

PROTEÇÃO DE PLANTAS**Efeito do Tratamento Hidrotérmico de Mangas na Mortalidade de Larvas de *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae)**

MARCELO DA C. MENDONÇA¹, ANTONIO S. NASCIMENTO¹, RANULFO C. CALDAS¹
E CARLOS A. PEREIRA FILHO²

¹Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical, Caixa postal 007, 4
4380-000, Cruz das Almas, BA.

²Deptº de Economia, Universidade Federal da Bahia, Escola de
Agronomia, 44380-000, Cruz das Almas, BA.

An. Soc. Entomol. Brasil 29(1): 139-145 (2000)

Effect of Hydrothermal Treatment of Mango Fruits on Larval
Mortality of *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae)

ABSTRACT- Mango fruits of 'Keitt', 'Tommy Atkins' and 'Haden' cultivars, infested with larvae of the Mediterranean fly *Ceratitis capitata* (Wied.), were submitted to hydrothermal treatment at 46.1°C. The fruits were classified in two weight ranks, 450g to 650g and 651g to 800g, kept in the water for 75 and 90 minutes, respectively. The number of dead larvae was obtained from 75% of the infested fruits. The 25% remaining fruits were kept as control. Larval mortality was observed to be 100% in the fruits infested with first and second instar larvae. Four and three adults survived in the fruits which were infested with larvae of the third stadium, and weighted above 540g and 730g, in the immersion periods of 75 and 90 minutes, respectively.

KEY WORDS: Insecta, fruit flies, safety quarantine, probit analysis, *Mangifera indica*.

RESUMO - Mangas das cultivares 'Keitt', 'Tommy Atkins' e 'Haden', infestadas por larvas de mosca do mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wied.), foram submetidas ao tratamento hidrotérmico a 46,1°C. Os frutos foram divididos em duas faixas de peso, de 450 a 650g e de 651 a 800g, tratados por um período de 75 e 90 minutos, respectivamente. Do total dos frutos infestados e imersos em água quente, 75% foram avaliados visando quantificar o total de larvas mortas, os 25% restantes foram mantidos como controle. Nos frutos infestados por larvas de 1º e 2º estágio, a mortalidade foi de 100%. Nos testes com larvas de 3º estágio houve sobrevivência de quatro e três adultos em frutos com pesos acima de 540g e de 730g nos tempos de imersão de 75 e 90 minutos, respectivamente.

PALAVRAS CHAVES: Insecta, moscas-das-frutas, segurança quarentenária, análise de probit, *Mangifera indica*.

Em todo o mundo, os prejuízos causados pelas moscas-das-frutas refletem-se principalmente no mercado de exportação de frutas *in natura*. A exportação da manga brasileira para os EUA requer tratamento pós-colheita, visando ao controle de espécies quarentenárias dessa fruta. A imposição de barreiras fitossanitárias torna o tratamento hidrotérmico, de desinfestação de frutos na pós-colheita, vitalmente importante para assegurar o comércio agrícola internacional.

O conceito de tratamento quarentenário contra moscas-das-frutas baseia-se em procedimentos desenvolvidos por Baker (1939). O objetivo desse procedimento é alcançar a mortalidade de larvas de moscas-das-frutas de 99,9968% (probit 9). Em termos quarentenários, isso equivale à sobrevivência de aproximadamente três adultos em uma população inicial de 100.000 insetos.

O tratamento hidrotérmico de manga consiste na imersão dos frutos em água aquecida a 46,1°C, por um tempo de 75 minutos para frutos com pesos até 425g e de 90 minutos para frutos de 426g até 650g (Nascimento *et al.* 1992). Os tratamentos quarentenários baseados em calor para controlar moscas-das-frutas em manga e mamão têm sido desenvolvidos como alternativa para o uso do brometo de etileno (Sharp & Spalding 1984, Sharp 1986, Couye & Hayes 1986, Armstrong *et al.* 1989).

