caliman a base de cloro (20 ppm de cloro) num delineamento experimental em blocos ao acaso com 4 repetições de 5 frutos.

Após a colheita, os frutos foram lavados de acordo com os tratamentos descritos e acondicionados em duas temperaturas diferentes de acordo com a avaliação realizada. Para a avaliação das características físico-químicas os frutos foram armazenados a uma temperatura de $16\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo estes avaliados aos 8 e 11 dias após o armazenamento. Foram avaliados o estágio de maturação dos frutos (MAPA, 2010) no qual as escalas visuais correspondem: 0 - fruto crescido e desenvolvido 100% verde; 1 - fruto amadurecendo com 15% de amarelecimento; 2 - fruto $\frac{1}{4}$ maduro com 15 até 25% da superfície da casca amarelada; 3 - fruto $\frac{1}{2}$ maduro com 25 até 50% da superfície da casca amarelada; 4 - fruto $\frac{3}{4}$ maduro com mais de 50 até 75% da superfície da casca amarelada; e, 5 - fruto maduro com 75 até 100% da superfície da casca amarelada.

Foram avaliadas as seguintes características: perda de massa fresca, determinada pela diferença entre a massa inicial do fruto e aquela obtida ao final de cada tempo de armazenamento, com o auxílio de uma balança de precisão 0,01 g semi-analítica eletrônica modelo Marconi, nº AS5500C; firmeza dos frutos, avaliada com o auxílio do penetrômetro com ponteira de 8 mm de diâmetro por 20 mm de

comprimento, em quatro pontos opostos da região equatorial de cada fruto, modelo IP-90DI, Impac; acidez titulável (AT), avaliada no suco da polpa, obtido da secção mediana do fruto mediante pressão manual e determinada pelo método NaOH a 0,1 M no titulador automático Titrino Plus Metrohm/848, obtendo-se o resultado em % de ácido cítrico; potencial hidrogeniônico (pH), avaliado também no suco da polpa e determinado em um potenciômetro digital, modelo pH lab Metrohm/827; sólidos solúveis totais (SST), avaliado também no suco da polpa e utilizando uma alíquota de 1 mL de suco por meio do refratômetro digital de bancada Schmidt Haensch ATR-BR®, com variação de 0 a 100 °Brix e ratio, obtido pela razão entre SST e ATT.

Para a avaliação da incidência de doenças os frutos foram armazenados a uma temperatura ambiente de aproximadamente 27,7 °C por 7 dias, quando atingiram o estágio de maturação 5. Os frutos foram examinados visualmente e individualmente, identificando se houve presença ou ausência de doenças fúngicas.

As doenças fúngicas foram avaliadas através da observação de sintomas caracterizados por lesões na superfície de formato arredondado, necróticas, manchas pretas ou brancas acinzentadas, com o centro dos tecidos deprimidos, onde são produzidas massas de conídios de coloração marrom ou alaranjada. Foram avaliadas as doenças: antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*), pinta-preta (*Alternaria solani*), mancha de chocolate (*Glomerella cingulata*), podridão pedunculár (*Lasiodiplodia theobromae*, *Phomopsis caricae-papayae*, *Colletotrichum gloeosporioides*, *Botryodiplodia Theobromae*, *Fusarium spp*, *Alternaria alternata*, *Stemphylium lycopersici*, *Mycosphearella sp.*), mancha de *corynespora* (*Corynespora cassicola*), mosaico do mamoeiro (*Papaya Sticky Disease Virus – PSDV*) e podridão preta (*Phoma caricae-papayae*).

Para a avaliação das características físico-químicas dos frutos e da incidência de doenças nos frutos, os dados foram submetidos à análise de variância e posterior teste de Dunnett, para comparar as doses de D-limoneno com tratamento padrão e análise de regressão para ajuste de curvas em função das doses de D-limoneno. Todas as análises foram feitas com auxílio do software R (R CORE TEAM, 2021) usando o pacote *Tratamentos.ad* (AZEVEDO, 2021).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DOS FRUTOS

De acordo com os resultados apresentados, não houve interação significativa entre as doses de D-limoneno e o tempo de armazenamento, para nenhuma das características físico-química avaliadas e nem na comparação das doses com o tratamento padrão conforme pode ser visto na Tabela 1.

