1. INTRODUÇÃO

Este trabalho pretendeu investigar possíveis efeitos das ondas acústicas sobre o desenvolvimento de uma das fases do ciclo evolutivo do inseto *Ceratitis capitata* (Wied., 1824) (Diptera: Tephritidae). Não se trata de um estudo sobre os ultra-sons, cujo mecanismo de interação com as células e tecidos já é bem conhecido devido às suas aplicações médicas. Também não se trata de investigar o aspecto comportamental dos insetos mediante ondas acústicas, pois tal fenômeno, denominado fonotropismo, já é de amplo conhecimento na área de entomologia.

Na produção do trabalho científico, quando o pesquisador se nega a utilizar hipóteses ou não é orientado para tal, correrá o risco de produzir um trabalho confuso e sem embasamento científico. A hipótese é uma afirmação que se faz na tentativa de verificar a validade de resposta existente para um problema. É uma suposição que antecede a constatação (ou não) dos fatos e tem como característica uma formulação provisória ; deve ser testada para que sua validade seja determinada. A função da hipótese na pesquisa científica é propor explicações para certos fatos e orientar a busca de outras informações (OLIVEIRA, 2001).

A **hipótese geral** que alicerça o trabalho pode ser assim introduzida: “Todos os tipos de energia causam algum efeito sobre os seres vivos”. A hipótese específica deve restringir a hipótese geral à variáveis e componentes que sejam fundamentais ao problema da pesquisa (APOLINÁRIO, 2004). A **hipótese específica** a ser investigada neste trabalho é: “As ondas acústicas podem causar estimulação ou inibição sobre o desenvolvimento de uma população de insetos”. Estatisticamente, a hipótese de nulidade H_0 estabelece que não há qualquer efeito das ondas acústicas sobre o desenvolvimento dos insetos. Na contrapartida a hipótese alternativa H_a rejeita a hipótese de nulidade. A radiação ionizante, embora não seja o principal agente físico em estudo neste trabalho, tornou-se importante como referência devido à grande disponibilidade de informações dos seus efeitos sobre os seres vivos, em particular sobre os insetos.

1.1. Objetivos do trabalho

a) Verificar se as ondas acústicas apresentam propriedades estimuladoras ou deletérias sobre o desenvolvimento de uma população de moscas;
b) Verificar se as ondas acústicas apresentam algum tipo de interação com a radiação ionizante no desenvolvimento de uma população de moscas;
c) Gerar uma hipótese estatística a partir da hipótese específica a fim de dar uma resposta em termos de H_0 (hipótese de nulidade) ou H_a (hipótese alternativa) para os itens a e b acima.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Radiações ionizantes e seus efeitos biológicos

Os efeitos que as radiações ionizantes causam sobre os organismos são estudados por um ramo da biofísica denominado radiobiologia. Dentre esses efeitos podemos citar as alterações da membrana celular (mudanças na permeabilidade seletiva), que interfere na função de transferência de materiais críticos para a atividade celular ; alterações no sistema enzimático das células ; danos nas cadeias de DNA e RNA e alterações no metabolismo energético (CARNEIRO LEÃO, 1982).

Toda radiação é uma forma de energia (RUSSO, 1993). Entre as formas de energia presentes na natureza estão a mecânica (cinética e potencial), energia calórica, energia sonora, energia nuclear, energia eletromagnética, energia elétrica, etc (DICIONÁRIO DE ECOLOGIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS, 2001). Um conceito muito importante é o de onda, que é uma perturbação , abalo ou distúrbio transmitido através do vácuo ou de um meio gasoso, líquido ou sólido. As ondas transmitem energia sem haver transporte de matéria. Podem ser mecânicas ou não mecânicas (RUSSO, 1993).

Uma visão geral das diferentes formas de energia presentes na natureza e que expõe de diferentes modos todos os seres vivos, pode ser visualizada na figura 1.

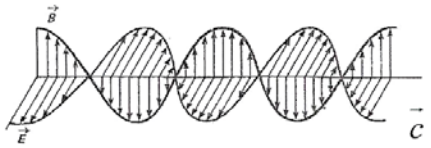
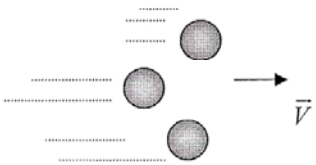
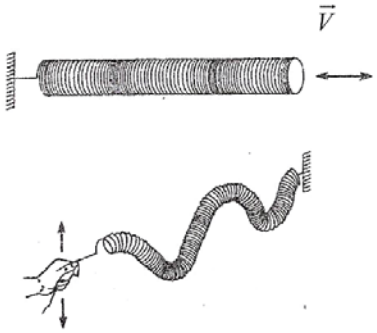
ELETROMAGNÉTICAS		Raios-x Raios gama Luz visível Ultravioleta Infravermelho Ondas de rádio e TV Ondas elétricas ou hertzianas Ondas de radar Microondas
CORPUSCULARES		Partículas α Partículas β Prótons Nêutrons Fragmentos de fissão Raios catódicos Raios canais Feixe de elétrons
MECÂNICAS OU ELÁSTICAS		Infra-sons Sons Ultra-sons Ondas sísmicas Vibrações Hiper-sons

FIGURA 1 - Diagrama esquemático que exibe um panorama das diferentes formas de energia presentes na natureza e como ocorre sua propagação através do espaço na forma de radiação.

As radiações ionizantes como os raios ultravioleta C ($\lambda \leq 100$ nm), raios-x e raios-γ são prejudiciais aos insetos. As radiações ionizantes podem provocar a morte em qualquer estágio de desenvolvimento do inseto, atraso no desenvolvimento larval, anorexia (perda de apetite), formação de tumores, redução da fecundidade e esterilidade em adultos (ALVES, 1986).

As radiações ionizantes são emitidas por equipamentos especiais (tubos de raios-X ou aceleradores de elétrons, entre outros) ou por radioisótopos que possuem seus átomos com núcleos que se desintegram espontaneamente,

emitindo radiação corpuscular ou eletromagnética, conforme exemplos dados na figura 1. Nas fontes de radiação ionizante, os isótopos mais empregados são o Cobalto-60 com meia vida de 5,3 anos e o Césio-137 com meia vida de 30 anos (ARTHUR, 1997).

A radiosensibilidade dos insetos difere enormemente nos diferentes estágios do processo de metamorfose, ou seja, ela é influenciada pela idade do inseto: ovo, larva, pupa ou adulto. Em geral a radiosensibilidade é a mais alta no estágio de ovo e a mais baixa no estágio adulto do desenvolvimento (DIEHL, 1995).

Wiendl e Walder (1975) realizaram estudos com *Sitophilus zeamais*, sobre a percepção pelos insetos, da presença de raios gama. Dispuseram tubos de locomoção de lucite com 1m de comprimento, radialmente à uma fonte gama de ^{60}Co e fizeram contagens dos indivíduos à diversas distâncias da fonte. Concluíram que o referido inseto percebe a radiação gama e se locomove em direção oposta à fonte (CAMPANHOLA, 1980).

Há dois tipos de aplicação prática das radiações ionizantes no controle de insetos-praga: A primeira é a aplicação direta que consiste em esterilizar ou matar toda a população de insetos em alimentos armazenados como grãos, farinhas, especiarias, frutas e carnes. A segunda é chamada de “técnica do inseto estéril” (SIT) e consiste na criação massal do inseto-praga em laboratório, que são esterilizados por meio de radiações ionizantes e liberados no ambiente. A competição com os insetos da população natural acarreta decréscimo do número de acasalamentos férteis, que resulta em redução drástica e até erradicação da espécie do local (ARTHUR, 1997).

No campo da imunologia, as radiações ionizantes permitem obter vírus inativados para sua utilização como antígeno. As interações entre radiação ionizante e matéria tem como conseqüências possíveis, que o elétron que forma parte da ligação covalente entre átomos do esqueleto molecular do vírus seja lançado a grandes velocidades fora da posição de equilíbrio, obtendo dessa maneira a possibilidade de quebra da capacidade infectiva destes vírus. A inativação viral pode ser obtida por radiação ionizante eletromagnética ou corpuscular (SMOLKO; LOMBARDO, 1991).

2.2. Ondas acústicas e seus efeitos biológicos

As ondas mecânicas necessitam de um meio material para se propagarem, ao contrário das ondas eletromagnéticas que se propagam mesmo na ausência de um meio material. Os meios podem ser aeriformes, líquidos ou sólidos (BERG; STORK, 1995). Como toda onda contém energia, quando ela está se deslocando, é energia que estará sendo transportada na direção de seu movimento. Assim a energia é transportada através do sistema em que a onda se propaga (DURÁN, 2003).

Quando as ondas mecânicas ou radiações mecânicas se propagam através de um meio aeriforme como o ar, são denominadas ondas acústicas ou sonoras. São também denominadas ondas longitudinais ou ondas L , pois o sentido de propagação dessas ondas é paralelo ao sentido da perturbação que sofrem as partículas do meio.

Quando as radiações mecânicas se propagam em meios sólidos como objetos, são normalmente denominadas vibrações. São também chamadas ondas transversais ou ondas T pois o sentido de propagação dessas ondas é perpendicular ao sentido da perturbação que sofrem as partículas do meio. Nos sólidos pode haver combinação L e T. Nos gases não, ocorrendo apenas o tipo L. Todo sistema elástico possui uma freqüência natural de vibração. Se uma fonte sonora emitir uma onda sonora cuja freqüência coincida com a do sistema, dizemos que os dois entram em ressonância. Em conseqüência deste fenômeno, o sistema elástico pode ser induzido, por acúmulo progressivo de energia, a efetuar oscilações de amplitude muito superior à da fonte que o excitou. São exemplos de ressonância acústica: cantores líricos que quebram copos de cristal com a voz, o relato bíblico da derrubada das Muralhas de Jericó, aviões supersônicos que estilhaçam vidraças , a ponte de Tacoma na América do Norte, destruída pela ressonância causada pela coincidência entre sua freqüência natural e a freqüência de vibração do vento, tropas militares em marcha sobre pontes que recebem ordem para sairem de forma a fim de as frequências da marcha e da ponte não coincidirem causando desmoronamento da última (RUSSO, 1993).

A figura 2 ilustra um exemplo de ressonância acústica entre dois diapasões que não se encostam, estando apenas próximos um do outro.

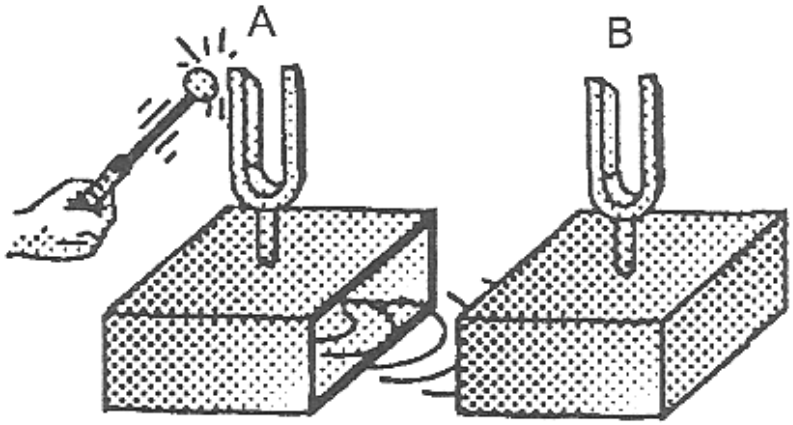


FIGURA 2 – O diapasão A recebe pequenos choques mecânicos e passa a vibrar. Devido à proximidade induz a vibração no diapasão B, que também começa a vibrar, através do fenômeno de ressonância acústica.

Os insetos tem capacidade de ouvir sons até 150 kHz. Os sons são importantes no comportamento dos insetos, como fonotropismo, podendo ser utilizados como atraentes ou repelentes, dependendo da freqüência (NETO et al., 1976). Tropismo consiste na orientação de um animal em relação à um estímulo, que pode ser positivo quando se aproxima do estímulo ou negativo quando se afasta do estímulo. Fonotropismo é o tropismo relacionado ao som (EIZEMBERG, 2006).

Uma onda sonora é produzida por um elemento vibrador ou fonte, que pode ser um cristal, uma corda, um tubo, uma membrana, uma placa piezoelétrica, um organismo vivo, etc. (RUSSO, 1993).

Em virtude da natureza da onda sonora, o som só se propaga nos meios elásticos, sendo sua velocidade de propagação uma função das propriedades do meio como o módulo de elasticidade e a densidade deste (COSTA, 2003).

Os infra-sons são ondas mecânicas com frequências menores que aquelas que o ouvido humano percebe (20 Hz). As fontes de infra-sons podem

ser naturais ou artificiais. Como fontes naturais temos o mar, terremotos, raios, etc. As artificiais podem ser explosões, automóveis, máquinas, etc. É comum que os infra-sons venham acompanhados de ruído audível. O infra-som é fracamente absorvido por diferentes meios e por isso se propaga à distâncias consideráveis. Esta característica permite, baseando-se na propagação dos infra-sons na crosta terrestre, a detecção de uma explosão à grande distância de sua fonte, prever tsunami (onda gigante) por ondas infra-sonoras medidas, etc. (RÉMIZOV, 1991).

Os ultra-sons são vibrações elásticas cujas menores frequências estão em torno de 20 000 Hz. O aparelho auditivo do homem não consegue detectá-los. Há, porém animais como o cão e o morcego, que além de emitir, também os percebem (CARNEIRO LEÃO, 1982). Os golfinhos, morcegos e mariposas são animais que se locomovem na busca de alimentos ou fugindo de perigos, através de ondas ultra-sônicas que eles próprios emitem. Os ultra-sons podem ser usados com intensidades pequenas ou bastante elevadas: Em baixa intensidade visa a transmissão de energia ao meio ; Em intensidade elevada visa a produção de alterações no meio (DICIONÁRIO DE ECOLOGIA E CIÊNCIAS AMBIENTAIS, 2001).

Os ultra-sons apresentam propriedades físicas, fisico-químicas e biológicas. Entre as propriedades físicas temos a pressão de radiação, exercida na superfície de separação de dois meios de índices de refração diferentes e que é responsável pela agitação do meio. A cavitação é uma propriedade física que consiste no surgimento de bolhas gasosas nos meios líquidos, formadas às custas da liberação de gases dissolvidos quando ocorre a passagem dos ultra-sons. Também ocorre elevação térmica do meio pela passagem dos ultra-sons, cujo valor depende da energia e das características do meio material. Entre as propriedades fisico-químicas dos ultra-sons destacam-se a ativação molecular, despolimerização de moléculas, reações de oxi-redução, reações explosivas, etc. A ativação molecular está na origem de certas reações em face das enormes pressões que desenvolvem. Este fenômeno é potencializado pela presença de oxigênio no meio. A despolimerização ocorre com polissacarídeos que são transformados em moléculas menores, tendo sido observado em amido, gelatina, proteínas, etc (CARNEIRO LEÃO, 1982).

Entre as propriedades biológicas dos ultra-sons podemos citar a paralisação de certos organismos e o rompimento de estruturas celulares. Os peixes perdem o sentido de equilíbrio, permanecendo deitados na água enquanto permanece a ação dos ultra-sons. Sob energias ainda mais elevadas obtêm-se destruições celulares e de microorganismos, como por explosão (CARNEIRO LEÃO, 1982). Muitas espécies de insetos utilizam-se da capacidade de percepção na freqüência do ultra-som para a sua sobrevivência (GALLO et al, 1988).

A aplicação de ultra-sons produziu efeitos sobre o crescimento de células do meristema de raízes de *Vicia faba*. Esses efeitos incluem redução da taxa de crescimento e depressão do índice mitótico (CATALDO; MILLER & GREGORY, 1973).

Experimentos realizados mostraram que ondas sonoras de 39 kHz causaram a mortalidade total de *Sitophilus oryzae* em grãos armazenados. Ficou também comprovado que as ondas acústicas emitidas produziram aquecimento, mas os insetos foram mortos pelo efeito duplo com a ressonância obtida, pois a temperatura atingida foi de apenas 38ºC , que como se sabe, não é letal a esta espécie (GALLO et al., 1988).

Evidências de que a energia sonora pode afetar a oviposição de insetos foram obtidas em estudos com insetos de grãos armazenados. Estudos com mariposas indianas de farinha, que foram continuamente expostas à baixos níveis sonoros durante o período de oviposição que dura em torno de 4 dias, indicaram baixa taxa de emergência e baixa porcentagem de sobrevivência para insetos de ovos depositados durante à exposição ao som (NELSON ; SEUBERT, 1964).

WEINBERGER *et al*. (1978) realizaram estudos sobre os efeitos biológicos das radiações acústicas no desenvolvimento de sementes de trigo expondo esse material à frequências sonoras de 0,30 kHz ; 1,25 kHz ; 5,0 kHz e 12,0 kHz em diferentes níveis de intensidade. A exposição contínua à frequência sonora de 5 kHz provocou estimulação do crescimento do trigo se a intensidade do som não ultrapassasse a faixa de 82-92 dB. Caso contrário ocorria inibição do desenvolvimento e redução significativa do número de raízes. Também é relatada a quebra de dormência de brotos de trigo pela exposição à frequência simples de som audível.

A pesquisa de freqüências sonoras capazes de interromper o ataque de agentes xilófagos como os cupins *Cryptotermes* sp. (Isoptera: Kalotermitidae) e *Lyctus brunneus* (Coleoptera: Lyctidae) em obras de arte e patrimônio em madeira está sendo realizada na Universidade Federal do Paraná (GIOVANELLA, 2007).

2.3. Aspectos biológicos do inseto *Ceratitis capitata*

Os artrópodos (do gr. αρθρόποδα), arthron, 'articulação' ; podos, "pés', são invertebrados caracterizados pela presença de membros locomotores articulados em número par. No Filo dos artrópodos enquadram-se os Insetos, os Crustáceos, os Diplópodos, os Quilópodos, os Aracnídeos, além de outras Classes de invertebrados menos comuns, como Pantópodas, Merostomatas, Onicóforos e Trilobitas (este último grupo já fósseis). Todos portadores de exoesqueleto quitinoso. Os artrópodes formam o maior filo, em número de indivíduos e variedades de espécies do reino Metazoa [animal] (DICIONÁRIO ETIMOLÓGICO E CIRCUNSTANCIADO DE BIOLOGIA, 1993 ; DICIONÁRIO GREGO PORTUGUÊS, PORTUGUÊS GREGO, 2004).

Os Diptera constituem uma das maiores ordens de insetos e seus representantes abundam em indivíduos e espécies em quase todos os lugares. A família Tephritidae é representada por um grupo de dípteros de tamanho pequeno a médio nos quais as asas apresentam usualmente manchas ou faixas que podem formar padrões complicados (BORROR; DELONG, 1969).

O gênero Ceratitis é composto por aproximadamente 65 espécies, que ocorrem principalmente na África tropical. Entretanto, a mosca-do-mediterrâneo, *C. capitata*, está distribuída em quase todas as áreas tropicais e temperadas quentes do mundo. Essa espécie foi introduzida no Brasil no início do século XX (MALAVASI; ZUCCHI, 2000) e está representada iconograficamente na figura 3 (BASEL, 1973).

FIGURA 3 – *Ceratitis capitata*, mosca-do-mediterrâneo ou mosca-das-frutas.

Os Diptera passam por metamorfose completa e as larvas de muitos são chamadas vermes ou bichos de mosca. O processo de metamorfose está representado na figura 4. As larvas são geralmente ápodas, vermiformes e da maioria dos tefritídeos são fitófagas, tendo algumas importância como pragas (BORROR; DELONG, 1969).

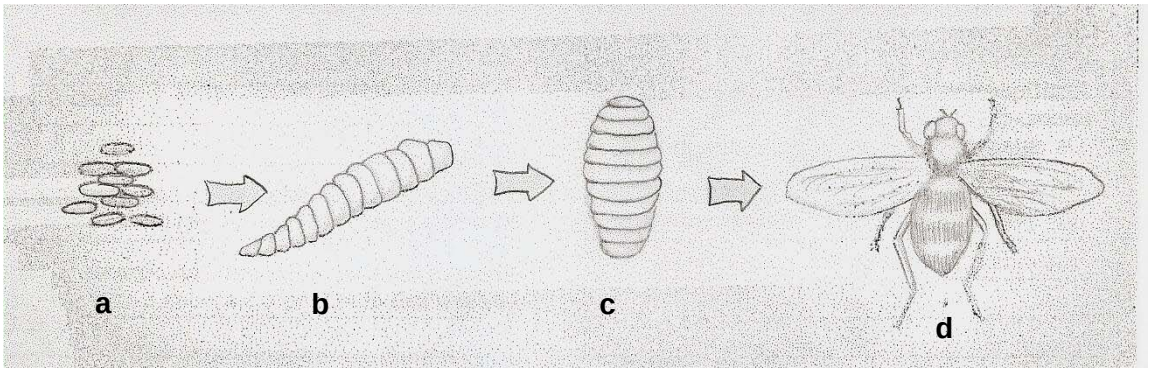


FIGURA 4 - Diagrama ilustrativo do processo de metamorfose completa pelo qual passa o inseto *C. capitata.* a) ovo ; b) larva ; c) pupa e d) adulto. A larva passa ainda por vários ínstares não representados neste diagrama.

Nos artrópodos quase toda a sua superfície externa constitui o exoesqueleto, revestimento rígido com invaginações nas quais se prendem os

músculos, chamadas apodemas. Esta armadura externa limita o crescimento constante podendo o inseto distender-se apenas até certos limites. A partir daí o inseto deverá trocar seu estojo quitinoso por um maior para continuar crescendo, voltando a se alimentar de novo, assim sucessivamente até chegar à última muda, a partir da qual irá elaborar o exoesqueleto do adulto. Estas trocas de revestimentos são chamadas ecdises ou mudas e os tegumentos descartados são chamados de exúvias. Segundo Torre Bueno (1978), chama-se ínstar o período ou estágio entre ecdises, indicado para designar os vários períodos pelo qual passa a larva durante o processo de metamorfose. O número de ínstares não é constante, sendo variável na maioria dos insetos de 4 a 8. Existem vários fatores, além dos intrínsecos da espécie, que fazem com que haja variação do número de ínstares tais como: fatores hereditários, criação em grupos ou isoladamente, temperatura, nutrição, sexo, etc (PARRA ; HADDAD, 1989).

Os ovos de *C. capitata* mostrados na figura 4a , apresentam um período de incubação variável, de 2 a 4 dias e se processam normalmente entre T = 21,1º C e T = 32,2º C. Em temperaturas inferiores a 18,3ºC o desenvolvimento é retardado consideravelmente. Abaixo de 11,1º C não se verifica eclosão alguma. O período larval (figura 4b) tem duração de 6 a 11 dias à temperaturas de 13,8º C à 28,3º C, passando as larvas por três ínstares com durações de 26 à 48 horas (1º ínstar), 24 à 48 horas (2º ínstar) e 48 à 265 horas (3º ínstar). A estadia pupal (figura 4c) varia de 9 à 11 dias a uma temperatura média de cerca de 24,4º C, e é de 6 dias à uma temperatura de 26,1º C. Os adultos, ao emergirem dos pupários (figuras 3 e 4d) , não tem maduros, os órgãos genitais. A maturidade sexual do macho , processa-se em tempo pouco menor do que a da fêmea. A oviposição inicia-se no dia subseqüente ao do acasalamento. O ciclo se completa em 31 dias (PEDROSO, 1972).

3. METODOLOGIA

3.1. Descrição das instalações físicas e equipamentos utilizados

A parte experimental foi realizada no Laboratório de Entomologia do Instituto Biológico de São Paulo, que dispõe de instalações apropriadas ao trabalho com insetos e uma sala climatizada onde durante todo o período de realização dos experimentos, apresentou temperatura (média) de 26,5 $\pm$ 1,5 º C e umidade relativa do ar (média) de 77 $\pm$ 2 % .

Materiais diversos utilizados:

a) Pinça especial para manipulação de larvas e pupas;
b) Placas com tampa de tecido de voile, que é um leve tecido fino de estrutura telada (HOUAISS, 2001), para as trocas gasosas;
c) Papel filtro qualitativo de 80 g/m^2 e 7 cm de diâmetro;
d) Tubo de vidro pirex (tubo acústico) com 40,6 cm de comprimento por 9,1 cm de diâmetro;
e) Bandejas plásticas e luvas descartáveis.

Instrumentos utilizados:

a) Decibelímetro (*sound level meter*) modelo lutron SL-4001, o qual mede o nível de intensidade sonora na faixa de 35 à 130 decibéis na escala C com resolução de 0,1 dB;
b) Termo-higrômetro incoterm;
c) Fontes acústicas:
fonte acústica 1 - alto falante (faixa de som audível, mostrada na figura 5);
fonte acústica 2 - *tweeter* piezoelétrico (altas freqüências);
fonte acústica 3 - *woofer* (baixas freqüências);

FIGURA 5 – Fonte acústica nº 1 utilizada nos experimentos de sonicação.

d) Osciloscópio modelo Tektronix TDS 310 de 2 canais, com resolução de tempo na faixa de 10 μs/divisão até 10 ns/divisão, conforme ilustra a figura 6.

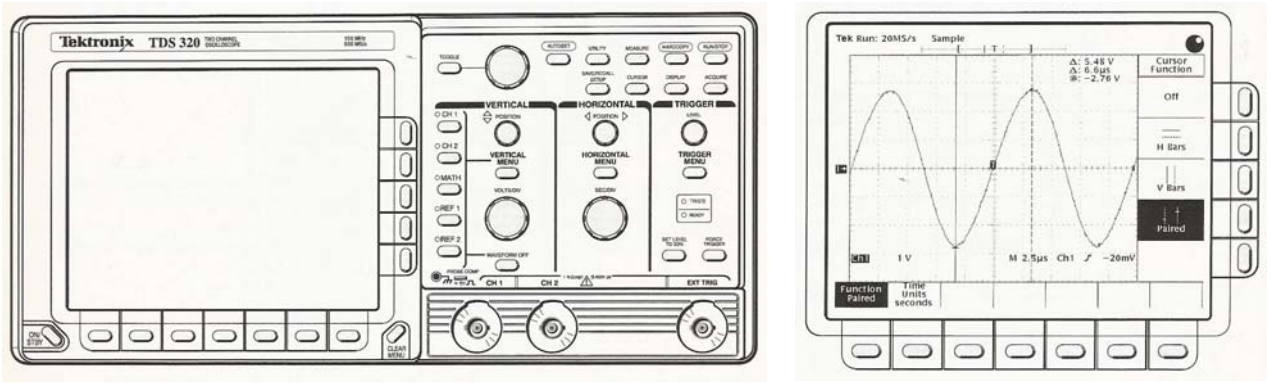


FIGURA 6 – Osciloscópio utilizado nos experimentos de sonicação. À esquerda vista geral do painel frontal. À direita exemplo de onda senoidal utilizada em todos os experimentos.

e) Gerador de áudio Minipa, modelo MFG 4200 function generator, conforme mostra a figura 7.

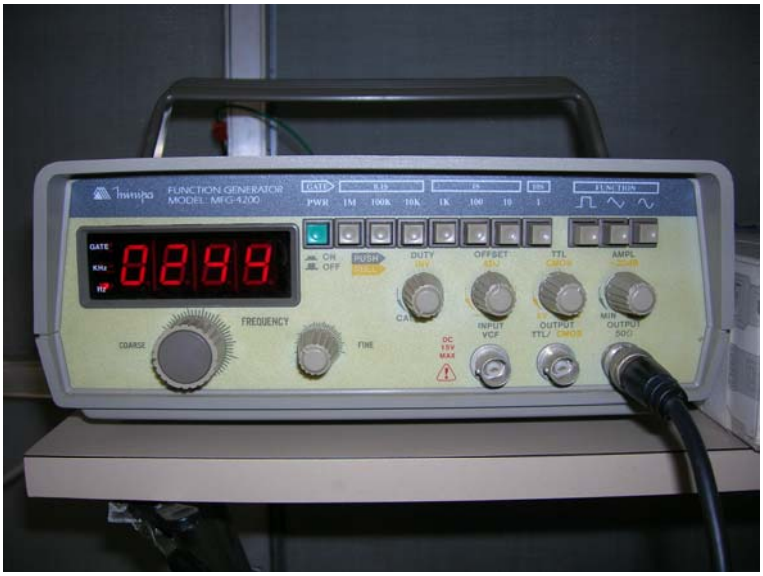


FIGURA 7 – Gerador de áudio minipa.

f) Fonte de cobalto 60 do tipo gammacell 220 da *Atomic Energy of Canadá Limited Commercial Products* (Otawa - Canadá).

A curva de resposta para a fonte acústica 1 foi obtida com auxílio do medidor de intensidade sonora (decibelímetro), do gerador de áudio e do osciloscópio. Os dados numéricos coletados foram organizados na tabela 1 e geraram o gráfico da figura 8 na página 17.

TABELA 1 - Dados numéricos do perfil de resposta da fonte acústica 1 obtida com o medidor de intensidade sonora (decibelímetro) em função de diferentes frequências.

