

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM TRATORES AGRÍCOLAS,
E SEUS EFEITOS SOBRE O OPERADOR

JOÃO CANDIDO FERNANDES
Engenheiro Mecânico

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas do Campus de
Botucatu - UNESP, para a obtenção
do título de Doutor em Agronomia,
Área de Concentração Energia na
Agricultura.

BOTUCATU - SP
Dezembro - 1991

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM TRATORES AGRÍCOLAS,
E SEUS EFEITOS SOBRE O OPERADOR

JOÃO CANDIDO FERNANDES
Engenheiro Mecânico

Orientador : PROF. DR. KLEBER PEREIRA LANÇAS

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agronômicas do Campus de
Botucatu - UNESP, para a obtenção
do título de Doutor em Agronomia,
Área de Concentração Energia na
Agricultura.

BOTUCATU - SP
Dezembro - 1991

FICHA CATALOGRÁFICA

F399a Fernandes, João Candido, 1953 -

Avaliação dos níveis de ruído em tratores agrícolas, e seus efeitos sobre o operador. Tese de doutorado apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas do Campus de Botucatu - UNESP. Botucatu - 1991.

1. Ruído em Máquinas 2. Máquinas Agrícolas
3. Perda de Audição 4. Segurança do trabalho

CDD - 534.83
631.3
612.85
614.8

ÍNDICES PARA CATÁLOGO SISTEMÁTICO :

- 1 - Ruído em Máquinas 534.83
- 2 - Máquinas Agrícolas 631.3
- 3 - Perda de Audição 621.85
- 4 - Segurança do Trabalho 614.8

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: "AVALIAÇÃO DOS NÍVEIS DE RUÍDO EM TRATORES AGRÍCOLAS E
SEUS EFEITOS SOBRE O OPERADOR"

AUTOR: JOÃO CÂNDIDO FERNANDES

ORIENTADOR: PROF. DR. KLÉBER PEREIRA LANÇAS

Aprovado pela Comissão Examinadora



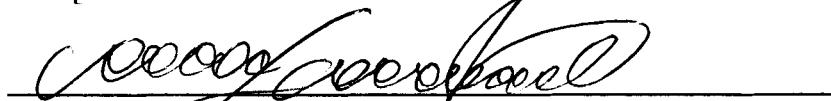
PROF. DR. KLÉBER PEREIRA LANÇAS



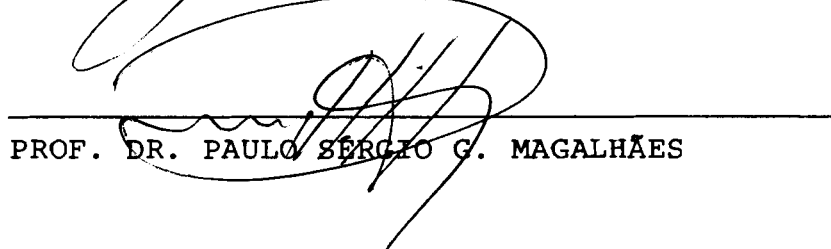
PROF. DR. CARLOS ANTONIO GAMERO



PROF. DR. TOMAZ CAETANO RIPOLI



PROF. DR. LUIZ MALCOLM MANO DE MELLO



PROF. DR. PAULO SÉRGIO G. MAGALHÃES

Data da Realização: 02 / dezembro / 1991.

Homologado pela Congregação: 06 / dezembro / 1991.

A Marly, minha esposa,
Vanessa, Viviane e Vinicius, meus filhos,
pelo amor, compreensão e união

III

Ao colega e amigo,
Prof. M.Sc. José Antonio Andreatta,
por ter sido um exemplo de vida e trabalho

O TRATOR

A máquina é um progresso quando, multiplicando por dez as forças do homem, ela se põe a serviço. Desgraçadamente, bem o sabemos, muitas vezes ela o domina com seu poder e seu ritmo. É instrumento do lucro, mas o homem, escravo dela. É preciso lutar para restabelecer a ordem. Na mesma medida em que o homem se prolonga e cresce pela máquina, seria preciso que sua alma crescesse também para tomar em mãos o trabalho mecânico, dominá-lo e oferecê-lo.

Qualquer coisa que digais ou façais, seja sempre em nome do Senhor Jesus, dando graças por Ele a Deus Pai.

(Col 3,17)

*Ofereço-te, Senhor, o trabalho de todos os tratores
de meu país, de todos os tratores do mundo.*

*Ofereço-te o esforço de todas as máquinas que não
têm alma para se oferecer.*

*Peco-te que elas não esmaguem o homem com seu
poderio orgulhoso, mas o sirvam.*

*Peco-te que o homem, de pé, as domine com toda a sua
alma livre,*

*E que elas te louvem assim pelo trabalho que fazem,
te glorifiquem*

*E tomem parte nessa missa solene do mundo, que cada
dia se celebra pela labor humano. E que até o
fim dos tempos há de ser celebrada !*

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. KLEBER PEREIRA LANÇAS, professor do *Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agrônomicas* - UNESP - Campus de Botucatu, cuja dedicada e responsável orientação, sempre pautada pela amizade, incentivo e apoio, se fez presente em todas as fases deste trabalho.

Ao Instituto Municipal de Saúde do Trabalhador de Bauru, na pessoa da Fonoaudióloga TÂNIA CRISTINA MADUREIRA, pelas avaliações audiométricas em grande parte dos tratoristas deste trabalho.

À Usina da Barra (Barra Bonita), na pessoa do Eng^o ABÍLIO SARQUIS, e à Usina Diamante, na pessoa do Eng^o JOSÉ HERMINIO CANELA, pela permissão e ajuda nas medições do ruído dos tratores, bem como pela cessão dos tratoristas para as avaliações audiométricas.

À Prefeitura Municipal de Bauru, na pessoa de seu vice-prefeito Prof. PAULO KAWAUCHI, pela possibilidade de acesso a todos os órgãos municipais.

Aos professores JOÃO EDUARDO GUARNETTI DOS SANTOS, ABÍLIO GARCIA DOS SANTOS FILHO, e todos os funcionários da *Fazenda Agrícola Experimental* da UNESP, Campus de Bauru, pela colaboração, esforço e dedicação durante os ensaios.

Aos professores e amigos do *Departamento de Engenharia e Tecnologia Mecânica*, da UNESP, Campus de Bauru, pelo incentivo e apoio nesta pesquisa.

VI

À *Companhia Energética de São Paulo (CESP)*, na pessoa do Eng^o MAURÍCIO ALVES, pelo auxílio nas medições do espectro de frequências do ruído.

Aos proprietários de inúmeras fazendas, sítios, usinas e propriedades rurais, pela permissão à avaliação dos tratores e avaliação dos tratoristas.

Aos professores de *Departamento de Engenharia Rural* da UNESP, Campus de Botucatu, pelo incentivo e dedicação.

A todos os tratoristas envolvidos neste trabalho, homens simples, mas de muita sabedoria e perseverança, pela paciência e interesse pela pesquisa.

À FUNDAÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO DA UNESP (*FUNDUNESP*), pelo financiamento desta pesquisa.

A João e Elgundes, meus pais, cuja retidão e exemplo, sempre foram modelos para minha vida.

À Marly, Vanessa, Viviane e Vinicius, tantas vezes prejudicados no decorrer do curso e da pesquisa, mas sempre com uma palavra de incentivo.

A eles pertencem o mérito e a alegria que este trabalho pode ter.

SUMÁRIO

PÁGINA

1. RESUMO.....	1
2. INTRODUÇÃO.....	3
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	5
3.1. Conforto em Máquinas.....	5
3.2. Avaliação Audiométrica em Trabalhadores.....	14
3.3. Leis e Normas sobre a Medida do Ruído em Máquinas.....	20
3.4. Critérios para Avaliação do Risco Auditivo.....	24
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	34
4.1. Material.....	35
4.1.1. Equipamentos utilizados na avaliação do ruído..	35
4.1.2. Equipamento utilizado nas Avaliações Audiométricas.....	40
4.1.3. Equipamento Utilizado na Análise Estatística dos Dados.....	42
4.2. Métodos.....	43
4.2.1. Avaliação do Ruído em Tratores.....	43
4.2.1.1. Amostragem e Frota Nacional de Tratores.....	43
4.2.1.2. Determinação dos Níveis de Ruído.....	48
4.2.2. Avaliação Audiométrica em Tratoristas.....	55
4.2.2.1. Amostragem de Tratoristas.....	55
4.2.2.2. Avaliação Audiométrica.....	57
4.3. Análise Estatística dos Dados.....	64
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	66
5.1. Resultados da Avaliação do Ruído.....	66
5.1.1. Níveis de Ruído Durante uma Operação Agrícola..	66
5.1.2. Níveis de Ruído com o Trator Parado.....	106
5.1.3. Ensaios Comparativos.....	109
5.1.4. Resultados da Análise Espectral.....	116

VIII

5.1.4.1. Resultados das medições no posto de trabalho do tratorista.....	116
5.1.4.2. Caracterização das fontes de Ruído...	119
5.2. Resultados das Avaliações Audiométricas nos Tratoristas.....	127
5.2.1. Resultados com Respeito as Condições de Trabalho.....	127
5.2.2. Resultados dos Sintomas Causados pelo Ruído...	129
5.2.3. Resultados das Audiometrias.....	133
6. CONCLUSÕES.....	141
7. SUMMARY.....	144
8. LITERATURA CITADA.....	146
9. APÊNDICE.....	163

LISTA DE FIGURAS

PÁGINA

Figura 1 - Conjunto de equipamentos usados na medição dos níveis de ruído.....	36
Figura 2 - Equipamentos realizando uma avaliação do ruído....	36
Figura 3 - Medidor de ruído com filtro de frequência.....	38
Figura 4 - Audiômetro Siemens usado nas avaliações.....	41
Figura 5 - Impedanciômetro Rexton e audiômetro Danavox.....	42
Figura 6 - Esquema da avaliação do ruído dos tratores.....	51
Figura 7 - Ficha usada na coleta de dados.....	53
Figura 8 - Ficha usada na coleta de dados (espectro).....	54
Figura 9 - Esquema da avaliação audiométrica dos tratoristas.	58
Figura 10 - Ficha usada pelo médico e pela fonoaudióloga para coleta de informações sobre o tratorista.....	60
Figura 11 - Ficha usada pelo médico e pela fonoaudióloga para coleta de informações sobre o tratorista.....	61
Figura 12 - Ficha audiométrica, para coleta de informações sobre a saúde otológica do tratorista.....	62
Figura 13 - Esquema de classificação para as audiometrias proposta neste trabalho.....	65
Figura 14 - Espectro de frequências para os tratores ensaiados.....	116
Figura 15 - Comparação entre as curvas NCB e o espectro do ruído dos tratores.....	117
Figura 16 - Comparação entre os espectros de frequências do ruído de tratores. Próximo ao ouvido do tratorista, e próximo ao escapamento.....	121
Figura 17 - Comparação entre os espectros de frequências dos tratores : 1900 rpm e 1000 rpm.....	122
Figura 18 - Influência da admissão do ar no ruído do trator..	124
Figura 19 - Influência do ventilador no ruído do motor.....	125
Figura 20 - Porcentagens de tratoristas que declararam sentir tontura e zumbido causados pelo ruído, em função	

	da idade.....	131
Figura 21 -	Porcentagens de tratoristas que declararam sentir tontura e zumbido causados pelo ruído, em função do tempo de exposição.....	131
Figura 22 -	Porcentagem de tratoristas com dificuldade de comunicação oral e por telefone, em função da idade.....	132
Figura 23 -	Porcentagem de tratoristas com dificuldade de comunicação oral e por telefone, em função do tempo de exposição.....	133
Figura 24 -	Resultados da avaliação dos 222 ouvidos dos tratoristas da amostragem.....	135
Figura 25 -	Porcentagem da perda de audição em função da idade do tratorista.....	135
Figura 26 -	Porcentagem da perda de audição em função do tempo de exposição do tratorista.....	136

LISTAS DAS TABELAS

PÁGINA

Tabela 1 - Limite de exposição ocupacional ao ruído, conforme as Normas Internacionais de alguns países.....	29
Tabela 2 - Limite de tolerância para ruídos (NR-15).....	31
Tabela 3 - Ampliação da escala de limites de tolerância para exposição diária superior a 8 horas.....	31
Tabela 4 - Tratores que formam a amostragem.....	45
Tabela 5 - Comparação entre as porcentagens da frota nacional e a amostragem.....	47
Tabela 6 - Participação total de cada empresa na frota nacional.....	48
Tabela 7 - Classificação dos tratoristas por idade.....	55
Tabela 8 - Classificação dos tratoristas por tempo de exposição.....	55