Tabela 1 – Média de seis características físico-químicas de frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L. variedade THB) submetidas a diferentes doses de D-Limoneno e tratamento controle com cloro após 8 e 11 dias de armazenamento

D-Limoneno (ppm)	Tempo armazenamento		Tempo armazenamento		Tempo armazenamento	
	8 dias	11 dias	8 dias	11 dias	8 dias	11 dias
	<i>Perda de massa (g)</i>		<i>Firmeza de frutos (N)</i>		Sólidos solúveis (° Brix)	
0	18,21 ^a	32,23A	21,13 ^a	19,26A	10,81 ^a	10,68A
3000	17,61 ^a	30,69A	21,90 ^a	19,10A	10,75 ^a	10,34A
4000	19,63 ^a	34,86A	19,48 ^a	16,85A	10,85 ^a	10,66A
5000	17,29 ^a	27,80A	21,61 ^a	19,24A	10,78 ^a	10,42A
6000	20,98 ^a	29,45A	18,54 ^a	15,94A	10,81 ^a	10,55A
Cloro	19,30 ^a	33,51A	24,21 ^a	19,81A	10,26 ^a	10,12A
CV(%)	18,58	8,33	21,42	9,35	3,21	4,50

D-Limoneno (ppm)	Tempo armazenamento		Tempo armazenamento		Tempo armazenamento	
	8 dias	11 dias	8 dias	11 dias	8 dias	11 dias
	<i>pH</i>		<i>Acidez titulável</i>		<i>Ratio</i>	
0	5,55 ^a	5,55A	0,12 ^a	0,10A	91,23 ^a	107,15A
3000	5,60 ^a	5,64A	0,11 ^a	0,10A	99,68 ^a	103,31A
4000	5,61 ^a	5,63A	0,10 ^a	0,08A	110,70 ^a	130,62A
5000	5,52 ^a	5,62A	0,12 ^a	0,08A	101,05 ^a	132,91A
6000	5,56 ^a	5,61A	0,10 ^a	0,09A	104,84 ^a	121,46A
Cloro	5,40 ^a	5,53A	0,11 ^a	0,08A	92,90 ^a	126,92A
CV(%)	1,86	1,80	17,82	11,76	20,52	11,87

Médias de cada característica para cada dose de D-Limoneno seguidas da letra a, aos oito dias e letra A aos 11 dias de armazenamento não diferem da testemunha – cloro aos 8 e 11 dias de armazenamento, respectivamente, pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

Portanto, estes resultados indicam que as características físico-químicas dos frutos do mamoeiro 'THB' não foram afetadas pelos tratamentos com o D-Limoneno, o que se presume ser favorável.

Comparando-se o tempo de armazenamento de 8 dias com 11 dias, verifica-se que houve um aumento de perda de massa independente das doses de D-Limoneno (Tabela 1 e Figura 1).