FREQÜÊNCIA (Hz)	*INTENSIDADE SONORA (dB)*
0	66,3 ± 1,9
25 ± 0,2	75 ± 0,1
50 ± 0,4	84 ± 0,3
75 ± 0,5	90,4 ± 0,1

100 ± 0,5	97,8 ± 0,1
105 ± 0,9	98,5 ± 0,1
110 ± 0,7	100,3 ± 0,1
115 ± 0,5	101,9 ± 0,1
120 ± 0,6	103,8 ± 0,1
125 ± 0,5	105,7 ± 0,1
130,0 ± 0,7	107,2 ± 0,1
135,0 ± 0,8	109,3 ± 0,1
140,0 ± 1,0	111,4 ± 0,1
145,0 ± 0,7	113,6 ± 0,1
150,0 ± 0,5	115,5 ± 0,1
155,0 ± 0,9	117,0 ± 0,1
160,0 ± 0,9	117,4 ± 0,1
165,0 ± 0,9	117,4 ± 0,1
170,0 ± 0,7	116,8 ± 0,3
175,0 ± 0,8	117,2 ± 0,1
185,0 ± 0,7	117,5 ± 0,1
190,0 ± 0,6	117,9 ± 0,1
195,0 ± 0,6	118,5 ± 0,1
200,0 ± 0,5	119,3 ± 0,1
205,0 ± 1,0	120,7 ± 0,2
210,0 ± 0,8	120,8 ± 0,2
215,0 ± 0,9	119,8 ± 0,2
220,0 ± 0,8	118,1 ± 0,2
225,0 ± 0,8	117,2 ± 0,1
230,0 ± 0,5	118,7 ± 0,3
235,0 ± 0,8	119,4 ± 0,1
240,0 ± 0,7	120,0 ± 0,1
245,0 ± 2,0	119,8 ± 0,2
250,0 ± 0,6	119,4 ± 0,1
300,0 ± 0,8	110,5 ± 0,1
350,0 ± 2,0	106,3 ± 0,1
400,0 ± 1,0	104,9 ± 0,1
440,0 ± 1,0	105,5 ± 0,1
450,0 ± 3,0	106,0 ± 0,1

500,0 ± 3,0	109,8 ± 0,1
550,0 ± 1,0	113,8 ± 0,1
600,0 ± 2,0	108,6 ± 0,1
650,0 ± 0,8	103,5 ± 0,1
700,0 ± 3,0	101,2 ± 0,1
750,0 ± 5,0	100,6 ± 0,1
800,0 ± 0,5	101,5 ± 0,1
850,0 ± 2,0	103,4 ± 0,1
900,0 ± 3,0	108,9 ± 0,1
950,0 ± 3,0	109,7 ± 0,1
1000,0 ± 7,0	104,5 ± 0,1
1050,0 ± 2,0	100,8 ± 0,1
1100,0 ± 4,0	98,9 ± 0,1
1150,0 ± 3,0	99,3 ± 0,1
1200,0 ± 6,0	100,7 ± 0,1
1250,0 ± 4,0	102,9 ± 0,1
1300,0 ± 4,0	108,1 ± 0,1
1400,0 ± 5,0	103,2 ± 0,1
1500,0 ± 9,0	100,0 ± 0,1
2000,0 ± 6,0	102,3 ± 0,1
2500,0 ± 5,0	107,9 ± 0,1
3000,0 ± 9,0	100,1 ± 0,1
3500,0 ± 10,0	100,7 ± 0,1
4000,0 ± 4,0	99,1 ± 0,1
4500,0 ± 8,0	106,1 ± 0,1
5000,0 ± 23,0	100,0 ± 0,1
5500,0 ± 16,0	100,9 ± 0,8
6000,0 ± 16,0	102,8 ± 0,1
6500,0 ± 11,0	102,5 ± 0,1
7000,0 ± 14,0	95,1 ± 0,1
7500,0 ± 23,0	100,4 ± 0,1

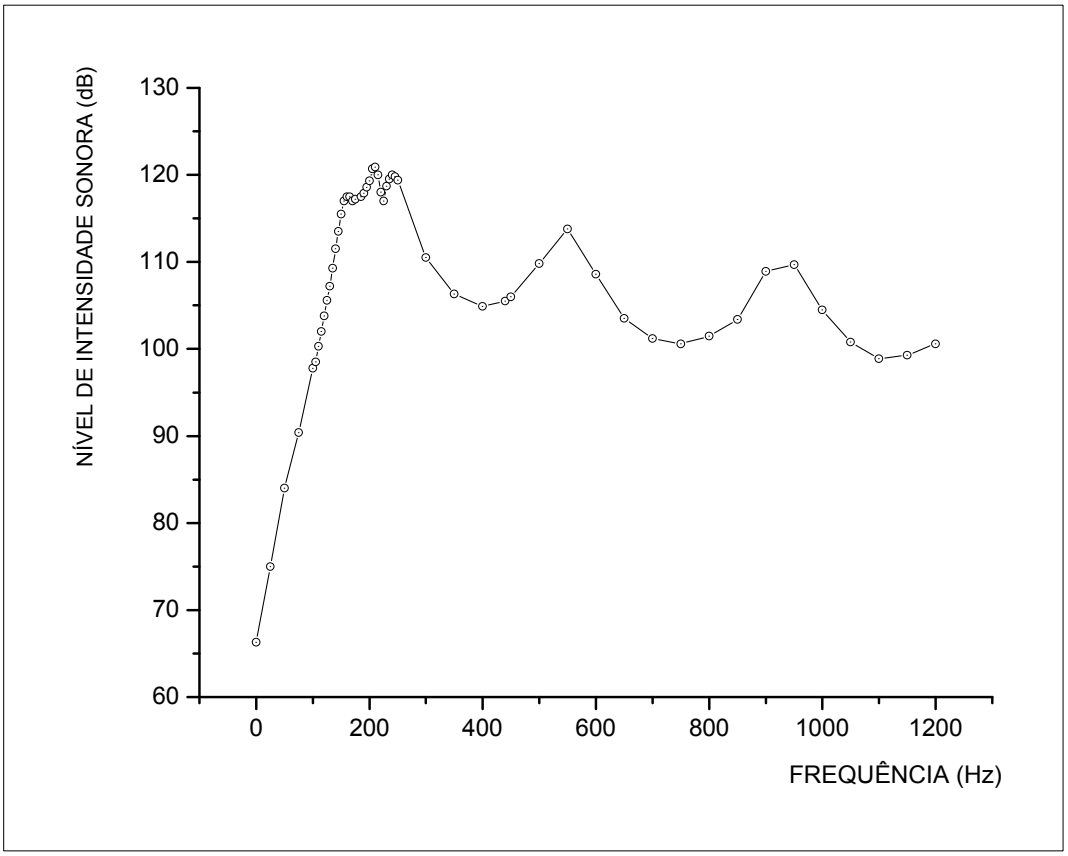


FIGURA 8 - Gráfico que representa a curva de resposta de pressão sonora da fonte acústica 1, obtido com os dados apresentados na tabela 1.

A fonte Gammacell 220 é constituída por 35 lápis encapsulados em aço inox com 1 cm de diâmetro e 20,3 cm de altura, contendo 7 pastilhas de ^{60}Co em cada lápis. A referida fonte está instalada no CTR - Centro de Tecnologia das Radiações - nas dependências do IPEN, situado na cidade de São Paulo. A taxa de dose e a atividade da fonte são corrigidas mensalmente pelo fator de decaimento do ^{60}Co. A última intercomparação de taxa de dose com o *IDAS-IAEA* foi feita em 2003. Para raios X e raios gama, a taxa de dose é um dos principais fatores que determina as conseqüências biológicas de uma dada dose absorvida. Quando a taxa de dose é baixa e o tempo de exposição é extendido, os efeitos biológicos são, em geral reduzidos (HALL, 1994) . Os experimentos foram realizados entre 2005 e 2007. Nesse período, a atividade média da fonte foi de 3757,069 $\pm$ 293,484 Ci ou (1,39 $\pm$ 0,11) x 10^{14} Bq. A taxa de dose (média) foi de 3,106 $\pm$ 0,245 kGy/h. A dose de trânsito média foi de 2,657 $\pm$ 0,233 Gy.

FIGURA 9 – À esquerda: vista geral da fonte gamacell do IPEN. À direita: detalhe da colocação das placas com as pupas de *C. capitata* para irradiação.

As doses utilizadas foram de 5 Gy ; 7,5 Gy ; 10 Gy ; 12,5 Gy ; 15 Gy ; 50 Gy ; 100 Gy ; 150 Gy e 200 Gy. Para se obter doses tão baixas como aquelas entre 5 Gy e 12,5 Gy foi necessário a utilização de atenuadores de chumbo ilustrados na figura 10. Os atenuadores disponíveis eram de 90%, 70% e 50% que reduzem o feixe a 10%, 30% e 50% do feixe inicial respectivamente. O atenuador selecionado foi o de 70%, que permite a passagem de 30% do feixe inicial. Os atenuadores também alteram a taxa de dose (TD) e a dose de trânsito (DT), sendo necessário neste caso multiplicar a taxa de dose do dia pelo fator de correção adimensional 0,3. A taxa de dose (média) com o atenuador foi de 0,932 ± 0,074 kGy/h. A dose de trânsito (média) com o atenuador foi de 0,797 ± 0,070 Gy.

FIGURA 10 – Atenuadores de chumbo utilizados no experimento para redução da dose e da taxa de dose.

3.2. Análise estatística dos dados

3.2.1 Análise de variância

A análise de variância ou mais resumidamente ANOVA, refere-se de maneira ampla a um conjunto de situações experimentais e procedimentos estatísticos para a análise de respostas quantitativas de unidades experimentais (DEVORE, 2006). A idéia é comparar a variação devido aos tratamentos com a variação devido ao acaso ou resíduo (VIEIRA, 1999). A comparação se faz por meio do teste F (VIEIRA, 2006).

A tabela 2 organiza os dados observados para as operações necessárias a fim de se chegar aos resultados. O procedimento para a análise de variância, neste trabalho foi realizado no pacote estatístico SAS.

TABELA 2: Esquema de organização dos dados para análise de variância segundo Montgomery (2005). Um determinado tratamento apresenta vários níveis ou doses. Cada linha varia de 1 até k e representa o número de tratamentos, níveis do tratamento ou doses. Cada coluna varia de 1 até n e representa o número de repetições por tratamento. Na tabela, y representa um valor observado. Deste modo y_{32} representa, por exemplo, os insetos observados na placa 2 do tratamento 3.

Tratamento (nível)	*Observações*				*Total*	*Média*
1	y_{11}	y_{12}	...	y_{1n}	$y_{1.}$	$\bar{y}_{1.}$
2	y_{21}	y_{22}	...	y_{2n}	$y_{2.}$	$\bar{y}_{2.}$
3	y_{31}	y_{32}	...	y_{3n}	$y_{3.}$	$\bar{y}_{3.}$
.	.	.	...	...	.	.
.	.	.	...	...	.	.
.	.	.	...	...	.	.
k	y_{k1}	y_{k2}	...	y_{kn}	$y_{k.}$ $y..$	$\bar{y}_{k.}$ $\bar{y}..$

Vamos supor que temos k tratamentos ou k diferentes níveis de um fator que queremos comparar. A variável-resposta y_{ij} de cada um dos k tratamentos é uma variável dependente que representa a $j-ésima$ observação de um tratamento i. Em geral há n observações sob o $i-ésimo$ tratamento. Em nossa explanação teórica da análise de variância, temos $y_{i.}$ que representa o total de observações atribuídas à um tratamento. De modo análogo $\bar{y}_{i.}$ é a média das observações de todas as repetições atribuídas à um tratamento, $y_{..}$ é o total de observações de todos os experimentos e $\bar{y}_{..}$ representa a média geral de todos os experimentos. A equações (3.1) e (3.2) demonstram os cálculos necessários para a obtenção do valor $\bar{y}_{i.}$ que é a média de todas as repetições de um tratamento.

$$y_i = \sum_{j=1}^{n} y_{ij} \tag{3.1}$$

$$\bar{y}_{i.} = \frac{y_{i.}}{n} \qquad i = 1,2,...,k \tag{3.2}$$

Onde n é o número de placas por tratamento. Neste trabalho, o valor de n é igual a 5 para todos os experimentos.

As equações (3.3) e (3.4) demonstram os cálculos necessários para a obtenção do valor $\bar{y}_{..}$ que representa a média geral de todos os experimentos.

$$y_{..} = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n} y_{ij} \tag{3.3}$$

$$\bar{y}_{..} = \frac{y_{..}}{N} \tag{3.4}$$

Onde $N = k.n$ é o número total de observações de todos os experimentos.

A hipótese de nulidade H_0 (equação 3.5) mostra que não há diferenças entre as médias observadas em decorrência dos tratamentos aplicados.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = ... = \mu_k \tag{3.5}$$

A hipótese alternativa H_a (equação 3.6) exclui a possibilidade de aceitarmos H_0 pois representa a condição de que as médias observadas não são iguais, em decorrência predominantemente dos tratamentos aplicados.

$$H_a : \mu_i \neq \mu_j \qquad para\ pelo\ menos\ um\ par\ (i, j) \tag{3.6}$$

Os graus de liberdade estão relacionados com a variância da amostra em estudo. A variância é dada pela equação (3.7):

$$S^2 = \sum_{i=1}^{n} (y_{i.} - \bar{y}_{..})^2 \tag{3.7}$$

Para se conhecer a variância S^2 primeiramente precisamos conhecer a média geral $\bar{y}_{..}$. Por esse motivo, podemos dizer que somente $n-1$ dos valores de amostras podem variar livremente, isto é, $n-1$ graus de liberdade (LEVINE, 2000). Por essa razão o número de graus de liberdade de tratamentos é dado pela expressão (3.8):

$$k-1 \tag{3.8}$$

Onde k é o número de tratamentos empregados. Neste trabalho k =12.

De modo análogo, o número de graus de liberdade total é dado pela expressão (3.9):

$$N-1 \tag{3.9}$$

O número de graus de liberdade do resíduo é dado pela diferença entre o número total de observações de todos os experimentos N e o número de tratamentos k, como pode ser visto na tabela 3.

A soma de quadrados é dada por:

$$SQ_{total} = SQ_{trat} + SQ_{res} \tag{3.10}$$

O quadrado médio dos tratamentos é dado por:

$$QM_{trat} = \frac{SQ_{trat}}{k-1} \tag{3.11}$$

O quadrado médio do resíduo é dado por:

$$QM_{res} = \frac{SQ_{res}}{N-k} \tag{3.12}$$

3.2.1.1. Quadro da análise de variância

A tabela 3 sintetiza os procedimentos matemáticos utilizados na análise dos dados segundo o modelo adotado. A tabela 3 reproduz o formato de resposta fornecida na janela OUTPUT (saída) do programa SAS conforme será visto nas páginas 49, 59, 68, 75, 76 e 83 desta tese.

TABELA 3: Quadro típico da análise de variância.

Causas de Variação	*Graus de Liberdade*	*Soma de Quadrados*	*Quadrado Médio*	*F*
Tratamentos	$k-1$	$SQ_{trat} = n.\sum_{i=1}^{k}(\bar{y}_{i.} - \bar{y}_{..})^2$	QM_{trat}	$\frac{QM_{trat}}{QM_{res}}$
Resíduo	$N-k$	$SQ_{res} = SQ_{total} - SQ_{trat}$	QM_{res}	
Total	$N-1$	$SQ_{total} = \sum_{i=1}^{k}\sum_{j=1}^{n}(y_{ij} - \bar{y}_{..})^2$		

3.2.2 Teste F

Os valores de F estão associados ao número de graus de liberdade do numerador e ao número de graus de liberdade do denominador (VIEIRA, 1999). O teste não comprova nenhuma das hipóteses. Se o resultado do teste for significante, existe evidência contra a hipótese da nulidade H_0, de que as médias

são iguais, então se rejeita essa hipótese (VIEIRA, 2006). O valor de F calculado é dado pela razão entre o quadrado médio dos tratamentos e o quadrado médio do resíduo (MONTGOMERY, 2005). O valor de F tabelado deve ser consultado em uma tabela de F para os parâmetros α, $k-1$ e $N-k$. Se a inequação (3.13) for verdadeira:

$$F > F_{\alpha, k-1, N-k} \tag{3.13}$$

Então devemos rejeitar H_0 e concluir que há diferenças entre a média dos tratamentos.

3.2.3 Teste de Tukey

O teste de Tukey é baseado na amplitude total estudentizada e pode ser utilizado para comparar todo e qualquer contraste entre duas médias de tratamentos. O teste é exato e de uso simples quando o número de repetições é o mesmo para todos os tratamentos (PIMENTEL GOMES, 1990). Para proceder ao teste, costuma-se primeiro calcular a diferença mínima (equação 3.14) que deve haver entre duas médias para que elas possam ser consideradas diferentes a determinado nível de significância (VIEIRA, 2006).

$$\Delta = q.\sqrt{\frac{QM_{res}}{r}} \tag{3.14}$$

Onde:

Δ - diferença mínima significante (d.m.s.) ou *honestly significante difference* (HSD) ;

q - é o valor da amplitude total estudentizada ao nível de 5% ou de 1% de probabilidade;

QM_{res} - é o quadrado médio do resíduo da análise de variância;

r - é o número de repetições, suposto o mesmo para todos os tratamentos (neste trabalho $r = 5$).

3.2.4 Distribuição de Poisson

Na teoria da probabilidade e na estatística, a distribuição de Poisson é uma distribuição de probabilidades de dados discretos, ou seja, é usada para modelar dados de contagem. Foi descoberta por Siméon Denis Poisson (1781-1840) (WIKIPÉDIA, 2007 ; UFPR, 2007). Nesta pesquisa foi utilizada a distribuição de Poisson, não cabendo a distribuição normal que é frequentemente empregada para uma distribuição de probabilidades de dados contínuos. A probabilidade de Poisson pode ser escrita como:

$$P(y) = \frac{e^{-\mu}\ \mu^{y}}{y!} \qquad (3.15)$$

Onde:

$P(y)$ - é a probabilidade de Poisson em função do valor observado y.

e - é a base do logaritmo natural ($e \cong$ 2,71828...).

y - valor de contagem observado.

μ - parâmetro experimental (média aritmética das placas para um parâmetro considerado).

3.2.5 Delineamento experimental e modelo matemático

Os delineamentos tratam da forma como as unidades experimentais são arranjadas (VIEIRA, 2006). O delineamento experimental aplicado na análise dos dados foi considerado um caso particular de experimento inteiramente casualizado (VIEIRA, 1999) sendo necessário introduzir um fator de correção para a análise de variância, teste F e teste de Tukey, pois os experimentos não ocorreram todos no mesmo dia. A parcela experimental definida foi a seguinte: cinco placas por tratamento com vinte indivíduos em cada placa. O modelo matemático associado ao delineamento aplicado é o seguinte (NOGUEIRA, 1997):

$$y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij} \qquad \text{com } i = 1, 2, ..., 12 \text{ e } j = 1, 2, ..., 20 \qquad (3.16)$$

Onde:

y_{ij} é a $j-ésima$ observação realizada sob um tratamento i;

μ é a média geral (já corrigida) de todos os experimentos. Também denotada por $\bar{y}_{..}$;

t_i é o efeito do tratamento no parâmetro em análise e mede o afastamento da média de uma placa μ_i em relação a μ, ou seja, $(t_i = \mu_i - \mu)$;

e_{ij} é o erro aleatório atribuído à causas não controladas pelo pesquisador, diferenças entre as unidades experimentais, variações climáticas, erros do experimentador, etc.

Nos experimentos com ondas acústicas, a fim de verificar possíveis efeitos de um gradiente de distância em relação à fonte, as placas numeradas de 1 à 5 segue a ordem: **Placa 1** é a mais próxima da fonte; **Placa 2** é a segunda mais próxima até a **Placa 5** que é a mais afastada da fonte. A análise dos dados foi realizada no pacote estatístico SAS versão 8.1 cujo guia do usuário está disponível em http://v8doc.sas.com/sashtml/ (SAS INSTITUTE INC, 1999).

3.2.6 Análise de Próbites

Segundo Finney (1980) muitas pesquisas tem como preocupação a relação entre um estímulo e uma resposta conforme mostrado na figura 11. A medida quantitativa de uma resposta é quase sempre preferida quando praticável. Porém, certas respostas não permitem essa graduação e são expressas apenas como “ocorridas” ou “não ocorridas”. O exemplo mais óbvio é a morte. Em toda situação dose-resposta, dois componentes devem ser considerados:

1) O estímulo. Por exemplo uma vitamina, uma droga, um teste mental, um agente físico como a radiação ionizante.

2) O sujeito. Por exemplo um animal, uma planta, uma população humana, uma população de insetos, etc.

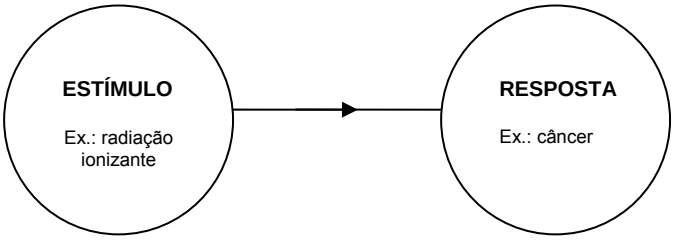


FIGURA 11 – Diagrama ilustrativo de exemplo **estímulo - resposta**, objeto de estudo da análise de próbites.

O estímulo aplicado ao sujeito é dosado, ou seja, delineia-se uma intensidade específica em unidades de concentração, peso, tempo ou outra medida apropriada e sob condições ambientais controladas. Como resultado o sujeito manifesta uma resposta como crescimento, morte, mudança de cor, alteração de contagem, sinais de esgotamento, etc. Diferentes estímulos podem ser comparados em termos de magnitudes de respostas que eles produzem, ou mais usualmente, em termos de intensidades necessárias para produzir as mesmas respostas.

Se a resposta característica é quantitativa, a ocorrência ou não-ocorrência dependerá da intensidade do estímulo.

A curva característica de uma regressão de próbites assemelha-se à letra S, também chamada de curva sigmoidal conforme ilustra a figura 12 (FINNEY, 1980). Trata-se de uma distribuição normal cumulativa, onde os valores no eixo das ordenadas varia, em geral, de 0 até 1 e no eixo das abscissas tem valores específicos da análise que está sendo feita.

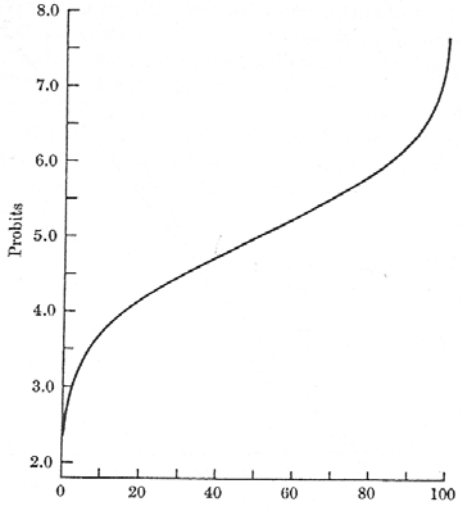


FIGURA 12 – Curva característica obtida na análise de regressão de próbites.

3.3. Material experimental utilizado

Os insetos foram criados em dieta artificial e submetidos aos diversos tratamentos em determinado estágio do seu ciclo evolutivo, a saber, pupas jovens de dois à três dias de idade. A dieta já inoculada com os ovos era proveniente do Instituto Biológico de Campinas. O material era enviado em recipientes plásticos com tampa de tecido de voile para as trocas gasosas e encaminhado para a sala climatizada para o desenvolvimento constante e homogêneo das moscas até atingir a fase desejada do ciclo evolutivo quando então eram montadas as placas e aplicados os tratamentos.

FIGURA 13 – Placas, gaiolas ou unidades experimentais. À esquerda: vista geral onde se observam cinco repetições por tratamento. A primeira placa de cada fila é a de número 1 e a última é a de número 5. À direita: detalhe de placa onde está ocorrendo emergência de adultos.

3.3.1 Composição da dieta artificial

A dieta empregada para o desenvolvimento das larvas de *C. capitata*, pode ser preparada com base na fórmula especificada na tabela 4 abaixo (RAGA, 1996).

TABELA 4 – Composição da dieta artificial para o desenvolvimento das larvas de *C.capitata.*

Ingrediente	***Quantidade***
Açúcar mascavo	40,00 g
Levedo de Cerveja	10,00 g
Leite em pó	12,50 g
Nipagin	1,25 g
Tetraciclina	0,25 g
Cenoura crua ralada	25,00 g
Bagacilho de cana	25,00 g
Ácido benzóico	195 ml
Ácido clorídrico	5 ml

A proporção na dieta de *C. capitata* é de aproximadamente 4000 ovos / kg de dieta.

3.4. Experimentos com ondas acústicas

3.4.1. Esquema da montagem experimental para os tratamentos com ondas acústicas

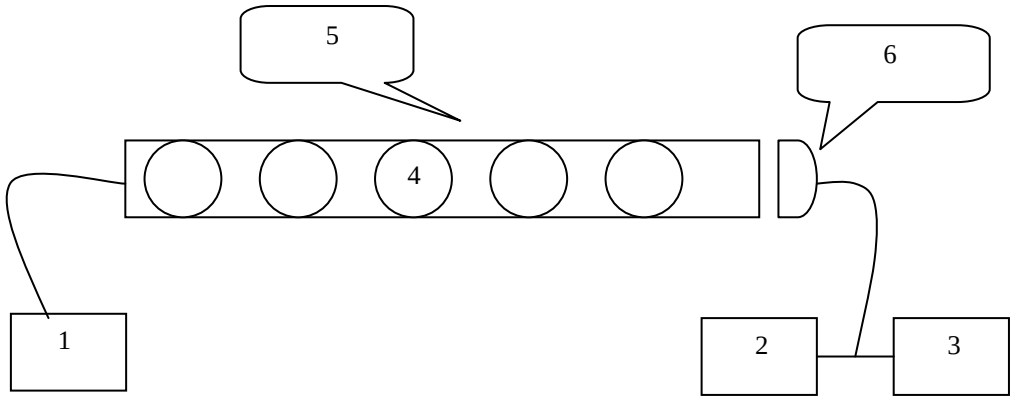


FIGURA 14 - Diagrama esquemático da montagem experimental para o tratamento sonicação em que: 1- decibelímetro ; 2 - gerador de áudio ; 3 - osciloscópio ; 4 - placas (unidades experimentais) ; 5 - tubo acústico ; 6 - fonte acústica

3.4.2 Aplicação dos tratamentos

A montagem experimental foi realizada conforme o diagrama da figura 14. As freqüências acústicas aplicadas foram de 5 Hz ; 10 Hz ; 20 Hz ; 40 Hz ; 60 Hz ; 80 Hz ; 1 kHz ; 2 kHz ; 10 kHz ; 15 kHz ; 20 kHz e o controle. O tempo de exposição do material ao campo acústico foi padronizado em 2 horas para todos os experimentos incluindo aqueles interativos com os raios gama. As placas foram analisadas criteriosamente. Ao serem abertas, cada indivíduo nelas contidas, foi observado na lupa estereoscópica e classificado segundo os parâmetros:

A- emergência de adulto perfeito;

B- morte prematura;

C- má formação;

D- sexo.

Montou-se então os entomogramas, mostrados nas figuras 15 à 25, cuja principal finalidade foi a organização dos dados. Os entomogramas também evitaram a perda de contagem ou contagem dupla de um mesmo indivíduo como aconteceu nos experimentos-piloto.

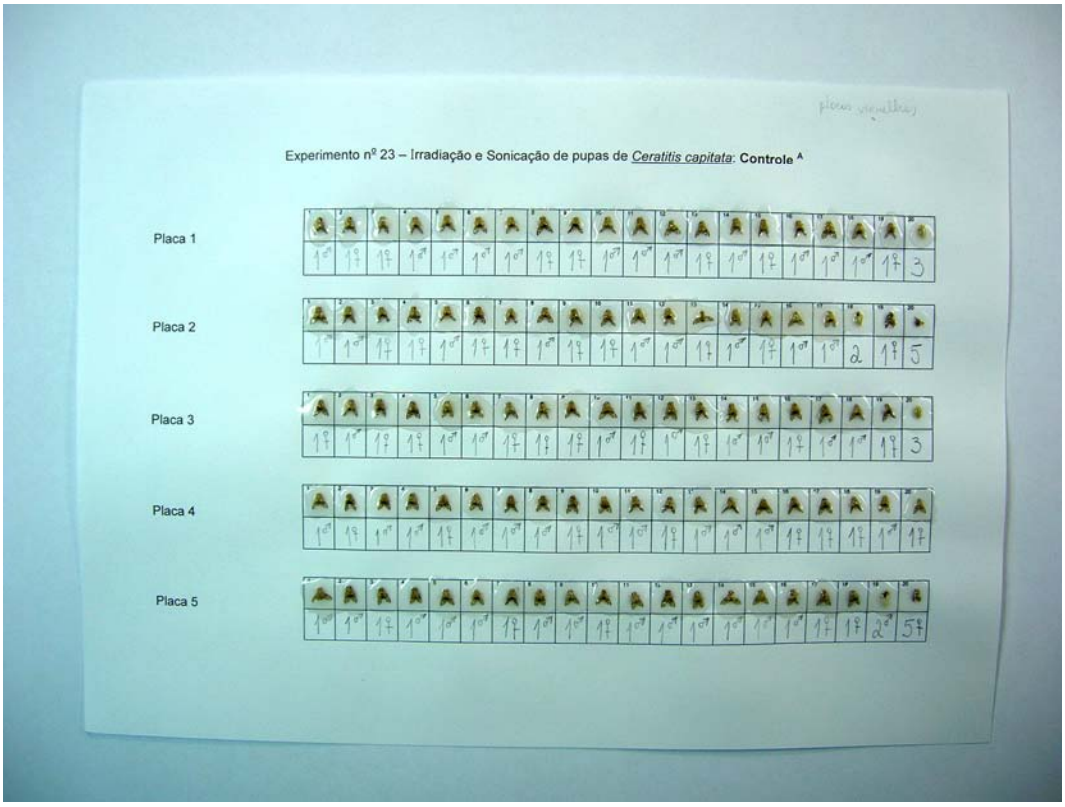


FIGURA 15 – Entomograma controle.