LISTA DOS QUADROS

PÁGINA

Quadro 1 - Resultados gerais para o grupo "A".....	67
Quadro 2 - Nível de ruído médio em operações agrícolas para os tratores do grupo "A".....	68
Quadro 3 - Nível de ruído médio das operações agrícolas para cada modelo de trator do grupo "A".....	69
Quadro 4 - Comparação entre os diversos modelos de tratores para uma mesma operação agrícola.....	69
Quadro 5 - Operações agrícolas com tratores do grupo "A" com os tempos máximos de exposição diária permissível.....	70
Quadro 6 - Comparação direta entre os níveis de ruído encontrados neste trabalho com outras publicações para os tratores do grupo "A".....	71
Quadro 7 - Comparação dos resultados deste trabalho com os dados de outros autores, para tratores com características próximas (grupo "A").....	73
Quadro 8 - Resultados gerais para o grupo "B".....	74
Quadro 9 - Níveis médios de ruído em operações agrícolas para os tratores do grupo "B".....	75
Quadro 10 - Nível médio de ruído para cada modelo de trator...	81
Quadro 11 - Operações agrícolas com tratores do grupo "B" com os tempos máximos de exposição diária permissível.....	83
Quadro 12 - Comparação direta entre os níveis de ruído encontrados neste trabalho com outras publicações para tratores do grupo "B".....	87
Quadro 13 - Comparação direta entre os níveis de ruído deste trabalho com outras publicações (grupo "B").....	88

XIII

Quadro 14 - Comparação dos resultados deste trabalho com os dados de outros autores (grupo "B").....	89
Quadro 15 - Resultados gerais para o grupo "C".....	90
Quadro 16 - Nível de ruído médio em operações agrícolas para os tratores do grupo "C".....	91
Quadro 17 - Nível de ruído médio das operações agrícolas para cada modelo de trator do grupo "C".....	93
Quadro 18 - Operações agrícolas dos tratores do grupo "C" com os tempos máximos de exposição diária permissível.....	94
Quadro 19 - Comparação direta entre os níveis de ruído encontrados neste trabalho com outras publicações para tratores do grupo "C".....	95
Quadro 20 - Comparação direta entre os níveis de ruído encontrados neste trabalho com outras publicações para tratores do grupo "C".....	97
Quadro 21 - Comparação dos resultados deste trabalho com os dados de outros autores (Grupo "C").....	98
Quadro 22 - Resultados gerais para tratores de esteiras.....	99
Quadro 23 - Nível de ruído médio em operações agrícolas para tratores de esteiras.....	100
Quadro 24 - Nível de ruído médio das operações agrícolas para os modelos de tratores de esteiras.....	101
Quadro 25 - Operações agrícolas dos tratores de esteiras com os tempos máximos de exposição diária permissível.....	102
Quadro 26 - Comparação direta entre os níveis de ruído encontrados neste trabalho com outras publicações para os tratores de esteiras.....	102
Quadro 27 - Comparação entre os níveis médios de ruído para os diversos grupos.....	103
Quadro 28 - Níveis de ruído de algumas máquinas.....	105

XIV

Quadro 29 - Porcentagem de pessoas com perda de audição, em função do nível de ruído e do tempo de exposição segundo a Norma ISO 1999.....	105
Quadro 30 - Níveis médios de ruído para o trator parado.....	106
Quadro 31 - Resultados gerais para os ensaios comparativos...	109
Quadro 32 - Níveis médios de ruído obtidos nos ensaios comparativos.....	110
Quadro 33 - Comparação entre os níveis de ruído, em função do trator e da operação executada.....	115
Quadro 34 - Condições de trabalho declaradas pelos tratoristas da amostragem.....	127
Quadro 35 - Sintomas apresentados pelos tratoristas.....	130
Quadro 36 - Resultados das audiometrias.....	134
Quadro 37 - Comparação entre a perda de audição nos ouvidos direito e esquerdo dos tratoristas.....	137
Quadro 38 - Comparação da perda de audição para várias profissões.....	138

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

- cv —→ cavalo vapor (unidade de potência = 0,7351 kW)
- C. Var. —→ coeficiente de variação [%]
- D.M.S. —→ diferença mínima significativa
- G.L. —→ graus de liberdade
- N.P.S. —→ nível de pressão sonora na operação agrícola (média de 8 medições) [dB(A)]
- Nº E. —→ número do ensaio na ficha de avaliação
- N.P.S.F. —→ nível de pressão sonora do ruído de fundo [dB(A)]
- N.P.S.M. —→ nível de pressão sonora médio para todos os tratores de um mesmo modelo [dB(A)]
- O.D. —→ ouvido direito
- O.E. —→ ouvido esquerdo
- Rot. Mot. —→ Rotação do motor no momento da medição [rpm]
- rpm —→ rotações por minuto
- Tukey —→ teste de Tukey para todos os tratores do mesmo modelo
- TK₁ —→ teste de Tukey para todos os tratores do mesmo modelo
- TK₂ —→ teste de Tukey para todos os tratores do mesmo fabricante
- V.A. —→ audiometria via aérea
- V.N.S. —→ variação não significativa entre as medidas
- V.O. —→ audiometria via óssea
- V.S.5% —→ variação significativa entre os níveis de ruído dos tratores do mesmo modelo ao nível de 5% de probabilidade
- V.S.1% —→ variação significativa entre os níveis de ruído dos tratores do mesmo modelo ao nível de 1% de probabilidade

GLOSSÁRIO

- Anamnese** - Informações acerca do princípio e evolução de uma doença, até a primeira observação do médico.
- Analizador de faixa ampla de som** - Equipamento eletrônico, formado de vários filtros de frequências, que analisa a intensidade de cada banda do espectro sonoro.
- Antropometria** - Processo de mensuração do corpo humano ou de suas várias partes.
- Audibilidade** - impressão subjetiva da intensidade do som (loudness).
- Audiograma** - Curva das intensidades limiares dos sons das diferentes frequências perceptíveis pelo ouvido.
- Audiometria** - Exame da capacidade auditiva.
- Audiômetro** - Equipamento de medida usado nas audiometrias.
- Banda de frequências** - Intervalo de frequências que passam através de um circuito filtro.
- Curva de equalização** - Ponderação aplicada ao espectro de frequências de um som. A curva "A" é muito próxima à curva de sensibilidade do ouvido humano.
- Decibel** - Escala linear usada para definir o logaritmo da intensidade sonora. Trata-se de uma escala, e não de uma unidade de medida.
- Deficit auditivo** - Perda de audição de uma pessoa.
- Equalização** - Alteração do espectro de frequências de um som, reforçando a intensidade de algumas frequências e atenuando a de outras.
- Ergonomia** - Conjunto de normas que regem a adaptação do homem ao trabalho.
- Espectro de frequências** - Distribuição da intensidade sonora em cada banda de frequência da faixa audível.
- Etiologia** - Parte da medicina que trata da origem das doenças.
- Filtro de oitava** - Filtro passa-banda de frequências, usado nos medidores de nível de pressão sonora, para avaliação do

espectro sonoro.

Frequência - número de ciclos descritos na unidade de tempo.

Frequência de ressonância - Frequência na qual ocorre a coincidência entre a frequência de excitação e a frequência natural do sistema.

Hipoacusia - Diminuição do sentido da audição (hipacusia).

Impedanciometria - Medida da resistência que o ouvido médio oferece à passagem da energia sonora.

Impedanciômetro - Aparelho usado para fazer a impedanciometria.

Insalubre - o que não é benéfico à saúde.

Inteligibilidade da linguagem - Porcentagem de unidades de palavras faladas por um orador, que são entendidas por um ouvinte.

Limiar auditivo - A menor intensidade de som que pode ser percebida pelo ouvido humano.

Limiar de audibilidade - O nível de pressão sonora, para uma dada frequência, que as pessoas com audição normal começam a escutar.

Membrana basilar - Membrana no interior da cóclea (ouvido interno), onde se localiza o órgão sensorial da audição (órgão de Corti).

Ocupacional - o que se refere a ocupação ou ao trabalho.

Oitava - Intervalo de frequências correspondente a razão de 2:1 entre a frequência maior e a menor.

Órgão de Corti - Parte sensorial do ouvido interno.

Otopatia - Doença do ouvido.

Otosopia - Exame do ouvido externo e do tímpano com o otoscópio.

Otoscópio - Aparelho para inspeção do ouvido, mais particularmente do tímpano.

Pistofone - Equipamento calibrador do medidor de nível sonoro.

Presbiacusia - Diminuição do sentido da audição, em função da idade.

Ruído contínuo - Ruído com variações de níveis desprezíveis durante a medição.

XVIII

Ruído de impacto ou impulsivo - Ruído que se apresenta em picos de energia acústica de duração inferior a um segundo, e a intervalos superiores a um segundo.

Ruído de fundo - Nível de ruído ambiental que influi na medição do ruído de uma fonte.

Ruído flutuante - Ruído cujo nível varia continuamente durante as medições.

Sone - Nível de audibilidade de um som, que leva em consideração a intensidade e a frequência.

Vibração global - Tipo de vibração (definida na Norma ISO 2631), que promove a oscilação de todo o corpo de uma pessoa.

1 - RESUMO

Com o aumento da potência de seus motores, visando um melhor desempenho operacional, os tratores agrícolas tiveram um significativo acréscimo nos seus níveis de ruído, colocando os tratoristas entre os profissionais de maior porcentagem de perda de audição.

Neste trabalho, objetivou-se quantificar os problemas ocupacionais da relação trator-operador, relacionados ao ruído. Assim, a presente análise divide-se em duas partes : um amplo levantamento dos níveis de ruído de tratores agrícolas de fabricação nacional, medidos em condições reais de trabalho no campo, e uma avaliação audiométrica em tratoristas. Essa divisão foi necessária, pois, embora apontem para a mesma conclusão final, as duas análises pertencem a áreas totalmente diversas, usam metodologias próprias, equipamentos de medida distintos e processos de medição diferentes. Na verdade, são dois trabalhos que concorrem para uma mesma conclusão.

Na avaliação dos níveis de ruído dos tratores, utilizou-se uma amostragem de 300 tratores, cujo perfil (no que se refere a tipo de rodado, potência do motor, fabricante, etc.) é bastante semelhante ao da frota nacional. Foram realizados 4 tipos de avaliações do ruído nos tratores : medições com o trator parado e com o motor em funcionamento; ensaios comparativos entre vários tratores e seus implementos; medições com tratores em movimento, realizando operações agrícolas e uma análise espectral do

ruído do trator. Essas avaliações possibilitaram obter inúmeras relações entre as variáveis, tais como: a contribuição de cada equipamento (motor, trator, implemento) no ruído total; a relação entre ruído e rotação do motor; a operação agrícola mais ruidosa, e, principalmente, o risco auditivo imposto ao operador do trator.

Nas medições, utilizou-se 2 medidores de nível de pressão sonora, seguindo-se a metodologia das normas ISO 5131, ISO 1999, NBR 7731, NBR 9999, e outras recomendações.

Para a avaliação otológico-audiológica, tomou-se uma amostragem de 111 tratoristas, nos quais realizou-se as otoscopias, seguidas de anamnese e de audiometrias. Esse trabalho foi conduzido por um médico e por uma fonoaudióloga, que seguiram os padrões internacionais de avaliação. Para a classificação dos audiogramas, utilizou-se a metodologia da "Clínica del Lavoro", da Universidade de Milão, que caracteriza-se pela preocupação com a área ocupacional e por ter objetivos de prevenção.

Os valores obtidos nas medições, mostraram que os níveis de ruído, apenas do motor dos tratores, já ultrapassam os limites considerados permissíveis. O conjunto gerador (motor e acessórios), é a principal fonte de ruído. Nas operações agrícolas que exigem esforço do trator, a intensidade do ruído atingiu mais que o dobro (+ 3 dB) do ruído do motor sem carga. Quanto às condições reais de trabalho do tratorista, nenhum dos tratores avaliados, apresentou as mínimas condições aceitáveis, acusando valores entre 90 e 110 dBCA).

Os resultados compilados dos audiogramas, apresentaram porcentagens bastante elevadas de perdas de audição induzidas por ruído : 59,8 % do total dos tratoristas da amostragem apresentavam disacusias ocupacionais; entre os tratoristas com até 5 anos de operação de tratores, 42,9 % já apresentavam hipoacusia.

Como conclusão final, pode-se afirmar que existe um grave problema ocupacional na operação dos tratores nacionais, em razão dos altos níveis de ruído, expondo os operadores dessas máquinas a grandes riscos de perda de audição.