Vários tratamentos, com imersão de frutos de manga em água quente, foram utilizados para o controle de estágios imaturos de moscas-das-frutas: Sharp (1989), para moscas-das-frutas do Caribe; Sharp *et al.* (1988) e Segarra-Carmona *et al.* (1990), para moscas-das-frutas oriental e Sharp *et al.* (1986), para *Anastrepha suspensa* (Loew).

No Brasil, desde a década de 90, o tratamento hidrotérmico vem sendo utilizado para desinfestação pós-colheita de frutas, objetivando o controle das espécies quarentenárias: *Anastrepha obliqua* (Macquart), *A. fraterculus* (Wied.) e *Ceratitis capitata* (Wied.), atendendo às exigências quarentenárias do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA)

(Nascimento *et al.* 1992).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a metodologia empregada no tratamento hidrotérmico de manga, determinando a porcentagem de mortalidade de larvas de moscas-das-frutas através da análise de Probit, visando a elevar a faixa de peso dos frutos tratados com água a 75°C a valores superiores àqueles até então aprovados pelo USDA.

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Entomologia da Embrapa Mandioca e Fruticultura em Cruz das Almas - Bahia, durante o ano de 1996. Nos experimentos de infestação forçada utilizaram-se colônias da mosca do mediterrâneo, *C. capitata*, mantidas em salas de criação a temperatura de 25±1°C, umidade relativa do ar de 65±5% e fotofase de 14 horas.

Foram submetidos à infestação forçada, 130 lotes contendo 50 a 70 frutos das cultivares 'Tommy Atkins', 'Keitt' e 'Haden', por um período de 12 a 24 horas, em gaiolas de criação (1m x 0,9m x 0,45m), contendo cerca de 8.000 casais de *C. capitata* sexualmente maduras (13 a 15 dias após a emergência dos adultos). Após a infestação, os frutos foram mantidos a temperatura de 25±1°C e umidade relativa de 70±10%, por três, cinco e sete dias, dependendo do estágio larval (1º, 2º ou 3º, respectivamente) a ser tratado.

O tratamento hidrotérmico dos frutos foi realizado em um sistema piloto, constituído por dois tanques de cimento amianto com capacidade de 1000 l e 500 l de água. Para o aquecimento da água, utilizou-se uma resistência trifásica, controlando-se a temperatura com termostato conectado a um sensor. Uma bomba centrífuga de 1,5 cv foi utilizada para manter constante a circulação da água no interior do tanque de submersão.

Foram realizados 143 testes, nos quais utilizaram-se 6.584 frutos infestados por *C. capitata*. Os frutos foram separados em dois lotes: 75% dos frutos infestados foram submetidos ao tratamento hidrotérmico, e os

25% restantes foram mantidos como controle. Após serem pesados individualmente, os frutos foram separados por cultivar e faixa de peso. Em seguida foram submetidos ao tratamento hidrotérmico por um período de 75 minutos para frutos com pesos entre 450g e 650g e por 90 minutos para frutos com pesos superior a 650g até 800g, para as cultivares 'Tommy Atkins', 'Keitt' e 'Haden'.

Em caixas plásticas vazadas, os frutos foram submersos em água à temperatura de $46,1 \pm 0,5^\circ\text{C}$ e mantidos a 15 cm de profundidade da superfície da água. Um termômetro digital, Cole-Palmer de varredura, foi utilizado para o monitoramento da temperatura por meio de cinco sensores (três no interior dos frutos, penetrando até a semente; um na água e um no ambiente), onde os resultados foram registrados e impressos, em intervalos de cinco minutos.

Ao final de cada teste, os frutos foram armazenados individualmente em potes plásticos, (15cm x 13cm), contendo vermiculita como substrato para empupação das larvas. As avaliações foram realizadas após 15 dias, peneirando-se a vermiculita e efetuando-se a contagem das pupas.

Para os testes com sobrevivência de larvas, os resultados foram submetidos à análise de Probit, com o auxílio do programa SAS (SAS Institute, 1994).

Resultados e Discussão

Estimou-se um total de 184.182 larvas de *C. capitata* (nos três estádios) mortas num total de 3.727 frutos infestados (peso médio= $555,38\text{g} \pm 52,38\text{g}$), para frutos tratados por 75 minutos. Para o tratamento por 90 minutos, estimou-se um total de 169.755 larvas mortas de 2.857 mangas (peso médio= $713,59\text{g} \pm 52,20$).

