

**INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES**

**Autarquia associada à Universidade de São Paulo**

**EFEITOS DAS ONDAS ACÚSTICAS EM PUPAS DE *Ceratitis capitata*.**

**(Wied., 1824) (Diptera: Tephritidae)**

**ADILSON CAMILO DE BARROS**

Tese apresentada como parte dos requisitos  
para obtenção do grau de Doutor em Ciências  
na Área de Tecnologia Nuclear – Aplicações

Orientador:

Prof. Dr. Valter Arthur

**São Paulo**

**2007**

## DEDICATÓRIAS

### À minha família

Meu pai: **João de Barros**, que iniciou minha biblioteca pessoal, presenteando-me ainda quando criança com a primeira coleção de livros.

Minha mãe: **Neuza Correia de Barros**, que incentivou meus estudos de Física mesmo sem saber exatamente o que era isso.

Meu irmão: **Adimilson de Barros**, que também tornou-se professor e fez a revisão do inglês de vários trabalhos que publiquei no exterior e também do SUMMARY desta tese.

Minha avó: **Otilia Benzi**, que mesmo com cem anos de idade e saindo de uma internação hospitalar bastante debilitada perguntou-me: Daqui a dois dias será a sua defesa de doutorado, não é ?

Aos professores da rede pública do Estado de São Paulo que suportam um fardo pesado, pois sobre eles pesa a culpa de serem os responsáveis pelo pior sistema educacional do mundo, quando na verdade a culpa é de políticos e empresários inescrupulosos que estão enriquecendo com o sucateamento da escola pública. Nenhum país se torna 1º mundo com sistema educacional de 3º mundo.

## AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador prof. Dr. Valter Arthur pela paciência e credibilidade depositadas em mim, como também por todo o suporte acadêmico prestado.

Ao pesquisador João Justi Jr. do Instituto Biológico, por ajudar de todas as maneiras possíveis na realização dos trabalhos práticos.

Ao físico e fotógrafo Sérgio Vianna do Instituto Biológico, pela realização das fotos dos meus primeiros experimentos (*In memoriam*).

Ao pesquisador Adalton Raga do Instituto Biológico de Campinas, pela colaboração em prover sistematicamente os lotes da dieta inoculada com ovos de *Ceratitidis capitata*.

Ao prof. Elie Aziz Chamoun, pelo empréstimo do decibelímetro.

Ao prof. Dr. Sérgio Oliveira Moraes do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ - USP, pelo empréstimo do gerador de áudio e pela participação na banca do seminário geral de área e da defesa.

Aos técnicos Elizabeth S. R. Somessari e Carlos G. da Silveira do Centro de Tecnologia das Radiações do IPEN, pela boa vontade e simpatia em todas as vezes que foram necessárias as irradiações dos insetos.

Aos bibliotecários do IPEN: Eneida, Edna e Valdir pelo constante apoio, paciência e bom humor.

À Secretaria Estadual de Educação de São Paulo, pelo apoio financeiro.

Às secretárias da Divisão de Ensino do IPEN: Ilze, Ana, Vera e Maria do Rosário, sempre muito atenciosas e prestativas.

“ Estamos em uma fase mais avançada da humanidade, na qual a riqueza do nosso tempo é a interface dos saberes. Temos que fazer a troca dos saberes para enriquecer o nosso acesso ao real. Sabedoria é poder saborear todos os saberes ”.

Leonardo Boff - filósofo

EFEITOS DAS ONDAS ACÚSTICAS EM PUPAS DE *Ceratitis capitata*. (Wied., 1824) (Diptera: Tephritidae)

ADILSON CAMILO DE BARROS

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo investigar a hipótese de que as ondas acústicas provocam algum efeito mensurável no desenvolvimento de uma população de moscas das frutas, tratamento denominado sonicação. A radiação ionizante, que é o agente físico causal do tratamento denominado irradiação, foi utilizada como referência pois seus efeitos sobre os seres vivos e em especial sobre os insetos são amplamente conhecidos. Uma etapa da pesquisa verifica possíveis efeitos de interação entre ondas acústicas e raios gama. Os experimentos de sonicação foram realizados no laboratório de Entomologia do Instituto Biológico de São Paulo. Os experimentos de irradiação foram realizados no Centro de Tecnologia das Radiações do IPEN, situado no campus da USP em São Paulo. Foi utilizada a fonte Gammacell modelo 220, com atividade média de  $3757,069 \pm 293,484$  curies (Ci) e taxa de dose média de  $3,106 \pm 0,245$  quilograys por hora (kGy/h). Os níveis do tratamento sonicação aplicados, em hertz e quilohertz, foram 0 Hz (controle) ; 5,0 Hz ; 10,0 Hz ; 20,0 Hz ; 40,0 Hz ; 60,0 Hz ; 80,0 Hz ; 1,0 kHz ; 2,0 kHz ; 10,0 kHz ; 15,0 kHz e 20,0 kHz ; Os níveis do tratamento irradiação, aplicados em grays foram: 5,0 Gy ; 7,5 Gy ; 10,0 Gy ; 12,5 Gy ; 15 Gy ; 50 Gy ; 100 Gy ; 150 Gy e 200 Gy. Foi utilizado um tubo acústico de vidro com dimensões de 40,6 cm de comprimento por 9,1 cm de diâmetro e ondas senoidais com respostas em decibéis, de intensidade sonora de  $93,60 \pm 1,51$  dB até  $123,96 \pm 0,23$  dB. Os resultados mostraram que há evidências para rejeitarmos a hipótese de nulidade  $H_0$ , de que as médias dos tratamentos devido as ondas acústicas não diferem significativamente.