2 - INTRODUÇÃO

Desde a revolução industrial, o ruído tem acompanhado o homem em todas as suas atividades. Nas últimas décadas, ele se transformou na forma de poluição que atinge o maior número de pessoas. A poluição sonora não se restringe somente às regiões de grande concentração industrial, como acontece com a poluição atmosférica; nem a estritas regiões como a poluição radiativa; nem às regiões produtoras de álcool, como a poluição dos rios. O ruído está presente em qualquer comunidade, em qualquer trânsito de veículos, em qualquer processo fabril, em qualquer obra civil (FERNANDES, 1985; FERNANDES, 1990b).

A permanência de pessoas em níveis de ruído elevados, pode causar a perda da audição. A NORMA NB-95 - ABNT - estabelece os níveis de ruído máximos aceitáveis para a convivência humana, enquanto que a CLT - Consolidação das Leis do Trabalho - na Portaria nº 3.214/78, fixa os limites de tolerância para os locais de trabalho.

Na área rural, pouco ou quase nada existe a respeito de ruído em máquinas agrícolas e, conseqüentemente, não se pode tirar nenhuma conclusão sobre os problemas ocupacionais em trabalhadores agrícolas.

Numa visão geral, o trator se coloca em destaque quando se pesquisa a relação homem-máquina na área rural. Qualquer estudo, superficial que seja, demonstra que a frota nacional de tratores agrícolas não está projetada de acordo com

as necessidades específicas do trabalhador, mas sim com as do trabalho: o tratorista tem que, ao mesmo tempo, controlar o implemento e manter o trator no alinhamento, enquanto é submetido, durante horas, ao sol, à chuva, ao frio, à poeira, à fumaça do escapamento, além de um nível de ruído e de vibração desumanos.

Tendo em vista esse contexto, propôs-se, neste trabalho avaliar os níveis de ruído em tratores agrícolas nacionais e, ao mesmo tempo, estimar o risco auditivo dos operadores dessas máquinas. Paralelamente à idéia central, diversas informações úteis puderam ser obtidas, como por exemplo, as fontes de ruído em um trator, a contribuição de cada órgão no ruído total, a variação do ruído do trator em função da rotação do motor, a contribuição do implemento no ruído total, além de uma visão geral e comparativa do nível de ruído em tratores de diversas marcas e modelos. Na análise audiométrica, dados importantes foram obtidos, tais como a porcentagem de tratoristas com perda de audição induzida por ruído, o tempo necessário de exposição com operação de máquina para surgirem os primeiros sinais desta perda, além de uma verificação da bilateralidade e simetria da perda auditiva.

3 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Visando um melhor entendimento, e a necessidade de se enfocar áreas diversas, optou-se por dividir a revisão da literatura em quatro partes :

3.1. - Conforto em Máquinas

Desde as primeiras invenções do homem, os veículos auto-propelidos sempre foram criticados em razão do ruído que emitiam. Na primeira metade do século XIX, os veículos a vapor receberam grande hostilidade do povo, que preferiam as carruagens a cavalo; no final do mesmo século, os primeiros automóveis equipados com motor a explosão, também foram rejeitados pela população, em função do seu barulho.(WISE, 1970).

LAY & FISHER (1940), apresentaram as primeiras pesquisas sobre conforto em veículos. Trata-se de um estudo antropométrico da posição de trabalho de um operador de máquina. Embora o trabalho não objetivasse o conforto acústico, ele se reveste de alguma importância, pois mostra o início da preocupação da engenharia pelos problemas ocupacionais.

O conforto do assento do operador do trator, foi analisado por CANNON & COX (1948), que apresentaram um novo projeto para o banco, realizando medidas de amplitude e aceleração da vibração. Embora o trabalho aponte que a vibração em tratores

já era considerada como um problema, nenhuma citação foi feita a respeito do campo acústico dessas máquinas.

HAMILTON (1946), publicou no jornal da ASAE um trabalho sobre segurança rural, onde discorre sobre os riscos de acidentes em uma propriedade agrícola. PALMER (1946), apresentou um trabalho bastante semelhante, diferindo apenas na classificação dos acidentes: por região do corpo atingido, classes de exposição, e características físicas das fontes perigosas. Ambos os trabalhos citam, embora superficialmente, a exposição a emissões sonoras.

Na década de 50, quatro publicações enfocaram diretamente o conforto em máquinas agrícolas : SIMONS (1952) mostrou uma metodologia de projeto do assento do trator, que consistia em: medir as vibrações nos 3 eixos ortogonais, analisar os resultados sob a luz das tolerâncias humanas e, projetar uma suspensão para isolar as vibrações do assento ; HAACK (1955), também buscou obter um melhor projeto do assento do trator, concluindo que o maior conforto se obtém quando a relação entre a frequência natural do assento e dos pneus fica entre 0,4 e 0,5 ; o mesmo autor (HAACK, 1956), continuou sua pesquisa, publicando as tolerâncias humanas à vibração em máquinas agrícolas ; VAN GERPEN (1956), também trabalhou com vibrações em tratores, medindo a frequência, a velocidade e aceleração e, avaliando o conforto do operador. Embora nos 4 trabalhos o nível de vibrações tenha sido considerado excessivo, nenhuma relação foi apresentada com respeito à otopatias.

Os primeiros ensaios que apontavam para a problemática do nível de ruído em máquinas agrícolas, ocorreram na Alemanha em 1953. Um trator, com motor diesel de 30 cv, acusou níveis entre 90 e 109 dB(B), em rotações de 800 a 3200 rpm (BURK, 1969). Cabe lembrar que esses dados não oferecem qualquer possibilidade de comparação com medidas atuais, pois foram realizados com metodologia e escala de medida diferentes.

O primeiro estudo sobre os efeitos do ruído em operadores de tratores, surgiu na Nova Zelândia, em 1956. Foram

realizadas medidas em alguns tratores, em várias operações agrícolas, com o microfone à altura do ouvido do tratorista. As medidas foram realizadas nas curvas de equalização plana e atenuada do medidor e foram obtidos valores entre 80 e 95 dB (BELL, 1956).

LIERLE & REGER (1958), estudaram os níveis de ruído em tratores, e os efeitos sobre a audição dos operadores. Mediram valores que atingiam 108 dB(C), e concluíram ser o motor a principal fonte de ruído, pois com o motor desligado o nível de ruído do trator caía para 60 dB(C). Afirmaram ainda que " a decisão de medir o ruído dos tratores, quando os tratores estão operando sob condições de trabalho, parece essencial", citando o nível de 100 dB(C) com o trator em trabalho de campo, e 97,5 dB(C) com o trator sem carga. Torna-se importante lembrar que esses valores não podem ser comparados diretamente com as medidas atuais, pois foram realizadas na curva de equalização "C" do medidor de nível de pressão sonora, e em posição diferente da normalizada. O trabalho dos autores dá maior ênfase à análise audiométrica dos tratoristas.

A preocupação com a ergonomia do trator continuou com várias publicações : LILJEDAHN et alii (1959) estudaram os esforços requeridos na operação com tratores ; DUPUIS (1959) relacionou o estresse do operador do trator com fatores ergonômicos do trabalho, citando os altos níveis de ruído ; MORRIS et alii (1959), fizeram um estudo bastante semelhante, porém considerou a temperatura no local de trabalho, como sendo o fator estressante ; ROSEGGER & ROSEGGER (1960), publicaram um trabalho bastante completo sobre todos os problemas de saúde ocupacional ocorridos na operação de tratores.

VASEY & BAILLIE, (1961), fizeram algumas experiências com escapamentos dos motores de tratores. Tinham como objetivo, além de diminuir o ruído, projetar um equipamento eficiente que não permitisse a saída de faíscas para o exterior do cano de escape (corta-faíscas). Os autores mediram valores de 95 dB para o motor sem carga, e 100 dB a plena carga, e concluíram

que esses níveis estão muito acima dos aceitáveis.

Em 1961, um importante trabalho, publicado pela ASAE, mostra o comportamento dinâmico de um trator agrícola. RANEY et alii (1961), fizeram a modelagem matemática de todos os parâmetros dinâmicos de um trator, e obtiveram as principais relações visando o máximo conforto do operador. MATTHEWS (1967), trabalhou com um computador analógico e investigou as vantagens de se incorporar uma suspensão no eixo dianteiro do trator. As simulações mostraram uma sensível redução no pico de amplitude, na frequência de ressonância (aproximadamente 40%), o que pode determinar um grande aumento no conforto do operador. PATIL & PALANICHAMY (1988), também trabalharam com modelos matemáticos do sistema trator-operador, visando obter uma suspensão para o assento com mínima vibração. Através de simulação em computador concluíram que, para entradas senoidais no pneu do trator, foram obtidas grandes respostas no banco do operador, quando se utilizou baixas frequências e maior amplitude de vibração no corpo do operador, para frequência de 3 Hz. Embora os dois trabalhos tratem o assunto com grande profundidade, nenhum deles relacionou a intensidade da vibração com as disacusias ocupacionais.

WESTON (1963), mediu o nível de ruído em 12 tratores, e avaliou a audição de 53 tratoristas. Obteve como resultados níveis entre 92 e 106 dB e em alguns casos, acima de 114 dB, concluindo que os tratores tinham, em média, 15 dB de excesso de exposição (o autor usa como limite de exposição 85 dB, e não cita a curva de calibração usada no medidor, nem as condições de ensaio). Com relação à análise audiométrica, o autor apresentou os valores médios de perda de audição dos tratoristas, e concluiu que "existe um risco potencial de perda de audição, quando na operação de tratores por períodos prolongados".

HAMMARFORS & KAJLAND (1963), fizeram um estudo bastante completo sobre o ruído emitido por veículos. Analisaram 60 veículos, entre carros, ônibus, caminhões e tratores, utilizando-se de várias metodologias. Concluíram sobre a necessidade de um critério comum de medidas, fixação dos

parâmetros do medidor (curvas A, B ou C; resposta lenta ou rápida) e fizeram algumas propostas para normalização.

Em seu livro, **BARGER et alii (1963)**, citou vários autores e conclui que o nível de ruído dos tratores está acima do tolerável. Indica valores entre 95 e 110 dB (no banco do tratorista), e compara esses níveis com o ruído de outros equipamentos.

Com a elevação da potência dos motores, o sistema de exaustão dos gases (tubos, câmaras expansoras, abafadores), passaram a ter grande importância. **DAVIS & KRANS(1964)**, entre outros trabalhos, mostra como executar o dimensionamento de um silenciador, usando a teoria dos filtros acústicos e teoria dos pulsos. Em seus ensaios, obtiveram silenciosos que atenuaram o ruído entre 15 e 18 dB, que podem ser considerados valores bons, e conclui que deve haver um dimensionamento específico do silencioso para cada motor. **KANTARELIS & WALKER (1968)**, mostraram que o principal aspecto no sistema de escape de gases em motores diesel, é a modulação da amplitude do nível de ruído. Mediram essa amplitude modulada em 13 dB, mostrando que ela é responsável pelo ruído indesejável.

HUTCHINGS & VASEY (1964) analisaram o ruído em 12 tratores agrícolas, com ensaios de laboratório e no campo, realizando as medições na altura do ouvido do tratorista. Nos ensaios no dinamômetro, com o motor a plena carga, foram medidos valores entre 100 e 113 dB(A), e para trabalho no campo, 85 a 113 dB(A). Os autores concluíram que "exposição por longos períodos a níveis de ruído produzidos por motores em alta rotação e grandes cargas, provavelmente causarão perdas permanentes de audição".

JANSEN (1966), analisou o ruído de 21 tratores agrícolas, de 7 fabricantes, dividindo-os em função da potência em 5 grupos, e obteve valores entre 50 e 175 sones para o ruído (medido na altura do ouvido do tratorista). O autor fez ainda uma interessante comparação entre os níveis de ruído de 11 tratores fabricados em 1965, com outros de 1957, de características bastante semelhantes. Embora a média de potência do grupo de 1965

seja próxima do dobro do grupo de 1957, os níveis de ruído se mostraram muito menores.

ROWLEY (1967), realizou um estudo bastante completo sobre o ruído em tratores. Fez, inicialmente, um estudo sobre as fontes de ruído em tratores agrícolas, concluindo ser a exaustão dos gases a principal componente, acompanhada pela hélice do ventilador, filtro de ar, e vibrações mecânicas. O autor trabalhou com dois tratores fabricados em 1965 : o trator maior apresentou 108 dB, medido no posto de trabalho do tratorista, contra 112 dB do trator menor. O autor ainda indicou no trabalho, várias propostas de projeto para diminuição do ruído em cada uma das fontes.