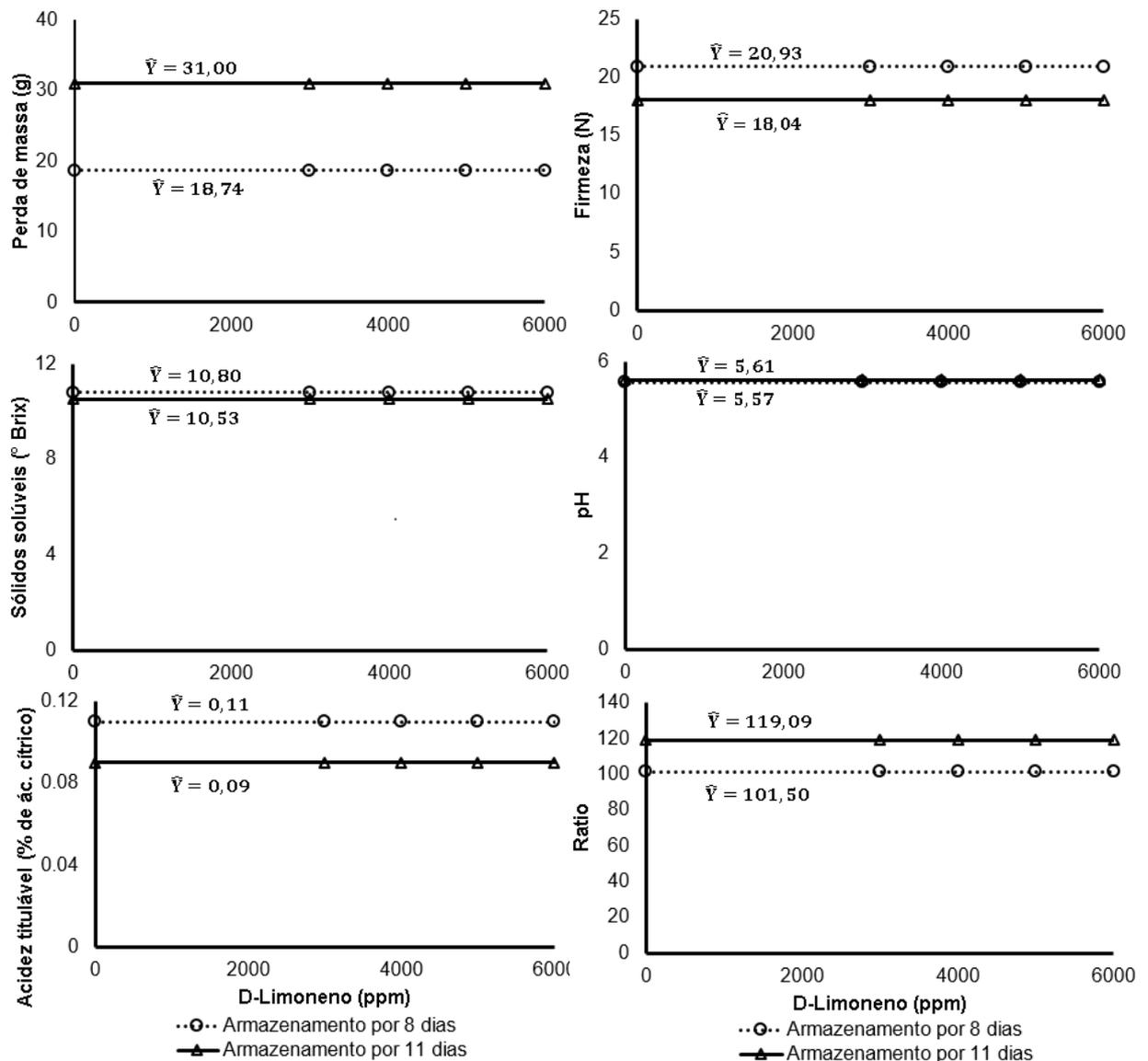


Figura 1 – Média de seis características físico-químicas de frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L. variedade THB) em função de diferentes doses de D-Limoneno após 8 e 11 dias de armazenamento.

A perda de peso nas frutas está associada à taxa de respiração e evaporação da umidade pela epiderme, ou seja, perda de água (DHITAL *et al.*, 2018). Os

resultados obtidos por Lan *et al* (2020), assemelham-se aos obtidos no presente trabalho, os autores avaliaram o efeito D-Limoneno em mangas pós colheita no estudo de preservação, os valores de perda de peso foram mais altos após 10 dias de armazenamento.

A firmeza dos frutos diminuiu com o aumento dos dias de armazenamento, independente do tratamento com o D-Limoneno.

Alterações na firmeza dos frutos têm sido correlacionadas com os processos de amadurecimento. A retenção da firmeza é muito importante para manter a vida de prateleira e determinar o destino de frutas minimamente processadas (NARSAIAH *et al.*, 2014). À medida que a fruta amadurece o etileno ativa enzimas pectinolíticas, onde parte substancial das pectinas da parede celular é convertida para a forma solúvel em água, afetando a textura (YAHIA, 2019).

De acordo com Lan *et al* (2020), firmeza de todas as mangas diminuiu gradativamente durante os 10 dias de armazenamento, independente do D-Limoneno.

Os frutos apresentaram teores de sólidos solúveis totais com pouca variação, independentemente dos dias de armazenamento, apresentando uma reduzida diminuição aos 8 a 11 dias de armazenamento (Tabela 1 e Figura 1).

Embora o mamão seja um fruto climatérico, o aumento do teor de açúcar só é observado enquanto os frutos estão aderidos à planta (RUGGIERO *et al.*, 2011). Os teores de sólidos solúveis totais variam pouco após a colheita, uma vez que esses frutos apresentam baixo teor de amido para serem hidrolisados (DANTAS *et al.*, 2018).