EFFECTS OF ACOUSTIC WAVES ON PUPES OF *Ceratitis capitata*.  
(Wied., 1824) (Diptera: Tephritidae)

ADILSON CAMILO DE BARROS

SUMMARY

The aim of this research has been to investigate the hypothesis that acoustic waves would provoke a measurable effect on a population of fruit flies, a treatment denominated sonication. Ionizing radiation, the causative agent for the treatment designated by irradiation has been used as a reference, as long as its effects on living beings and particularly on insects are widely known. This research also enquires into the possible effects of acoustic waves and Gamma rays. The experiments of sonication were carried out in the Laboratory of Entomology of the Instituto Biológico de São Paulo. The experiments of radiation were carried out in the Centro de Tecnologia das Radiações - IPEN, located within the campus of the University of São Paulo. It has been employed a Gammacell source model 220 with average activity of  $757.069 \pm 293.484$  curies (Ci) and an average dose rate of  $3.106 \pm 0.245$  kilograys per hour (kGy/h). Levels applied to the sonication treatment, in hertz and kilohertz were: 0 Hz (control) ; 5.0 Hz ; 10.0 Hz ; 20.0 Hz ; 40.0 Hz ; 60.0 Hz ; 80.0 Hz ; 1.0 kHz ; 2.0 kHz ; 10.0 kHz ; 15.0 kHz e 20.0 kHz . Irradiation dose applied in Grays were: 5.0 Gy ; 7.5 Gy ; 10.0 Gy ; 12.5 Gy ; 15 Gy ; 50 Gy ; 100 Gy ; 150 Gy and 200 Gy. It has been used an acoustic tube made of glass - 40.6 cm in length and 9.1cm in diameter - and sinusoidal waves originated from three acoustic sources, with response in decibels, which sound intensity varied from  $93.60 \pm 1.51$  dB to  $123.96 \pm 0.23$  dB. Final results have pointed to evidences that would justify the rejection of null hypothesis  $H_0$ , to which the average of the treatments due to acoustic waves do not differ significantly from each other.

## SUMÁRIO

	Página
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivos do trabalho .....	2
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>2</b>
2.1 Radiações ionizantes e seus efeitos biológicos.....	2
2.2 Ondas acústicas e seus efeitos biológicos.....	5
2.3 Aspectos biológicos do inseto <i>Ceratitis capitata</i> .....	9
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>12</b>
3.1 Descrição das instalações físicas e equipamentos utilizados.....	12
3.2 Análise estatística dos dados.....	19
3.2.1 Análise de variância .....	19
3.2.1.1 Quadro da análise de variância .....	22
3.2.2 Teste F .....	22
3.2.3 Teste de Tukey .....	23
3.2.4 Distribuição de Poisson .....	24
3.2.5 Delineamento experimental e modelo matemático .....	24
3.2.6 Análise de Próbites .....	25
3.3 Material experimental utilizado.....	27
3.3.1 Composição da dieta artificial .....	27
3.4 Experimentos com ondas acústicas.....	28
3.4.1 Esquema da montagem experimental para os tratamentos com ondas acústicas .....	28
3.4.2 Aplicação dos tratamentos.....	29
3.4.3 Sintaxe de programação no SAS da análise de variância do parâmetro “emergência de adultos perfeitos” .....	35
3.4.4 Sintaxe de programação no SAS do teste de Tukey para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos” .....	37
3.4.5 Sintaxe de programação no SAS da análise de próbites do parâmetro “emergência de adultos perfeitos”.....	37
3.4.6 Sintaxe de programação no SAS da análise de variância do parâmetro “morte prematura”.....	39
3.4.7 Sintaxe de programação no SAS do teste de Tukey para o parâmetro “morte prematura”.....	41

3.4.8	Sintaxe de programação no SAS da análise de variância do parâmetro “má formação”.....	41
3.4.9	Sintaxe de programação no SAS do teste de Tukey para o parâmetro “má formação”.....	43
3.4.10	Análise do parâmetro “sexo”.....	44
3.5	Experimentos com raios gama .....	45
3.5.1	Sintaxe de programação no SAS da análise de próbites do parâmetro “emergência de adultos perfeitos”.....	45
3.6	Experimentos de interação: ondas acústicas e raios gama.....	46
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>48</b>
4.1	Experimentos com ondas acústicas .....	48
4.1.1	Resultados da análise de variância no SAS para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos”.....	48
4.1.2	Resultados da análise do teste de Tukey no SAS para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos”.....	59
4.1.3	Resultados da análise de próbites no SAS para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos .....	61
4.1.4	Resultados da análise de variância no SAS para o parâmetro “morte prematura”.....	67
4.1.5	Resultados da análise do teste de Tukey no SAS para o parâmetro “morte prematura” .....	74
4.1.6	Resultados da análise de variância no SAS para o parâmetro “má formação”.....	76
4.1.7	Resultados da análise do teste de Tukey no SAS para o parâmetro “má formação”.....	83
4.1.8	Resultados da análise de dados do parâmetro “sexo”.....	84
4.2	Resultados dos experimentos com raios gama .....	85
4.3	Resultados dos experimentos de interação: ondas acústicas e raios gama.....	92
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>100</b>
<b>6.</b>	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>	<b>101</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>102</b>