HUANG & SUGGS (1968), estudaram o ruído de tratores, relacionando-o com a produtividade do operador. Trabalharam com 4 tratores agrícolas de 25 hp, 37 hp, 46 hp, e 64 hp, executando as medições na altura do ouvido do tratorista, e obtiveram valores de 98,5, 118,7, 130,9, e 134,3 sonos respectivamente. Quanto à perturbação sobre o trabalho do tratorista, foram realizados testes de cálculo de tempo, cálculo da velocidade, erro de trilha, além de uma análise sobre a taxa de batimentos cardíacos, que acusaram sensíveis alterações para os operadores dos tratores mais ruidosos.

HARTDEGEN & AKINS (1972), discutiram a possibilidade de reduzir o nível de ruído no posto de trabalho do operador, em tratores com cabines. Fizeram todo o estudo em um trator que apresentava 90,5 dB(A) de nível de ruído no interior da cabine, conseguindo a redução para 86,3 dB(A). Os ensaios foram realizados de acordo com os testes de Nebraska, usando 100%, 75% e 50% de carga no motor, e o amortecimento do ruído foi realizado utilizando-se um analisador de faixa ampla do som, que possibilitou a identificação dos componentes que produziam maior ruído.

Nos anos 70, o ruído em veículos continuou sendo objeto de muitas pesquisas. ALFREDSON & DAVIS (1970), estudaram a radiação do som gerado por um motor a combustão, e apresentaram

uma metodologia para o cálculo de sistemas de exaustão dos gases. OLSON (1972), estudou o espectro de frequências de todos os tipos de veículos, usando metodologias e instrumentação bastante modernas. RAFF & PERRY (1973), fizeram um levantamento completo das fontes de ruído em veículos, concluindo ser o motor (principalmente a diesel) a principal fonte, e os maiores níveis ocorrerem em cabines de caminhões (os autores citam os tratores como máquinas com altos níveis de ruído, porém não os incluem na sua análise). HILLQUIST & SCOTT (1975), analisaram o espectro de frequências do ruído de veículos, em função dos parâmetros de operação e, concluíram como fatores de maior influência, a rotação do motor, a velocidade do veículo e o tipo do motor.

No Brasil, apenas nos anos 70 se iniciaram os primeiros estudos sobre o conforto de operadores de máquinas agrícolas. MOREIRA & SILVEIRA (1978), fizeram uma ampla discussão sobre os ensaios com tratores, mostrando a sua importância. Concentraram-se, porém, nos ensaios de desempenho na tomada de potência, desempenho na barra de tração, e características dimensionais e ponderais, da Norma Brasileira P-MB-484 (atualmente NBR 10400). Não existe nenhuma referência aos ensaios de ruído. Um dos autores (SILVEIRA, 1978), em outro artigo sobre a tendência atual de aumento no tamanho dos tratores, cita a necessidade da cabine, afirmando que "o ruído elevado, vibrações excessivas, são as principais causas que desgastam a saúde do tratorista".

Em 1988, a "Société des Ingénieurs et Techniciens du Machinisme Agricole", da França, organizou dois congressos com o tema "O ruído na agricultura". Eis alguns dos trabalhos apresentados no congresso: ROBERT (1988a), mostrou as noções fundamentais dos ruídos em máquinas, as principais fontes, a medição e o isolamento; FAGES (1988), apresentou os efeitos do ruído sobre o organismo humano, tanto no aparelho auditivo, como os outros efeitos; MONTIS (1988), fez um apanhado geral sobre a normalização atual na área de conforto acústico; HUGO (1988),

mostrou a situação atual do ruído dos tratores na Europa; BERDUCAT (1988), estudou a influência do implemento no ruído do trator, citando que, na França, as cabines são projetadas para isolar o ruído do trator (motor, caixa de engrenagens), não levando em consideração o ruído do implemento; ROBERT (1988b), mostrou o isolamento acústico de uma cabine de trator agrícola, obtendo valores de 79 dBC(A) ao nível do ouvido do operador.

No Brasil, CAMPANA (1984), estudou o nível de ruído de 5 tratores com cabines, em várias operações, num total de 91 medições, concluindo que 94,5% delas foram iguais ou superiores a 85 dB. ZAMBERLAN et alii (1988), realizaram medidas do nível de ruído em tratores nacionais, em duas etapas: primeiramente foi avaliada a exposição do operador ao ruído, em condições normalizadas (ensaio em pista de concreto), onde foram utilizados 10 tratores; numa segunda etapa, foi medida a dose de ruído a que está submetido o tratorista em condições reais de campo, quando foram utilizados 4 tratores. As conclusões são que "tanto nos ensaios padronizados quanto nas situações de trabalho real, nenhum dos tratores apresenta condições de trabalho aceitáveis aos tratoristas. Na grande maioria das situações, o nível de ruído está muito acima dos 85 dBC(A) permitidos pela legislação nacional para uma jornada de 8 horas diárias, o que acarreta para todos os tratoristas um grande risco de surdez profissional". É um trabalho de grande importância pela metodologia e resultados apresentados; porém, infelizmente, o uso de tratores diferentes nas duas etapas das avaliações, não permite uma conclusão direta sobre os níveis de ruído em pista de concreto e em trabalho real.

ROBIN (1987), realizou um amplo estudo sobre segurança e ergonomia em máquinas agrícolas, colocando o ruído e vibrações como fatores importantes. O autor ensaiou 12 tratores nacionais, conforme especificações da norma ISO 5131, e mediu níveis entre 93 e 99 dBC(A), e concluiu: "Isto mostra claramente que medidas urgentes devem ser tomadas, no sentido de se reduzir, gradativamente, os níveis de ruídos produzidos pelo trator, até o patamar que não seja prejudicial ao ouvido humano". O mesmo autor,

(ROBIN, 1988), aprofundou suas pesquisas, avaliando os níveis de ruído em máquinas e implementos agrícolas. Usou a mesma metodologia do trabalho anterior (Norma ISO 5131), e obteve para colhedoras, níveis de ruído entre 85 dB(A) (máquinas com cabine) e 96 dB(A) (sem cabine), com picos de mais de 115 dB(A).

Atualmente, o CENEA (1990), em Iperó, tem realizado medidas do ruído em tratores nacionais, de acordo com a Norma Brasileira NBR 9999. Dos 13 tratores ensaiados, os valores estão entre 91 e 102 dB(A). O DEA (Divisão de Engenharia Agrícola), em Jundiaí, possui 10 avaliações de ruído em tratores, com valores entre 91,6 e 100,1 dB(A), também ensaiados em pista de concreto. A FUNDACENTRO (Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho) vem realizando levantamentos de níveis de ruído em tratores agrícolas brasileiros desde 1983, em conformidade com a Norma ISO 5131, e NBR 9999. Atualmente, existe um grupo de estudos, que desenvolve projetos com o objetivo de reduzir o ruído em tratores agrícolas, não havendo até o momento trabalhos publicados.

Através do Departamento de Engenharia e Tecnologia Mecânica da UNESP, campus de Bauru, FERNANDES et alii (1990b), avaliaram o nível de ruído em 148 tratores agrícolas nacionais, concluindo que "os níveis estão muito acima dos valores considerados salubres". FERNANDES et alii (1990a) e FERNANDES et alii (1990c), fizeram uma análise estatística dos tratores da frota nacional, mostrando a forte tendência de aumento da potência dos motores. Esse é o principal fator que torna a operação de tratores como uma atividade insalubre. FERNANDES (1990a), estudou a diminuição da produtividade do operador de tratores, em razão do desconforto acústico, mostrando que os níveis de ruído estão acima do estabelecido pela norma NB-95 e pela C.L.T. FERNANDES (1991) e FERNANDES & MADUREIRA (1991), fizeram um estudo do nível de ruído dos tratores usados em usinas de açúcar e álcool, e analisaram a perda de audição de seus operadores.

FERNANDES et alii (1991a), analisaram as fontes de ruído em tratores, concluindo ser o motor a principal fonte. FERNANDES et alii (1991b), avaliaram o ruído de tratores cabinados em uso no Brasil, e constataram um baixo isolamento acústico nas cabines. FERNANDES et alii (1991c), estudaram a influência do implemento no ruído de uma operação agrícola, e concluíram que o implemento pode gerar ruído de duas formas : diretamente, quando ele é uma fonte de ruído, ou indiretamente, quando o implemento faz o trator gerar ruído em função dos esforços que exige.

3.2 - Avaliação Audiométrica em Trabalhadores

A hipoacusia induzida por ruído é uma forma clínica das otopatias traumáticas e, seu conhecimento, data do século XII, durante a Idade Média, quando apareceram as primeiras referências escritas a respeito. Até então, os problemas se limitavam a ferreiros e caldeiros, sendo que, posteriormente, com a Revolução Industrial, a patologia se estendeu às novas ocupações, de tal modo que, na atualidade se constitui num problema de todos os países industrializados. A primeira evidência de lesão no Orgão de Corti (cóclea) consiste em um deslocamento do limiar auditivo nas bandas de frequências entre 3 e 6 kHz. Esta perda é reversível e se normaliza depois de terminada a jornada de trabalho (essa lesão é conhecida pela sigla TTS: temporary threshold shift). À medida que transcorre o tempo de exposição ao ruído, esta perda vai se estabilizando até converter-se num deslocamento permanente do limiar auditivo, que adquire especial significado quando se estende para as médias frequências, onde existe dificuldade para discriminar as palavras (ALVAREZ, 1984).

Na década de 30, já se debatia os efeitos prejudiciais do ruído sobre o homem. OBATA (1934), realizou vários experimentos e concluiu que o ruído tem grande influência sobre a eficiência humana. BERRIEN (1946), estudou os efeitos do ruído sob o prisma da psicologia, concluindo haver uma deterioração na eficiência das pessoas. Os efeitos do ruído em

função da frequência, foi analisado por BROADBENT (1957), que concluiu ser necessária uma imediata redução nos níveis de ruído em locais de trabalho e uma "mais urgente" redução nas altas frequências desse ruído. PLUTCHIK (1959), estudou os efeitos das altas intensidades de som no desempenho, sentimento e fisiologia humanas. Um trabalho semelhante foi realizado por JERISON (1959), observando alterações fisiológicas na exposição a ruídos acima de 80 dB. KRYTER et alii (1961), estudaram a diminuição da inteligibilidade da linguagem em locais ruidosos, e concluíram que a máxima interferência ocorre para frequências abaixo de 2 kHz.

Com respeito a ruído na agricultura, o primeiro estudo existente é de BUNCH (1937), que apresentou o audiograma de um trabalhador rural de 26 anos com perda bilateral de audição em altas frequências, concluindo ser "provavelmente devido ao ruído do trator". Wilson, citado por LIERLE & REGER (1958), em 1941, apresentaram 4 audiogramas de trabalhadores rurais que operavam tratores, afirmando que "tipicamente demonstra um dano coclear, de origem traumática na membrana basilar" e "o trator atualmente é ainda uma fonte desconhecida de surdez ocupacional".

O primeiro estudo sobre os efeitos do ruído em operadores de tratores, surgiu na Nova Zelândia, em 1956. Foi feita a avaliação em 28 tratoristas, comparando-se o resultado com outros 28 trabalhadores de escritórios, concluindo que apenas 29 ouvidos dos tratoristas e 44, dentre os escriturários, eram normais (BELL, 1956).

Um estudo mais completo sobre a sensibilidade auditiva em trabalhadores rurais, foi realizado por LIERLE & REGER (1958), que avaliaram uma amostragem de 80 operadores. Afirmaram que "o ruído do trator é suficientemente alto em intensidade para produzir, com frequência, perdas auditivas nos operadores com ouvidos susceptíveis, se a exposição for acima de um período de alguns anos", além de recomendar um estudo anti-vibratório na estrutura do trator. Dos 80 operadores, 40 apresentaram perda bilateral de audição acima de 5 dB; 24 não apresentaram perda em nenhum dos ouvidos, e 16 operadores tiveram

perda unilateral. Cabe lembrar que os critérios de avaliação de perda de audição usados pelo autor, têm como referência as curvas de presbiacusia, pouco utilizados atualmente.