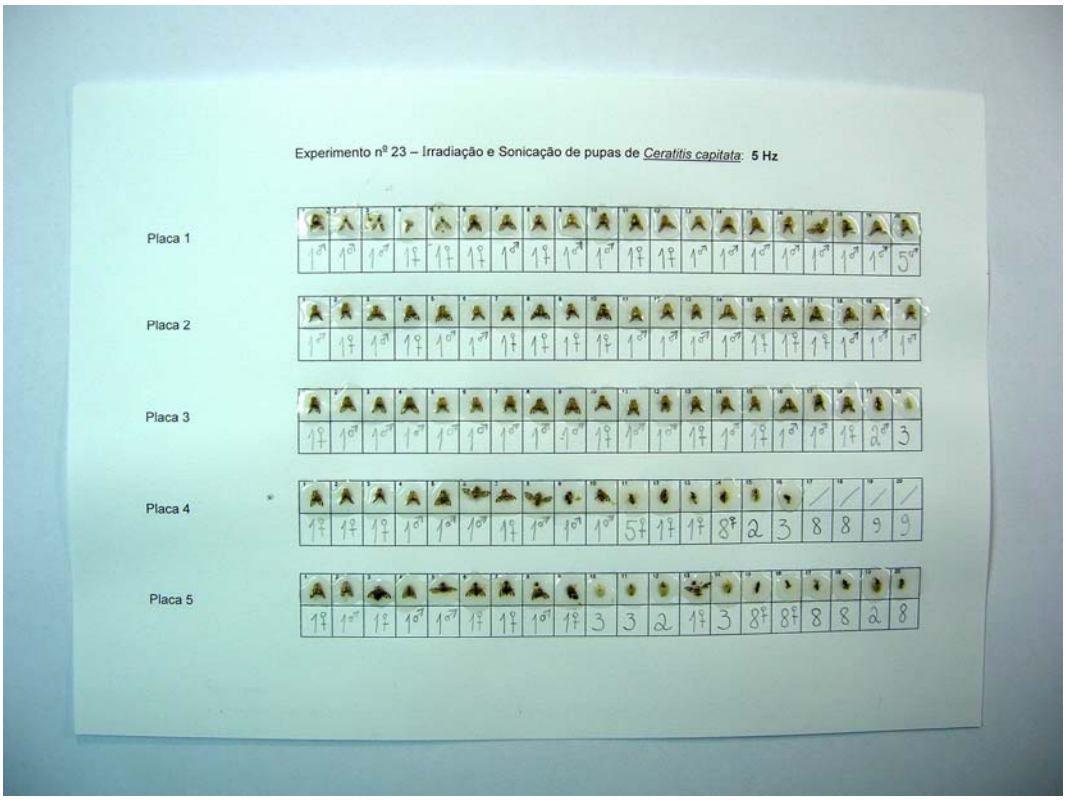


Figura 16 – Entomograma do tratamento acústico de 5 Hz.

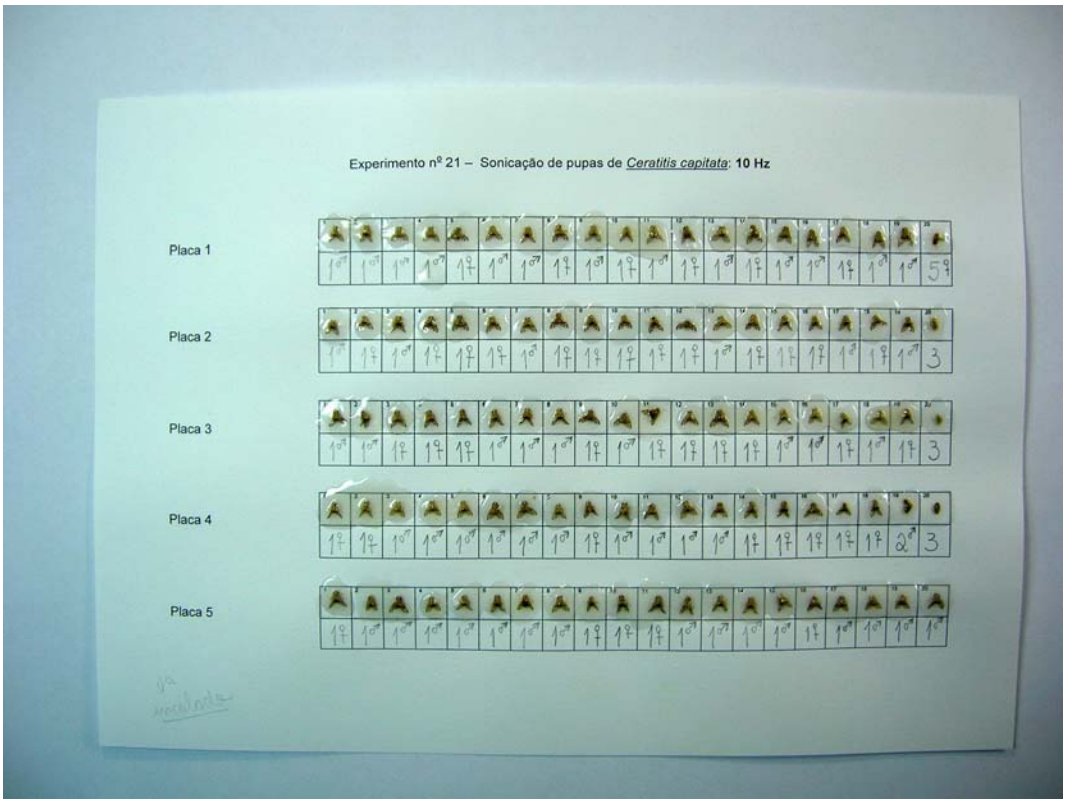


FIGURA 17 – Entomograma do tratamento acústico de 10 Hz.

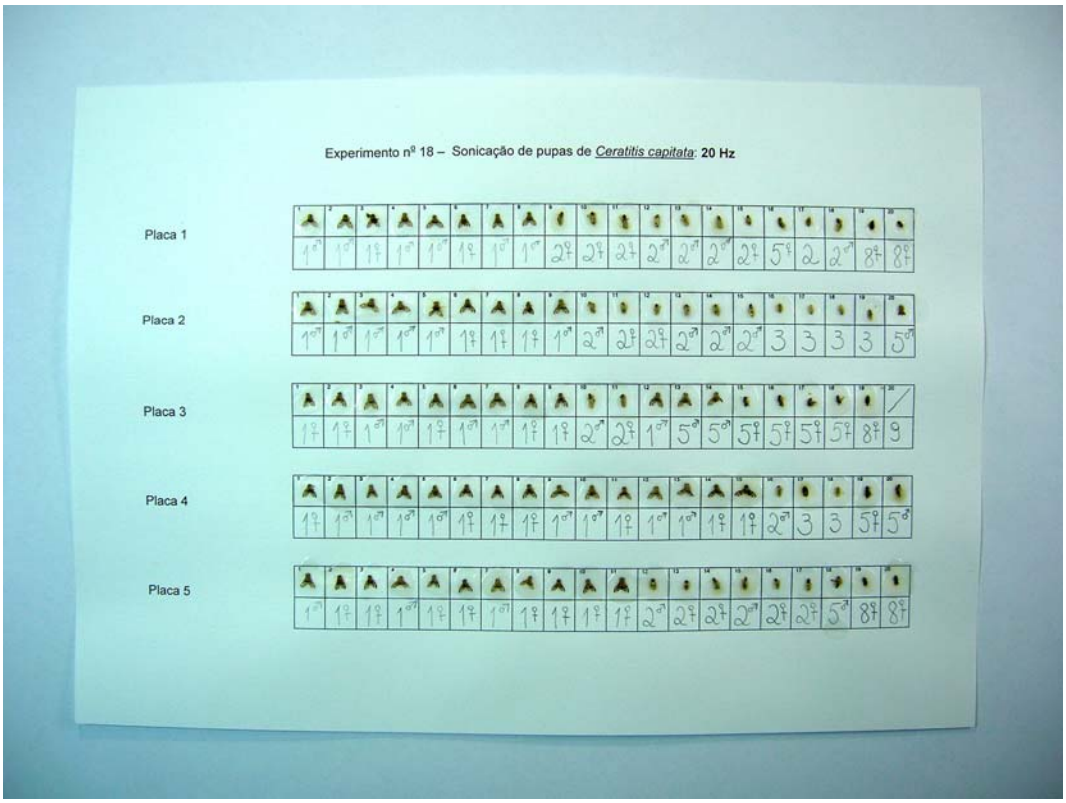


FIGURA 18 – Entomograma do tratamento acústico de 20Hz.

FIGURA 19 – Entomograma do tratamento acústico de 40 Hz.

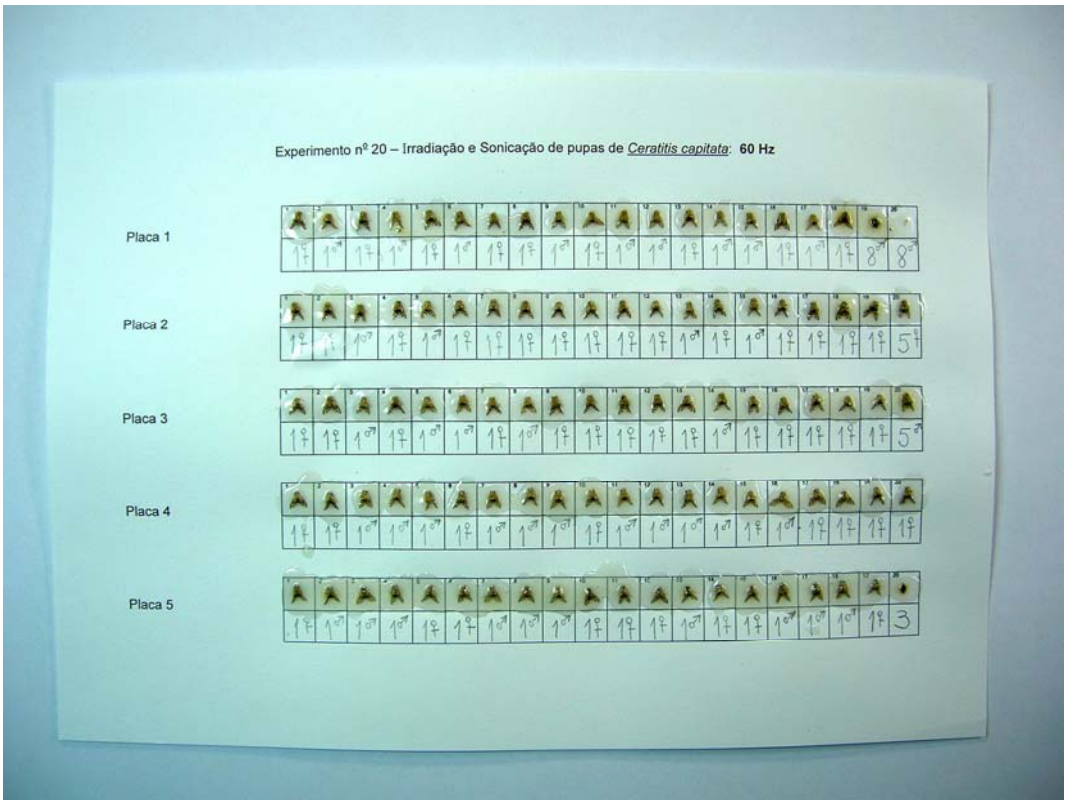


FIGURA 20 – Entomograma do tratamento acústico de 60Hz.

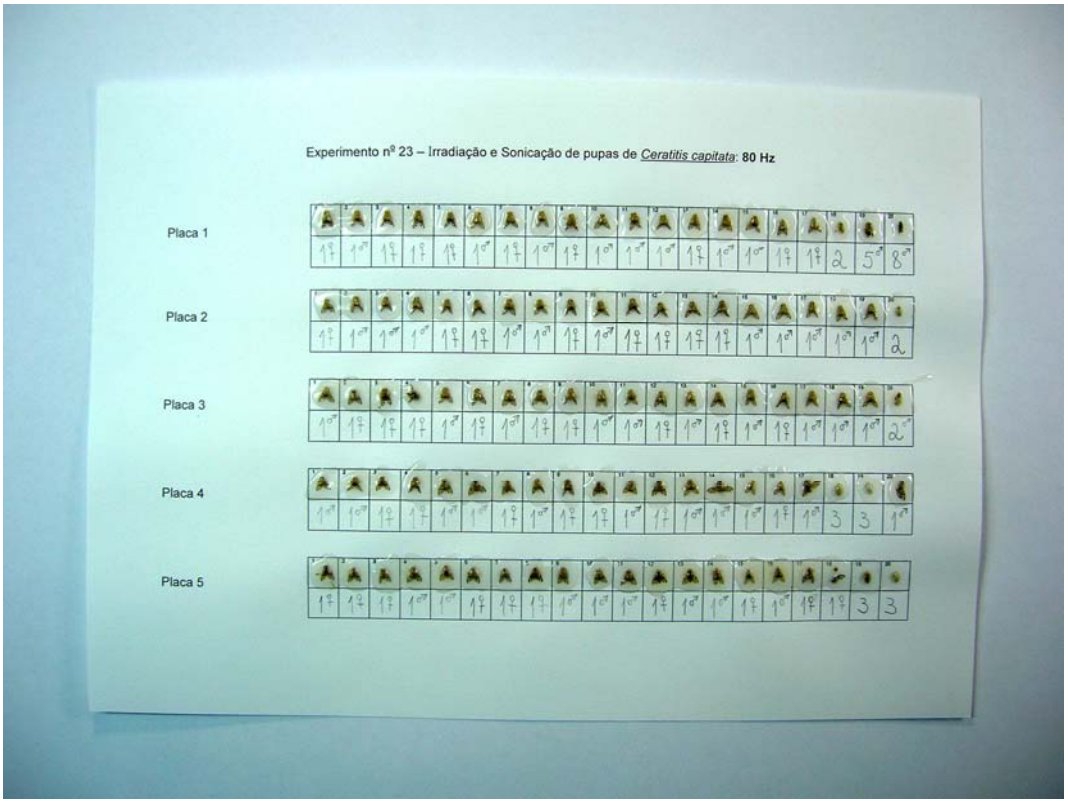


FIGURA 21 – Entomograma do tratamento acústico de 80 Hz.

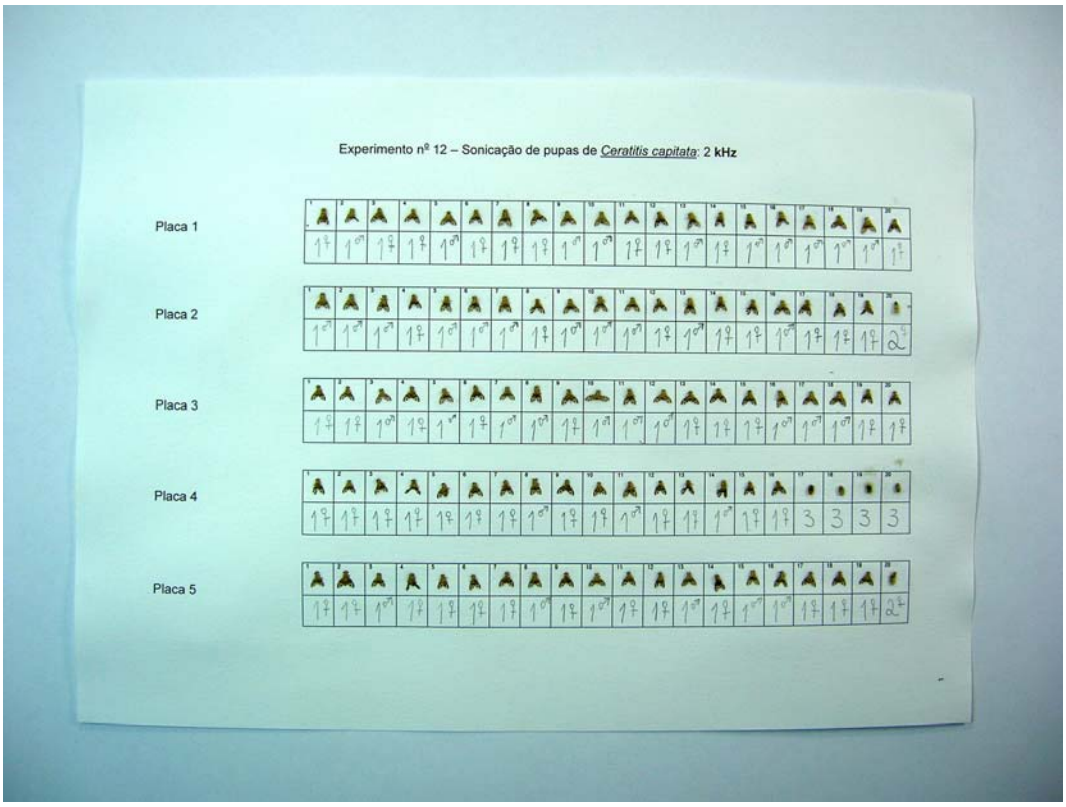


FIGURA 22 – Entomograma do tratamento acústico de 2 kHz.

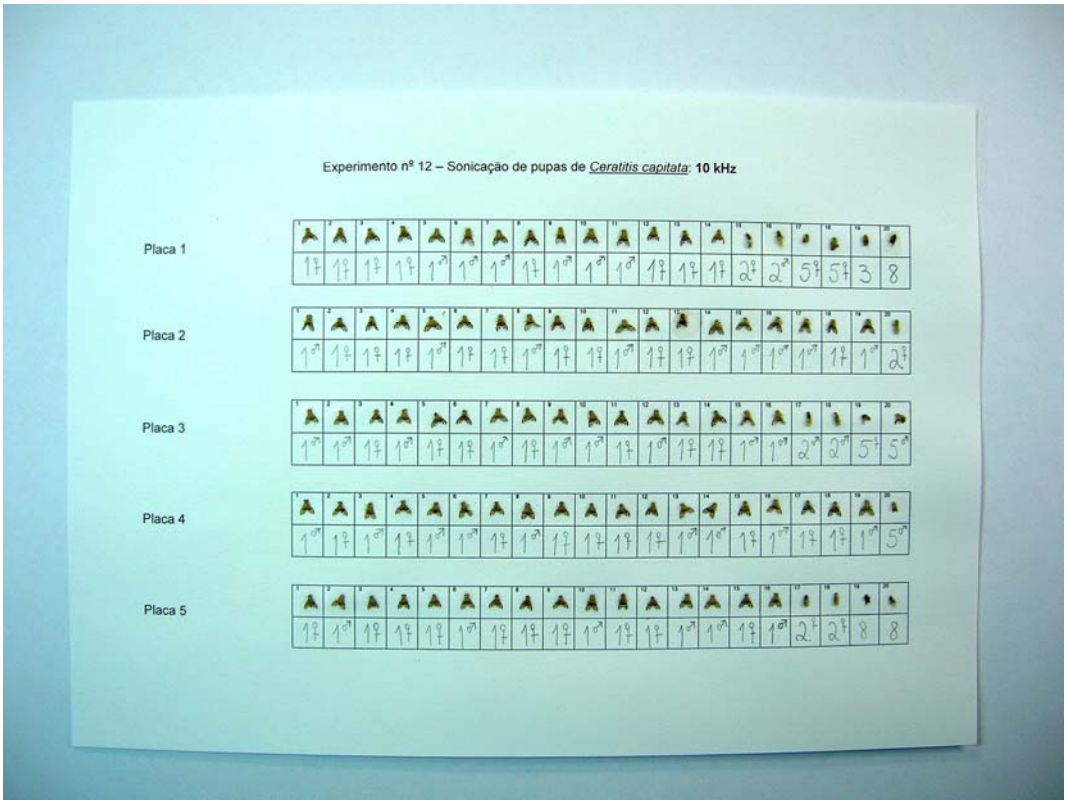


FIGURA 23 – Entomograma do tratamento acústico de 10 kHz.

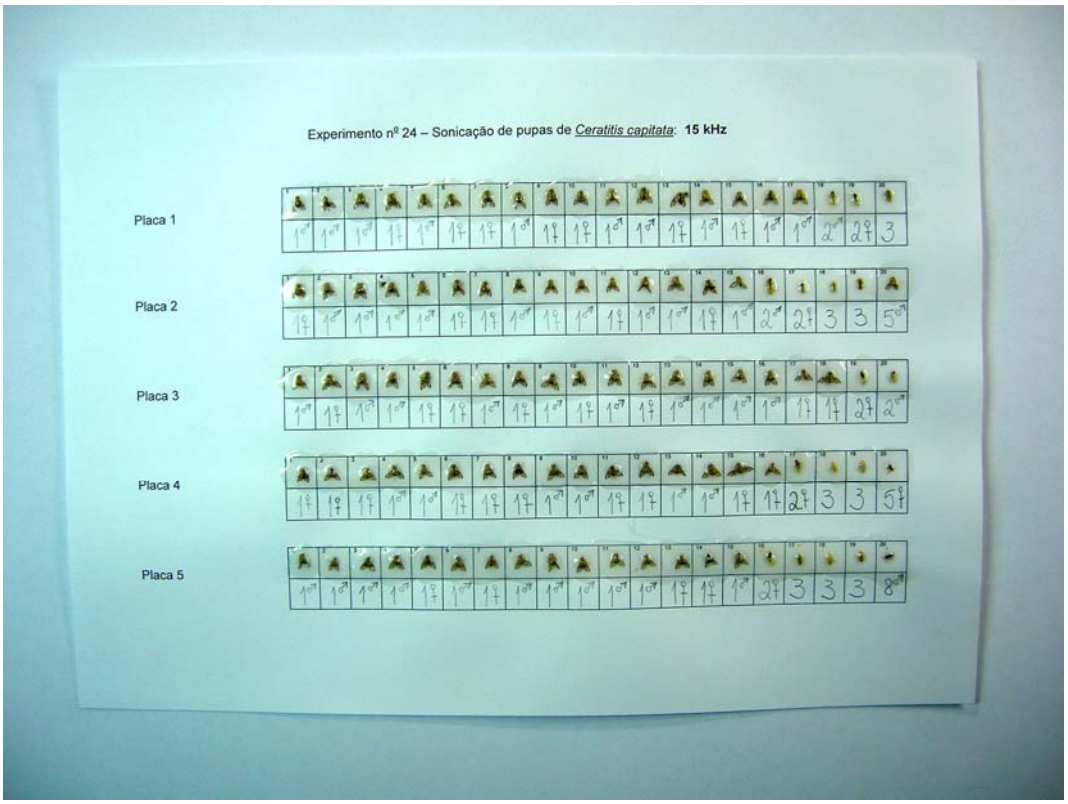


FIGURA 24 – Entomograma do tratamento acústico de 15 kHz.

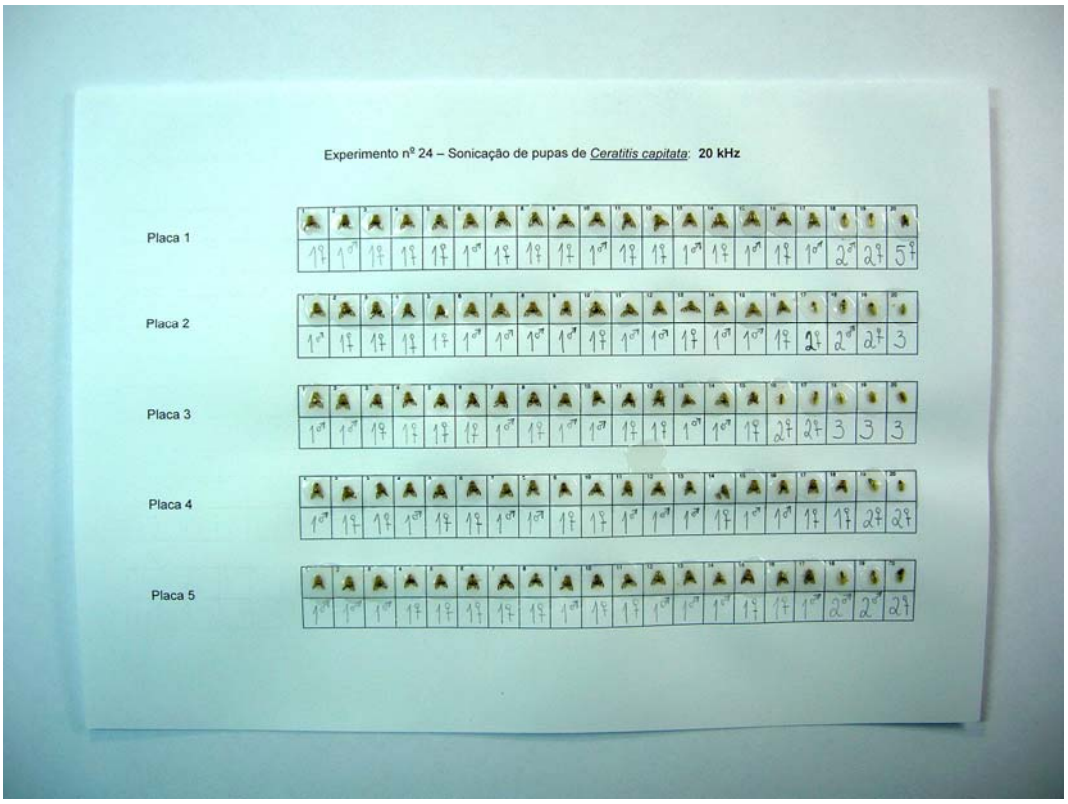


FIGURA 25 – Entomograma do tratamento acústico de 20 kHz.

A partir de uma coleção de entomogramas, foram extraídos os dados numéricos para as contagens de cada parâmetro analisado.