Quanto à qualidade físico-química, conclui-se que as concentrações de D-Limoneno podem ser utilizadas na pós-colheita do mamão por não afetarem a qualidade dos frutos.

3.2 INCIDÊNCIA DE DOENÇA

O resultado da incidência de doenças no mamão (*Carica papaya* L. variedade THB) submetidas a diferentes doses de D-Limoneno pelo teste de Dunnett, em comparação com cloro (testemunha) não houve diferença (Tabela 2). Da mesma forma, ao comparar o cloro com a dose 0 (água), estatisticamente também não teve diferença nesses tratamentos.

Tabela 2 – Incidência de doenças em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L. variedade THB) submetidas a diferentes doses de D-Limoneno e tratamento controle com cloro após sete dias de armazenamento

D-Limoneno (ppm)	Antracnose	Mancha chocolate	Podridão peduncular	Mancha de <i>Corynespora</i>
0	22,50a	5,00a	21,88a	95,00a
3000	10,00a	2,50a	17,50a	80,00a
4000	30,00a	2,50a	22,50a	80,00a
5000	2,78a	15,28a	20,55a	86,95a
6000	17,50a	5,00a	30,00a	100,00a
Cloro	13,06a	2,50a	20,88a	81,95a
CV(%)	72,53	125,32	54,58	17,71

Médias, de incidência de cada doença, para cada dose de D-Limoneno seguidas da letra a, não diferem da testemunha – cloro, pelo teste de Dunnett a 5% de significância.

Este fato pode ser explicado, devido à natureza hidrofóbica e tendência a se degradar em condições oxidativas, o D-Limoneno apresenta um desafio durante sua aplicação devido à fraca dispersão em água, o que limita sua eficácia durante o uso (DHITAL *et al.*, 2018).

No entanto, Samithri *et al.* (2020) relataram resultados contrastantes em relação a diferenciação dos tratamentos, no qual o bioensaio *in vitro* realizado, avaliou a capacidade do D-Limoneno, a 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$ maior concentração causou 94,4% de inibição do crescimento de *Colletotrichum gloeosporioides* (antracnose). Contra o fungo *Lasiodiplodia theobromae* (podridão peduncular), o D-Limoneno inibiu 79,63% na concentração 500 $\mu\text{L L}^{-1}$, enquanto que a 750 $\mu\text{L L}^{-1}$ e 1000 $\mu\text{L L}^{-1}$ causou 85,18% e 100% de inibição do crescimento, respectivamente.

Entretanto, este resultado difere dos dados apresentados em avaliações *in situ*, por inoculação, realizados por Bosquez-Molina *et al.* (2010), no qual o óleo essencial de limão mexicano (D-Limoneno) a 0,14% obteve redução de 50% da infecção da doença por *Colletotrichum gloeosporioides* em comparação com os mamões não tratados que apresentaram 100% de infecção.

Regnier *et al.* (2007) avaliaram frutas de manga em experimentos *in vitro*, o efeito do D-Limoneno na inibição do crescimento radial de *Colletotrichum gloeosporioides* na concentração de 2400 L L^{-1} , indicando atividade fungicida.

Umagiliyage *et al.* (2016) realizou um estudo *in vivo*, demonstrando que o D-Limoneno encapsulado em lipossomas em mirtilos revelou proteção de bagas contra

deterioração durante um longo período de armazenamento (nove semanas) a 4°C. No mesmo estudo, mas avaliando *in vitro*, o D-Limoneno encapsulado em lipossomas apresentou boa estabilidade física e forte atividade antimicrobiana em comparação com o D-Limoneno livre. As bicamadas de fosfolipídios limitam a degradação da atividade do limoneno e retardam a liberação do produto químico no alvo.

A análise de regressão realizada não ajustou curva nenhuma, examina-se então que não houve diferença significativa dos tratamentos, que resultou em médias de incidência de cada doença em comparação com as médias de doses e testemunhas (água e cloro) foram iguais (Tabela 2 e Figura 2). Dessa forma, isto indica que a lavagem com água e cloro demonstrou que não são métodos eficazes de controle de patógenos fúngicos.