A partir dos anos 40, em razão da necessidade de normalização na interpretação de audiogramas, surgiram vários trabalhos sobre a presbiacusia. LEISTI (1949), é um dos mais importantes, pois estudou 451 pessoas de 16 a 80 anos, concluindo sobre a diminuição da sensibilidade auditiva por sexo e idade. Cabe lembrar que o estudo da presbiacusia começou com BUNCH & RAIFORD (1931). GLORIG et alii, (1961), fizeram um estudo bastante completo sobre a perda da audição em função da idade. Trabalharam com uma amostragem de 1522 pessoas, divididas por idade em 6 grupos, e obtiveram equações matemáticas das curvas que representam a presbiacusia. CORSO (1980), criou um fator de correção para as audiometrias em função da idade. SZANTO & IONESCU (1983) estudaram a hipoacusia de trabalhadores submetidos a diferentes níveis de ruído, levando em consideração a influência da idade e sexo. Concluíram existir grande diferença na perda de audição entre homens e mulheres submetidos a 98 dB(A) e, que a exposição a 83 dB(A), induziram a perda auditiva acima dos valores devido a socioacusia.

O princípio básico da perda da audição por altos níveis de ruído, estabelece que são 3 os fatores pertinentes ao processo: o nível de ruído, o tempo de exposição, e a sensibilidade individual da pessoa (FERNANDES, 1985). Os dois primeiros, são quantidades perfeitamente mensuráveis, e formam a dose de ruído. A sensibilidade individual, é um fator ainda em estudo. Os efeitos do ruído sobre o aparelho auditivo, podem ser divididos em três fases: mudança temporária do limiar auditivo, mudança permanente do limiar auditivo, e trauma acústico. A mudança temporária do limiar auditivo, uma espécie de auto-proteção do ouvido, é recuperável em algumas horas. A mudança permanente do limiar auditivo, é devida a destruição das células sensoriais da membrana basilar sendo irreversível (BREDBERG, 1968; GLORIG, 1961). A partir dos anos 50, pesquisas

foram realizadas relacionando a mudança temporária do limiar auditivo com a sensibilidade individual. HIRSH & WARD (1952) estudaram o tempo de recuperação da audição em pessoas que receberam estímulos entre 100 e 120 dB; HIRSH & BILGER (1955), estudaram em laboratório a recuperação da audição após exposição a tons puros; WARD et alii (1958), estudaram a mudança temporária do limiar auditivo (TTS), para estímulos a 4 kHz; BOTSFORD (1971), definiu teoricamente o TTS e, utilizando-se de um tratamento matemático, realizou uma simulação através de um circuito elétrico equivalente. LAROCHE & HÉTU (1988), estudaram o TTS para sons de baixa frequência e LAROCHE et alii (1989), estudaram o TTS para sons de impacto.

Outros autores tentaram avaliar a sensibilidade individual, através de metodologias diversas. BIENVENUE et alii (1976), utilizaram a variação do limiar de audibilidade (loudness), e criaram um teste bastante sensível e simples para detectar a susceptibilidade individual ao ruído. BIENVENUE et alii (1977), usaram o "Loudness Discrimination Index - LDI" para determinar a sensibilidade; WEINTEIN (1978), adotou a observação da perturbação ocasionada pelo ruído durante o sono, para avaliar a sensibilidade; WEINSTEIN (1980), avalia a sensibilidade ao ruído através de comparações com outras perturbações.

WESTON (1963), estudou os efeitos do ruído de tratores agrícolas em operadores. Foram avaliados 53 tratoristas, sendo 19 operadores de tratores com até 50 HP, e 34 com mais de 50 HP. O audiograma médio dos tratoristas mostrou uma curva característica de disacusia ocupacional, com valor máximo em 4 kHz de 42 dB (sem a correção por presbiacusia). Com a correção esse valor foi de 28 dB.

Em 1966, um interessante trabalho alertava a todos os agricultores para o uso de abafadores nos ouvidos. Lembrava dos problemas da audição, e dos níveis de ruído das máquinas agrícolas (SHAMBAUGH, 1966).

Mais recentemente, muitos estudos enfocam os

efeitos do ruído sobre o homem. COLES et alii (1968), mostraram os perigos da exposição de trabalhadores a ruídos impulsivos. Usou como metodologia a análise do TTS de pessoas submetidas a altas intensidades sonoras (150 e 159 dB, impulsivos), e concluiu pela necessidade serem criados diferentes critérios para cada tipo de ruído impulsivo; HENDERSON & HAMERNIK (1986), fizeram uma revisão crítica dos efeitos do ruído impulsivo e mostraram os efeitos nos audiogramas, a TTS, a relação com o número de impulsos e apresentaram a técnica de mesma energia, como o mais recente desenvolvimento na área. SCHNEIDER et alii (1970), realizaram um importante trabalho sobre a progressão da perda auditiva em trabalhadores expostos ao ruído, obtendo equações, através de regressão múltipla, para a perda da audição em determinadas frequências. Num trabalho bastante extenso, MILLER (1974) analisou os efeitos do ruído sobre as pessoas, fazendo 8 afirmações conclusivas que colocam o ruído como principal forma de poluição. OSADA (1988), apresentou os efeitos do ruído na saúde de trabalhadores, listando todos os fatores fisiológicos influenciados pelo barulho. PERSSON & BJORKMAN (1988), mostraram os efeitos do ruído de baixa frequência, obtendo a máxima perturbação em frequências entre 80 e 250 Hz. Embora os autores não façam qualquer referência a máquinas, essa banda de frequência é típica de ruído de motores.

Embora a área audiológica tenha tido um grande desenvolvimento a partir da década de 40, somente em meados dos anos 60 os pesquisadores passaram a relacionar a perda da audição com o nível de vibração aplicado ao trabalhador. JAUHAINEN et alii (1968), estudaram o efeito da vibração global (whole body vibration : vibração de corpo inteiro) na cóclea, mostrando ser o aparelho auditivo mais sensível às baixas frequências. GIERKE (1968), estudou a resposta do corpo humano à forças dinâmicas, fazendo uma análise completa dos valores toleráveis, para cada direção da vibração. O autor cita a operação de tratores, como uma das atividades de maior fadiga. PINTER (1973), realizou um importante estudo relacionando o ruído e a vibração com as

alterações na sensibilidade auditiva. Tomou 4 grupos de trabalhadores: operadores de tratores agrícolas, lenhadores, trabalhadores de serraria, e de indústrias têxteis. Conforme o autor, o primeiro e terceiro grupos, estão submetidos a níveis de ruído entre 90 e 98 dB(A), sendo que o primeiro grupo também está exposto à vibração; o segundo e quarto grupos, estão submetidos a níveis de ruído entre 96 e 101 dB(A), sendo que o segundo grupo também está exposto à vibração. Dentre os grupos, os tratoristas apresentaram maior porcentagem de perda de audição induzida pelo ruído, acusando, em média, 40 dB (6 kHz); os trabalhadores de serraria 28 dB; os lenhadores 25 dB, e os trabalhadores têxteis 22 dB. É importante lembrar que o autor usou o *princípio da mesma energia*, como método de análise. Esse princípio relaciona a PTS com a TTSz (PTS : permanent threshold shift ; TTSz: o valor da TTS medido 2 minutos após o fim da jornada diária de trabalho), afirmando que o TTSz é igual à média da PTS causada em 10 anos de exposição. TANIEWSKI & BANASZKIEWISKI (1973), fizeram um estudo com 106 operadores de martelos pneumáticos, caldeiros, marceneiros, serralheiros, forjadores e rebitadores, concluindo que a exposição ao ruído, associada à vibração, torna a perda da audição mais pronunciada. YOKOYAMA et alii (1974), estudaram a TTS produzida por exposição à vibração, ao ruído e à vibração mais ruído, e concluíram que o efeito simultâneo dos dois estímulos, incrementa a vulnerabilidade do aparelho auditivo. WASSERMAN (1980), fez uma revisão sobre o estudo da vibração ocupacional nos Estados Unidos, estimando em 8 milhões o número de trabalhadores (entre operadores de tratores, caminhões, ônibus, os operários que trabalham com trituradores, marteleiros, etc) daquele país, expostos à vibração. PYYKKO et alii (1981), estudaram a perda de audição em lenhadores, em função da alta vibração que recebem através das mãos. Diagnosticaram grandes alterações no limiar auditivo, mesmo naqueles que utilizavam protetores auriculares. HAMERNIK et alii (1981), estudaram a influência da vibração na mudança da sensibilidade auditiva, e concluíram que a vibração pode influir na etiologia da perda auditiva. HAMERNIK et alii

(1989), estudaram os efeitos ototraumáticos do ruído e vibração aplicados conjuntamente, e concluíram haver uma forte tendência de aumento da perda de audição, quando o ruído e a vibração são usados como estímulos. Embora os autores não tenham citado, é importante lembrar que a exposição ao ruído e vibração, é a situação que mais se aproxima das condições de trabalho do tratorista. MANNINEN (1983), estudou os efeitos da vibração global senoidal e do ruído em várias intensidades e frequências, na TTS₂. Citou que "...tratores agrícolas e florestais, ... e máquinas de movimento de terra, são, talvez, as maiores fontes de vibração de baixa frequência". O autor realizou 370 experimentos, concluindo que a TTS₂ é maior para ruídos com bandas de frequências próximas de 4 kHz, e vibrações entre 4 e 5 Hz. AMIROUCHE & IDER (1988), fizeram uma análise biodinâmica do corpo humano, quando submetido à vibrações de baixas frequências. Trabalharam na faixa de 2 a 15 Hz (valores típicos para a vibração vertical do banco do tratorista), e concluíram existir maior desconforto entre 2 e 6 Hz. McLEOD & GRIFFIN (1989), estudaram os efeitos da vibração global para vários tipos de trabalho, citando as frequências próximas de 4 Hz como as mais prejudiciais.

No Brasil, o estudo das perdas de audição induzidas pelo ruído, tem se concentrado no campo industrial. Na área agrícola, MADUREIRA et alii (1990), realizaram uma análise otológico-audiométrica em 84 tratoristas, e concluíram que " a incidência de perdas auditivas induzidas por ruído permaneceu em torno de 64 %. Esse número é visivelmente elevado e significativo, e deixa claro as condições insalubres de trabalho dos tratoristas". FERNANDES & MADUREIRA (1991), analisaram a perda de audição em tratoristas de usinas de açúcar e álcool, encontrando 64,2 % dos operadores com déficit auditivo causado pelo ruído.

3.3. - Leis e Normas sobre a Medida do Ruído em Máquinas

O estudo da normalização e legislação pertinente ao ruído em máquinas é importante do ponto de vista que, o

surgimento de uma lei ou norma, significa a reação de um país ou de uma comunidade à perturbação causada pelo ruído de equipamentos.

O primeiro ensaio oficial com máquinas agrícolas, surgiu na Suécia, em 1897; porém, o teste para tratores da Universidade de Nebraska é o mais famoso e conhecido mundialmente. Os "*Testes de Nebraska*", servem de base para todos os ensaios hoje existentes. Eles se baseiam em 2 tipos de testes: ensaio na tomada de potência, e ensaio na barra de tração (SILVEIRA, 1971). Até então, não existia nenhuma preocupação com o nível de ruído em tratores.

Em 1958, na Alemanha, surgia a primeira legislação que estabelecia valores máximos para o ruído em veículos e máquinas. Foi criada uma tabela, que impunha valores decrescentes para o ruído em veículos a cada ano de fabricação. Para tratores os valores eram de 90 DIN-fon até 1957, e 87 DIN-fon a partir de 1959. A escala DIN-fon, foi usada na Alemanha na década de 50, sendo substituída pela escala dBC(A), com a publicação da RECOMENDAÇÃO ISO R 362. Assim, a legislação passou a considerar o limite máximo de ruído para máquinas agrícolas a faixa de 85 a 89 dBC(A) (BURK, 1969).

Em 1959, surgiu a norma para ensaio de tratores da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico (O.C.D.E.). Na sua versão de 1970, ela divide os ensaios com tratores em 2 tipos : 8 ensaios obrigatórios e 5 ensaios facultativos. Para os ensaios obrigatórios, 2 deles se referem ao ruído produzido por tratores ; "Ruído produzido pelo trator no meio ambiente" e "Medida do ruído nos ouvidos do tratorista".

A maioria dos países da Europa adota as normas da O.C.D.E. como referência:

→ a Espanha adota como obrigatório apenas os ensaios na tomada de potência e consumo específico. Existe uma legislação para o ruído em veículos (de agosto de 1965), que permite níveis entre 86 e 88 fons para tratores (MIÑANA, 1969).

→ a França adota todos os ensaios (inclusive os de

ruído), sob a coordenação do Centro Nacional de Estudos e de Experimentação de Máquinas Agrícolas (CNEEMA). Existem muitas Normas Francesas (AFNOR) sobre ruído em máquinas, sendo as principais:

"Determinação da potência acústica emitida por fontes de ruído", partes de 1 a 5 - 022, 023, 024, 025 - 1973 ;

"Medida de ruído no local de trabalho do operador de tratores agrícolas" - S31 - 041 - 1975.