3.4.3. Sintaxe de programação no SAS da análise de variância do parâmetro “emergência de adultos perfeitos”

O programa a seguir foi desenvolvido para a análise de variância do principal parâmetro desta pesquisa, que é a “emergência de adultos perfeitos”. Tal parâmetro foi considerado o principal por ser o mais informativo de todos e que forneceu a maior quantidade de dados. Nos entomogramas das figuras 15 até 25 correspondem aos indivíduos identificados pelos números 1 e 9. Essa numeração é uma escala arbitrária classificatória do estado dos insetos observados nas placas após a metamorfose completa ocorrida na sala climatizada. Os resultados encontram-se na seção 4.1.1. , página 48.

```
DATA ceratitis;
INPUT dose adultos;OUTPUT;
DATALINES;
1 16.078 /*CONTROLE GERAL*/
1 15.619
1 15.914
1 15.985
1 16.404
2 16.432 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 5 Hz*/
2 17.297
2 15.568
2 12.108
2 8.649
3 15.827 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 10 Hz*/
3 15.827
3 15.827
3 14.994
3 16.660
4 12.304 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 20 Hz*/
4 13.842
4 16.918
4 23.070
4 16.918
5 21.060 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 40 Hz*/
5 19.656
5 18.252
5 22.464
5 21.060
6 18.536 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 60 Hz*/
6 15.345
6 16.685
6 17.241
```

```
6 18.012
7 14.703 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 80 Hz*/
7 16.432
7 16.432
7 15.568
7 15.568
8 15.808 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 1 kHz*/
8 15.808
8 10.868
8 16.796
8 15.808
9 17.780 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 2 kHz*/
9 16.891
9 17.780
9 14.224
9 16.891
10 12.726 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 10 kHz*/
10 17.271
10 14.544
10 17.271
10 14.544
11 17.215 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 15 kHz*/
11 15.190
11 18.228
11 16.203
11 15.190
12 17.215 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 20 kHz*/
12 16.203
12 15.190
12 18.228
12 17.215
;
/*PROCEDIMENTO PARA MODELOS LINEARES*/
PROC GLM;
CLASS dose;
MODEL adultos=dose/ss3;
MEANS dose;
RUN;
PROC MEANS MEAN VAR STD STDERR LCLM UCLM;
VAR adultos;
RUN;
PROC CHART;
VBAR adultos;
HBAR adultos;
RUN;
PROC MEANS; VAR adultos;
OUTPUT OUT=saida MEAN=media STD=dpadrao;
RUN;
PROC PRINT DATA=saida;
RUN;
PROC PLOT DATA=ceratitis;
PLOT adultos*dose="*";
RUN;
PROC UNIVARIATE DATA=ceratitis PLOT NORMAL;
VAR adultos;
RUN;
/*TESTE DE TUKEY*/
MEANS dose/TUKEY;
RUN;
```

3.4.4. Sintaxe de programação no SAS do teste de Tukey para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos”

O programa a seguir foi desenvolvido para a aplicação do teste de Tukey, para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos”. Os resultados encontram-se na seção 4.1.2. , página 59.

```
DATA ceratitis;
DO dose = 1 TO 12;
DO rep = 1 TO 5;
INPUT adultos@@; OUTPUT;
END;
END;
DATALINES;
16.078 15.619 15.914 15.985 16.404
16.432 17.297 15.568 12.108  8.649
15.827 15.827 15.827 14.994 16.660
12.304 13.842 16.918 23.070 16.918
21.060 19.656 18.252 22.464 21.060
18.536 15.345 16.685 17.241 18.012
14.703 16.432 16.432 15.568 15.568
15.808 15.808 10.868 16.796 15.808
17.780 16.891 17.780 14.224 16.891
12.726 17.271 14.544 17.271 14.544
17.215 15.190 18.228 16.203 15.190
17.215 16.203 15.190 18.228 17.215
;
PROC GLM;
CLASS dose;
MODEL adultos=dose/ss3;
MEANS dose/TUKEY;
RUN;
```

3.4.5. Sintaxe de programação no SAS da análise de próbites do parâmetro “emergência de adultos perfeitos”

O programa a seguir foi desenvolvido para a aplicação da análise de próbites para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos”. Os resultados encontram-se na seção 4.1.3. , página 61.

```
DATA a;
      INFILE cards eof=eof;
      INPUT dose N response;
      observed=response/N;
      OUTPUT;
      RETURN;
eof:do dose=0 to 11 by 0.20;
      OUTPUT;
      END;
      DATALINES;
```

```
0  20 16.078
0  20 15.610
0  20 15.914
0  20 15.985
0  20 16.404
1  20 16.432
1  20 17.297
1  20 15.568
1  20 12.108
1  20  8.640
2  20 15.827
2  20 15.827
2  20 15.827
2  20 14.994
2  20 16.660
3  20 12.304
3  20 13.842
3  20 16.918
3  20 23.070
3  20 16.918
4  20 21.060
4  20 19.656
4  20 18.252
4  20 22.464
4  20 21.060
5  20 18.536
5  20 15.345
5  20 16.685
5  20 17.241
5  20 18.012
6  20 14.703
6  20 16.432
6  20 16.432
6  20 15.568
6  20 15.568
7  20 15.808
7  20 15.808
7  20 10.868
7  20 16.796
7  20 15.808
8  20 17.780
8  20 16.891
8  20 17.780
8  20 14.224
8  20 16.891
9  20 12.726
9  20 17.271
9  20 14.544
9  20 17.271
9  20 14.544
10 20 17.215
10 20 15.190
10 20 18.228
10 20 16.203
10 20 15.190
11 20 17.215
11 20 16.203
11 20 15.190
11 20 18.228
11 20 17.215
;
```

```
PROC PROBIT log10;
      MODEL response/N=dose / lackfit inversecl itprint;
      MODEL response/N=dose / d=logistic inversecl;
      OUTPUT out=B p=prob std=std xbeta=xbeta;
      TITLE 'SAIDA DA ANALISE DE PROBITES';
 RUN;
 LEGEND1 LABEL=none FRAME CFRAME=ligr CBORDER=black
 POSITION=center VALUE=(justifv=center);
 AXIS1 MINOR=none COLOR=black LABEL=(angle=90 ROTATE=0);
 AXIS2 MINOR=none COLOR=black;
 PROC GPLOT;
      PLOT observed*dose prob*dose / OVERLAY FRAME CFRAME=ligr
VAXIS=axis1 HAXIS=axis2 LEGEND=legend1;
      TITLE 'PLOTAGEM DAS PROBABILIDADES';
      RUN;
```

3.4.6. Sintaxe de programação no SAS da análise de variância do parâmetro “morte prematura”

O programa a seguir foi desenvolvido para a análise de variância dos dados para o parâmetro “morte prematura”. Nos entomogramas das figuras 15 até 25 correspondem aos indivíduos identificados pelos números 2 e 3. Os resultados encontram-se na seção 4.1.4 , página 67.

```
DATA ceratitis;
INPUT dose adultos;OUTPUT;
DATALINES;
1 2.671 /*CONTROLE GERAL*/
1 2.870
1 3.066
1 3.222
1 3.172
2 0.000 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 5 Hz*/
2 0.000
2 4.286
2 4.286
2 10.714
3 0.000 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 10 Hz*/
3 7.500
3 7.500
3 15.000
3 0.000
4 3.375 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 20 Hz*/
4 3.750
4 0.750
4 1.125
4 2.250
5 2.419 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 40 Hz*/
5 2.419
5 1.452
5 0.968
5 2.419
```

```
6 0.857 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 60 Hz*/
6 1.863
6 2.292
6 1.932
6 3.316
7 2.143 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 80 Hz*/
7 2.143
7 2.143
7 4.286
7 4.286
8 5.000 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 1 kHz*/
8 1.250
8 5.000
8 0.000
8 3.750
9 0.000 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 2 kHz*/
9 5.000
9 0.000
9 20.000
9 5.000
10 6.428 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 10 kHz*/
10 2.143
10 4.286
10 0.000
10 4.286
11 3.461 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 15 kHz*/
11 4.615
11 2.308
11 3.462
11 4.615
12 2.308 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 20 kHz*/
12 4.615
12 5.769
12 2.308
12 3.461
;
/*PROCEDIMENTO PARA MODELOS LINEARES*/
PROC GLM;
CLASS dose;
MODEL adultos=dose/ss3;
MEANS dose;
RUN;
PROC MEANS MEAN VAR STD STDERR LCLM UCLM;
VAR adultos;
RUN;
PROC CHART;
VBAR adultos;
HBAR adultos;
RUN;
PROC MEANS; VAR adultos;
OUTPUT OUT=saida MEAN=media STD=dpadrao;
RUN;
PROC PRINT DATA=saida;
RUN;
PROC PLOT DATA=ceratitis;
PLOT adultos*dose="*";
RUN;
PROC UNIVARIATE DATA=ceratitis PLOT NORMAL;
VAR adultos;
RUN;
/*TESTE DE TUKEY*/
```

```
MEANS dose/TUKEY;
RUN;
```

3.4.7. Sintaxe de programação no SAS do teste de Tukey para o parâmetro “morte prematura”

O programa a seguir foi desenvolvido para aplicação do teste de Tukey dos dados para o parâmetro “morte prematura”. Os resultados encontram-se na seção 4.1.5 , página 74.

```
DATA ceratitis;
DO dose = 1 TO 12;
DO rep = 1 TO 5;
INPUT adultos@@; OUTPUT;
END;
END;
DATALINES;
2.671 2.870 3.066 3.222 3.172
0.000 0.000 4.286 4.286 10.714
0.000 7.500 7.500 15.00 0.000
3.375 3.750 0.750 1.125 2.250
2.419 2.419 1.452 0.968 2.419
0.857 1.863 2.292 1.932 3.316
2.143 2.143 2.143 4.286 4.286
5.000 1.250 5.000 0.000 3.750
0.000 5.000 0.000 20.00 5.000
6.428 2.143 4.286 0.000 4.286
3.461 4.615 2.308 3.462 4.615
2.308 4.615 5.769 2.308 3.461
;
PROC GLM;
CLASS dose;
MODEL adultos=dose/ss3;
MEANS dose/TUKEY;
RUN;
```

3.4.8. Sintaxe de programação no SAS da análise de variância do parâmetro “má formação”

O programa a seguir foi desenvolvido para a análise de variância dos dados para o parâmetro “má formação”. Nos entomogramas das figuras 10 até 25 correspondem aos indivíduos identificados pelos números 5 e 8. Os resultados encontram-se na seção 4.1.6, página 76.

```
DATA ceratitis;
INPUT dose adultos;OUTPUT;
DATALINES;
1 1.118 /*CONTROLE GERAL*/
1 2.003
1 1.304
1 2.003
1 1.071
2 0.750 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 5 Hz*/
2 0.000
2 0.000
2 3.000
2 3.750
3 3.750 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 10 Hz*/
3 0.000
3 0.000
3 0.000
3 0.000
4 2.813 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 20 Hz*/
4 0.938
4 6.563
4 1.875
4 2.813
5 0.000 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 40 Hz*/
5 0.625
5 2.500
5 1.250
5 0.000
6 0.783 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 60 Hz*/
6 2.544
6 0.978
6 0.587
6 0.783
7 1.500 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 80 Hz*/
7 0.000
7 0.000
7 0.000
7 0.000
8 0.000 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 1 kHz*/
8 3.214
8 5.357
8 3.214
8 1.071
9 0.000 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 2 kHz*/
9 0.000
9 0.000
9 0.000
9 0.000
10 3.214 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 10 kHz*/
10 0.000
10 2.143
10 1.071
10 2.143
11 0.000 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 15 kHz*/
11 0.938
11 0.000
11 0.938
11 0.938
12 0.938 /*FREQUENCIA ACUSTICA DE 20 kHz*/
```

```
12 0.000
12 0.000
12 0.000
12 0.000
;
/*PROCEDIMENTO PARA MODELOS LINEARES*/
PROC GLM;
CLASS dose;
MODEL adultos=dose/ss3;
MEANS dose;
RUN;
PROC MEANS MEAN VAR STD STDERR LCLM UCLM;
VAR adultos;
RUN;
PROC CHART;
VBAR adultos;
HBAR adultos;
RUN;
PROC MEANS; VAR adultos;
OUTPUT OUT=saida MEAN=media STD=dpadrao;
RUN;
PROC PRINT DATA=saida;
RUN;
PROC PLOT DATA=ceratitis;
PLOT adultos*dose="*";
RUN;
PROC UNIVARIATE DATA=ceratitis PLOT NORMAL;
VAR adultos;
RUN;
/*TESTE DE TUKEY*/
MEANS dose/TUKEY;
RUN;
```

3.4.9. Sintaxe de programação no SAS do teste de Tukey para o parâmetro "má formação"

O programa a seguir foi desenvolvido para a aplicação do teste de Tukey dos dados para o parâmetro "má formação". Os resultados encontram-se na seção 4.1.7, página 83.

```
DATA ceratitis;
DO dose = 1 TO 12;
DO rep = 1 TO 5;
INPUT adultos@@; OUTPUT;
END;
END;
DATALINES;
1.118 2.003 1.304 2.003 1.071
0.750 0.000 0.000 3.000 3.750
3.750 0.000 0.000 0.000 0.000
2.813 0.938 6.563 1.875 2.813
0.000 0.625 2.500 1.250 0.000
0.783 2.544 0.978 0.587 0.783
1.500 0.000 0.000 0.000 0.000
```

```
0.000 3.214 5.357 3.214 1.071
0.000 0.000 0.000 0.000 0.000
3.214 0.000 2.143 1.071 2.143
0.000 0.938 0.000 0.938 0.938
0.938 0.000 0.000 0.000 0.000
;
PROC GLM;
CLASS dose;
MODEL adultos=dose/ss3;
MEANS dose/TUKEY;
RUN;
```

3.4.10 Análise do parâmetro “sexo”

Distingue-se facilmente o macho da fêmea, pois aquele possui, na fronte e entre os olhos, dois apêndices filiformes terminados em forma de espátula (GALLO et al., 2002). Os resultados em termos percentuais foram organizados na tabela 5 e geraram o gráfico da figura 40, para melhor visualização, na página 85.

TABELA 5 - Porcentagem de machos e fêmeas observados nos experimentos de sonicação.

Tratamento	*machos*	*fêmeas*	*indefinidos*
controle	42,89 %	48,55 %	8,55 %
5 Hz	49 %	36 %	15 %
10 Hz	54 %	43 %	3 %
20 Hz	45 %	47 %	8 %
40 Hz	48 %	45 %	7 %
60 Hz	45,4 %	48,4 %	6,2 %
80 Hz	51 %	43 %	6 %
1 kHz	35 %	55,8 %	9,2 %
2 kHz	40 %	56 %	4 %
10 kHz	44 %	52 %	4 %
15 kHz	51 %	41 %	8 %
20 kHz	43 %	53,5 %	4 %

3.5. Experimentos com raios gama

Os efeitos deletérios das radiações ionizantes sobre os seres vivos já são amplamente conhecidos, através de dados de experimentos intencionais, acidentes nucleares e a II guerra mundial com todas as suas conseqüências, que ocorreram ao longo do século XX. Neste trabalho, conforme já explicado na introdução, a radiação ionizante não representa o principal tratamento em estudo mas sua importância está em dois aspectos: fornecer dados para comparação com os tratamentos acústicos e permitir a verificação da ocorrência ou não-ocorrência de efeitos de interação entre tratamentos.

3.5.1. Sintaxe de programação no SAS da análise de próbites do parâmetro "emergência de adultos perfeitos"

O programa a seguir foi desenvolvido para a aplicação da análise de próbites para o parâmetro "emergência de adultos perfeitos" nos experimentos com radiação ionizante. Os resultados encontram-se na seção 4.2 , página 85. Porém é o gráfico da figura 41, página 91, que fornecerá a melhor base de comparação.

```
DATA a;
      INFILE cards eof=eof;
      INPUT dose N response;
      observed=response/N;
      OUTPUT;
      RETURN;
eof:do dose=0 to 11 by 0.20;
      OUTPUT;
      END;
      DATALINES;
0  20 16.078 /* CONTROLE GERAL */
0  20 15.619
0  20 15.914
0  20 15.985
0  20 16.404
1  20 14.437 /* 5 Gray */
1  20  9.637
1  20 12.228
1  20 11.020
1  20 12.441
2  20 15.447 /* 7,5 Gray */
2  20 15.842
2  20 13.287
2  20 13.867
2  20 13.755
```

```
3  20 13.160 /* 10 Gray */
3  20 15.561
3  20 16.055
3  20 14.573
3  20 10.266
4  20 10.864 /* 12,5 Gray */
4  20 11.852
4  20  7.901
4  20  7.901
4  20 13.827
5  20  0.000 /* 15 Gray */
5  20  0.000
5  20  0.000
5  20  0.000
5  20  0.000
6  20  0.000 /* 50 Gray */
6  20  0.000
6  20  0.000
6  20  0.000
6  20  0.000
7  20  0.000 /* 100 Gray */
7  20  0.000
7  20  0.000
7  20  0.000
7  20  0.000
8  20  0.000 /* 150 Gray */
8  20  0.000
8  20  0.000
8  20  0.000
8  20  0.000
9  20  0.000 /* 200 Gray */
9  20  0.000
9  20  0.000
9  20  0.000
9  20  0.000
;
PROC PROBIT log10;
      MODEL response/N=dose / lackfit inversecl itprint;
      MODEL response/N=dose / d=logistic inversecl;
      OUTPUT out=B p=prob std=std xbeta=xbeta;
      TITLE 'SAIDA DA ANALISE DE PROBITES';
 RUN;
 LEGEND1 LABEL=none FRAME CFRAME=ligr CBORDER=black
 POSITION=center VALUE=(justifv=center);
 AXIS1 MINOR=none COLOR=black LABEL=(angle=90 ROTATE=0);
 AXIS2 MINOR=none COLOR=black;
 PROC GPLOT;
      PLOT observed*dose prob*dose / OVERLAY FRAME CFRAME=ligr
VAXIS=axis1 HAXIS=axis2 LEGEND=legend1;
      TITLE 'PLOTAGEM DAS PROBABILIDADES';
      RUN;
```

3.6. Experimentos de Interação: ondas acústicas e raios gama

Tanto no tratamento irradiação como na sonicação temos energia depositada em tecidos biológicos. Este fato motiva as seguintes perguntas: Há interações entre os tratamentos ? Podem as ondas acústicas potencializar os

efeitos deletérios das radiações ionizantes ? Podem as ondas acústicas atenuar os efeitos deletérios das radiações ionizantes, por algum mecanismo ainda desconhecido?

As doses de radiação ionizante empregadas foram de 5,0 Gy ; 7,5 Gy ; 10 Gy e 12,5 Gy, além do controle que não recebeu radiação. Tratamentos combinados (radiação_tempo_sonicação) envolveram o transporte do material após a irradiação, do IPEN ao Instituto Biológico. O tempo entre a irradiação e

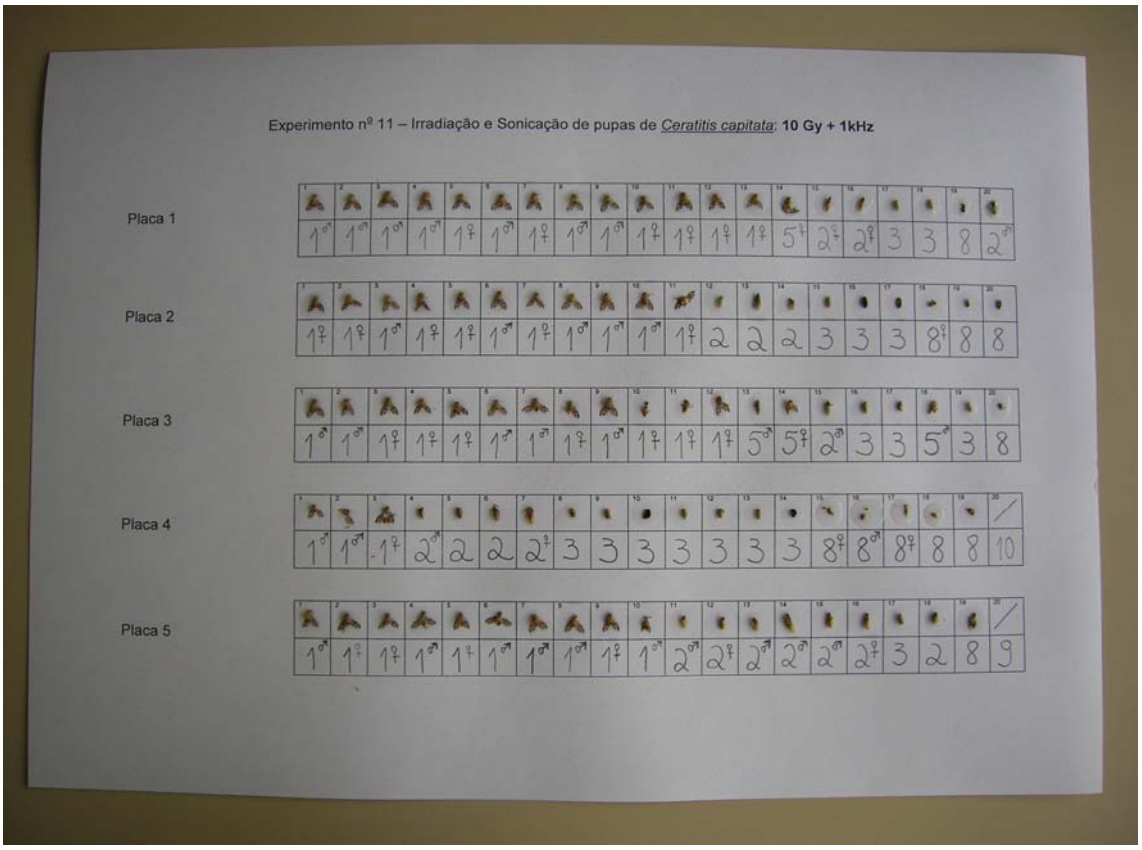


FIGURA 26 – Entomograma de tratamentos interativos:10 Gy e 1kHz.

a sonicação foi padronizado em 1 hora para todos os experimentos. O tempo, por essa razão, não entrará na análise estatística como um terceiro tratamento, embora implicitamente ele seja fundamental. A análise gráfica de dados consegue fornecer tendências importantes sobre possíveis efeitos de interação entre tratamentos. A figura 26 mostra o entomograma de tratamentos interativos: radiação ionizante e ondas acústicas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4. 1. Experimentos com ondas acústicas

4.1.1. Resultados da análise de variância no SAS para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos”

```
                          The SAS System        15:43 Tuesday, August 12, 2007   1

                        The GLM Procedure

                   Class Level Information

Class         Levels    Values

dose              12    1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

                  Number of observations    60
```

O programa SAS oferece uma fonte tipográfica chamada SAS monospace que foi utilizada para formatação de palavras do programa a fim de distingui-las e destacá-las ao longo do texto das discussões dos resultados.

`The GLM Procedure` representa a indicação do procedimento que gerou o resultado. `Class Level Information` fornece informações à respeito das variáveis indicadas como classificatórias no comando `CLASS`, ou seja, as freqüências acústicas designadas aqui como “dose”. `Number of observations` permite contar o número total de observações realizadas, nesta etapa do experimento igual a 60.

```
                                The SAS System        15:43 Tuesday, August 12, 2007   2

                                The GLM Procedure

Dependent Variable: adultos

                                          Sum of
Source                        DF         Squares     Mean Square    F Value    Pr > F

Model                         11     137.3147823      12.4831620       3.02    0.0039

Error                         48     198.4085296       4.1335110

Corrected Total               59     335.7233119

                  R-Square     Coeff Var      Root MSE    adultos Mean

                  0.409012      12.44323      2.033104        16.33903

Source                        DF     Type III SS     Mean Square    F Value    Pr > F

dose                          11     137.3147823      12.4831620       3.02    0.0039
```

Dependent Variable:adultos fornece a variável resposta ou variável dependente obtida no experimento, a qual deve refletir as diferenças entre os níveis da variável independente, neste caso as freqüências acústicas.

Model é a linha do quadro de análise de variância que mede o efeito de todos os componentes do modelo. Error representa a linha do quadro de análise de variância onde é computado o erro experimental. O erro também é denominado resíduo. As conclusões finais são tomadas com base na relação entre o efeito das doses e do erro experimental.

Source (dose) são as linhas do quadro de análise de variância que testam, através do teste F, a existência de efeito entre os tratamentos. DF representa os graus de liberdade para as doses utilizadas, neste caso 11.

Mean Square é o quadrado médio calculado pela razão entre Type III SS e DF , a saber:

$$Mean\ Square = \frac{137,3147823}{11} = 12,4831620$$

F Value ou valor F calculado é dado pela razão entre os quadrados médios de doses (tratamentos) e do resíduo conforme apresentado na tabela 3 na página 22.

$$F_{value} = \frac{12,4831620}{4,1335110} \cong 3,02$$

Pr > F fornece o nível de significância para rejeição da hipótese de nulidade H_0. Como o valor calculado pelo SAS é 0,0039 que é menor do que os níveis previamente definidos de α (0,05 e 0,01), a hipótese de nulidade deve ser rejeitada. Opta-se então por H_a.

Type III SS é a soma de quadrados indicado para a análise de experimentos desbalanceados.

Na tabela de F para 11 graus de liberdade dos tratamentos (numerador) e 48 graus de liberdade do resíduo (denominador), encontramos o valor de F de 1,968 no nível de significância de 5% [ou 0,05] e encontramos o valor de F de 2,596 no nível de significância de 1% [ou 0,01] (STOCKBURGER, 2007).

Como o valor de F calculado (F_{calc} = 3,02) é maior do que o F tabelado (também denominado valor crítico de F), podemos rejeitar a hipótese de nulidade H_0, de que as médias dos tratamentos acústicos são iguais, havendo portanto evidências contra essa hipótese nos níveis de significância considerados de 5% e 1% para a variável “emergência de adultos perfeitos”.

The SAS System 15:43 Tuesday, August 12, 2007 3

The GLM Procedure

Level of dose	N	adultos Mean	adultos Std Dev
1	5	16.0000000	0.28376134
2	5	14.0108000	3.58663278
3	5	15.8270000	0.58901995
4	5	16.6104000	4.12688706
5	5	20.4984000	1.60080630
6	5	17.1638000	1.23951793
7	5	15.7406000	0.72323288
8	5	15.0176000	2.35881767
9	5	16.7132000	1.46077606
10	5	15.2712000	1.97066504
11	5	16.4052000	1.32029190
12	5	16.8102000	1.15451535

The SAS System 15:43 Tuesday, August 12, 2007 4

The MEANS Procedure

Analysis Variable : adultos

Mean	Variance	Std Dev	Std Error	Lower 95% CL for Mean	Upper 95% CL for Mean
16.3390333	5.6902256	2.3854194	0.3079563	15.7228142	16.9552525

O programa SAS realiza a estatística descritiva básica, apresentando média, variância, desvio padrão, erro padrão e intervalo de confiança dos dados analisados.

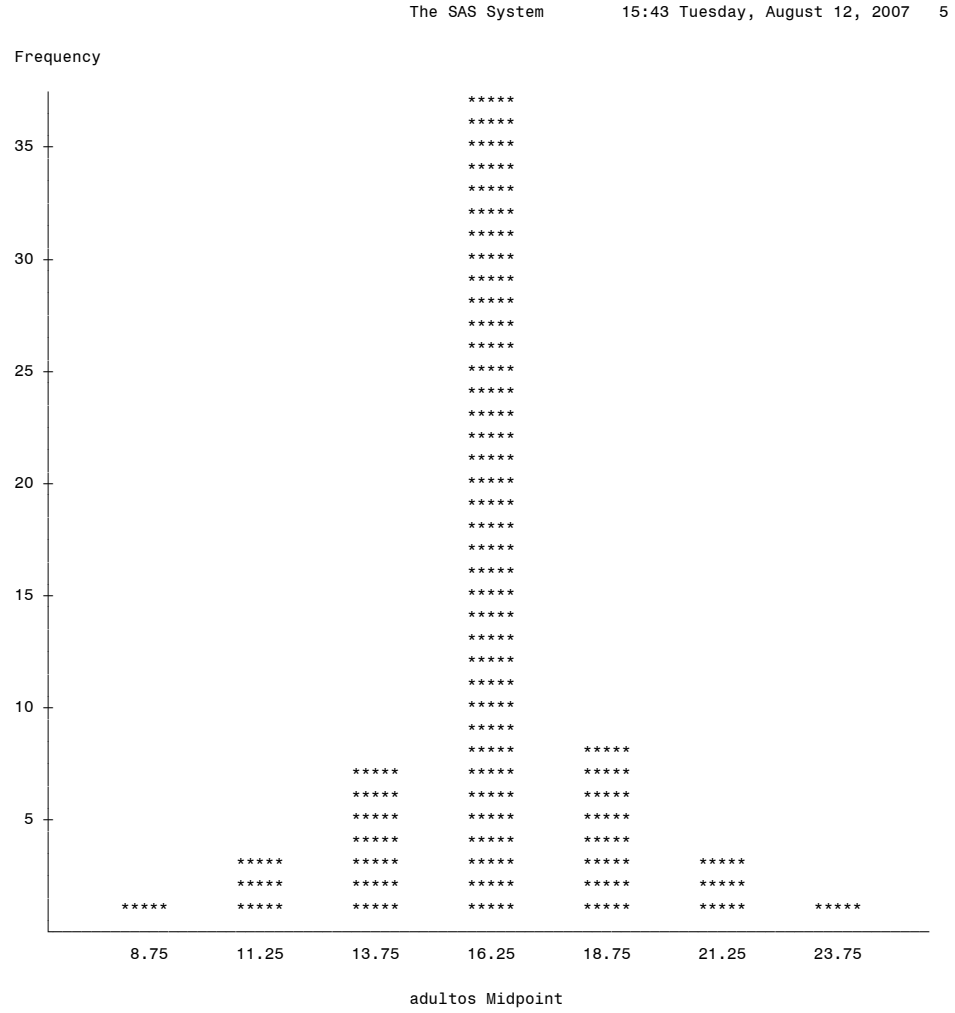


FIGURA 27 – Gráfico do tipo histograma gerado automaticamente pelo programa SAS, onde se observam as freqüências de ocorrências das médias das placas.

O gráfico da figura 27 mostra a distribuição de freqüências e dá o destaque para a média geral das placas de todos os tratamentos para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos” incluindo os controles e não para um tratamento específico. Podemos imaginar uma linha que passa pelo topo de todas as colunas desenhando uma curva simétrica, levemente leptocúrtica, ou seja, com achatamento menor do que aquele verificado em uma distribuição normal (NETO, 1977). Isto reflete a adequação do modelo matemático empregado para a análise dos dados.

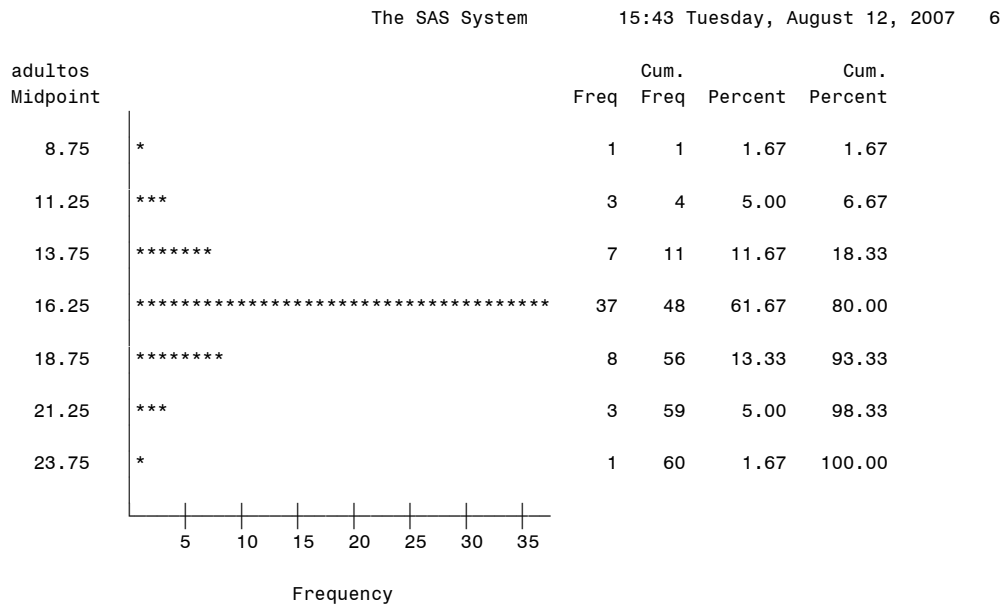


FIGURA 28 – Gráfico do tipo barras gerado automaticamente pelo programa SAS, onde se observam as freqüências de ocorrências das médias das placas e as respectivas porcentagens e freqüências acumuladas.