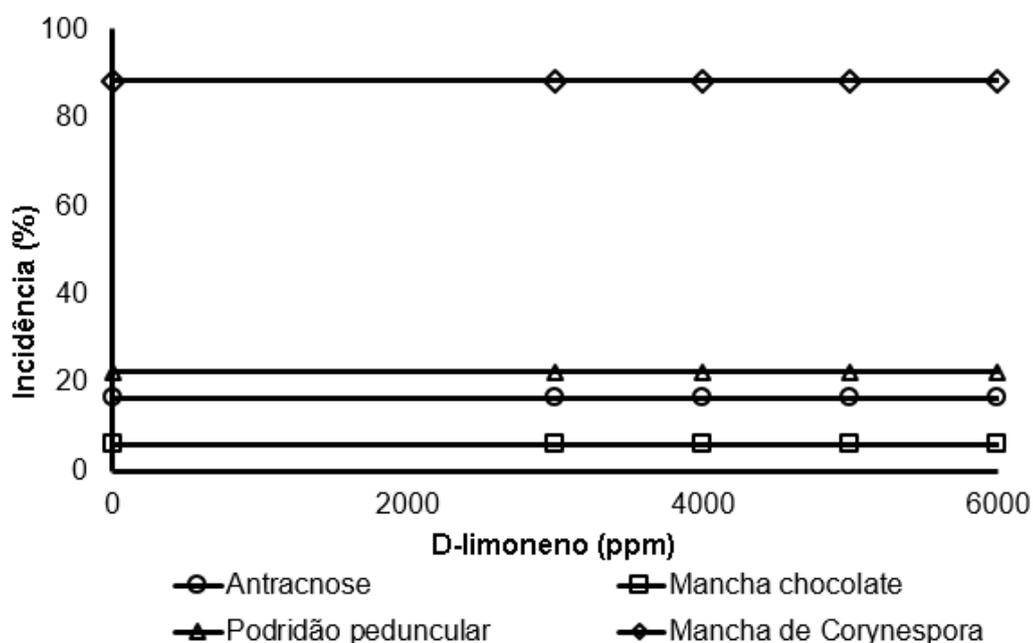


Figura 2 – Incidência de doenças em frutos de mamoeiro (*Carica papaya* L. variedade THB) em função de diferentes doses de D-Limoneno após sete dias de armazenamento.

Em relação a incidência de mancha de *Corynespora* (*Corynespora cassiicola*) observada no gráfico, obteve o valor máximo de média da doença (Figura 2). De acordo com Pereira *et al.* (2021), temperaturas entre 20 °C e 24 °C e alta umidade relativa favorecem a infecção do patógeno fúngico *C. cassiicola*.

No entanto, mesmo que não houve diferença significativa estatisticamente entre as doses e em comparação com o cloro, sobreveio a frequência de doenças no

mamão após 7 dias, sendo assim, os resultados indicaram que a menor dose de D-limoneno 3000 ppm obteve a menor média em porcentagem de incidência em todas as doenças, mostrando ter efeito na inibição de patógenos fúngicos (Tabela 2).

Os achados deste estudo são relevantes no potencial de avaliar o efeito de diferentes concentrações de D-Limoneno, pois o ensaio foi realizado *in loco* numa packing house, buscando comprovar cientificamente na real prática a desinfestação do mamão pós colheita. Portanto, sugere-se que sejam conduzidos estudos de pesquisa básica, com controle do inóculo, para comprovar o efeito sanitizante nos frutos do mamoeiro.

4. CONCLUSÕES

A qualidade físico-química dos frutos do mamoeiro ‘THB’ e a vida útil, expresso pela perda de massa após 8 e 11 dias de armazenamento, não foram afetadas pelos tratamentos com o D-Limoneno, indicando ser uma estratégia viável para aplicação na pós-colheita do mamoeiro.

A incidência de doenças foi baixa e irregular nos frutos utilizados no presente ensaio, o que limitou a verificação do efeito sanitizante do D-limoneno, portanto, sugere-se que sejam efetuados estudos *in vitro* ou em condições controladas com definição exata no inóculo nos frutos.

5. REFERÊNCIAS

AZEVEDO, A.M. Tratamentos.ad: pacote para análise de experimentos com testemunha adicional. 2021. 16p. <https://cran.r-project.org/web/packages/Tratamentos.ad/Tratamentos.ad.pdf>

BOSQUEZ-MOLINA, E. et al. Inhibitory effect of essential oils against *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifer* in stored papaya fruit and their possible application in coatings. **Postharvest Biology and Technology**. México, v. 57, p. 132–137, 2010. Disponível em: [Efeito inibidor de óleos essenciais contra colletotrichum gloeosporioides e estolonifer rhizopus em frutas armazenadas de mamão e sua possível aplicação em revestimentos - ScienceDirect](#). Acesso em: jan. 2022.