→ a Itália adota os ensaios obrigatórios, sendo a sua principal norma a "EAI - 19-1 - 1958 - Misuratori di Livello Sonoro".

→ a Inglaterra normalizou os ensaios de tratores conforme as normas BS 1794 e BS 2800. Para ruído em veículos, usa as normas:

"BS - 3489 - 1962 - "Sound Level Meters"

"BS - 3534 - 1962 - "Sound Level Meters for the Measurement of Noise Emitted by Motor Vehicles".

Nos Estados Unidos, várias normas disciplinam o nível de ruído em máquinas. Eis as principais:

"ANSI - S3.1 - 1960 - "Criteria for Background Noise in Audiometer Rooms".

"ASA - STD 3 - 1975 - "Test-site Measurement of Noise Emitted by Engine Powered Equipment".

"SAE - J919A - 1971 - "SAE Recommended Practice, Sound Measurement at the Operator Station for Agricultural and Construction Equipment".

"SAE - J336A - 1978 - " SAE Recommended Practice, Sound Level for Truck Cab Interior".

"SAE - J1074 - 1978 - " SAE Recommended Practice, Engine Sound Level Measurement Procedure".

"SAE - J1013 - 1973 - " SAE Recommended Practice, Measurement of Whole Body Vibration of the seated operator of agricultural Equipment".

O Canada instituiu, em 1986, a norma "CSA Z107.56 - Procedure for the Measurement of Occupational Noise Exposure".

As Normas Internacionais (ISO : International Standard Organization), possuem inúmeras normas sobre ruído em máquinas. As principais são:

ISO R-1999 - 1971 - "Avaliação do Trabalho Exposto ao Ruído e Conservação da Audição".

ISO R-1996 - 1971 - "Avaliação do Ruído com Respeito à Comunidade".

ISO - 3740 - 1980 - "Nível de Potência Sonora de Fontes de Ruído".

ISO - 3746 - 1976 - "Método de Levantamento para determinação do Nível de Potência Acústica de fontes de Ruído".

ISO - 3745 - 1977 - " Determinação dos Níveis de Pressão Acústica de Fontes de Ruído".

ISO - DIS 1996/1 - "Caracterização da Medida do Ruído em Ambientes".

ISO - 5131- 1982 - " Tratores e Máquinas Agrícolas e Florestais - Medição do Ruído no Posto de Trabalho do Operador".

ISO - TR 5007 - 1980 - " Tratores Agrícolas de Rodas, Assento do Operador - Medição da Vibração Transmitida".

ISO - 3462 - 1980 - "Tratores e Máquinas para Agricultura - Ponto de Referência do assento ".

ISO - 5008 - 1979 - "Tratores Agrícolas de Rodas e Máquinas para o Campo - Medição das Vibrações Globais no Assento do Operador".

ISO - R495 - 1966 - " Regras Gerais para Redação de Códigos e Testes Relativos à Medição do Ruído Emitido por Máquinas".

ISO - 2631 - 1978 - "Guia para Avaliação da Exposição Humanas as Vibrações".

ISO - 6393, 6394, 6395, 6396 - "Medição do Ruído Aéreo Emitido por Máquinas de Movimento de Terra".

Atualmente, o método mais usado em todo o mundo para a análise do ruído em um local, é a análise através das curvas NC (Noise-Criterion). Essas curvas foram desenvolvidas pelo grande pesquisador em acústica Leo Beranek, a partir da

década de 50 (BERANEK, 1957) sendo amplamente usadas em projetos acústicos. Atualmente, usa-se as curvas NBC (*Balanced Noise-criterion*) baseadas nas publicações de BERANEK (1989a) e BERANEK (1989b). Trata-se de curvas, estabelecidas num plano cartesiano (*frequência X nível de ruído*), que estabelecem níveis de conforto para cada ambiente de atividade humana, inclusive a curva limite de nível de ruído para dano auditivo.

No Brasil a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), possui inúmeras normas a respeito de medições de ruídos em máquinas. Eis as principais:

NBR - 7731 - 1973 - "Guia para Execução de Medições de Ruído Aéreo e Avaliação de seus Efeitos sobre o Homem".

NBR - 8433 - 1982 - " Ruído Emitido por Veículos Automotores em Aceleração".

EB - 386 - 1974 - " Medidores de Nível de Som Emitido por Veículos Automotores".

NB - 95 - 1966 - "Níveis de Ruído Aceitáveis".

MB - 432 - 1970 - "Medida Local e em Laboratório de Transmissão de Sons Aéreos e dos ruídos de Impacto".

NBR - 9999 - 1987 - " Medição do Nível de Ruído, no Posto de Operação, de Tratores e Máquinas Agrícolas".

NBR - 10400 - 1988 - " Tratores Agrícolas - Determinação das Características Técnicas e Desempenho".

Em nosso país, vige a Lei nº 6.524, que altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, que na sua Portaria nº 3.214, aprova as Normas Regulamentadoras (NR) relativas à Segurança e Medicina do Trabalho. A NR - 15, define as Atividades e Operações Insalubres, fixando os critérios de medida do ruído ambiental, e os limites de exposição.

3.4. - Critérios para Avaliação do Risco Auditivo

Durante toda a história da audiologia, inúmeros métodos foram criados com o objetivo de medir a hipoacusia. Essas avaliações só se tornaram possíveis a partir do desenvolvimento do audiômetro. FLETCHER (1929), apresentou uma fórmula de cálculo,

usada por muito tempo em vários países, que propunha a média da perda auditiva medida em 500, 1000 e 2000 Hz. FOWLER (1942), publicou dois trabalhos com a metodologia para a medida da capacidade de audição, bem como uma tabela classificatória dos níveis de hipoacusia. FOWLER (1947), propôs uma avaliação da perda de audição, usando a média ponderada das perdas medidas nas principais frequências. Essas pesquisas de FOWLER formam a base da legislação de muitos países, inclusive o Brasil.

A publicação do "COUNCIL ON PHYSICAL THERAPY" (1942), nos Estados Unidos, normalizou os procedimentos para avaliação da perda de audição. O "COUNCIL ON PHYSICAL MEDICINE" (1947), ampliou os mesmos procedimentos para casos da medicina legal. O "COUNCIL ON PHYSICAL MEDICINE AND REHABILITATION" (1955), criou a norma "principles for evaluating hearing loss" (*princípios para avaliação da perda auditiva*) que tinha como objetivo avaliar a perda da audição em relação a comunicação humana.

BÉKÉSY (1947), desenvolveu um equipamento (conhecido como *audiômetro de Békésy*), que requer uma menor habilidade do operador em relação ao audiômetro comum. BURNS & HINCHCLIFFE (1957), fizeram uma comparação dos dois tipos de audiômetros (tom puro e Békésy), quanto à facilidade de manuseio e precisão dos resultados, mostrando que os dois equipamentos apresentam audiogramas bastante similares (variação de 1 a 2 dB) e que ambos podem avaliar satisfatoriamente as perdas auditivas.

A AMERICAN ACADEMY OF OPHTHALMOLOGY AND OTOLARYNGOLOGY (AAOO) (1959), criou uma nova fórmula para a medida da perda da audição, estabelecendo que o dano auditivo para a linguagem começa quando a perda média nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz excede de 15 dB.

O "Guide to the Evaluation of Permanent Impairment" (*Guia para avaliação da perda permanente de audição*), publicado pelo COMMITTEE ON MEDICAL RATING OF PHYSICAL IMPAIRMENT (1960), que tratou da avaliação das perdas permanentes de audição, por qualquer fator, em relação a inteligibilidade da linguagem.

A INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO - publicou a ISO Recommendation R 389 (1964), que especificava uma "referência zero" para testes audiométricos. A norma fixava como metodologia de medida, a média dos limiares em 500, 1000 e 2000 Hz, e classificava as perdas em 6 níveis de dificuldade:

<i>Classe A</i>	- Dificuldade não significativa.	- até 25 dB
<i>Classe B</i>	- Ligeira dificuldade	- de 25 a 40 dB
<i>Classe C</i>	- Média dificuldade	- de 40 a 55 dB
<i>Classe D</i>	- Dificuldade marcada	- de 55 a 70 dB
<i>Classe E</i>	- Severa dificuldade	- de 70 a 90 dB
<i>Classe F</i>	- Extrema dificuldade	- mais que 90 dB.

DAVIS & KRANZ (1964) fizeram uma análise crítica dessa norma, comparando-a com os outros critérios de avaliação. DAVIS (1965), preparou um guia para classificação e avaliação de audiometrias baseado nesta norma.

A AMERICAN ACADEMY OF OTOLARYNGOLOGY e o AMERICAN COUNCIL OF OTOLARYNGOLOGY (1965), criaram o "Guide for the Evaluation of Hearing Handicap (*Guia para avaliação da perda de audição*)", que estabelecia os limites de perda de audição (medidos em 500, 1000, 2000 e 3000 Hz), para ser caracterizada uma disacusia. O processo de cálculo incluía o uso de médias ponderadas e tabelas de avaliação. Essa norma foi revisada em 1982, passando a considerar como significantes, as alterações para o limiar auditivo, com valores acima de 10 dB, para a média de medições feitas em 500, 1000 e 2000 Hz, ou 3, 4 e 6 kHz.

Em 1972, o AMERICAN NATIONAL INSTITUTE FOR OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH (NIOSH), propôs a modificação da fórmula proposta pela AA00, eliminando a frequência de 500 Hz e introduzindo 3000 Hz em seu lugar, e aumentando para 25 dB o nível considerado inicial dos problemas de inteligibilidade da linguagem.

Em 1974, a OCCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION (OSHA), UNITED STATES DEPARTMENT OF LABOR, fixava o valor de mais que 10 dB, com nível significativo na alteração do

limiar auditivo, medido nas frequências de 2, 3 e 4 kHz. Em 1983, foi publicada uma emenda a esta norma, tornando-a mais completa, através da criação de 3 formas de avaliação.

Em 1975, a ISO publicava a norma ISO 389, que normalizava a referência zero para calibração de audiômetros de tom puro. ROBINSON et alii (1981), fizeram uma análise crítica dessa norma, medindo o limiar auditivo de 108 pessoas entre 18 e 30 anos, sugerindo alguns ajustes nos valores da norma.

KLOCKHOFF et alii (1973), apresentaram um método de classificação informatizada de audiometrias. Foram demarcadas 5 áreas na carta audiométrica (A, B, C, D e E), e estabelecidos critérios em 5 níveis de perda de audição, conforme os valores medidos atingem essas áreas. Uma metodologia semelhante foi proposta por MAN et alii (1981), que também dividiram a carta audiométrica em 5 regiões e classificaram os audiogramas em um nível normal e 4 níveis de trauma acústico.

A "ISO 1999 International Standard : Assessment of Occupational Noise Exposure for Hearing Coservation Purpose (1975)", estabelecia os critérios para medição do ruído, e estimava o risco do trabalhador envolvido. Foi publicada uma revisão dessa norma, a "ISO/DIS 1999 International Standard : Determination of occupational Noise Exposure and Estimation of Noise-induced Hearing Impairment (1982)", que estabelecia limites muito mais severos para os níveis de ruído em trabalhadores. MERLUZZI et alii (1985), fizeram um trabalho bastante interessante, comparando as duas versões da norma, concluindo que elas têm metodologias muito diferentes, e concordando com a maioria das alterações propostas. Essas normas formam, atualmente, a base de todas as normas nacionais para a padronização dos níveis de ruído permissíveis no trabalho.

Na "Clinica del Lavoro do Instituto del Medicina del Lavoro dell'Università di Milano", que tem publicado grande quantidade de artigos técnicos relacionados com hipoacusias em

trabalhadores. MERLUZZI et alii (1979), publicaram uma metodologia para avaliação da audição de trabalhadores expostos ao ruído, que dividia a carta audiométrica (entre 500 e 8000 Hz, e zero e 100 dB), em 6 áreas, e estabelecia os critérios para classificação da perda auditiva ocupacional. Esse trabalho é importante, pois trata-se de um método voltado exclusivamente para a avaliação dos problemas de audição em pessoas submetidas a altos níveis de ruído. SOLEO et alii (1989), aplicaram esse método em 1334 trabalhadores da indústria de cimento, ficando bastante clara a relação entre a duração da exposição ao ruído e a sensibilidade auditiva. Também foi possível estimar a parcela da perda auditiva devido a presbiacusia e sociocusia.