Larvas de 1º e 2º estádios – Para os 1º e 2º estádios, não houve sobrevivência de larvas nos frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico, nos dois tempos de imersão estudados. Dos “frutos controle” foram obtidas 36.274 pupas, estimando-se a

mortalidade de 108.451 larvas nos frutos tratados (Tabela 1).

Larvas de 3º estádio - Estimou-se em 157.884 o número de larvas mortas, no 3º estádio, para os dois tempos de tratamento hidrotérmico. Na Tabela 1, encontra-se o número de adultos que sobreviveram ao tratamento hidrotérmico; 4 e 3 adultos nos frutos tratados por 75 e 90 minutos em mangas com pesos acima de 540 e 730g, respectivamente. As larvas em 3º estádio apresentam maior resistência ao tratamento hidrotérmico quando comparadas com larvas de 1º e 2º estádio, talvez por aprofundarem-se mais na polpa dos frutos em direção à semente dificultando a ação do calor (Sharp *et al.* 1988; Jang & Chan, 1993). A Tabela 2 apresenta o resultado da análise de Probit.

A Fig. 1 mostra o probit observado (originário do cálculo entre o número de larvas submetidas ao tratamento hidrotérmico e a sobrevivência destas após o tratamento) e o estimado (99,995%) pelo modelo. Nos frutos com pesos entre 450 a 500g e 651 a 700g obteve-se um nível de segurança de 100%, superior ao probit 9 (99,9968%) nos dois tempos de tratamento. Para os demais intervalos de peso, o nível de segurança foi de 99,987% e 99,974%. O probit estimado pelo modelo estatístico para todos os intervalos de peso foi de 99,995%, próximo do probit 9 (99,9968%) exigido pelo USDA com base em Baker (1939). Os testes de qualidade do modelo apresentou o χ^2 de Pearson igual a 14,97, significativo ao nível de 1%.

O nível de exigência de 99,9968% de mortalidade para estádios imaturos de moscas-das-frutas em mangas submetidas ao tratamento hidrotérmico, baseia-se no pressuposto de que a infestação dos frutos a serem tratados é extremamente alta, o que não é verdadeiro, especialmente quando se trata de frutas produzidas nas áreas irrigadas do Semi-Árido do Nordeste Brasileiro, conforme demonstrado por Haji *et al.* (1991). Landolt *et al.* (1984) discutiram o uso do Probit 9 como critério quarentenário e concluíram que adotar este índice equivale a assumir que os

Tabela 1. Número de larvas mortas do 1º, 2º e 3º estágio de moscas-das-frutas da espécie *C. capitata*, em frutos de mangas tratados por 75 e 90 minutos em água a 46,1°C.

Estádio	Tempo (minutos)	Número de frutos		Sobrevivência				**N.º de larvas mortas Frutos tratados
		tratados	controle	Frutos tratados		*Frutos controle		
				n.º pupas	n.º adultos	n.º pupas	n.º pupas	
1º	75	432	162	594	0	0	8.041	21.442
2º	75	1.130	348	1.478	0	0	12.042	39.101
3º	75	1.246	409	1.655	5	4	25.592	77.964
1º	90	516	175	691	0	0	8.060	23.765
2º	90	484	163	647	0	0	8.131	24.143
3º	90	1.149	370	1.519	3	3	25.736	79.920
Total		4.957	1.627	6.584				266.335

* Número de pupas obtidas dos frutos controle (não submetidos ao tratamento hidrotérmico).