No gráfico da figura 28 de adults Midpoint versus Frequency verificamos a linha horizontal em destaque em frente ao valor 16,25. Trata-se da moda, ou seja, valor mais freqüente observado na coleção de dados. Embora seja repetitivo com o gráfico anterior nesse aspecto, introduz na seqüência os valores em termos percentuais, onde se verifica que 61,67 % de todas as placas estão próximos à média geral.

The SAS System 15:43 Tuesday, August 12, 2007 7

The MEANS Procedure

Analysis Variable : adultos

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	16.3390333	2.3854194	8.6490000	23.0700000

The SAS System 15:43 Tuesday, August 12, 2007 8

Obs	_TYPE_	_FREQ_	media	dpadrao
1	0	60	16.3390	2.38542

The SAS System 15:43 Tuesday, August 12, 2007 9

Plot of adultos*dose. Symbol used is '*'.

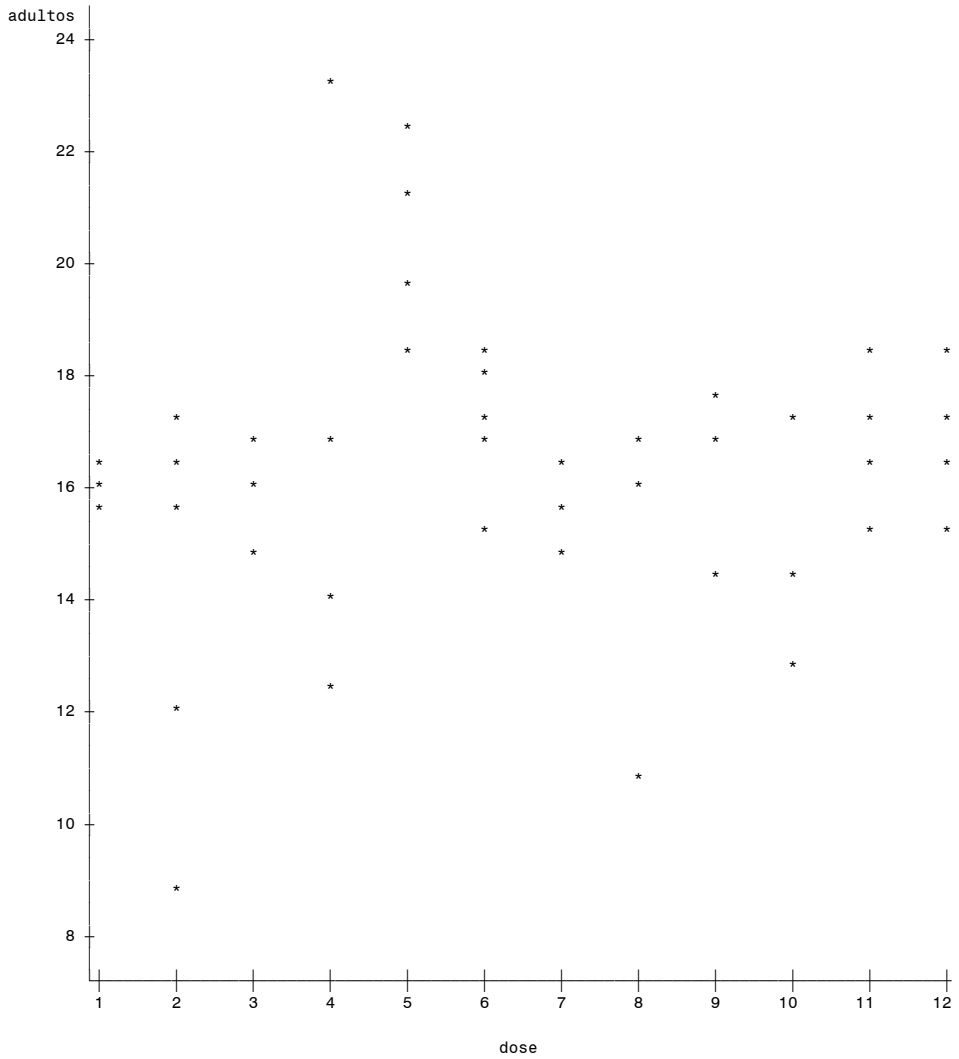


FIGURA 29 – Gráfico gerado automaticamente pelo programa SAS, onde se observam as flutuações acima e abaixo da média.

No gráfico da figura 29, imaginando-se uma linha horizontal paralela ao eixo x, partindo do número 16 do eixo y, podemos dividir o conjunto de dados em dois grupos: contagens de insetos acima da média dos controles e abaixo da média dos controles. Podemos verificar que para a dose 5 (tratamento de 40 Hz) e dose 6 (tratamento de 60 Hz), temos a maior concentração de pontos acima da média. Unindo-se verticalmente os asteriscos correspondentes para cada dose, desenham-se barras que oscilam para cima e para baixo na direção y. A maioria das barras corta a linha horizontal da média, porém para as dose 5 e 6, que correspondem respectivamente aos tratamentos 40 Hz e 60 Hz, podemos verificar uma oscilação positiva. Esse resultado é observado várias vezes nessa pesquisa, porém em outras abordagens de análise. Ocorrem também pontos de dispersão, cujas características são o afastamento da média e o isolamento dos demais pontos do conjunto ao qual pertencem. Esses pontos de dispersão podem ser ignorados pois a causa que os produz é relacionada à variações do acaso, como por exemplo, uma placa e apenas ela, que fungou alterando as contagens, no entanto não importa as razões casuais que fizeram tal fato tornar-se único nas várias placas em observação. Na linha vertical que parte da dose 2 no eixo x, logo de imediato observamos um ponto de dispersão. Ignorando-o e unindo verticalmente os quatro pontos restantes, teremos a barra que corta o eixo x. Também podemos observar pontos dispersos na linha vertical imaginária que parte da dose 4, o primeiro ponto superior e da dose 6 o primeiro ponto inferior. Esta análise pictórica dos dados exibe um efeito estimulador dos tratamentos 40 Hz e 60 Hz sobre a “emergência de adultos perfeitos” em relação ao controle.

The SAS System 15:43 Tuesday, August 12, 2007 10

The UNIVARIATE Procedure
Variable: adultos

Moments

N	60	Sum Weights	60
Mean	16.3390333	Sum Observations	980.342
Std Deviation	2.38541938	Variance	5.69022563
Skewness	-0.0377894	Kurtosis	2.58165442
Uncorrected SS	16353.5639	Corrected SS	335.723312
Coeff Variation	14.5995135	Std Error Mean	0.30795632

Basic Statistical Measures

Location		Variability	
Mean	16.33903	Std Deviation	2.38542
Median	16.30350	Variance	5.69023
Mode	15.19000	Range	14.42100
		Interquartile Range	1.79950

NOTE: The mode displayed is the smallest of 6 modes with a count of 3.

Tests for Location: Mu0=0

Test	-Statistic-		-----p Value------	
Student's t	t	53.05633	Pr > |t|	<.0001
Sign	M	30	Pr >= |M|	<.0001
Signed Rank	S	915	Pr >= |S|	<.0001

Tests for Normality

Test	--Statistic---		-----p Value------	
Shapiro-Wilk	W	0.928962	Pr < W	0.0018
Kolmogorov-Smirnov	D	0.143992	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	0.288025	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	1.656452	Pr > A-Sq	<0.0050

Quantiles (Definition 5)

Quantile	Estimate
100% Max	23.0700
99%	23.0700
95%	21.0600

O coeficiente denominado Kurtosis no trecho de programa exibido anteriormente, representa a curtose (em português), que é uma medida do achatamento da distribuição dos dados.

O termo curtose foi introduzido por Karl Pearson em 1906. O valor de curtose de uma distribuição rigorosamente normal é 3 (KENDALL ; BUCKLAND ,1957). O valor obtido no experimento é 2,582. Isto indica uma curva de distribuição levemente platicúrtica, ou seja, levemente achatada, que não compromete o modelo utilizado na análise dos dados.

Skewness mede a tendência de que os desvios sejam maiores em uma direção em relação à outra, ou seja, mede a assimetria da curva. O valor obtido de uma distribuição rigorosamente simétrica é zero (KENDALL ; BUCKLAND ,1957). Os dados geraram um coeficiente de assimetria igual a -0,03779, indicando uma assimetria muito pequena para a esquerda.

Mode é a moda, valor mais frequente na amostra.

```
                The SAS System        15:43 Tuesday, August 12, 2007  11

            The UNIVARIATE Procedure
               Variable:  adultos

            Quantiles (Definition 5)

             Quantile      Estimate

             90%            18.3940
             75% Q3         17.2560
             50% Median     16.3035
             25% Q1         15.4565
             10%            14.0330
             5%             12.2060
             1%              8.6490
             0% Min          8.6490
```

O quantil (Quantile) mais utilizado é o de 50%, também conhecido como mediana. O valor correspondente a 50% Median indica que 50% da população é menor que 16,3035 indivíduos e que o restante é maior. O quantil 3 (Q3) indica que 75% dos valores são menores que 17,2560 e 25% dos dados da amostra são maiores que este valor. O quantil 1 (Q1) indica que apenas 25% dos valores são menores que 15,4565.

```
                    Extreme Observations

          -----Lowest-----        -----Highest----

            Value      Obs          Value      Obs

            8.649       10         19.656       22
           10.868       38         21.060       21
           12.108        9         21.060       25
           12.304       16         22.464       24
           12.726       46         23.070       19
```

Os extremos (Extreme Observations) são especialmente úteis na busca de valores digitados de maneira incorreta ou fora dos padrões esperados para a variável em estudo. Não inclui os valores médios mais representativos do conjunto de dados.

```
Stem Leaf                    #            Boxplot
  23 1                       1               *
  22 5                       1               0
  21 11                      2               0
  20                                         |
  19 7                       1               |
  18 02235                   5               |
  17 222233388               9              +-----+
  16 012244447789999        15              *--+--*
  15 0222366668888889       16              +-----+
  14 2557                    4               |
  13 8                       1               |
  12 137                     3               0
  11                                         |
  10 9                       1               0
   9                                         |
   8 6                       1               *
     ----+----+----+----+
```

Um gráfico de ramo e folhas, de caixa e de probabilidade normal são técnicas de análise exploratória de dados (DIAS, 1997). Um diagrama de ramo e folhas transmite informação sobre os seguintes aspectos dos dados (DEVORE, 2006):

- Indicação de um valor típico ou representativo;
- Extensão da dispersão ao redor do valor típico;
- Presença de lacunas nos dados;
- Extensão da simetria na distribuição de valores;
- Número e localização dos picos;
- Presença de valores fora da curva.

No diagrama de ramos e folhas (Stem Leaf) busca-se uma representação visual informativa do conjunto de dados analisados. O diagrama sugere que um valor típico ou representativo está na linha do ramo 15. O diagrama cresce para dois picos nos ramos 16 e 15, quando nos movemos para baixo e então declina. Há lacunas nos ramos 20, 11 e 9. Seu formato não é perfeitamente simétrico, mas o pico está centralizado na região dos ramos 15 e 16, que corresponde a média geral dos controles. Por último, não há observações distantes da parte principal dos dados (sem *outliers*, ou seja, pontos fora da curva),como aconteceria se houvessem valores discrepantes. Na coluna à direita do diagrama de ramo e folhas, abaixo do símbolo # está representado o número de vezes que o valor do ramo aparece no conjunto de

dados. Por exemplo, o valor 17 apareceu 9 vezes. Trata-se portanto da freqüência de cada dado no grande conjunto deles. Um diagrama de ramo e folhas não mostra, no entanto, a ordem em que as observações foram obtidas, possivelmente ocultando importantes informações sobre o mecanismo gerador dos dados.

Os diagramas de caule e folha conduzem a impressões gerais sobre um conjunto de dados. O Boxplot é usado para descrever as características mais proeminentes de conjuntos de dados. Essas características incluem (1) centro, (2) dispersão, (3) a extensão e a natureza de qualquer desvio em relação à simetria e (4) a identificação de *outliers*, observações que normalmente estão distantes da maior parte dos dados. O *Boxplot* tem base no seguinte resumo de números: menor valor observado, quarto inferior, mediana, quarto superior e maior valor observado (DEVORE, 2006).

A linha horizontal tracejada do Boxplot, logo à frente do ramo 17 indica que ele contém o quartil 3 (Q3); a linha tracejada inferior a essa com uma cruzeta (+) no meio, em frente ao ramo 16 contém a mediana dos dados e a linha horizontal tracejada mais inferior na frente do ramo 15 indica o quartil 1 (Q1). A cruzeta (+) na linha da mediana indica o posicionamento da média da amostra.

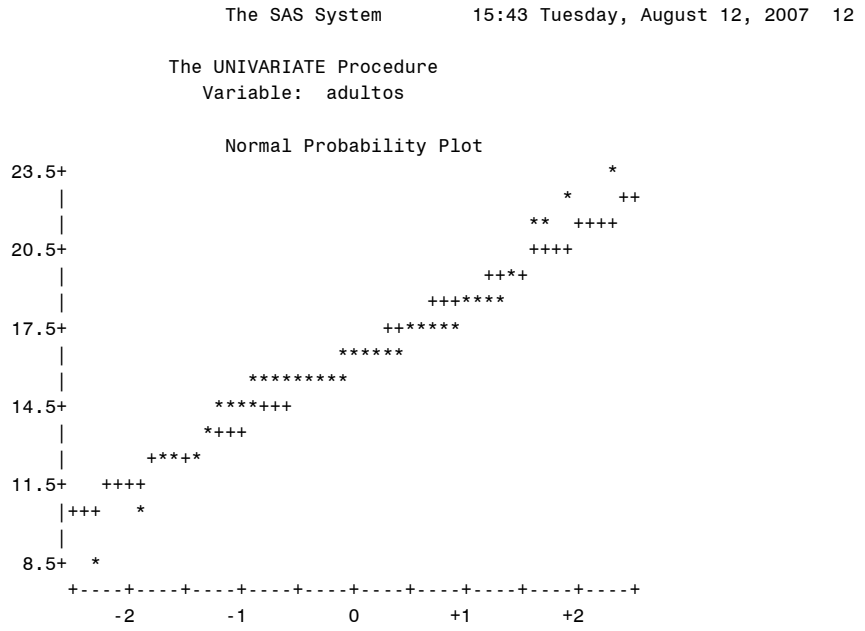


FIGURA 30 – Gráfico gerado automaticamente pelo programa SAS, onde se observam a normalidade (+) e a dispersão dos dados (*).

O gráfico da figura 30 mostra a dispersão dos dados (*) em relação à uma linha que representa a distribuição normal padrão (+). Podemos observar a normalidade dos dados pela “nuvem” de pontos dos dois tipos que se agrupam ao longo de uma reta média crescente.

4.1.2. Resultados da análise do teste de Tukey no SAS para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos”

```
                                The SAS System       21:08 Tuesday, August 12, 2007   7

                               The GLM Procedure

                          Class Level Information

                    Class         Levels    Values

                    dose              12    1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

                               Number of observations    60


                                The SAS System       21:08 Tuesday, August 12, 2007   8

                               The GLM Procedure

Dependent Variable: adultos

      Source                     DF         Sum of Squares     Mean Square    F Value    Pr > F

      Model                      11     137.3147823      12.4831620       3.02    0.0039

      Error                      48     198.4085296       4.1335110

      Corrected Total            59     335.7233119

                    R-Square     Coeff Var      Root MSE    adultos Mean

                    0.409012      12.44323      2.033104        16.33903

      Source                     DF     Type III SS     Mean Square    F Value    Pr > F

      dose                       11     137.3147823      12.4831620       3.02    0.0039
```

The SAS System 21:08 Tuesday, August 12, 2007 9

The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for adultos

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	48
Error Mean Square	4.133511
Critical Value of Studentized Range	4.85605
Minimum Significant Difference	4.4153

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	dose
A	20.498	5	5
A			
B A	17.164	5	6
B A			
B A	16.810	5	12
B A			
B A	16.713	5	9
B A			
B A	16.610	5	4
B A			
B A	16.405	5	11
B			
B	16.000	5	1
B			
B	15.827	5	3
B			
B	15.741	5	7
B			
B	15.271	5	10
B			
B	15.018	5	8
B			
B	14.011	5	2

O teste de Tukey compara as médias, duas a duas, classificando-as, neste caso, em dois grupos distintos A e B cujas diferenças são significativas ao nível de 5% pois $F_{calc} > F_{tab}$. O valor de F calculado é 3,02. O valor de F tabelado para 11 graus de liberdade do numerador e 48 graus de liberdade do denominador corresponde a 1,968 (STOCKBURGER, 2007).

Os tratamentos com letras iguais A, B ou AB não diferem significativamente entre si. No entanto diferem de uma letra para outra. Sendo assim, os tratamentos alocados em A diferem significativamente dos alocados em B. Podemos observar, que em geral as baixas freqüências, com exceção de

10 Hz diferem significativamente do grupo controle, representado pela dose 1 e alocado no grupo B.

4.1.3. Resultados da análise de próbites no SAS para o parâmetro "emergência de adultos perfeitos"

SAIDA DA ANALISE DE PROBITES
21:09 Tuesday, September 16, 2007

Probit Procedure

Iteration History for Parameter Estimates

Iter	Ridge	Loglikelihood	Intercept	Log10(dose)
0	0	-707.01012	0	0
1	0	-514.98017	0.5975570699	0.208825842
2	0	-512.85215	0.635379199	0.2800443686
3	0	-512.85121	0.6353538482	0.2826332971
4	0	-512.85121	0.6353538482	0.2826332971

Model Information

Data Set	WORK.A
Events Variable	response
Trials Variable	N
Number of Observations	51
Number of Events	812.679
Number of Trials	1020
Missing Values	56
Name of Distribution	NORMAL
Log Likelihood	-512.8512079

Last Evaluation of the Negative of the Gradient

Intercept	Log10(dose)
-0.00042271	-0.000376086

Last Evaluation of the Negative of the Hessian

	Intercept	Log10(dose)
Intercept	501.37611546	342.66298949
Log10(dose)	342.66298949	287.87781219

Algorithm converged.

Goodness-of-Fit Tests

Statistic	Value	DF	Pr > ChiSq
Pearson Chi-Square	14.6224	9	0.1018
L.R. Chi-Square	16.5361	9	0.0565

SAIDA DA ANALISE DE PROBITES
21:09 Tuesday, September 16, 2007

Probit Procedure

Response-Covariate Profile

Response Levels	2
Number of Covariate Values	11

Since the chi-square is small (p > 0.1000), fiducial limits will be calculated using a t value of 1.96.

Analysis of Parameter Estimates

Variable	DF	Estimate	Standard Error	Chi-Square	Pr > ChiSq	Label
Intercept	1	0.63535	0.10342	37.7444	<.0001	Intercept
Log10(dose)	1	0.28263	0.13648	4.2886	0.0384	

Probit Model in Terms of Tolerance Distribution

MU	SIGMA
-2.2479795	3.53815354

Estimated Covariance Matrix for Tolerance Parameters

	MU	SIGMA
MU	2.028728	-2.418486
SIGMA	-2.418486	2.919050

SAIDA DA ANALISE DE PROBITES
21:09 Tuesday, September 16, 2007

Probit Procedure

Probit Analysis on Log10(dose)

Probability	Log10(dose)	95% Fiducial Limits	
0.01	-10.4790	-207.7903	-5.0467
0.02	-9.5145	-189.7778	-4.5508
0.03	-8.9025	-178.3494	-4.2361
0.04	-8.4422	-169.7524	-3.9993
0.05	-8.0677	-162.7593	-3.8067
0.06	-7.7490	-156.8072	-3.6428
0.07	-7.4696	-151.5883	-3.4990
0.08	-7.2193	-146.9155	-3.3702
0.09	-6.9918	-142.6657	-3.2531
0.10	-6.7823	-138.7538	-3.1453
0.15	-5.9150	-122.5577	-2.6989
0.20	-5.2258	-109.6856	-2.3439
0.25	-4.6344	-98.6428	-2.0391
0.30	-4.1034	-88.7261	-1.7652
0.35	-3.6113	-79.5371	-1.5112
0.40	-3.1444	-70.8180	-1.2699
0.45	-2.6926	-62.3824	-1.0360
0.50	-2.2480	-54.0812	-0.8053
0.55	-1.8034	-45.7807	-0.5738
0.60	-1.3516	-37.3479	-0.3372
0.65	-0.8847	-28.6347	-0.0899
0.70	-0.3926	-19.4592	0.1776

0.75	0.1385	-9.5867	0.4956
0.80	0.7298	0.0806	2.1759
0.85	1.4191	0.9929	14.4907
0.90	2.2863	1.4754	30.6508
0.91	2.4958	1.5866	34.5593
0.92	2.7234	1.7066	38.8061
0.93	2.9736	1.8379	43.4765
0.94	3.2530	1.9839	48.6931
0.95	3.5718	2.1498	54.6433
0.96	3.9462	2.3442	61.6346
0.97	4.4066	2.5826	70.2300
0.98	5.0185	2.8989	81.6567
0.99	5.9830	3.3966	99.6675

SAIDA DA ANALISE DE PROBITES

21:09 Tuesday, September 16, 2007

Probit Procedure

Probit Analysis on dose

Probability	dose	95% Fiducial Limits	
0.01	3.3193E-11	1.621E-208	8.9795E-6
0.02	3.0587E-10	1.668E-190	0.0000281
0.03	1.25165E-9	4.473E-179	0.0000581
0.04	3.61264E-9	1.769E-170	0.0001002
0.05	8.5561E-9	1.74E-163	0.0001561
0.06	1.78235E-8	1.559E-157	0.0002276
0.07	3.39192E-8	2.58E-152	0.0003170
0.08	6.03478E-8	1.215E-147	0.0004264
0.09	1.01912E-7	2.159E-143	0.0005583
0.10	1.6508E-7	1.763E-139	0.0007156
0.15	1.21607E-6	2.769E-123	0.00200
0.20	5.94614E-6	2.062E-110	0.00453
0.25	0.0000232	2.2763E-99	0.00914
0.30	0.0000788	1.8787E-89	0.01717
0.35	0.0002447	2.9031E-80	0.03082
0.40	0.0007172	1.5207E-71	0.05372
0.45	0.00203	4.1455E-63	0.09204
0.50	0.00565	8.2952E-55	0.15656
0.55	0.01573	1.6568E-46	0.26681
0.60	0.04450	4.488E-38	0.46006
0.65	0.13042	2.3189E-29	0.81302
0.70	0.40498	3.4737E-20	1.50528
0.75	1.37553	2.5902E-10	3.13029
0.80	5.36792	1.20398	149.94155
0.85	26.24708	9.83672	3.09548E14
0.90	193.35114	29.87887	4.47555E30
0.91	313.19708	38.60326	3.62482E34
0.92	528.90716	50.89167	6.39915E38
0.93	941.01334	68.85025	2.99542E43
0.94	1791	96.35590	4.93304E48
0.95	3730	141.18681	4.39851E54
0.96	8835	220.89293	4.31078E61
0.97	25501	382.47466	1.6981E70
0.98	104352	792.33895	4.53619E81
0.99	961605	2492	4.65081E99

SAIDA DA ANALISE DE PROBITES

21:09 Tuesday, September 16, 2007

Probit Procedure

Model Information

Data Set	WORK.A
Events Variable	response
Trials Variable	N
Number of Observations	51
Number of Events	812.679
Number of Trials	1020
Missing Values	56
Name of Distribution	LOGISTIC
Log Likelihood	-512.8296951

Algorithm converged.

Analysis of Parameter Estimates

Variable	DF	Estimate	Standard Error	Chi-Square	Pr > ChiSq	Label
Intercept	1	1.02733	0.17625	33.9755	<.0001	Intercept
Log10(dose)	1	0.49406	0.23561	4.3974	0.0360	

Probit Model in Terms of Tolerance Distribution

MU	SIGMA
-2.0793514	2.02403697

Estimated Covariance Matrix for Tolerance Parameters

	MU	SIGMA
MU	1.744970	-1.265884
SIGMA	-1.265884	0.931632

SAIDA DA ANALISE DE PROBITES

21:09 Tuesday, September 16, 2007

Probit Procedure

Probit Analysis on Log10(dose)

Probability	Log10(dose)	95% Fiducial Limits	
0.01	-11.3800	-183.8047	-5.5538
0.02	-9.9565	-162.0147	-4.8174
0.03	-9.1151	-149.1347	-4.3821
0.04	-8.5118	-139.9007	-4.0699
0.05	-8.0390	-132.6628	-3.8252
0.06	-7.6486	-126.6863	-3.6231
0.07	-7.3149	-121.5791	-3.4504
0.08	-7.0228	-117.1072	-3.2992
0.09	-6.7622	-113.1195	-3.1643
0.10	-6.5266	-109.5129	-3.0423
0.15	-5.5902	-95.1804	-2.5572
0.20	-4.8853	-84.3898	-2.1918

0.25	-4.3030	-75.4775	-1.8897
0.30	-3.7943	-67.6921	-1.6256
0.35	-3.3323	-60.6213	-1.3855
0.40	-2.9000	-54.0056	-1.1605
0.45	-2.4855	-47.6623	-0.9444
0.50	-2.0794	-41.4472	-0.7321
0.55	-1.6732	-35.2330	-0.5189
0.60	-1.2587	-28.8925	-0.3000
0.65	-0.8264	-22.2829	-0.0689
0.70	-0.3644	-15.2259	0.1851
0.75	0.1443	-7.4861	0.4947
0.80	0.7266	0.1488	2.0742
0.85	1.4315	0.9972	12.3819
0.90	2.3679	1.5179	26.6787
0.91	2.6035	1.6434	30.2818
0.92	2.8640	1.7812	34.2666
0.93	3.1562	1.9349	38.7360
0.94	3.4899	2.1098	43.8411
0.95	3.8803	2.3138	49.8157
0.96	4.3531	2.5603	57.0518
0.97	4.9564	2.8740	66.2842
0.98	5.7978	3.3109	79.1627
0.99	7.2213	4.0489	100.9510

SAIDA DA ANALISE DE PROBITES

21:09 Tuesday, September 16, 2007

Probit Procedure

Probit Analysis on dose

Probability	dose	95% Fiducial Limits	
0.01	4.1683E-12	1.568E-184	2.79386E-6
0.02	1.1052E-10	9.667E-163	0.0000152
0.03	7.6718E-10	7.333E-150	0.0000415
0.04	3.07716E-9	1.257E-140	0.0000851
0.05	9.14103E-9	2.174E-133	0.0001495
0.06	2.24615E-8	2.059E-127	0.0002382
0.07	4.84277E-8	2.636E-122	0.0003545
0.08	9.4896E-8	7.814E-118	0.0005021
0.09	1.72888E-7	7.595E-114	0.0006850
0.10	2.9743E-7	3.07E-110	0.0009072
0.15	2.56893E-6	6.601E-96	0.00277
0.20	0.0000130	4.0761E-85	0.00643
0.25	0.0000498	3.3304E-76	0.01289
0.30	0.0001606	2.0317E-68	0.02368
0.35	0.0004653	2.3919E-61	0.04116
0.40	0.00126	9.8723E-55	0.06910
0.45	0.00327	2.1764E-48	0.11366
0.50	0.00833	3.5709E-42	0.18532
0.55	0.02122	5.8478E-36	0.30276
0.60	0.05512	1.2809E-29	0.50122
0.65	0.14914	5.2132E-23	0.85329
0.70	0.43213	5.9449E-16	1.53127
0.75	1.39406	3.2655E-8	3.12401
0.80	5.32794	1.40866	118.61972
0.85	27.01129	9.93467	2.40925E12
0.90	233.29875	32.95458	4.77198E26
0.91	401.35739	43.99152	1.9134E30
0.92	731.22213	60.41780	1.84751E34
0.93	1433	86.08213	5.44559E38
0.94	3089	128.76787	6.93548E43
0.95	7591	205.98146	6.54116E49
0.96	22550	363.31234	1.12657E57
0.97	90448	748.25132	1.924E66
0.98	627822	2046	1.45431E79
0.99	16647196	11191	8.9331E100

O comando PROBIT do SAS gera valores baseados na distribuição fiducial introduzida por Ronald A. Fisher em 1930. O objetivo desta distribuição é produzir uma listagem de valores dos parâmetros não conhecidos, extrapolando-os de modo que se assemelhem à teoria de intervalo de confiança. Na prática, Fiducial Limits é sinônimo de intervalo de confiança. Notar que os valores de dose estão sempre situados entre os limites fiduciais, mas isto não representa nenhuma importante informação, pois trata-se do óbvio. Na verdade a única finalidade desta tabela gerada no programa é a construção do gráfico da figura 31 onde efetivamente podemos verificar se os tratamentos provocam uma tendência nos dados. O mais importante passo na análise de próbites é, portanto, verificar a tendência que o gráfico exibe. No gráfico intitulado Plotagem das Probabilidades (figura 31) tem-se o valor de dose no eixo das abscissas e as probabilidades no eixo das ordenadas. O gráfico exibe uma reta média com inclinação positiva, que sugere efeito estimulativo das ondas acústicas, porém muito diferente da típica curva sigmoidal de análise de próbites. A modelagem dos dados em termos de uma regressão de próbites mostrou-se inadequada para o efeito das ondas acústicas. Não permite, por exemplo, extrair um limiar de dose para um certo efeito como o LD_{50}, parâmetro conhecido na radiobiologia como a dose letal que mata 50 % da população em estudo. Uma possível explicação é a de que tal limiar não exista para as ondas acústicas, como acontece para radiações ionizantes e drogas químicas, cujo efeito é cumulativo nos organismos. Se o mecanismo de interação entre ondas acústicas e células dos insetos tiver natureza de ressonância, como no exemplo físico dos diapasões, então a não existência de um limiar faz sentido e valores discretos e independentes de dose não gerarão necessariamente um mesmo efeito, mesmo que sejam próximos. É possível verificar no gráfico que as ondas acústicas não provocam aumento de mortalidade na população em estudo. Comparando-se o gráfico da análise de próbites da figura 31 para as ondas acústicas com o gráfico da figura 41 da análise de próbites para os raios gama, na página 91, fica fácil compreender o que ocorreu: Enquanto as radiações ionizantes apresentam um efeito deletério sobre a população, as ondas acústicas apresentam um efeito contrário.