GLORIG et alii (1961), estudaram o risco de dano auditivo, e concluíram que "ruídos contínuos, com um nível de pressão sonora menor que 80 dB (aproximadamente 78 dB) não devem produzir significante TTS".

Nos Estados Unidos é grande a controvérsia a respeito do limite de ruído ocupacional. Vários estados americanos fixam o limite em 90 dBC(A). O critério das leis federais (NIOSH - National Institute for Occupational Safety and Health) também fixam 90 dBC(A), enquanto que várias pesquisas científicas afirmam ser esse nível elevado. Normas de alguns países, já reduziram esse limite para 85 ou 80 dB. MARTIN et alii (1975), diante da discussão, fizeram um completo estudo desse nível máximo. Tomaram pessoas submetidas diariamente a níveis de ruído entre 85 e 90 dB, divididas em 4 grupos por idade, e concluíram que existe aumento do risco de perda de audição, que atinge entre 4,0% a 22,5% para pessoas entre 50 e 65 anos de idade. SCHWETZ et alii (1980), estudaram as audiometrias de 25000 trabalhadores, e concluíram que os exames médicos confirmam os problemas de audição em pessoas submetidas a níveis de 85 dB, e

que estudos experimentais mostram a não recuperação da audição para esses níveis, causando a hipoacusia.

MERLUZZI et alii (1987), estudou o risco auditivo de trabalhadores expostos a diversos níveis de ruído, afirmando que " exposição a ruído ocupacional de 85 dB pode modificar o limiar auditivo de uma certa porcentagem da população exposta ao ruído".

A tabela 1 mostra os limites de exposição ocupacional ao ruído, conforme as Normas Nacionais de diversos países.

TABELA 1 - Limite de exposição ocupacional ao ruído conforme as Normas Nacionais de diversos países				
Pais	Nível de ruído dB(A)	Tempo de exposição * (h)	Nível máximo dB(A)	Nível de ruído de impacto (dB)
○ Aleman. Oc	90	8	-	-
○ Aleman. Or	85	8	-	-
○ Japão	90	8	-	-
⊗ França	90	40	-	-
⊗ Bélgica	90	40	110	140
⊗ Inglaterra	90	8	135	150
⊗ Itália	90	8	115	140
⊗ Dinamarca	90	40	115	-
○ Suécia	85	40	115	-
○ USA - OSHA	90	8	115	140
○ USA -NIOSH	85	8	-	-
⊗ Canadá	90	8	115	140
⊗ Austrália	90	8	115	-
○ Holanda	80	8	-	-
○ Brasil	85	8	115	130
* Tempo de exposição diária ou semanal- ⊗ segundo HAY, B. (1975) ○ segundo GERGES, S.N.Y (1988) OSHA : Occupational Safety and Health Administration NIOSH : National Institute for Occupational Safety and Health				

No Brasil, são muitas as leis e normas que protegem o trabalho. A Consolidação das Leis do Trabalho (1943),

desde seu surgimento, já garantia ao trabalhador assentos ajustáveis à altura do indivíduo, para evitar fadiga (Art. 180). Mais tarde, com a Portaria 607 do Ministério do Trabalho (1965), e Decreto-Lei nº 229 (1967), foram assegurados aos operários, muitos itens de conforto no trabalho.

A Lei nº 6.524, de 22 de dezembro de 1977, que altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, instituiu no país todas as disposições a respeito de Segurança e Medicina do Trabalho. A Portaria nº 3.214, de 8 de junho de 1978, aprovou as Normas Regulamentadoras, que ditam as regras de segurança para qualquer atividade de trabalho do país. A Norma Regulamentadora nº 15 (NR-15), que trata das atividades insalubres, no seu anexo nº 1, dá os limites de tolerância para ruído contínuo ou intermitente, conforme mostra a tabela 2.

A NR - 15 estabelece ainda que não é permitida a exposição a níveis de ruído acima de 115 dB(A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos. Quanto a ruídos de impacto, o limite de tolerância é 130 dB(linear), ou 130 dB(C) no circuito de resposta rápida do decibelímetro.

Cabe lembrar que a Lei nº 5.889, de 5 de junho de 1973, que estatui normas reguladoras do trabalho rural, deixa claro, no seu artigo 1º, que a CLT se aplica também aos trabalhadores rurais. A Constituição do Brasil, de 1988, no seu Artigo 7º, assegura os direitos sociais aos trabalhadores urbanos e rurais, sem distinção, e no item XXVIII do mesmo artigo, institui como direito desses trabalhadores, seguro contra acidentes de trabalho, a cargo do empregador.

ASTETE (1979), propôs a ampliação dos dados da N.R.-15 (tabela 2), para valores inferiores a 85 dB(A), e tempos maiores de exposição, como mostrado na tabela 3. O autor baseou-se na recomendação da Conferência Americana de Higienistas do Governo.

TABELA 2 - LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDOS
PORTARIA Nº 3.214/78 - NR-15 - CLT

Nível de Ruído dB (A)	Máxima Exposição Diária Permissível
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Os níveis de ruído devem ser medidos em decibels (dB), com o medidor operando no circuito de equalização "A", e circuito de resposta lenta (SLOW).

TABELA 3 - Ampliação da escala de limites de tolerância para exposição diária superior a 8 horas.

Nível de ruído dB(A)	Máxima exposição diária permissível
80	16 horas
81	14 horas
82	12 horas
83	10 h. e 30 min.
84	9 h. e 15 min.
85	8 horas

O Ministério do Trabalho, pela Portaria SSMT nº 12 de 6/6/83, adotou a Tabela de Fowler como critério de diagnóstico (método proposto por FOWLER (1942) e, alterado posteriormente pelo mesmo autor em 1947). Esse método tem o mérito de acrescentar a frequência de 4000 Hz na avaliação, entretanto supervaloriza as frequências de 500 e 1000 Hz. A NR - 7, em seu anexo I, expõe a metodologia de análise da perda auditiva.

A Previdência Social, na Lei 83080, de 24/1/79, adota como critério de diagnóstico a "média das três", ou seja a média aritmética das perdas em dB nas frequências de 500, 1000 e 2000 Hz, e 30 dB como limite normal. Esse método faz com que raríssimos casos sejam considerados lesados, gerando um grande contingente de indivíduos prejudicados, mas que são considerados "normais", sem qualquer amparo legal. COSTA (1988) relata que, de 179 ouvidos considerados prejudicados socialmente, de acordo com a metodologia do autor, pela apenas 5 teriam direito a amparo legal pela Previdência Social. SERRA FILHO et alii (1988), realizaram uma pesquisa em 14 empresas, num total de 22.605 trabalhadores, com o objetivo de saber como são realizadas as avaliações audiométricas. Concluíram que 3 delas utilizam o Decreto 83080, 5 utilizam a NR 7 e as outras 6 adotam metodologias de outros autores. MADUREIRA et alii (1990), na análise de perda de audição em tratoristas, adotou a metodologia proposta por MERLUZZI (1979).

Um importante trabalho foi realizado por COSTA et alii (1989), que retrata o Programa de Saúde dos Trabalhadores da Zona Norte de São Paulo, envolvendo mais de 670 mil trabalhadores. Na avaliação audiométrica, realizada nas empresas que ofereciam riscos de disacusias ocupacionais, foi utilizado o critério de MERLUZZI (1979).

Quanto a normalização, a Associação Brasileira de Normas Técnicas, publicou em 1966, a NB - 95 : Níveis de Ruído Aceitáveis, que estabelecia os níveis máximos de som, que permitia o mínimo de conforto aos ocupantes de um ambiente. É interessante

esclarecer, que o nível máximo de ruído dessa norma é 75 dB, o que permite concluir que, acima desse limite, o ruído perturba qualquer atividade humana. A NBR - 7731, denominada "Guia para execução de serviços de medição de ruído aéreo e avaliação dos seus efeitos sobre o homem", é uma norma de aplicação geral para a abordagem de problemas de medição de ruídos, não fixando porém os limites para os níveis sonoros.

A FUNDACENTRO (1986), publicou a "Norma para Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído", que padronizava as avaliações ambientais sobre o ruído ocupacional, com o uso de dosímetros.

Como se constata, existem dezenas de métodos para avaliações audiométricas. MELNICK (1984), apresenta 7 critérios de medida e a classificação de audiometrias usada oficialmente nos Estados Unidos. No Brasil, embora existam as metodologias da Previdência Social e do Ministério do Trabalho, os critérios variam bastante, em função, normalmente, dos objetivos da pesquisa.

4 - MATERIAL E MÉTODOS

Apresenta-se, a seguir, as unidades de medida, os equipamentos utilizados nas duas avaliações deste trabalho, a amostragem e as demais metodologias.

A escala de medida utilizada nas medições de ruído dos tratores, bem como na perda de audição dos tratoristas, foi o decibel (dB). A unidade de medida de intensidade sonora é Watt por centímetro quadrado (W/cm^2), enquanto que a unidade de medida de pressão sonora é o Pascal (Pa). Ambas as unidades podem ser representadas em decibels, que, por ser uma escala logarítmica de base 10, melhor representa a sensação da audição. Assim, a Intensidade Sonora, com a unidade em W/cm^2 , é chamada de Nível de Intensidade Sonora (NIS) quando na escala em decibels; a Pressão Sonora, com unidade em Pa, é chamada de Nível de Pressão Sonora (NPS, ou SPL = Sound Pressure Level), quando na escala em decibels. As três equações seguintes definem o decibel:

$$1 \text{ Bel} = 10 \text{ decibels} \quad (4.1)$$

$$NIS \text{ (dB)} = 10 \log \frac{I}{I_{ref}} \quad (4.2)$$

onde: I = Intensidade Sonora no local da medição (W/cm^2)

I_{ref} = Intensidade Sonora referente ao limiar da audição, que corresponde a $10^{-16} W/cm^2$ (1000 Hz).

$$\text{NPS (dB)} = 20 \log \frac{P}{P_{\text{ref}}} \quad (4.3)$$

onde: P = Pressão Sonora no local da medição (Pa)

P_{ref} = Pressão Sonora referente ao limiar da audição, que corresponde a 10 μ Pa.

Nas medições de ruído, utilizou-se o circuito de compensação "A" do medidor de pressão sonora. Portanto, os valores medidos em dB(A), representam o nível de pressão sonora equalizado de acordo com a curva "A" do aparelho. Essa curva é padronizada internacionalmente (Norma IEC 651, EB 386), sendo usada nas medições de ruído onde existe uma preocupação com a audição humana. A curva de equalização "A", se aproxima bastante das curvas de audibilidade subjetiva do som (loudness), ou seja, é pouco sensível às baixas frequências, bastante sensível entre 2 e 5 kHz, perdendo a sensibilidade em altas frequências.

Para a frequência do som, utilizou-se o Hertz (Hz), que corresponde a uma oscilação de período igual a um segundo. Para os filtros de frequência, utilizou-se as frequências padronizadas (Norma ISO 266), com valores centrais de oitava em 62,5, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 e 8000 Hz. Nos testes audiométricos, as frequências utilizadas foram de 250, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 6000 e 8000 Hz.

4.1. - MATERIAL

4.1.1. - Equipamentos utilizados na avaliação do ruído

Para a avaliação dos níveis de ruído dos tratores da amostragem, foram usados basicamente, dois laboratórios portáteis de medição.

O primeiro conjunto de medida, compõe-se de um medidor de nível de pressão sonora, um microfone, um áudio calibrador e um cabo de extensão. Esses equipamentos foram utilizados durante a medição do ruído em uma operação agrícola, na avaliação do ruído com a máquina parada, e nos ensaios comparativos. As figuras 1 e 2 mostram os equipamentos que formam o laboratório de medida.



FIGURA 1 - Conjunto de equipamentos usados na medição dos níveis de ruído.



FIGURA 2 - Equipamentos realizando uma avaliação do ruído.

As características principais dos equipamentos utilizados são:

Medidor de pressão sonora :

- ▶ Marca : Entelbra (nacional)
- ▶ Modelo : ETB - 142.A
- ▶ Indicação : Analógica
- ▶ Alcance Dinâmico : 20 dB a 140 dB
- ▶ Escala de Leitura : -10 dB a +10 dB
- ▶ Resolução : 1 dB de -6 a +10 dB
- ▶ Precisão : $\pm 0,3$ dB ref. 100 dB a 1000 Hz
- ▶ Respostas : Lenta (Slow) e Rápida (Fast)
- ▶ Curvas : "A" , "B" e "C"

Microfone

- ▶ Marca : Entelbra (nacional)
- ▶ Tipo : condensador tipo "L" (de acordo com o padrão da Norma ANSI S1-12-1976)

Audio Calibrador

- ▶ Marca : Entelbra (nacional)
- ▶ Modelo : ETB - 135.B
- ▶ Nível sonoro : 94 dB a 1000 Hz (23 °C)
- ▶ Distorção : menor que 2%

Cabo de Extensão

- ▶ Marca : Entelbra
- ▶ Modelo : ETB - 131
- ▶ Comprimento : 10 metros

Acessórios

- ▶ Foram utilizados como material de apoio, um termômetro, um protetor de vento, um tripé, além do suporte de microfone.