CERNA-CHÁVEZ, E. et al. Evaluación *in vitro* de principios activos de origen botánico para el control de hongos fitopatógenos. **Scientia Fungorum**, v. 49, e1245, p. 1-16. 2019. Disponível em: [Avaliação in vitro de ingredientes ativos de origem botânica para o controle de fungos fitopatômicos \(scielo.org.mx\)](#). Acesso: jan. 2021.

COSTA, A.F.S. et al. A cultura do mamoeiro. In: OLIVEIRA, Arlene Maria G., FILHO, Paulo Ernesto M., 1 ed. Brasília, **DF: Embrapa**, 2021. Disponível em: [373-CAPITULO-14-Fisiologia-e-tecnologia-pos-colheita-Fisiologia-e-tecnologia-pos-colheita-CAPITULO-14-Foto-eamanver-iStock.pdf \(researchgate.net\)](#). Acesso em: 1 nov. 2021.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A.B. Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2.ed. Lavras: **UFLA**, p. 786, 2005.

DANTAS, A.M.M. et al. Alternative control of post-harvest diseases in Tainung 1 papaya1. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 48, n. 1, p. 29-35, Jan./Mar. 2018. Available from: <https://doi.org/10.1590/1983-40632018v4850938>. 2018. Disponível em: [SciELO - Brasil - Alternative control of post-harvest diseases in Tainung 1 papaya Alternative control of post-harvest diseases in Tainung 1 papaya](#). Acesso em: 30 nov. 2021.

DHITAL, R. et al. Efficacy of limonene nano coatings on post-harvest shelf life of strawberries. **LWT - Food Science and Technology**. vol. 97, pág. 124-134, novembro de 2018. Disponível em: [Eficácia dos revestimentos nano de limoneno na vida útil pós-colheita dos morangos - ScienceDirect](#). Acesso em: jul. 2021.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2020. **Crops**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 07 jun. 2022.

FERRONATTO, A.N.; ROSSI, R.C. Extração e aplicação do óleo essencial da casca da laranja como um ingrediente natural. **Estudos Tecnológicos em Engenharia. UNISINOS**, São Leopoldo, RS. vol. 12, n. 2, p. 78-93, jul/dez 2018. Disponível em: [[semanticscholar.org](#)]. Acesso em nov. 2020.

FONTES, R.V. et al. Atividade da pectinametilesterase e sua relação com a perda de firmeza da polpa de mamão cv. Sunrise Solo e Tainung 1. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.1, p.054-058, 2008.

GOMES, M.S. **Caracterização química e atividade antifúngica dos óleos essenciais de cinco espécies do gênero Citrus**. Lavras, MG. Tese de doutorado. Universidade Federal de Lavras, 99p. 2015.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola. Cidades. Lavoura permanente. 2020. Acesso em: março 2021.

UMAGILYAGEA, A.L. et al. Antimicrobial efficacy of liposomes containing D-limonene and its effect on the storage life of blueberries. **Postharvest Biology and Technology**. vol. 128, páginas 130-137, junho de 2017. Disponível em: [Eficácia antimicrobiana de lipossomos contendo d-limoneno e seu efeito na vida útil do armazenamento de mirtilos - ScienceDirect](#) Acesso em: mar. 2021.

LAN, W. et al. Developing poly(vinyl alcohol)/chitosan films incorporate with D-limonene: Study of structural, antibacterial, and fruit preservation properties. **International Journal of Biological Macromolecules**. vol 145, pág. 722-732, fev 2020. Disponível em: [Desenvolvimento de filmes poli \(álcool vinil\)/chitosan](#)

[incorporam-se com d-limoneno: Estudo de propriedades estruturais, antibacterianas e preservação de frutas - ScienceDirect](#). Acesso em: jan. 2022.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa 4/2010**: Regulamento Técnico do Mamão. Brasília, DF: MAPA, 25 jan. 2010.