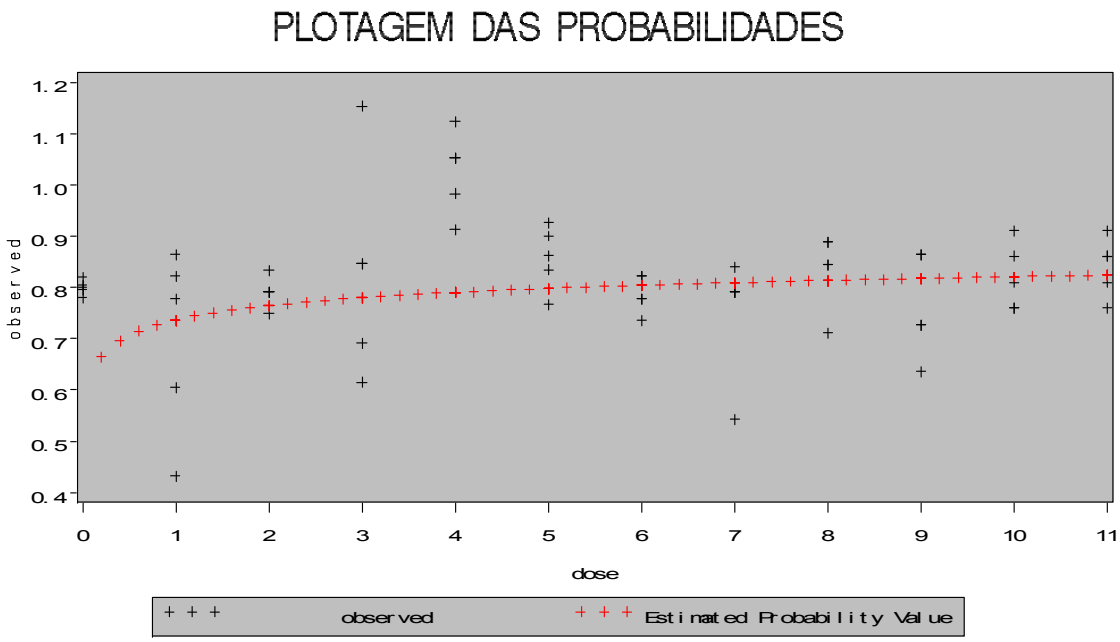


FIGURA 31 – Gráfico da análise de próbites gerado pelo programa SAS para os vários níveis do tratamento sonicação.

4.1.4. Resultados da análise de variância no SAS para o parâmetro “morte prematura”

```
                          The SAS System        01:02 Monday, August 18, 2007   1

                        The GLM Procedure

                   Class Level Information

Class         Levels    Values

dose              12    1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12


                  Number of observations    60
```

A descrição do significado de cada comando já foi realizada no item 4.1.1. e não será repetida daqui por diante para os outros parâmetros, indo-se diretamente para os resultados e sua interpretação.

The SAS System 01:02 Monday, August 18, 2007 2

The GLM Procedure

Dependent Variable: adultos

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	97.8132169	8.8921106	0.74	0.6987
Error	48	579.6700104	12.0764585		
Corrected Total	59	677.4832273			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	adultos Mean
0.144377	99.50711	3.475120	3.492333

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	11	97.81321693	8.89211063	0.74	0.6987

Na tabela de F para 11 graus de liberdade dos tratamentos [numerador] e 48 graus de liberdade do resíduo [denominador], encontramos o valor de F igual a 1,968 no nível de significância de 5% [ou 0,05] e encontramos o valor de F igual a 2,596 no nível de significância de 1% [ou 0,01] (STOCKBURGER, 2007).

Como o valor de F calculado (F_{calc} = 0,74) é menor do que o F tabelado, não podemos rejeitar a hipótese de nulidade H_0, de que as médias dos tratamentos acústicos são iguais, não havendo portanto evidências contra essa hipótese nos níveis de significância considerados de 5% e 1% , para a variável ou parâmetro “morte prematura”. A interpretação desse resultado parcial é compatível com os resultados gerais do experimento. As ondas acústicas não apresentam efeitos deletérios, em nenhuma freqüência, sobre as populações de moscas observadas, não alterando a porcentagem de mortes naturais ocorridas nessas populações. Já a radiação ionizante aumenta a porcentagem de mortes com o aumento da dose chegando em 100% de mortalidade para 50 Gy.

The SAS System 01:02 Monday, August 18, 2007 3

The GLM Procedure

Level of dose	N	adultos Mean	adultos Std Dev

1	5	3.00020000	0.22823497
2	5	3.85720000	4.39145274
3	5	6.00000000	6.27495020
4	5	2.25000000	1.32582521
5	5	1.93540000	0.68394905
6	5	2.05200000	0.88507655
7	5	3.00020000	1.17376944
8	5	3.00000000	2.27073777
9	5	6.00000000	8.21583836
10	5	3.42860000	2.44308899
11	5	3.69220000	0.96508741
12	5	3.69220000	1.50417177

The SAS System 01:02 Monday, August 18, 2007 4

The MEANS Procedure

Analysis Variable : adultos

Mean	Variance	Std Dev	Std Error	Lower 95% CL for Mean	Upper 95% CL for Mean
3.4923333	11.4827666	3.3886231	0.4374694	2.6169592	4.3677075

The SAS System 01:02 Monday, August 18, 2007

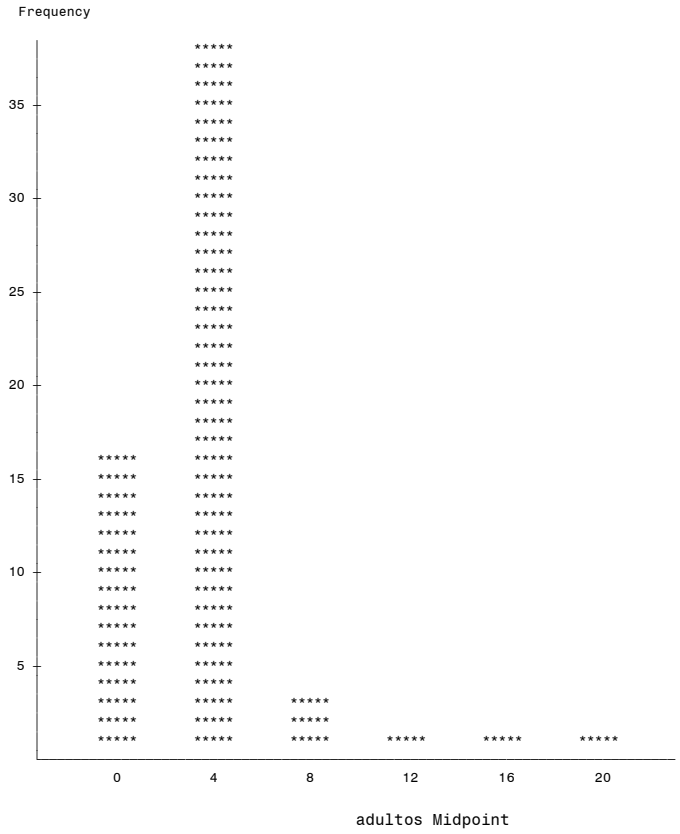


FIGURA 32 – Gráfico do tipo histograma gerado automaticamente pelo programa SAS, onde se observam as médias das placas para o parâmetro “morte prematura”.

O gráfico da figura 32 mostra o valor mais freqüente 4 que representa a média das mortes prematuras com tratamentos acústicos. Esse valor não difere significativamente da média de mortes prematuras nas placas, sem os tratamentos acústicos, ou seja, nos controles.

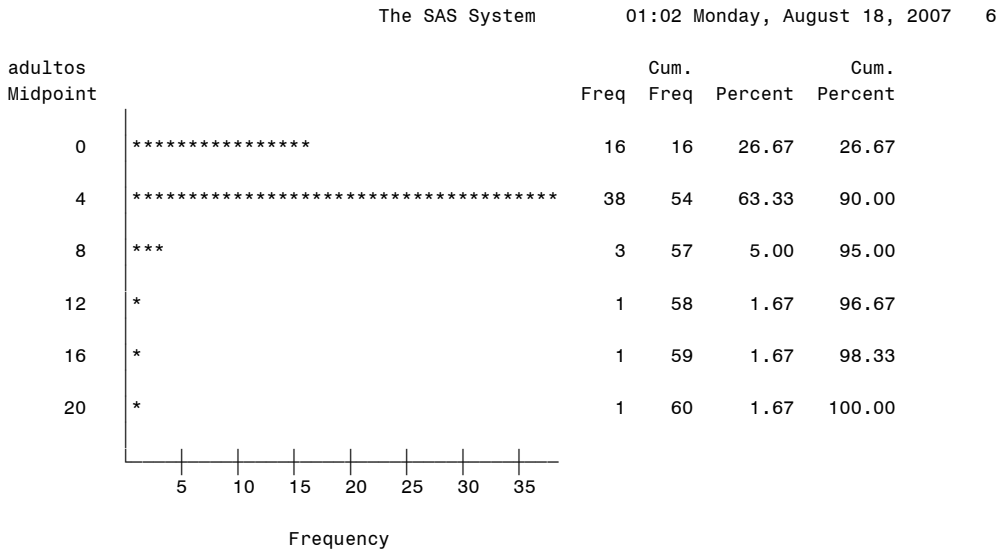


FIGURA 33 – Gráfico do tipo barras gerado automaticamente pelo programa SAS, onde se observam as freqüências de ocorrências das médias das placas e as respectivas porcentagens e freqüências acumuladas para o parâmetro “morte prematura”.

No gráfico da figura 33 verificamos a linha horizontal em destaque na frente do valor 4. Trata-se da moda, ou seja, o valor mais freqüente observado na coleção de dados para o parâmetro “morte prematura” com os tratamentos acústicos. Não difere muito do valor da média dos controles que é 3,05 $\pm$ 0,22 indivíduos. Podemos ver também a porcentagem do valor 4 que é de 63,33% e sua frequência acumulada que é de 90 %.

The SAS System 01:02 Monday, August 18, 2007 7

The MEANS Procedure

Analysis Variable : adultos

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	3.4923333	3.3886231	0	20.0000000

The SAS System 01:02 Monday, August 18, 2007 8

Obs	_TYPE_	_FREQ_	media	dpadrao
1	0	60	3.49233	3.38862

As figuras 34 e 35 mostram as flutuações dos valores em torno da média dos controles (3,05 ± 0,22 indivíduos), as verificações da normalidade ($^{+}$) e a dispersão dos dados (*) para o parâmetro “morte prematura”, respectivamente.

The SAS System 01:02 Monday, August 18, 2007 9

Plot of adultos*dose. Symbol used is '*'.

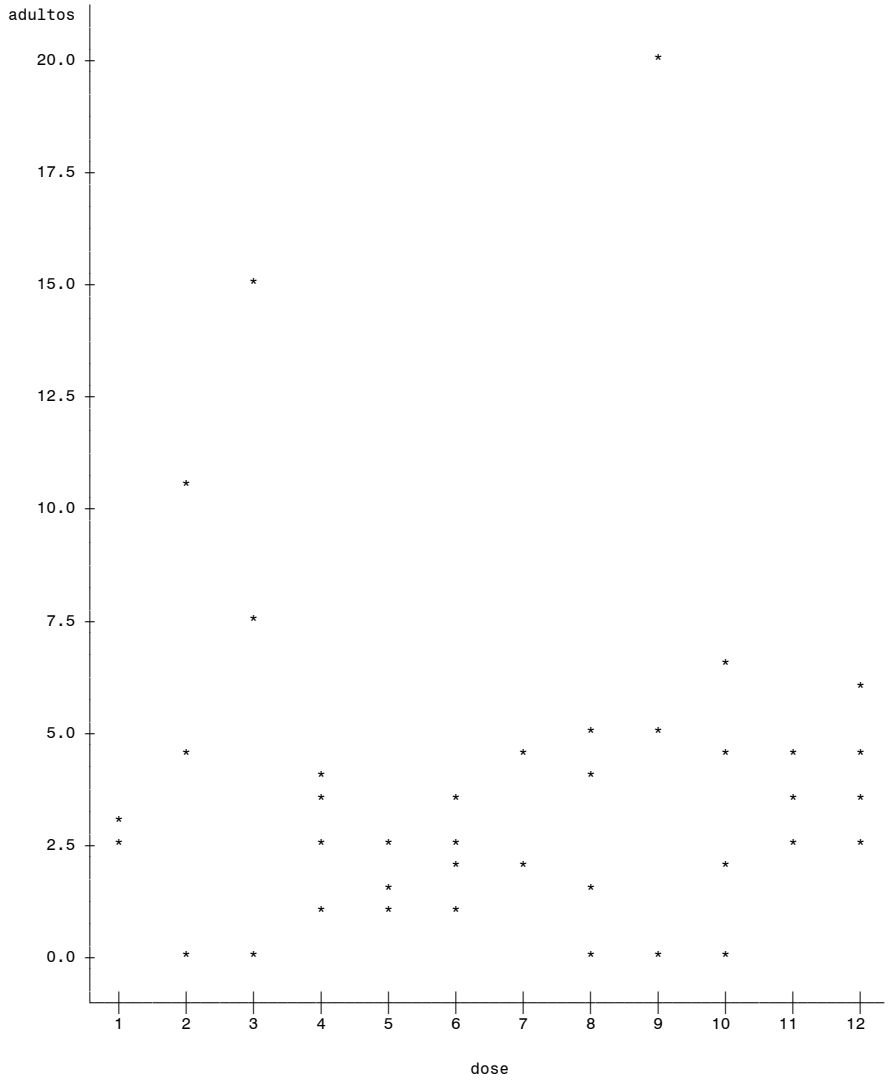


FIGURA 34 – Gráfico gerado automaticamente pelo programa SAS, onde se observam as flutuações acima e abaixo da média dos controles de 3,05 ± 0,22 indivíduos para o parâmetro “morte prematura”.

The SAS System 01:02 Monday, August 18, 2007 10

The UNIVARIATE Procedure
Variable: adultos

Moments

N	60	Sum Weights	60
Mean	3.49233333	Sum Observations	209.54
Std Deviation	3.38862311	Variance	11.4827666
Skewness	2.76032328	Kurtosis	10.5897102
Uncorrected SS	1409.26675	Corrected SS	677.483227
Coeff Variation	97.0303457	Std Error Mean	0.43746936

Basic Statistical Measures

Location		Variability	
Mean	3.492333	Std Deviation	3.38862
Median	2.968000	Variance	11.48277
Mode	0.000000	Range	20.00000
		Interquartile Range	2.38850

Tests for Location: Mu0=0

Test	-Statistic-		-----p Value------	
Student's t	t	7.983035	Pr > |t|	<.0001
Sign	M	26	Pr >= |M|	<.0001
Signed Rank	S	689	Pr >= |S|	<.0001

Tests for Normality

Test	--Statistic---		-----p Value------	
Shapiro-Wilk	W	0.740176	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.211522	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	0.56961	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	3.534798	Pr > A-Sq	<0.0050

Quantiles (Definition 5)

Quantile	Estimate
100% Max	20.0000
99%	20.0000
95%	9.1070
90%	6.0985
75% Q3	4.2860
50% Median	2.9680
25% Q1	1.8975
10%	0.0000
5%	0.0000

The UNIVARIATE Procedure
Variable: adultos

Quantiles (Definition 5)

Quantile	Estimate
1%	0.0000
0% Min	0.0000

Extreme Observations

----Lowest----		-----Highest----	
Value	Obs	Value	Obs
0	49	7.500	12
0	43	7.500	13
0	41	10.714	10
0	39	15.000	14
0	15	20.000	44

```
Stem Leaf                     #             Boxplot
  20 0                        1                *
  19
  18
  17
  16
  15 0                        1                *
  14
  13
  12
  11
  10 7                        1                0
   9
   8
   7 55                       2                |
   6 4                        1                |
   5 00008                    5                |
   4 333333666                9             +-----+
   3 1223455588              10             *--+--*
   2 11112333344479          14             |     |
   1 012599                   6             +-----+
   0 0000000089              10                |
     ----+----+----+----+
```

```
                    The SAS System        01:02 Monday, August 18, 2007  12

                The UNIVARIATE Procedure
                   Variable:  adultos

                     Normal Probability Plot
20.5+                                                  *
    |
18.5+
    |
16.5+
    |                                             *
14.5+
    |
12.5+
    |                                                   +++
10.5+                                            *  +++
    |                                            +++
 8.5+                                         +++
    |                                      ++++ *
 6.5+                                   +++  *
    |                                +++ ****
 4.5+                            ++++****
    |                         +*****
 2.5+                    *******
    |                  ****+
 0.5+  *   * ** ******+
    +----+----+----+----+----+----+----+----+----+----+----+
        -2        -1         0        +1        +2
```

FIGURA 35 – Gráfico gerado automaticamente pelo programa SAS para verificação da normalidade (+) e dispersão (*) dos dados.

4.1.5. Resultados da análise do teste de Tukey no SAS para o parâmetro “morte prematura”

```
                    The SAS System        21:34 Monday, August 18, 2007   1

                   The GLM Procedure

                Class Level Information

Class         Levels    Values

dose              12    1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

                Number of observations    60

                    The SAS System        21:34 Monday, August 18, 2007   2
```

The GLM Procedure

Dependent Variable: adultos

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Pr > F
Model	11	97.8132169	8.8921106	0.74	0.6987
Error	48	579.6700104	12.0764585		
Corrected Total	59	677.4832273			

R-Square	Coeff Var	Root MSE	adultos Mean
0.144377	99.50711	3.475120	3.492333

Source	DF	Type III SS	Mean Square	F Value	Pr > F
dose	11	97.81321693	8.89211063	0.74	0.6987

The GLM Procedure

Tukey's Studentized Range (HSD) Test for adultos

NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher Type II error rate than REGWQ.

Alpha	0.05
Error Degrees of Freedom	48
Error Mean Square	12.07646
Critical Value of Studentized Range	4.85605
Minimum Significant Difference	7.5469

Means with the same letter are not significantly different.

Tukey Grouping	Mean	N	dose
A	6.000	5	9
A			
A	6.000	5	3
A			
A	3.857	5	2
A			
A	3.692	5	12
A			
A	3.692	5	11
A			
A	3.429	5	10
A			
A	3.000	5	1
A			
A	3.000	5	7
A			
A	3.000	5	8
A			
A	2.250	5	4
A			
A	2.052	5	6
A			
A	1.935	5	5

O teste Tukey não distingue diferenças importantes entre as populações estudadas para o parâmetro “morte prematura” com a aplicação dos tratamentos acústicos. A diferença das médias em termos de porcentagem, no entanto, é grande. Segundo o teste não há efeitos prejudiciais de nenhuma freqüência acústica em termos de aumentar a quantidade de mortes nas populações observadas.

4.1.6. Resultados da análise de variância no SAS para o parâmetro “má formação”

```
                                The SAS System      12:13 Thursday, August 21, 2007   1

                               The GLM Procedure

                              Class Level Information

                    Class         Levels    Values

                    dose              12    1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

                                Number of observations    60


                                The SAS System      12:13 Thursday, August 21, 1997   2

                               The GLM Procedure

Dependent Variable: adultos

      Source                       DF         Sum of Squares     Mean Square    F Value    Pr > F

      Model                        11       47.7576877        4.3416080       2.72    0.0083

      Error                        48       76.6925656        1.5977618

      Corrected Total              59      124.4502533

                    R-Square     Coeff Var      Root MSE    adultos Mean

                    0.383749      107.6072      1.264026        1.174667

      Source                       DF     Type III SS     Mean Square    F Value    Pr > F

      dose                         11     47.75768773      4.34160798       2.72    0.0083
```

Na tabela de F para 11 graus de liberdade dos tratamentos (numerador) e 48 graus de liberdade do resíduo (denominador), encontramos o valor de F igual

a 1,968 no nível de significância de 5% [ou 0,05] e encontramos o valor de F igual a 2,596 no nível de significância de 1% [ou 0,01] (STOCKBURGER, 2007).

Como o valor de F calculado (F_{calc} = 2,72) é maior do que o de F tabelado, podemos rejeitar a hipótese de nulidade H_0, de que as médias dos tratamentos acústicos são iguais, havendo portanto evidências contra essa hipótese nos níveis de significância considerados de 5% e 1% para a variável “má formação”.

Ocorre uma redução significativa de má formações nas populações em estudo com a aplicação dos tratamentos acústicos, indicando possíveis propriedades restauradoras desses tratamentos.

The SAS System 12:13 Thursday, August 21, 1997 3

The GLM Procedure

Level of dose	N	adultos Mean	adultos Std Dev
1	5	1.49980000	0.46754647
2	5	1.50000000	1.75890591
3	5	0.75000000	1.67705098
4	5	3.00040000	2.13789471
5	5	0.87500000	1.04582503
6	5	1.13500000	0.79969400
7	5	0.30000000	0.67082039
8	5	2.57120000	2.08858414
9	5	0.00000000	0.00000000
10	5	1.71420000	1.22161029
11	5	0.56280000	0.51376376
12	5	0.18760000	0.41948635

The SAS System 12:13 Thursday, August 21, 2007 4

The MEANS Procedure

Analysis Variable : adultos

Mean	Variance	Std Dev	Std Error	Lower 95% CL for Mean	Upper 95% CL for Mean
1.1746667	2.1093263	1.4523520	0.1874978	0.7994844	1.5498490

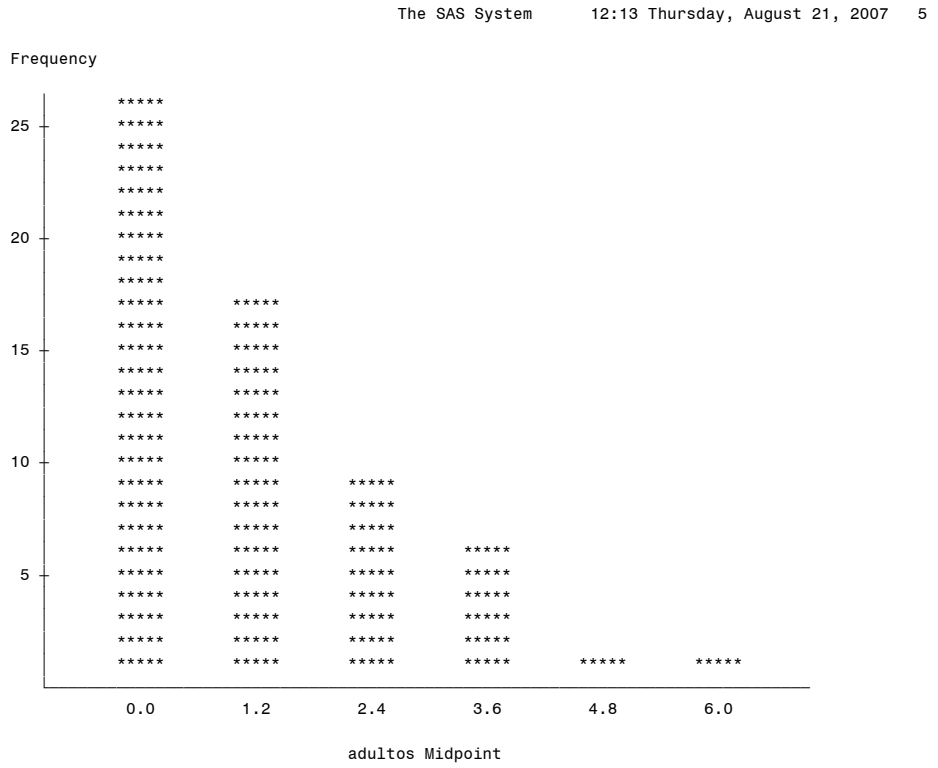


FIGURA 36 – Gráfico do tipo histograma gerado automaticamente pelo programa SAS, onde se observam as médias das placas para o parâmetro “má formação”.

O gráfico da figura 36 mostra a distribuição de freqüências para o parâmetro “má formação”. O valor 1,2 representa a media dos controles de má formações nas placas, antes da aplicação dos tratamentos acústicos. O valor 0,0 corresponde à média de má formações nas placas após a aplicação dos tratamentos acústicos. O valor da média dos controles é de 1,50 $\pm$ 0,47 indivíduos. O gráfico revela que as ondas acústicas reduziram a quantidade de má formações nas populações comparadas.

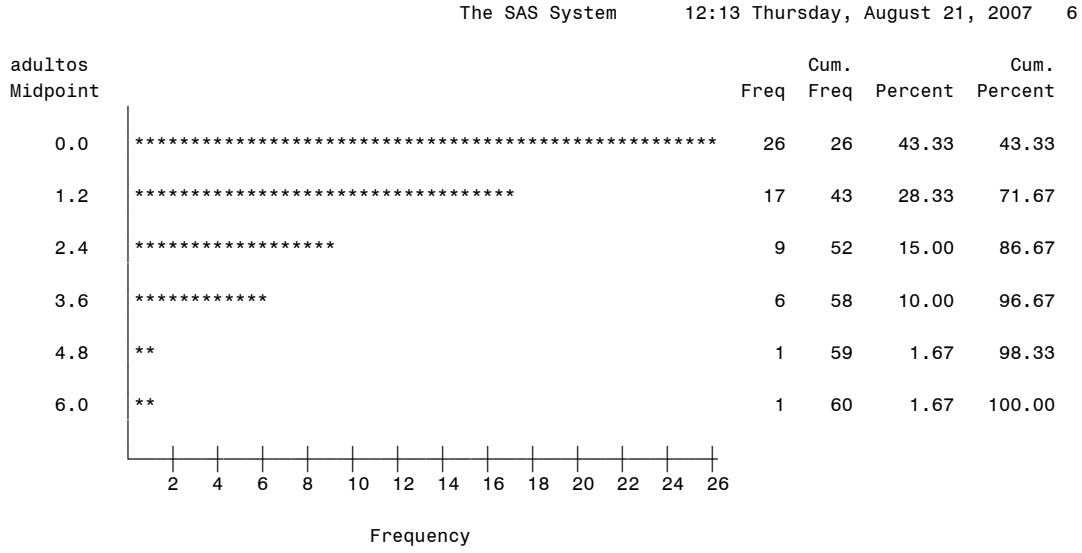


FIGURA 37 – Gráfico do tipo barras gerado automaticamente pelo programa SAS, onde se observam as freqüências de ocorrências das médias das placas e as respectivas porcentagens e freqüências acumuladas para o parâmetro “má formação”.

No gráfico da figura 37 verificamos a linha horizontal em destaque, em frente ao valor 0,0. Trata-se da moda, valor mais freqüente observado após o tratamento com as ondas acústicas. Podemos verificar que corresponde a 43,33 % dos valores observados nas placas.

The SAS System 12:13 Thursday, August 21, 2007 7

The MEANS Procedure

Analysis Variable : adultos

N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
60	1.1746667	1.4523520	0	6.5630000

The SAS System 12:13 Thursday, August 21, 2007 8

Obs	_TYPE_	_FREQ_	media	dpadrao
1	0	60	1.17467	1.45235

As figuras 38 e 39 mostram as flutuações dos valores em torno da média dos controles (1,50 ± 0,47 indivíduos) e as verificações da normalidade ($^{+}$) e dispersão dos dados (*) para o parâmetro “má formação”, respectivamente.