** Estimativa do número de larvas mortas nos frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico.

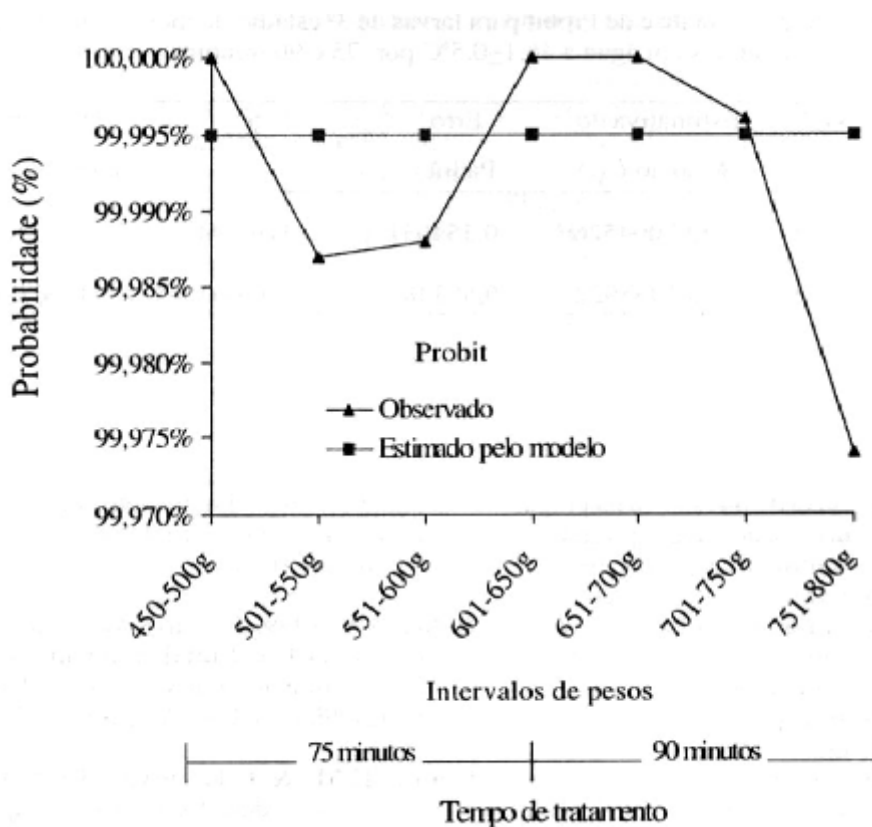


Figura 1. Resultado da análise de Probit, para frutos com pesos variando de 450-800g, infestados por larvas de 3º estágio e tratados em água a $46,1 \pm 0,5^\circ\text{C}$ por 75 e 90 minutos.

frutos a serem tratados apresentam 100% de infestação. Esses autores demonstraram que o risco de uma espécie exótica de moscas-das-frutas ser introduzida em outro país via fruto infestado deve ser baseado na probabilidade de um casal da praga sobreviver ao tratamento, embarque, transporte e que ainda tenha a possibilidade de se reproduzir no local de destino do fruto.

Outro questionamento sobre o uso do Probit 9 como critério de segurança quarentenária é o de que as curvas de mortalidade de larvas não são logarítmicas nas temperaturas para o tratamento de frutos ($46,0^\circ\text{C}$). Jang & Chan (1993), em estudos

de cinética da morte térmica de moscas-das-frutas, determinaram que os insetos não seguiram a função denominada de logarítmica de morte, ocorrendo a morte em uma taxa constante. Essas discussões indicam que curvas de mortalidade com características não-lineares parecem mais apropriadas para descrever a mortalidade térmica em insetos. Os autores concluem que a integração da morte dos insetos pelo calor com a difusão térmica dos frutos e a qualidade dos mesmos, após os tratamentos, com o propósito de modelar tratamentos baseados em calor é complexa.

Historicamente, o Probit 9 foi aplicado

Tabela 2. Resultado da análise de Probit para larvas de 3ª estágio de moscas-das-frutas da espécie *C. capitata*, mantidas em água a $46,1 \pm 0,5^\circ\text{C}$ por 75 e 90 minutos.

Parâmetros	G. L.	Estimativa do Modelo (\hat{y})	Erro Padrão	χ^2	Nível de significância
Intercepto (β_0)	1	3,87004526	0,354031	119,4946	0,0001***
Log 10 (β_1)	1	0,02435922	0,593488	0,001685	0,9673ns

*** $\alpha \leq 0,01$

sem considerar a taxa de infestação da praga, sua sobrevivência e capacidade reprodutiva, bem como, os efeitos da colheita, processamento e distribuição dos frutos e a capacidade da praga em sobreviver e se estabelecer. Além disso, não são feitas considerações sobre as condições de embalagem, de transporte ou da época de transporte dos frutos.