MURAKAMI, K. et al. Effect of the environment and use of alternative products in the post-harvest of papaya. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, 2020, v. 42, n. 3. Abril, 2020. Disponível em: [SciELO - Brasil - Effect of the environment and use of alternative products in the post-harvest of papaya Effect of the environment and use of alternative products in the post-harvest of papaya](#). Acesso em: Jul. 2021.

NARSAIAH, K. et al. Effect of bacteriocin-incorporated alginate coating on shelf-life of minimally processed papaya (*Carica papaya* L.). **Postharvest Biology and Technology** 100 (2014) 212–218. Disponível em: [Efeito do revestimento de alginato incorporado à bacteriocina na vida útil do mamão minimamente processado \(Carica papaya L.\) - ScienceDirect](#). Acesso em:

PEREIRA, M.EC. et al. Colheita, pós-colheita e valoração de frutos. In: OLIVEIRA, Arlene Maria G., FILHO, Paulo Ernesto M. A cultura do mamoeiro. 1 ed. Brasília, DF: **Embrapa**, 2021. Disponível em: [373-CAPITULO-14-Fisiologia-e-tecnologia-pos-colheita-Fisiologia-e-tecnologia-pos-colheita-CAPITULO-14-Foto-eamanver-iStock.pdf \(researchgate.net\)](#). Acesso em: 1 nov. 2021.

R CORE TEAM (2021). R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>, Acesso: 13 de fevereiro de 2021.

REGNIER, T. et al. Fungitoxicity of *Lippia scaberrima* essential oil and selected terpenoid components on two mango postharvest spoilage pathogens. **Postharvest Biology and Technology** n.48, p.254–258, 2008. Disponível em: [Fungitoxicidade do óleo essencial lippia scaberrima e componentes terpenóides selecionados em dois patógenos pós-colmulação de manga - ScienceDirect](#). Acesso em: jan. 2022.

REIS, H.F. Conservação pós-colheita de mamão formosa (*carica papaya* L.) E controle alternativo in vitro e in vivo de *colletotrichum gloeosporioides*. 2014. Tese (Doutorado em Agronomia) – **Universidade Federal da Grande Dourados**, Mato Grosso do Sul, 2014.

REIS, R.C. et al. Aceitação sensorial e estabilidade do mamão desidratado enriquecido com frutooligossacarídeo. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento** 97. Cruz das Almas, BA: Embrapa Mandioca e Fruticultura, n.97, p. 7-20, dez. 2018. Disponível em: [BOLETIM-97-Ronielli-AINFO.pdf \(embrapa.br\)](#). Acesso em: dez 2020.

RUGGIERO, C. et al. Mamão, uma história de sucesso. **Revista Brasileira de Fruticultura**, volume 33, p. 76-82, out. 2011.

SAMITHRI, Y.A.S. et al. In vitro study of selected essential oils against *Colletotrichum* sp. and *Lasiodiplodia* sp. causing postharvest diseases in papaya. **Ceylon Journal of Science**. V. 49. Sri Lanka, p. 389-396. 2020. (Special Issue).

YAHIA, E.M. Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables. In: YAHIA, E.M. (Editor). **Autonomous University of Queretaro**. Culiacán, México. p. 1-21. 2019. Disponível em: [Postharvest Physiology and Biochemistry of Fruits and Vegetables - Google Livros](#). Acesso: 15 dez 2021.

6. APÊNDICE

Fotografias ilustrando as etapas do experimento, evidenciando a colheita dos frutos da fazenda parceira da Caliman (A), imersão dos frutos na lavadora industrial na presença de água – 1ª etapa (B), solução de D-Limoneno inserido no tanque com água (C e D), o equipamento utilizado na *packing house* (E), imersão dos frutos na presença de D-Limoneno (F), processo de desinfestação dos frutos no tanque industrial com a equipe envolvida (G e H), frutos pós lavagem acondicionados em caixas coletoras (I) e separados por tratamentos diferenciados (J).



Fotografias ilustrando as etapas do experimento, evidenciando a armazenagem na câmara fria (A e B), os equipamentos utilizados, a equipe envolvida nesta atividade e as avaliações de qualidade físico-química (C - J).



Fotografias ilustrando as etapas do experimento, evidenciando a etapa de identificação de acordo com o número, repetição e tratamento de cada mamão (A e B), armazenamento nas prateleiras de aço (C e D), e avaliações da incidência de doenças pela especialista em fitopatologia do Incaper – Linhares – ES (E e F).