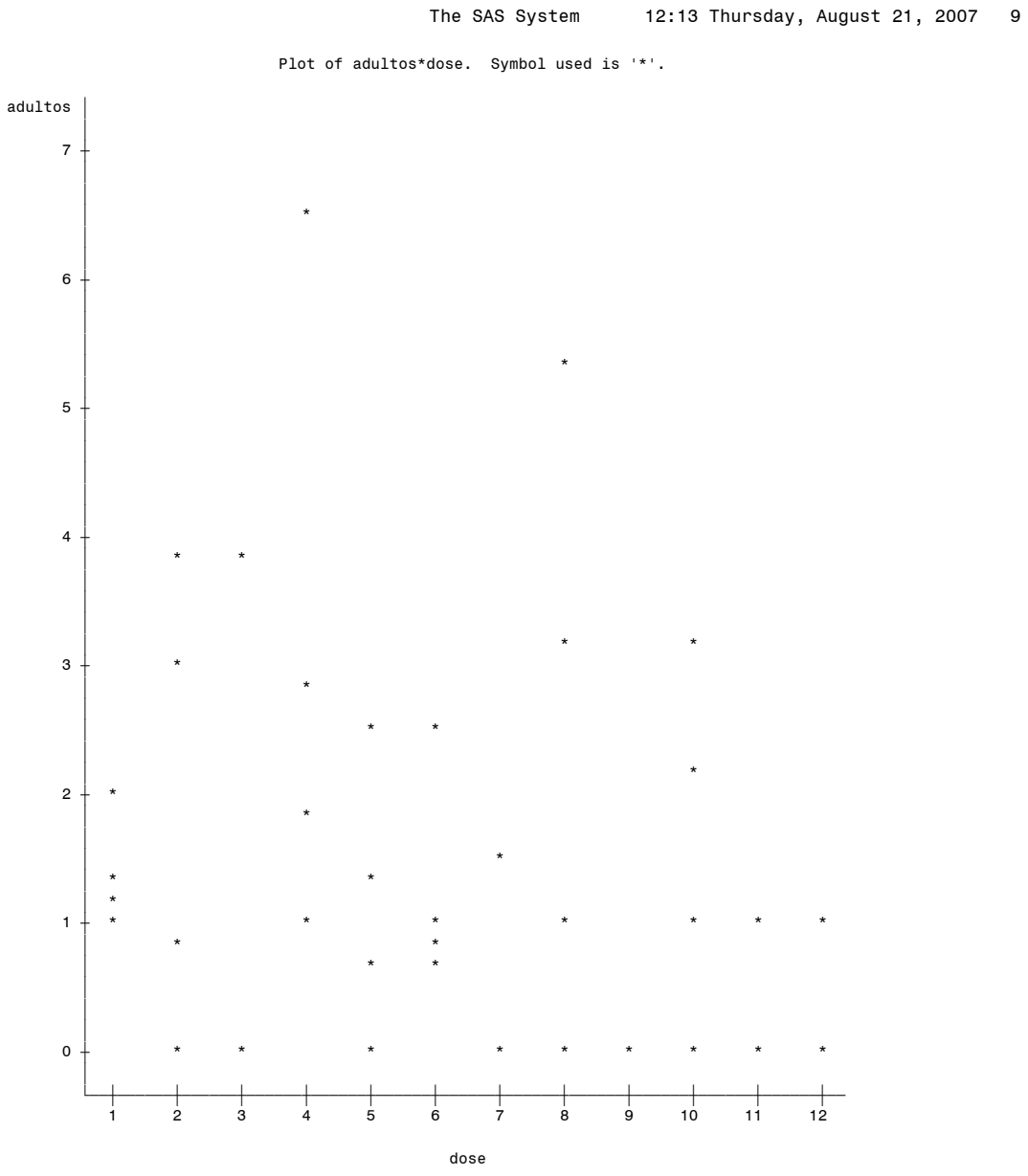


FIGURA 38 – Gráfico gerado automaticamente pelo programa SAS, onde se observam as flutuações acima e abaixo da média dos controles de 1,50 ± 0,47 indivíduos para o parâmetro “má formação”.

The SAS System 12:13 Thursday, August 21, 2007 10

The UNIVARIATE Procedure
Variable: adultos

Moments

N	60	Sum Weights	60
Mean	1.17466667	Sum Observations	70.48
Std Deviation	1.452352	Variance	2.10932633
Skewness	1.55189693	Kurtosis	2.62647498
Uncorrected SS	207.24076	Corrected SS	124.450253
Coeff Variation	123.6395	Std Error Mean	0.18749784

Basic Statistical Measures

Location		Variability	
Mean	1.174667	Std Deviation	1.45235
Median	0.860500	Variance	2.10933
Mode	0.000000	Range	6.56300
		Interquartile Range	2.00300

Tests for Location: Mu0=0

Test	-Statistic-		-----p Value------	
Student's t	t	6.264961	Pr > |t|	<.0001
Sign	M	17.5	Pr >= |M|	<.0001
Signed Rank	S	315	Pr >= |S|	<.0001

Tests for Normality

Test	--Statistic---		-----p Value------	
Shapiro-Wilk	W	0.798965	Pr < W	<0.0001
Kolmogorov-Smirnov	D	0.209314	Pr > D	<0.0100
Cramer-von Mises	W-Sq	0.65358	Pr > W-Sq	<0.0050
Anderson-Darling	A-Sq	3.835554	Pr > A-Sq	<0.0050

Quantiles (Definition 5)

Quantile	Estimate
100% Max	6.5630
99%	6.5630
95%	3.7500
90%	3.2140
75% Q3	2.0030
50% Median	0.8605
25% Q1	0.0000
10%	0.0000
5%	0.0000

The UNIVARIATE Procedure
Variable: adultos

```
                Quantiles (Definition 5)

                 Quantile      Estimate

                 1%              0.0000
                 0% Min          0.0000

                  Extreme Observations

         ----Lowest----        ----Highest----

         Value      Obs         Value      Obs

             0       60         3.214       46
             0       59         3.750       10
             0       58         3.750       11
             0       57         5.357       38
             0       53         6.563       18


Stem Leaf                          #             Boxplot
   6 6                             1                0
   6
   5
   5 4                             1                0
   4
   4
   3 88                            2                |
   3 0222                          4                |
   2 5588                          4                |
   2 0011                          4             +-----+
   1 59                            2             |     |
   1 0111123                       7             |  +  |
   0 6688899999                   10             *-----*
   0 0000000000000000000000000    25             +-----+
     ----+----+----+----+----+
```

```
                    The SAS System      12:13 Thursday, August 21, 2007  12

                The UNIVARIATE Procedure
                   Variable:  adultos

                    Normal Probability Plot
 6.75+                                                  *
     |
     |
     |                                              *
     |                                                  +++
     |                                               +++
     |                                           **++
     |                                      **+*++
     |                                    **++
     |                                 ***+
     |                              ++**
     |                          ++++***
     |                       ++*****
 0.25+  *   * ** *************
      +----+----+----+----+----+----+----+----+----+----+
          -2        -1         0        +1        +2
```

FIGURA 39 – Gráfico gerado automaticamente pelo programa SAS para verificação da normalidade (+) e dispersão (*) dos dados.

4.1.7. Resultados da análise do teste de Tukey no SAS para o parâmetro "má formação"

```
                                The SAS System        10:40 Friday, August 22, 2007   1

                               The GLM Procedure

                            Class Level Information

                     Class         Levels    Values

                     dose              12    1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12



                                Number of observations    60

                                The SAS System        10:40 Friday, August 22, 2007   2

                               The GLM Procedure

Dependent Variable: adultos

      Source                      DF         Sum of Squares     Mean Square    F Value    Pr > F

      Model                       11      47.7576877       4.3416080       2.72    0.0083

      Error                       48      76.6925656       1.5977618

      Corrected Total             59     124.4502533

                     R-Square     Coeff Var      Root MSE    adultos Mean

                     0.383749      107.6072      1.264026        1.174667

      Source                      DF     Type III SS     Mean Square    F Value    Pr > F

      dose                        11     47.75768773      4.34160798       2.72    0.0083



                                The SAS System        10:40 Friday, August 22, 2007  3

                               The GLM Procedure

                    Tukey's Studentized Range (HSD) Test for adultos

 NOTE: This test controls the Type I experimentwise error rate, but it generally has a higher
                             Type II error rate than REGWQ.

                          Alpha                                0.05
                          Error Degrees of Freedom               48
                          Error Mean Square                1.597762
                          Critical Value of Studentized Range  4.85605
                          Minimum Significant Difference        2.7451

                  Means with the same letter are not significantly different.
```

Tukey Grouping		Mean	N	dose
	A	3.0004	5	4
	A			
B	A	2.5712	5	8
B	A			
B	A	1.7142	5	10
B	A			
B	A	1.5000	5	2
B	A			
B	A	1.4998	5	1
B	A			
B	A	1.1350	5	6
B	A			
B	A	0.8750	5	5
B	A			
B	A	0.7500	5	3
B	A			
B	A	0.5628	5	11
B	A			
B	A	0.3000	5	7
B				
B		0.1876	5	12
B				
B		0.0000	5	9

O teste Tukey gera dois grupos significativamente distintos A e B para o parâmetro “má formação”, com a aplicação dos tratamentos acústicos.

4.1.8. Resultados da análise do parâmetro “sexo”

O gráfico da figura 40 foi elaborado com os dados da tabela 5. Podemos verificar que a porcentagem de emergência de fêmeas no controle é um pouco maior do que a verificada para machos. A porcentagem de indefinidos não altera drasticamente essa relação entre machos e fêmeas no controle. No entanto, para os tratamentos de 1kHz e 2 kHz a emergência de fêmeas é muito superior que a de machos, mesmo que considerássemos os indivíduos sem sexo definido como machos. Já para freqüências baixas como 5 Hz, 10 Hz e 40 Hz, embora a porcentagem de emergência de machos seja maior, não é possível concluir nada a respeito de possíveis efeitos sobre a emergência de machos ou fêmeas, pois temos uma situação semelhante ao controle, mesmo levando-se em consideração os indivíduos com sexo indefinido.

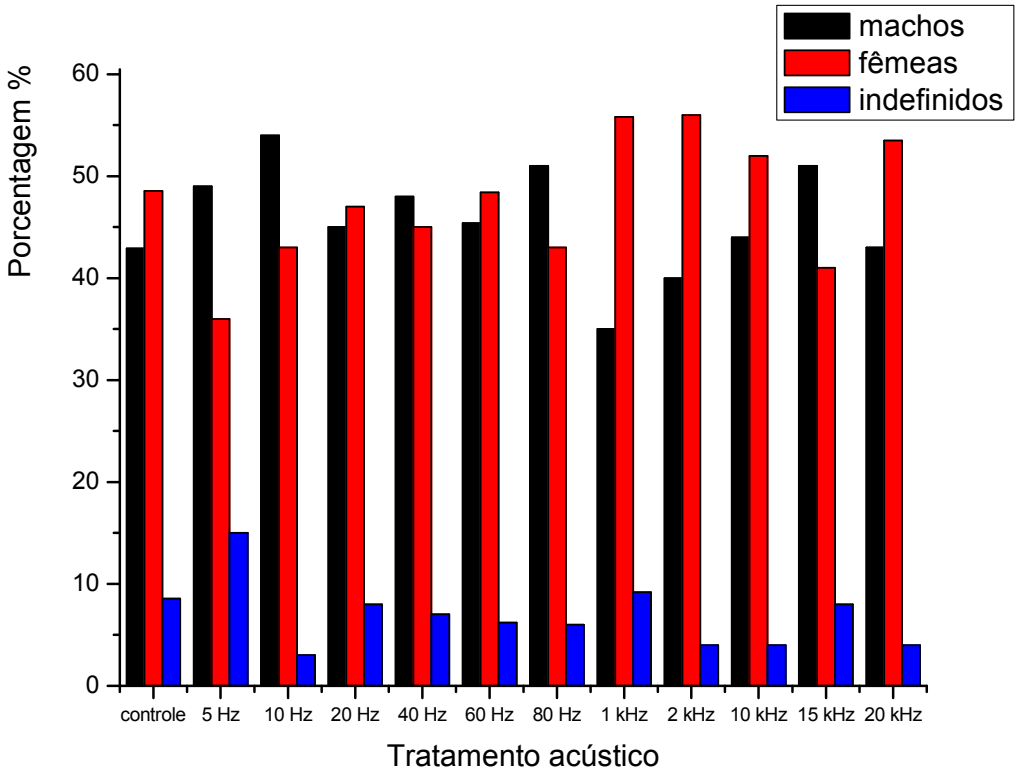


FIGURA 40 – Gráfico da porcentagem de emergência de machos e fêmeas observados, para os diversos tratamentos acústicos.

4. 2. Resultados dos experimentos com raios gama

SAIDA DA ANALISE DE PROBITES

20:00 Monday, September 29, 2007

Probit Procedure

Iteration History for Parameter Estimates

Iter	Ridge	Loglikelihood	Intercept	Log10(dose)
0	0	-623.83246	0	0
1	0	-384.90804	0.8503343563	-2.260524556
2	0	-369.96633	1.0621426809	-2.936846505
3	0	-369.6716	1.0954153407	-3.047524923
4	0	-369.6714	1.0962865677	-3.050465497
5	0	-369.6714	1.0962865677	-3.050465497

Model Information

Data Set	WORK.A
Events Variable	response
Trials Variable	N
Number of Observations	45
Number of Events	253.921
Number of Trials	900
Missing Values	56
Name of Distribution	NORMAL
Log Likelihood	-369.6713992

Last Evaluation of the Negative of the Gradient

Intercept	Log10(dose)
0.0001610608	0.0001417095

Last Evaluation of the Negative of the Hessian

	Intercept	Log10(dose)
Intercept	364.22363013	185.64783843
Log10(dose)	185.64783843	123.56554316

Algorithm converged.

Goodness-of-Fit Tests

Statistic	Value	DF	Pr > ChiSq
Pearson Chi-Square	212.3209	7	<.0001
L.R. Chi-Square	225.1083	7	<.0001

SAIDA DA ANALISE DE PROBITES

20:00 Monday, September 29, 2007

Probit Procedure

Response-Covariate Profile

Response Levels	2
Number of Covariate Values	9

All variances and covariances have been multiplied by the heterogeneity factor H= 30.332.

Please check to be sure that the large chi-square (p < 0.0001) is not caused by systematic departure from the model. A t value of 2.36 will be used in computing fiducial limits.

Analysis of Parameter Estimates

Variable	DF	Estimate	Standard Error	Chi-Square	Pr > ChiSq	Label
Intercept	1	1.09629	0.59630	3.3800	0.0660	Intercept
Log10(dose)	1	-3.05047	1.02377	8.8782	0.0029	

Probit Model in Terms of Tolerance Distribution

MU	SIGMA
0.35938337	0.32781882

Estimated Covariance Matrix
for Tolerance Parameters

	MU	SIGMA
MU	0.011495	-0.005551
SIGMA	-0.005551	0.012104

SAIDA DA ANALISE DE PROBITES
20:00 Monday, September 29, 2007

Probit Procedure

Probit Analysis on Log10(dose)

Probability	Log10(dose)	95% Fiducial Limits	
0.01	1.12200	0.80057	3.52681
0.02	1.03264	0.74251	3.10208
0.03	0.97594	0.70417	2.83410
0.04	0.93329	0.67426	2.63358
0.05	0.89860	0.64906	2.47135
0.06	0.86907	0.62683	2.33404
0.07	0.84318	0.60662	2.21437
0.08	0.81999	0.58786	2.10789
0.09	0.79891	0.57013	2.01171
0.10	0.77950	0.55316	1.92382
0.15	0.69915	0.47362	1.56924
0.20	0.63528	0.39324	1.30460
0.25	0.58049	0.30317	1.09866
0.30	0.53129	0.19745	0.93857
0.35	0.48570	0.07361	0.81610
0.40	0.44244	-0.06695	0.72292
0.45	0.40058	-0.22087	0.65070
0.50	0.35938	-0.38526	0.59254
0.55	0.31819	-0.55876	0.54349
0.60	0.27633	-0.74157	0.50016
0.65	0.23307	-0.93534	0.46019
0.70	0.18748	-1.14327	0.42180
0.75	0.13827	-1.37069	0.38340
0.80	0.08348	-1.62655	0.34327
0.85	0.01962	-1.92725	0.29894
0.90	-0.06073	-2.30816	0.24574
0.91	-0.08014	-2.40049	0.23321
0.92	-0.10123	-2.50090	0.21972
0.93	-0.12441	-2.61144	0.20501
0.94	-0.15030	-2.73503	0.18872
0.95	-0.17983	-2.87616	0.17030
0.96	-0.21452	-3.04215	0.14886
0.97	-0.25718	-3.24647	0.12275
0.98	-0.31387	-3.51844	0.08841
0.99	-0.40324	-3.94776	0.03494

SAIDA DA ANALISE DE PROBITES
20:00 Monday, September 29, 2007

Probit Procedure

Probit Analysis on dose

Probability	dose	95% Fiducial Limits

0.01	13.24354	6.31782	3363.63570
0.02	10.78055	5.52729	1264.95586
0.03	9.46113	5.06028	682.49459
0.04	8.57613	4.72350	430.11185
0.05	7.91767	4.45715	296.04184
0.06	7.39720	4.23475	215.79678
0.07	6.96908	4.04226	163.81964
0.08	6.60682	3.87129	128.19933
0.09	6.29373	3.71645	102.73183
0.10	6.01866	3.57404	83.91143
0.15	5.00202	2.97592	37.08860
0.20	4.31800	2.47310	20.16494
0.25	3.80622	2.00990	12.55060
0.30	3.39853	1.57562	8.68104
0.35	3.05984	1.18469	6.54783
0.40	2.76972	0.85714	5.28347
0.45	2.51523	0.60136	4.47402
0.50	2.28762	0.41185	3.91327
0.55	2.08060	0.27621	3.49533
0.60	1.88943	0.18131	3.16343
0.65	1.71028	0.11605	2.88531
0.70	1.53984	0.07190	2.64119
0.75	1.37491	0.04259	2.41770
0.80	1.21195	0.02363	2.20429
0.85	1.04622	0.01182	1.99040
0.90	0.86949	0.00492	1.76092
0.91	0.83149	0.00398	1.71085
0.92	0.79209	0.00316	1.65851
0.93	0.75092	0.00245	1.60327
0.94	0.70746	0.00184	1.54425
0.95	0.66095	0.00133	1.48014
0.96	0.61020	0.00091	1.40884
0.97	0.55313	0.00057	1.32664
0.98	0.48543	0.00030	1.22576
0.99	0.39515	0.00011	1.08378

SAIDA DA ANALISE DE PROBITES

20:00 Monday, September 29, 2007

Probit Procedure

Model Information

Data Set	WORK.A
Events Variable	response
Trials Variable	N
Number of Observations	45
Number of Events	253.921
Number of Trials	900
Missing Values	56
Name of Distribution	LOGISTIC
Log Likelihood	-374.1232046

Algorithm converged.

Analysis of Parameter Estimates

Variable	DF	Estimate	Standard Error	Chi-Square	Pr > ChiSq	Label
Intercept	1	1.95504	0.21068	86.1098	<.0001	Intercept
Log10(dose)	1	-5.19237	0.35797	210.3968	<.0001	

Probit Model in Terms of Tolerance Distribution

MU	SIGMA
0.37652156	0.1925901

Estimated Covariance Matrix
for Tolerance Parameters

	MU	SIGMA
MU	0.000427	-0.000140
SIGMA	-0.000140	0.000176

SAIDA DA ANALISE DE PROBITES

20:00 Monday, September 29, 2007

Probit Procedure

Probit Analysis on Log10(dose)

Probability	Log10(dose)	95% Fiducial Limits	
0.01	1.26150	1.16833	1.38192
0.02	1.12605	1.04775	1.22656
0.03	1.04598	0.97621	1.13499
0.04	0.98858	0.92473	1.06953
0.05	0.94359	0.88425	1.01836
0.06	0.90644	0.85070	0.97622
0.07	0.87469	0.82193	0.94031
0.08	0.84689	0.79665	0.90897
0.09	0.82210	0.77401	0.88110
0.10	0.79969	0.75346	0.85598
0.15	0.71059	0.67079	0.75714
0.20	0.64351	0.60707	0.68421
0.25	0.58810	0.55308	0.62533
0.30	0.53970	0.50467	0.57513
0.35	0.49574	0.45963	0.53062
0.40	0.45461	0.41657	0.48988
0.45	0.41517	0.37453	0.45158
0.50	0.37652	0.33271	0.41466
0.55	0.33787	0.29038	0.37826
0.60	0.29843	0.24676	0.34153
0.65	0.25730	0.20090	0.30360
0.70	0.21334	0.15156	0.26338
0.75	0.16494	0.09694	0.21940
0.80	0.10953	0.03412	0.16935
0.85	0.04245	-0.04224	0.10905
0.90	-0.04664	-0.14404	0.02934
0.91	-0.06906	-0.16970	0.00933
0.92	-0.09385	-0.19810	-0.01277
0.93	-0.12165	-0.22996	-0.03753
0.94	-0.15340	-0.26638	-0.06579
0.95	-0.19055	-0.30903	-0.09883
0.96	-0.23554	-0.36071	-0.13881
0.97	-0.29294	-0.42670	-0.18975
0.98	-0.37300	-0.51881	-0.26074
0.99	-0.50845	-0.67481	-0.38069

SAIDA DA ANALISE DE PROBITES

20:00 Monday, September 29, 2007

Probit Procedure

Probit Analysis on dose

Probability	dose	95% Fiducial Limits	
0.01	18.25981	14.73416	24.09438
0.02	13.36742	11.16214	16.84838
0.03	11.11690	9.46686	13.64564
0.04	9.74055	8.40881	11.73624
0.05	8.78196	7.66037	10.43174
0.06	8.06195	7.09092	9.46715
0.07	7.49363	6.63638	8.71594
0.08	7.02900	6.26103	8.10902
0.09	6.63903	5.94308	7.60506
0.10	6.30500	5.66840	7.17763
0.15	5.13557	4.68590	5.71665
0.20	4.40056	4.04641	4.83290
0.25	3.87350	3.57335	4.22019
0.30	3.46500	3.19649	3.75952
0.35	3.13143	2.88158	3.39327
0.40	2.84846	2.60959	3.08946
0.45	2.60117	2.36880	2.82864
0.50	2.37970	2.15135	2.59814
0.55	2.17708	1.95157	2.38923
0.60	1.98808	1.76506	2.19550
0.65	1.80843	1.58818	2.01186
0.70	1.63433	1.41763	1.83392
0.75	1.46197	1.25009	1.65729
0.80	1.28687	1.08174	1.47688
0.85	1.10269	0.90732	1.28544
0.90	0.89817	0.71773	1.06990
0.91	0.85298	0.67655	1.02173
0.92	0.80566	0.63373	0.97103
0.93	0.75570	0.58889	0.91720
0.94	0.70243	0.54152	0.85942
0.95	0.64484	0.49088	0.79647
0.96	0.58138	0.43580	0.72643
0.97	0.50940	0.37437	0.64602
0.98	0.42364	0.30282	0.54860
0.99	0.31013	0.21144	0.41621

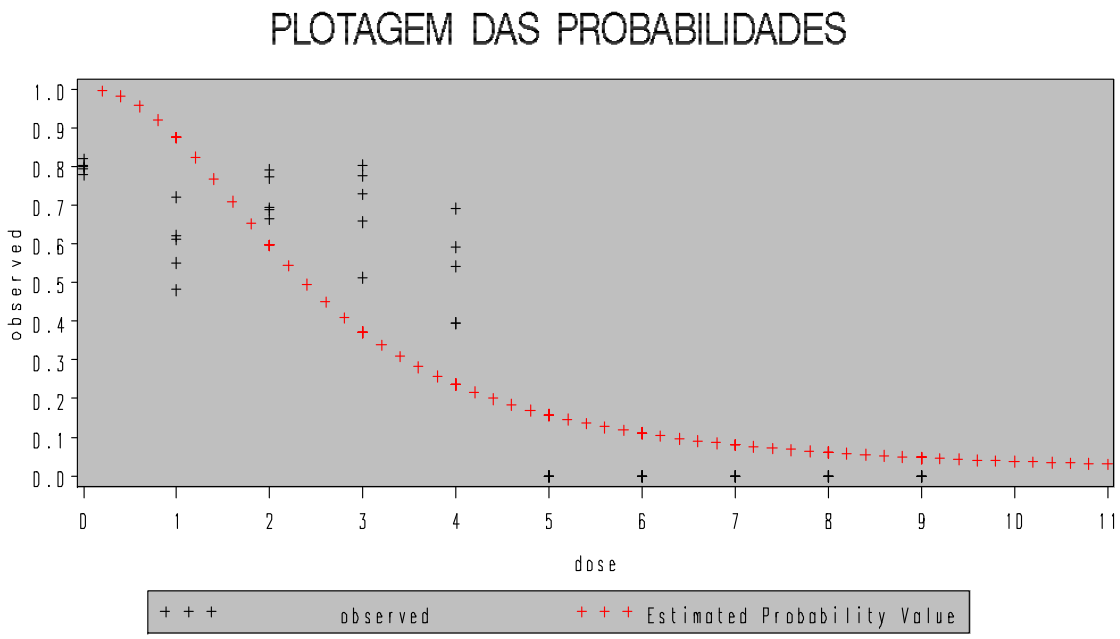


FIGURA 41 – Gráfico de análise de próbites gerado pelo programa SAS para os vários níveis do tratamento irradiação.

Podemos verificar no gráfico da figura 41 a tendência de redução da população com o aumento da dose de radiação ionizante. Este fato já é amplamente conhecido (HALL, 1994 ; DIEHL, 1995).

4. 3. Resultados dos experimentos de interação: ondas acústicas e raios gama

Os gráficos das figuras 42 à 49 demonstram uma tendência em deslocar a média de “emergência de adultos perfeitos” para cima (para a direita no eixo das abscissas), quando são aplicados os tratamentos acústicos após a radiação ionizante. Em alguns casos não desloca a média, porém em nenhum caso ocorre deslocamento da média de “emergência de adultos perfeitos” para baixo (para a esquerda no eixo das abscissas) após aplicação de tratamento acústico.

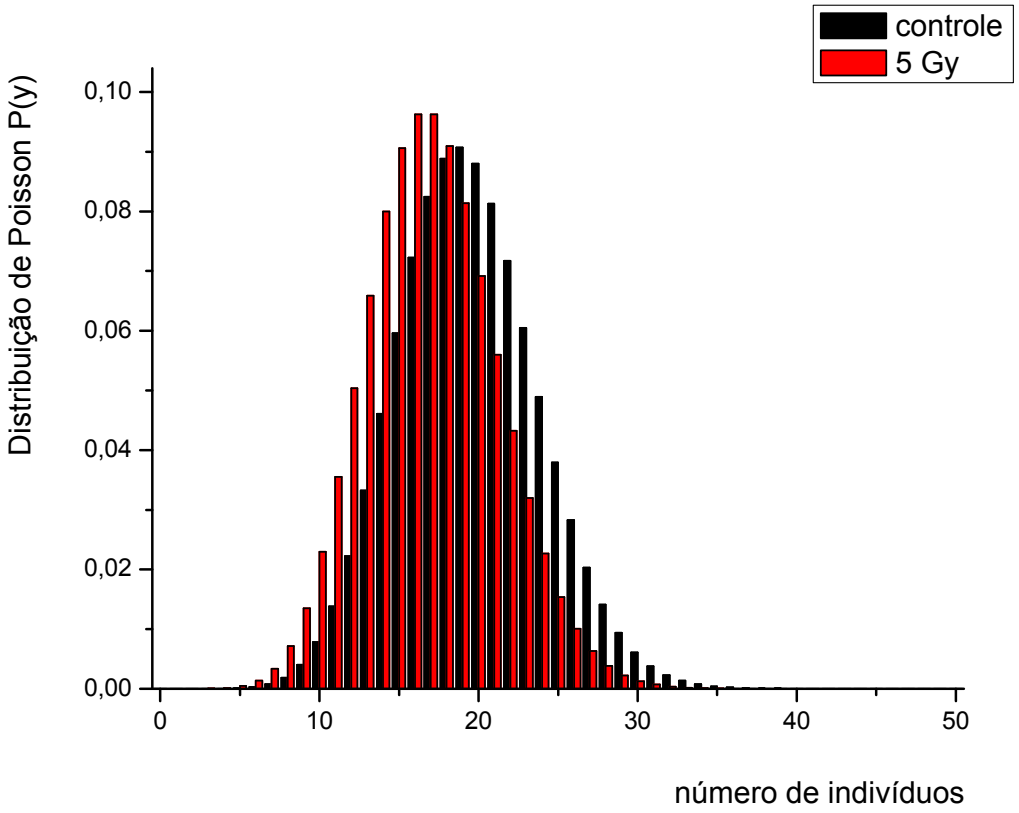


FIGURA 42 - Distribuição de probabilidades de Poisson, para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos” comparando 5 Gy e o controle.

Na figura 42, como já esperado, a radiação ionizante desloca a média do número de indivíduos da população para baixo devido a seus efeitos deletérios em relação ao controle.