A possibilidade de elevar o peso dos frutos em relação aos valores aprovados pelo USDA, e praticados pelos exportadores brasileiros de manga, viabilizará a exportação de maior quantidade de frutos para o produtor/exportador (cerca de 30%), impedidos de serem exportados por não atingirem os pesos adequados para o tratamento hidrotérmico, além, de reduzir as perdas por danos causados nos tratamentos com frutos menores. Os resultados obtidos nesta pesquisa foram transformados em relatório e apresentados ao Ministério da Agricultura do Brasil que em uma atuação diplomática junto ao governo japonês visa a aprovação desta técnica, já aprovada pelo governo norte-americano, ampliando o comércio de exportação da manga brasileira.

Literatura Citada

- Armstrong, J.W., J.D. Hansen, B.K.S. Hu & S.A. Brown. 1989.** High-temperature, forced-air quarantine treatment for papayas infested with tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae). *J. Econ. Entomol.* 82: 1667 - 1674.
- Baker, A.C. 1939.** The basis for treatment of products where fruit flies are involved as a condition for entry into the United States. Florida, USDA.; Circ. n° 551, 8p.
- Couey, H.M. & C.F. Hayes. 1986.** Quarantine procedure for Hawaiian papayas using fruit selection and a two-stage hot-water immersion. *J. Econ. Entomol.* 79: 1307 - 1314.
- Haji, F.N.P., A.S. Nascimento, R.S. de Carvalho & C. de C. Coutinho. 1991.** Ocorrência e índice de infestação de moscas-das-frutas (Tephritidae) na região do Submédio São Francisco. *Rev. Bras. de Frut.*, 13: 204 - 209.
- Jang, E.B., H.T. Chan. 1993.** Thermal death kinetics: Importance in development of heat-based quarantine treatments. In: Aluja, M., P. Liedo. (ed.), *Fruit flies: biology and management*. New York, Springer-Verlag, p. 345-351.
- Landolt, P.J., D.L. Chambers & V. Chew. 1984.** Alternative to the use of probit 9 mortality as a criterion for quarantine treatments of fruit fly (Diptera:

Tephritidae) infested fruit. J. Econ. Entomol. 77: 285-287.

Nascimento, A.S., A. Malavasi & J.S. Morgante, A.L.A. Duarte. 1992. Hot-water immersion treatment for mangoes infested with *Anastrepha fraterculus*, *A. obliqua* and *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Brazil. J. Econ. Entomol. 85: 456-460.

SAS Institute. 1994. SAS/STAT user's guide: statistics. 4^o ed. SAS Institute, 1: 1325 - 1350.

Segarra-Carmona, A.E., R.A. Franqui, L.V. Ramirez-Ramos, L.R. Santiago & C.N. Torres-Rivera. 1990. Hot water dip treatments to destroy *Anastrepha obliqua* larvae (Diptera:Tephritidae) in mangoes from Puerto Rico. J. of the Agric. Univ. Puerto Rico 74: 441-447.

Sharp, J.L. 1986. Hot-water treatment for control of *Anastrepha suspensa* in mangos. J. Econ. Entomol. 79: 706 - 708.

Sharp, J.L. & D.H. Spalding. 1984. Hot-water as a quarentine treatment for Florida mangos infested with Caribbean fruit fly. Porc. Flor. State Hort. Soc., 97: 335-337.

Sharp, J.L., M.T. Ouye, R. Thalman, W. Hart, S. Ingle & V. Chew. 1988. Submersion of "Francis" mangoes in hot water as a quarantine treatment for heated West Indian fruit fly and Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol., 81: 1431-1436.

Sharp, J.L. 1989. Immersion of Florida mangos in hot water as a quarantine treatment for caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 82: 186-188.

Recebido em 26/10/98. Aceito em 10/02/2000.