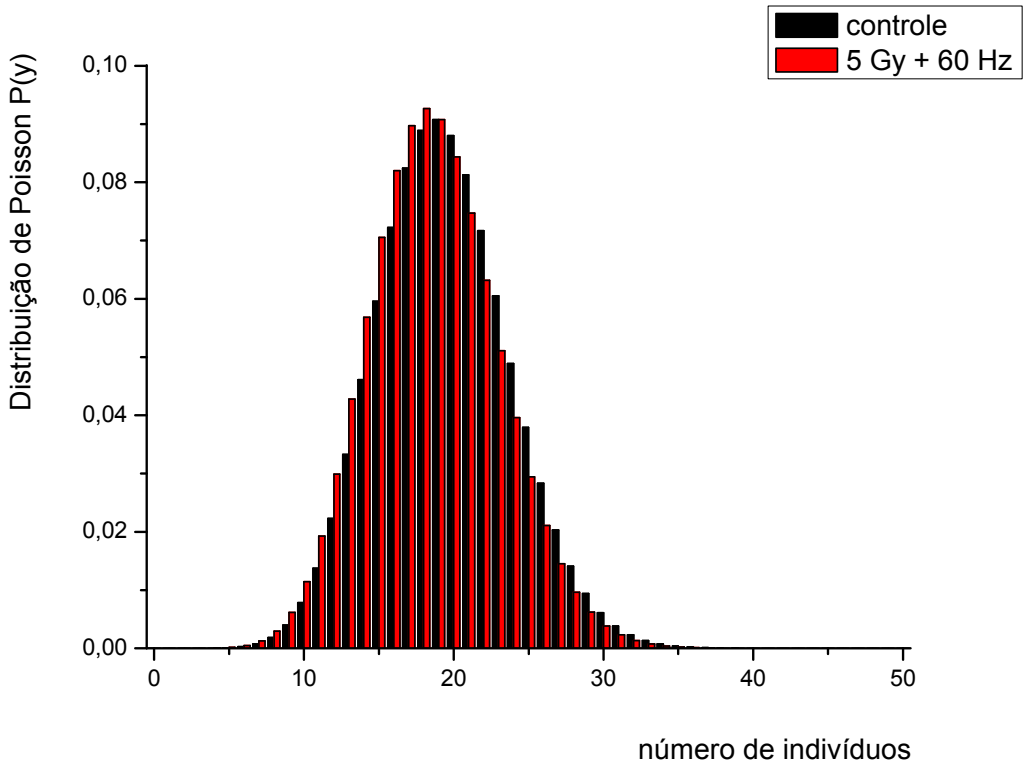


FIGURA 43 - Distribuição de probabilidades de Poisson, para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos” comparando 5 Gy + 60 Hz e o controle.

Na figura 43, as ondas acústicas de 60 Hz aplicadas em seguida à radiação ionizante parecem deslocar a média do número de indivíduos da população para cima tornando-a indistinta do controle, como se a radiação ionizante não tivesse sido aplicada.

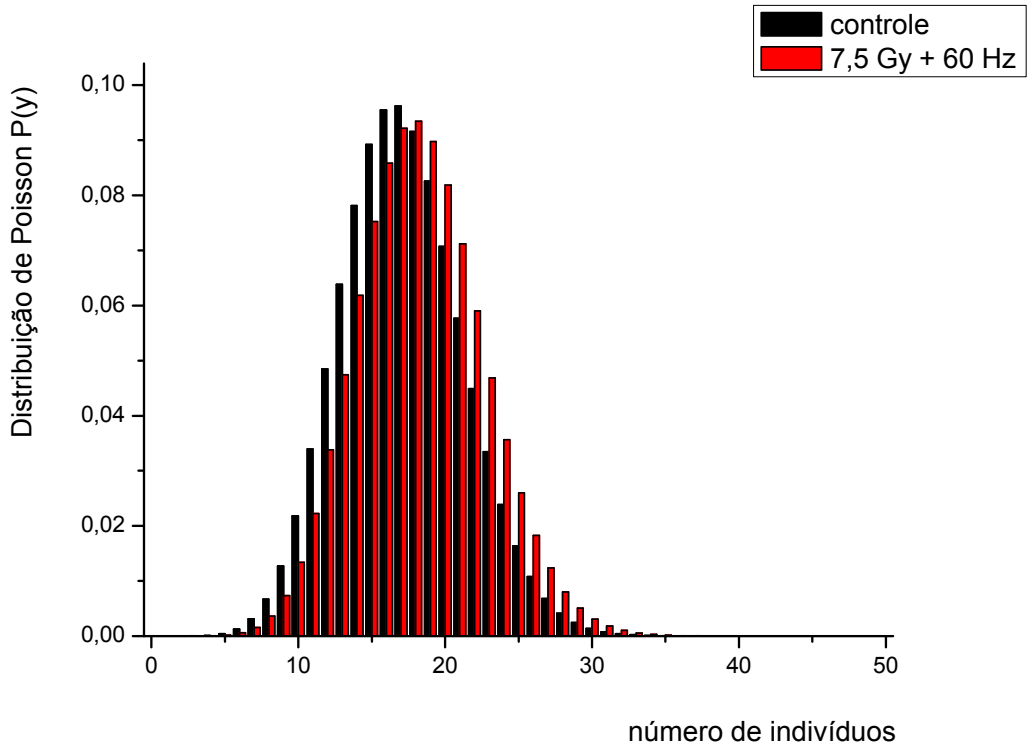


FIGURA 44 - Distribuição de probabilidades de Poisson, para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos” comparando 7,5 Gy + 60 Hz e o controle.

Na figura 44, as ondas acústicas de 60 Hz aplicadas depois da radiação ionizante parecem deslocar a média do número de indivíduos da população para cima, ou seja, leva o pico do gráfico para a direita no eixo das abscissas, ao contrário do esperado para uma dose de 7,5 Gy que apresentaria efeito deletério deslocando o pico para baixo em relação ao controle.

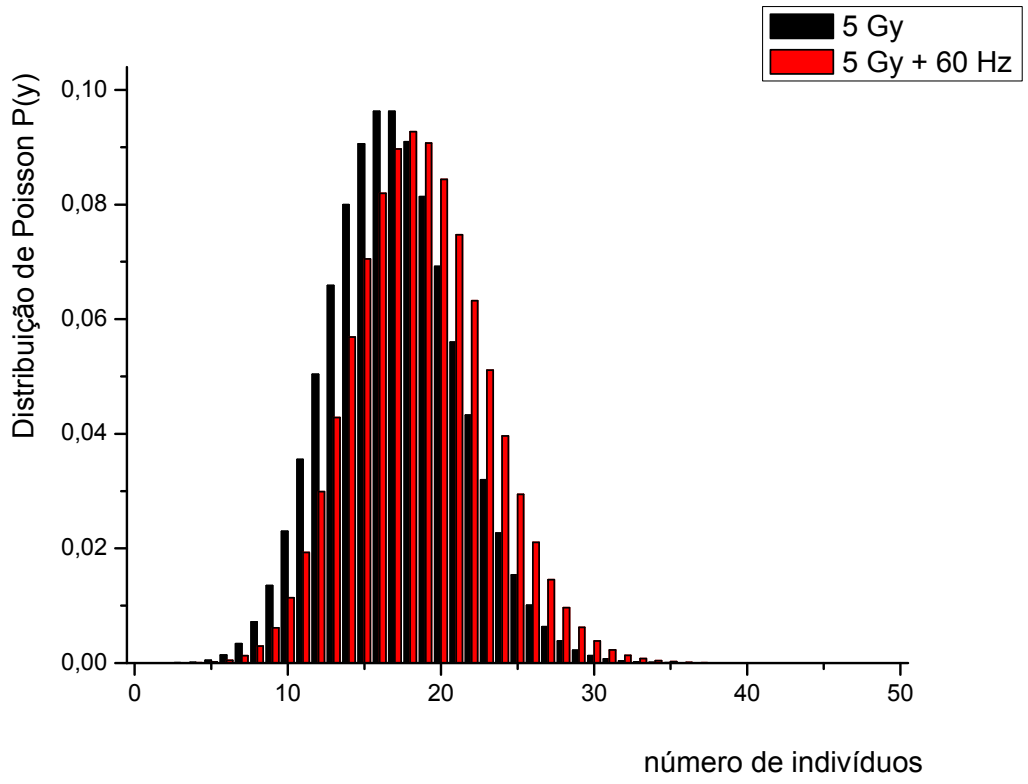


FIGURA 45 - Distribuição de probabilidades de Poisson, para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos” comparando 5 Gy e 5 Gy + 60 Hz.

Na figura 45, as ondas acústicas de 60 Hz aplicadas em seguida à radiação ionizante parecem deslocar a média do número de indivíduos da população para cima. Se as ondas acústicas não apresentassem nenhum efeito, as duas curvas deveriam ser coincidentes pois o único tratamento determinante seria a dose de 5 Gy.

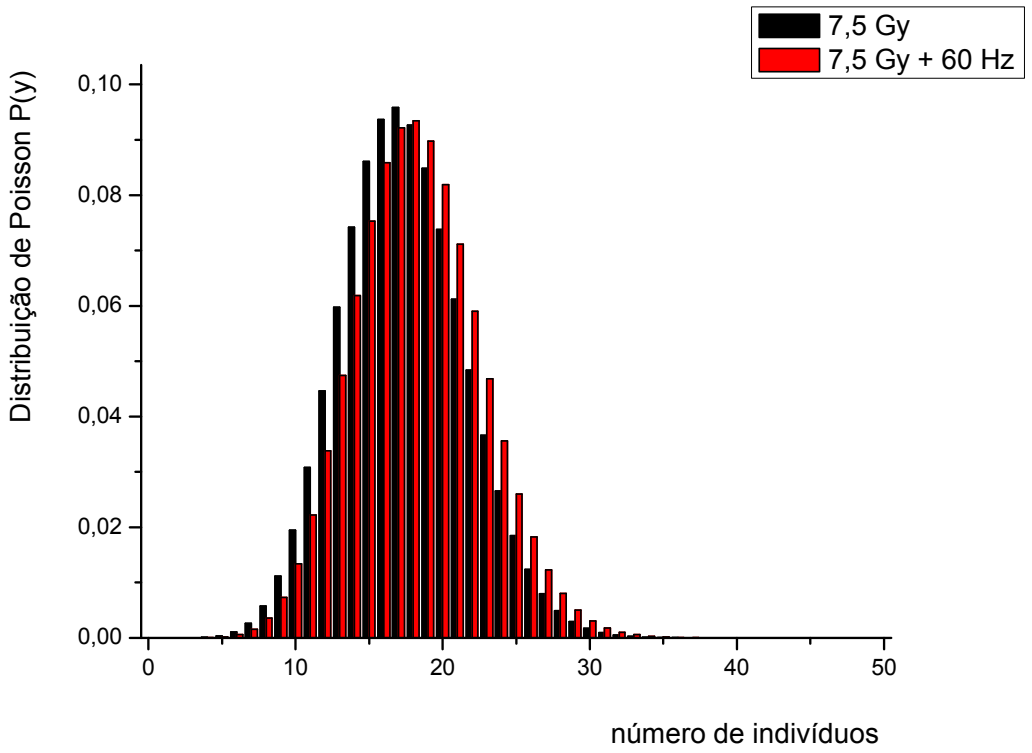


FIGURA 46 - Distribuição de probabilidades de Poisson, para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos” comparando 7,5 Gy e 7,5 Gy + 60 Hz.

Na figura 46, as ondas acústicas de 60 Hz aplicadas em seguida à radiação ionizante provocam a mesma tendência observada na figura 45, deslocando para cima o número de indivíduos em relação ao tratamento irradiação com dose de 7,5 Gy.

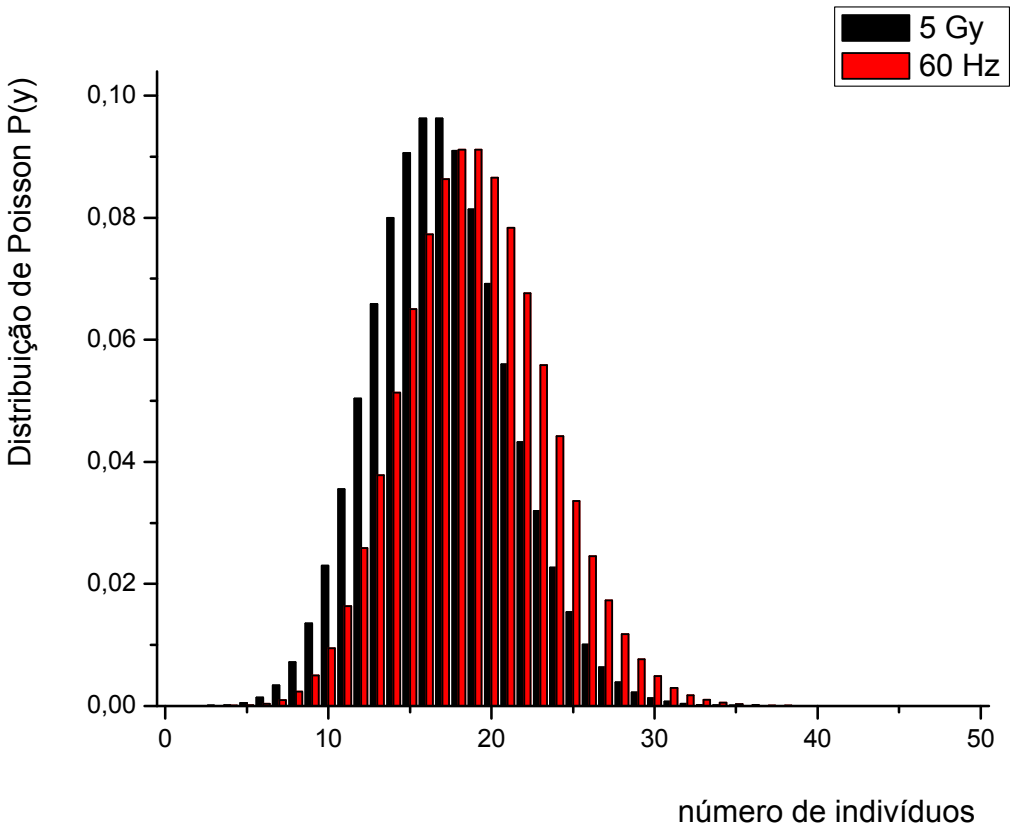


FIGURA 47 - Distribuição de probabilidades de Poisson, para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos” comparando 5 Gy e 60 Hz.

As figuras 47 a 49 mostram gráficos comparativos, os quais exibem sempre a mesma tendência já evidenciada nos gráficos das figuras 43 a 46.

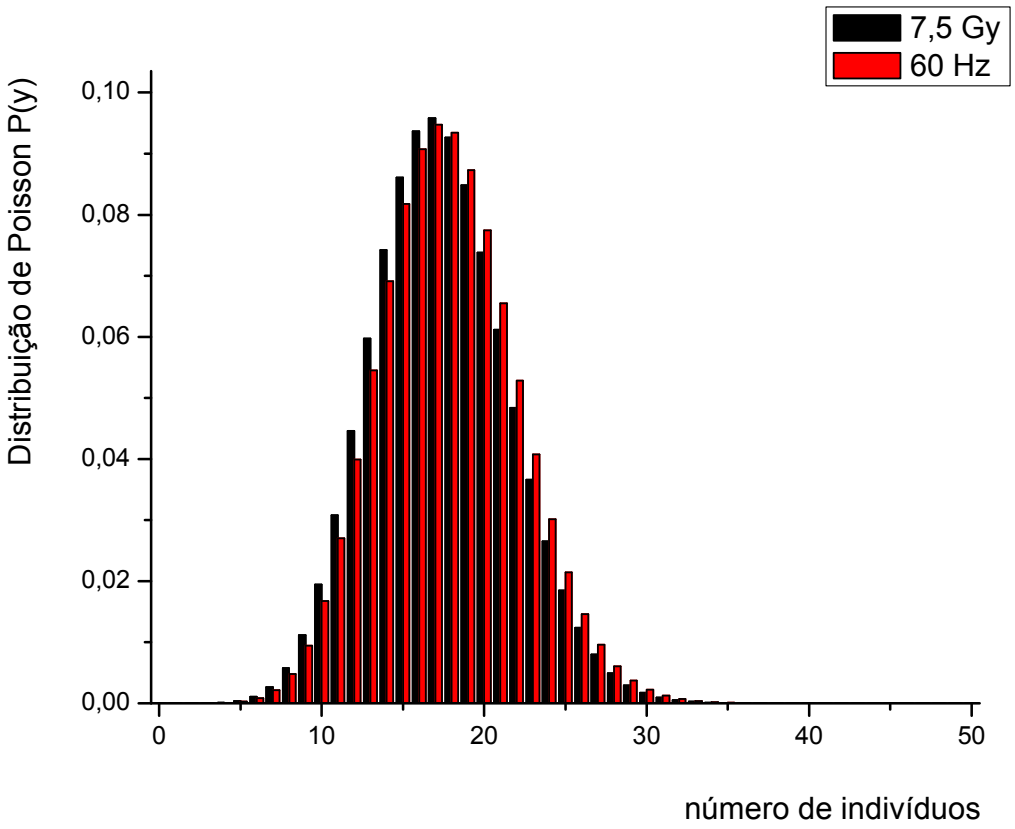


FIGURA 48 - Distribuição de probabilidades de Poisson, para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos” comparando 7,5 Gy e 60 Hz.

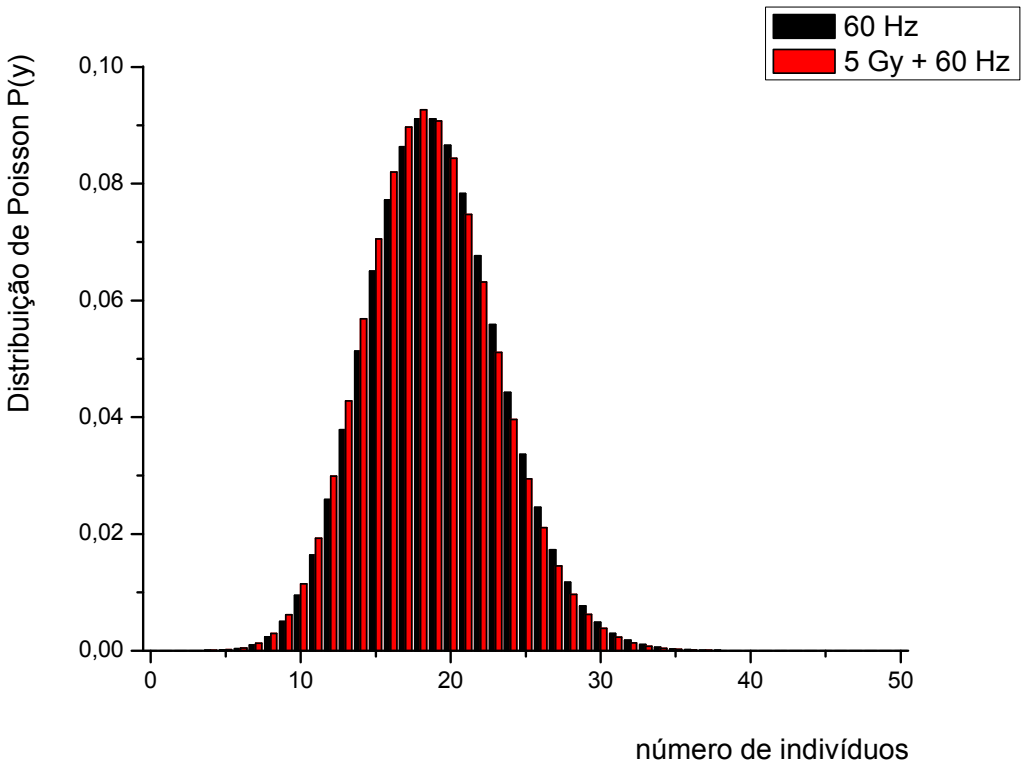


FIGURA 49 - Distribuição de probabilidades de Poisson, para o parâmetro “emergência de adultos perfeitos” comparando 5 Gy + 60 Hz e 60 Hz.

5. CONCLUSÕES

- As ondas acústicas, dependendo de sua freqüência, podem apresentar propriedades estimuladoras sobre a emergência de uma população de moscas.

- As ondas acústicas, dependendo de sua freqüência, podem apresentar propriedades restauradoras, capazes de reverter em certo grau os efeitos deletérios de baixas doses de radiação ionizante sobre uma população de moscas.

- Em relação às ondas acústicas, as baixas freqüências (da ordem de Hertz), apresentam maior efeito de estimulação nas moscas do que as altas freqüências (da ordem de quilohertz).

- Devemos rejeitar a hipótese de nulidade H_0 e aceitar a hipótese alternativa H_a pois as médias dos tratamentos são significativamente diferentes para pelo menos um par de tratamentos.

- A originalidade deste trabalho tornou-se evidente a partir das pesquisas bibliográficas e levantamento de artigos em bases de dados internacionais sobre o tema, que mostraram-se praticamente inexistentes. Embora a Acústica seja uma grande área do conhecimento humano, está predominantemente voltada para a indústria automobilística, construção de instrumentos musicais, controle de ruído, Arquitetura e Fonoaudiologia.

- O trabalho também é original em termos da comparação entre efeitos da radiação ionizante e das ondas acústicas sobre seres vivos, pois não há na literatura científica estudos sob o ponto de vista da interação, embora haja estudos sob o ponto de vista de cada efeito separadamente.

6. SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Investigar a possibilidade de aplicar a sonicação no tratamento de radioacidentados.

- Investigar a possibilidade de aplicar a sonicação em Biofábricas que produzem larvas para controle biológico no campo, a fim de aumentar a produção das larvas.

REFERÊNCIAS

ALVES, S.B. (Coord.) **Controle microbiano de insetos**. 1ª ed. São Paulo: Editora Manole, 1986. 407p.

APPOLINÁRIO, F. **Dicionário de metodologia científica:** um guia para a produção do conhecimento científico. São Paulo: Atlas, 2004. 300p.

ARTHUR,V. Controle de insetos-praga por radiações ionizantes. **O Biológico**, vol. 59, p.77-79, jan./jun. , 1997.

ARTRÓPODE. In: **Dicionário etimológico e circunstanciado de biologia.** São Paulo: Editora Scipione Ltda, 1993. p. 34. 534p.

ARTRÓPODES. In: **Dicionário grego-português, português-grego.** Porto: Porto Editora, 2004. Série dicionários académicos. p. 898. 1391p.

BASEL, M.H. **The Mediterranean fruit fly:** Ceratitis capitata Wied. 1973. Ilustração de Max H. Basel, 1973 color., 20,3 cm x 28,7 cm. Basle, Suiça: Ciba-Geigy Ltda, copyright de 1975.

BERG, R.E.; STORK, D.G. **The physics of sound**. 2 ed. New Jersey: Prentice-Hall, Inc. 1995. 383p.

BORROR, D.J.; DELONG, D.M. **Introdução ao estudo dos insetos.** São Paulo: Editora Edgard Blücher Ltda e Editora da Universidade de São Paulo, 1969. 653p.

CAMPANHOLA, C. Percepção de radiações ionizantes por insetos. Piracicaba, 1980. 112p. Dissertação (mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.

CARNEIRO LEÃO, M.A. **Princípios de biofísica**. 2 ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1982. 510p.

CATALDO, F.L.; MILLER, M.W.; GREGORY, W.D. A description of ultrasonically induced chromosomal anomalies in *Vicia faba*. **Radiation Botany**, vol.13, p. 211-213, 1973.

COSTA, E.C.; **Acústica técnica**. 1ª ed. São Paulo, S.P.: Edgard Blücher Ltda, 2003. 127p.

COSTA NETO, P.L.O. **Estatística.** São Paulo, SP: Editora Edgard Blücher Ltda, 1977. 264p.

DEVORE,J.L. **Probabilidade e estatística para engenharia e ciências.** 6ª ed. São Paulo: Thomson, 2006. 692p.

DIAS, C.T.S. **Estatística básica através do SAS para windows.** Piracicaba: ESALQ-USP, 1997. 132p.

Dicionário de ecologia e ciências ambientais. Henry W. art editor-geral ; 2ª ed. São Paulo: Editora da Unesp ; Companhia Melhoramentos , 2001. 583p.

DIEHL, J.F. **Safety of irradiated foods**. 2 ed. New York: Marcel Dekker Inc., 1995. 454 p.

DURAN, J.H.R.; **Biofísica:** fundamentos e aplicações. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 318 p.

EIZEMBERG, R. Glossário entomológico brasileiro . Disponível em http://geocities.yahoo.com.br/insecta_tv/glossario.html. Acesso em 16 fev. 2006.

FINNEY,D.J. **Probit analysis**. 3 ed. Cambridge: University Press, 1980. 333p.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S.S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; FILHO, E.B.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Manual de entomologia agrícola.** Piracicaba, SP: Editora agronômica Ceres Ltda, 1978. 531p.

_____. **Entomologia agrícola.** Piracicaba, SP: Editora agronômica Ceres Ltda, 2002. 649p. p.198-200.

GIOVANELLA, R. Utilização de freqüências sonoras no controle de biodegradadores em obras de arte e patrimônio de madeira. In: 1º SIMPÓSIO LATINO AMERICANO SOBRE MÉTODOS FÍSICOS E QUÍMICOS EM ARQUEOLOGIA, ARTE E CONSERVAÇÃO DO PATRIMÔNIO CULTURAL LASMAC2007., 11-16 junho, 2007, São Paulo. **Resumos...** São Paulo: MASP, p. 18.

HALL, E.J. **Radiobiology for the radiologist**. 4.ed. Philadelphia: J.B. Lippincott Company, 1994. 478p.

HOUAISS, A.; VILLAR, M.S.; FRANCO, F.M.M. **Dicionário Houaiss da língua portuguesa.** 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora Objetiva, 2001. 2922 p.

KENDALL, M.G.; BUCKLAND, W.R. **A dictionary of statistical terms**. Edinburgh: Oliver and Boyd, 1957. 493p.

LEVINE, D.M.; BERENSON, M.L.; STEPHAN, D. **Estatística:** teoria e aplicações. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos S.A., 2000. 811p.

MALAVASI, A. ZUCCHI, R.A. (Editores). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil:** conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Holos, 2000. 327 p.

MONTGOMERY, D.C. **Design and analysis of experiments.** USA: John Wiley & Sons, Inc.,2005. 642p.

NETO, S.S.; NAKANO, O.; BARBIN,D.; VILLA NOVA, N.A. **Manual de ecologia dos insetos**. Piracicaba: Ceres,1976. 419 p.

NELSON, S.O.; SEUBERT, J.L. Eletromagnetic energy and sound for use in control of certain pests. In: KNIPLING, E.F. (ed). Pest control by chemical, biological, genetic and physical means: a symposium presented at the meeting of the American Association for the Advancement of Science, Section 0 on Agriculture, Dec. 26-31, 1964. Washington: Agricultural Research Service, U.S. Dept. of Agriculture,1966 (U.S. agricultural Research services, Series ARS 33-110). p.177-194.

NOGUEIRA, M.C.S. **Estatística experimental aplicada à experimentação agronômica.** Piracicaba: ESALQ, 1997. 250 p.

OLIVEIRA, S.L. **Tratado de metodologia científica:** projetos de pesquisas, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses. São Paulo: Pioneira Thomson Learning Ltda, 2001. 320 p.

PARRA, J.R.P.; HADDAD, M.L. **Determinação do número de ínstares de insetos.** Piracicaba: FEALQ - Fundação de estudos agrários Luiz de Queiroz. 1989. 49p.

PEDROSO, A.S. **Dados bionômicos da Ceratitis capitata Wied. 1824 (Díptera: Tephritidae) obtidos em laboratório em regime de dieta artificial.** 1972. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental.** 13 ed. Piracicaba: Livraria Nobel, 1990. 468p.

RAGA, A.; YASUOKA, S.T.; AMORIM, E.O.; SATO, M.E.; SUPLICY FILHO, N.; FARIA, J.T. Sensibilidade de ovos de *Ceratitis capitata* (Wied.,1824) irradiados em dieta artificial e em frutos de manga (*Mangifera indica L*.). **Sci. Agric.**, v.53, n.1, p. 114-118, 1996.

RÉMIZOV, A. **Fisica medica y biologica.** Moscú: Editorial Mir, 1991. 692 p.

RUSSO, I.C.P. **Acústica e psicoacústica aplicadas à fonoaudiologia**. São Paulo: Editora Lovise-Científica, 1993. 178p.

SAS INSTITUTE INC Sas for Windows 99, version 8.1. Disponível em <http://v8doc.sas.com/sashtml/>. Acesso em : 04 mai. 2007.

SMOLKO, E.E.; LOMBARDO, J.H. Inactivando vírus con radiaciones. **Veterinária Argentina**, v.8, n.72, p.89-95, abril, 1991.

STOCKBURGER, D.W. **Introduction to statistics:** concepts, models and applications: critical values for the F-distribution. Disponível em: http://www.psychstat.missouristate.edu/introbook/fdist.htm. Acesso em: 12 ago. 2007.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. **Laboratório de Estatística e Geoinformação:** A distribuição de Poisson**.** Disponível em: <http//leg.ufpr.br> Acesso em 05 mar. 2007.

VIEIRA,S. **Estatística experimental**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 1999. 185p.

_____. **Análise de variância**. São Paulo: Atlas, 2006. 204p.

WEINBERGER, P.; MEASURES, M. Effects of the intensity of audible sound on the growth and development of Rideau winter wheat. **Canadian Journal of Botany**, v.57, n.9, p.1036-1039, May. 1979.

WIKIPEDIA. **Enciclopédia livre:** distribuição de Poisson. Disponível em:http://pt.wikipedia.org Acesso em: 05 mar. 2007.