O segundo conjunto para medição utilizado, bem mais sofisticado, trata-se de um laboratório portátil de análise sonora, e compõe-se de um medidor de nível de pressão sonora, dois microfones, um filtro de oitava de frequência, um pistofone de calibração, e vários acessórios. Esses equipamentos foram usados durante a análise espectral do ruído.

As figuras 3 e 4, mostram esses equipamentos.

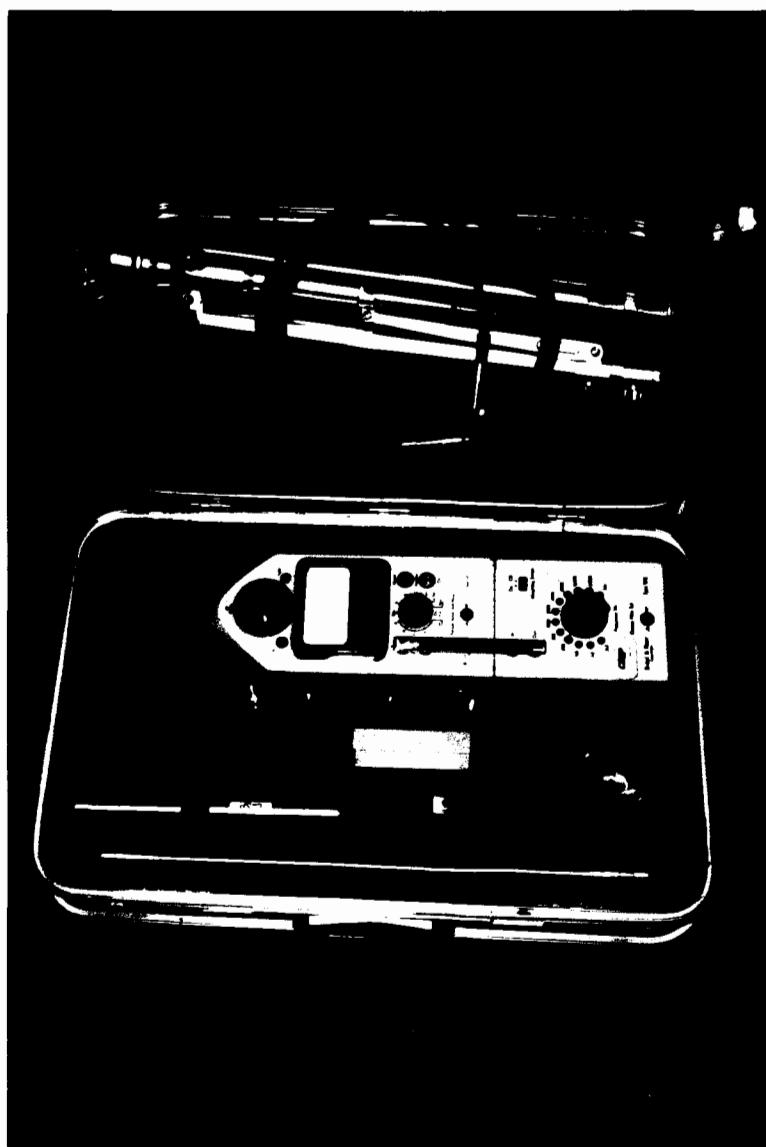


FIGURA 3 - Medidor de Ruído com filtro de frequência acoplado, os microfones, o pistofone, o protetor de vento, e alguns acessórios, tais como: tripé, barômetro, pontas para microfone, cabo de extensão.

Suas principais características são:

Medidor de Pressão Sonora:

- ▶ Marca : Bruel & Kjør (Dinamarca)
- ▶ Modelo : Type 2203
- ▶ Alcance dinâmico : de 18 a 134 dB
- ▶ Escala de leitura : de -10 dB a +10 dB
- ▶ Resolução : 0,5 dB de -10 dB a +10 dB
- ▶ Precisão : 0,2 dB + 3% da leitura
- ▶ Respostas : "A" , "B" e "C"
- ▶ Curvas : "lenta" (slow) e "rápida" (fast)

Microfones

- ▶ Marca/Modelo : Bruel & Kjør/type 4131 - de 1 polegada, com resposta linear de 20 Hz a 18 kHz.
- ▶ Marca/Modelo : Bruel & Kjør/type 4133 - de 1/2 polegada com resposta linear de 20 Hz a 30 kHz.
- ▶ Tipo : Capacitivo

Filtro de frequência

- ▶ Marca / Modelo : Bruel & Kjør / type 1613
- ▶ Filtros : 11 filtros passa banda de uma oitava
- ▶ Frequências centrais: de 31,5 a 31500 Hz, com intervalos de uma oitava.

Calibrador

- ▶ Marca / Modelo : Bruel & Kjør / type 4220
- ▶ Nível sonoro : 124 dB a 125 Hz
- ▶ Precisão da calibração : $\pm 0,2$ dB

Acessórios

- ▶ Tripé : Bruel & Kjør, modelo UA 0049
- ▶ Pontas de microfone : Bruel & Kjør, modelos UA 0051 (cônica) e UA 0055 (corretor de incidência)
- ▶ Protetor de vento : Bruel & Kjør, modelo UA 0032
- ▶ Conector de extensão : Bruel & Kjør, modelo UA 0039

- ▶ Cabo de extensão : Bruel & Kjør, modelo AO 0033
- ▶ Barômetro : Bruel & Kjør, para monitoração da pressão atmosférica
- ▶ Estojo portátil : Bruel & Kjør, modelo KE 0011

4.1.2. - Equipamento utilizado nas avaliações audiométricas.

Os equipamentos usados nas avaliações da audição dos tratoristas foram : um otoscópio, dois audiômetros clínicos e um impedanciômetro. As principais características desses equipamentos são:

»»» Otoscópio : Marca Kole

»»» Audiômetro tonal

- ▶ Marca/modelo : Danavox DB-23
- ▶ Última Calibração : novembro de 1989
- ▶ Frequências : de 125 a 8000 Hz por via aérea
de 250 a 4000 Hz por via óssea
- ▶ Amplificação : até 110 dB
- ▶ Faixa de mascaramento : de 40 a 100 dB em etapas de 05 dB
- ▶ Testes de dicção
- ▶ Acessórios :
 - Fone de ouvido Wilfon Mx - 41/AR
 - Microfones : Le Son - Do 55 AB
Le Son - MK - Z
 - Condutor ósseo : Radioear B-71
 - Sinal do paciente.

»»» Audiômetro Tonal

- ▶ Marca/modelo : Siemens C.A.S. - 01
- ▶ Última Calibração : equipamento novo

- ▶ Frequências : de 125 a 8000 Hz por via aérea
de 250 a 4000 Hz por via óssea
- ▶ Amplificação : até 120 dB
- ▶ Faixa de mascaramento : de 10 a 100 dB em etapas
de 10 dB
- ▶ Teste de dicção
- ▶ Acessórios :
 - fone de ouvido mod. TDH 39
 - condutor ósseo mod. DC 44
 - sinal de paciente
 - estojo de transporte mod. ACC 17

»»»» Impedanciômetro : Marca Rexton - mod. 128

As figuras 4 e 5 mostram os audiômetros usados na avaliação audiométrica.

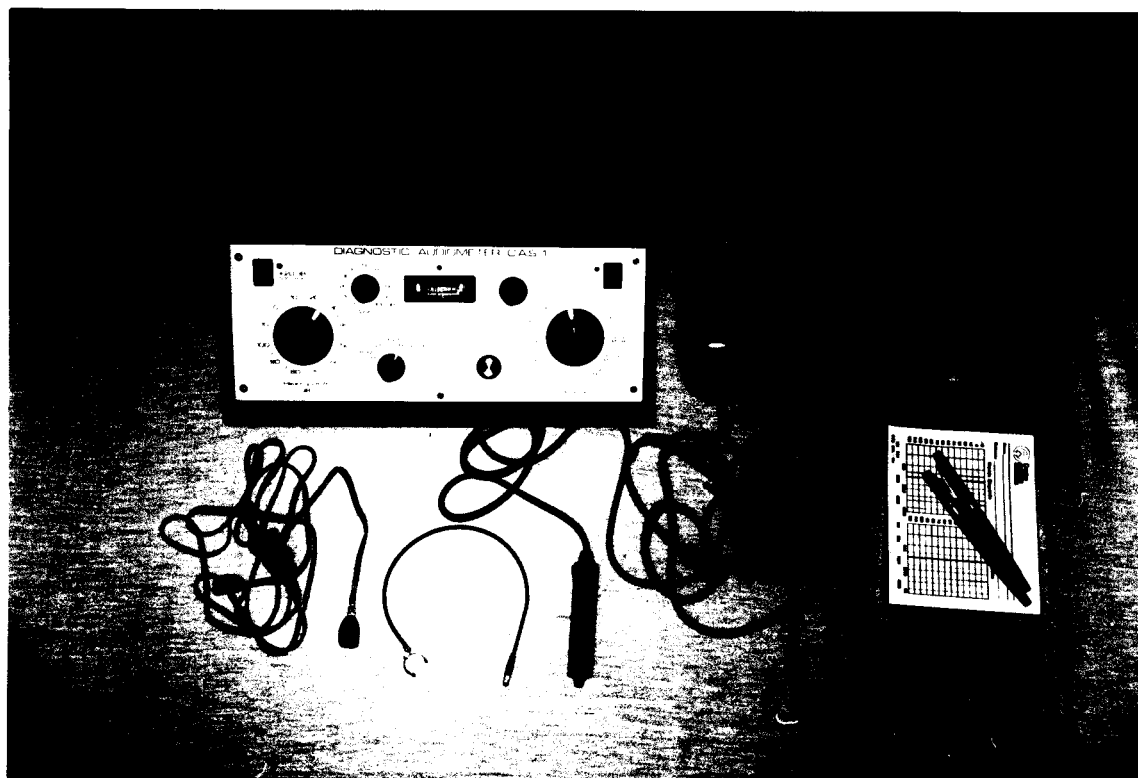


FIGURA 4 - Audiômetro Siemens



FIGURA 5 - Impedanciômetro Rexton e audiômetro Danavox

4.1.3. - Equipamento Utilizado na Análise Estatística dos Dados

Todos os dados foram processados através de um computador P.C. (personal computer, IBM), com 640 KB de memória e 2 disk-drives. Para compilação dos dados utilizou-se uma planilha eletrônica, e na análise de variância e teste de Tukey, um software estatístico.

Os dados que necessitaram ser apresentados na forma de gráficos, foram compilados através de programa de computador próprio para confecção de gráficos.

4.2. - MÉTODOS

4.2.1. - Avaliação do Ruído em Tratores

Para a avaliação do ruído em tratores nacionais, tomou-se uma amostragem de 198 tratores, cujo perfil tivesse uma relação proporcional e direta com a frota nacional. Uma visão geral do universo de tratores em uso no Brasil, bem como da amostragem utilizada neste trabalho, é apresentada a seguir.

4.2.1.1. - Amostragem e Frota Nacional de Tratores

Embora o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) não disponha de dados exatos (o último censo demográfico foi realizado em 1980), através da extrapolação de dados existentes, conclui-se que o número de tratores operando no Brasil, em 1990, é de aproximadamente 715 mil máquinas (FERNANDES et alii, 1990; IBGE, 1989; IBGE 1990; ABRAME 1989). Também conclui-se que a vida útil dos tratores brasileiros está entre 13 e 14 anos de atividade.

Trabalhando-se com as planilhas de vendas de tratores no mercado interno (ANFAVEA, 1989; ANFAVEA, 1990), obteve-se a totalização para cada empresa, por faixa de potência dos tratores, por tipo de rodado, etc., da frota de tratores brasileiros em atividade.

Os tratores da amostragem foram, inicialmente, divididos por tipo de sistema de locomoção (tratores de rodas e tratores de esteiras); em seguida, os tratores de pneus, por representarem a grande maioria, foram divididos em 4 grupos, em

função da potência do motor (ANFAVEA, 1989; ANFAVEA, 1990; NORMA BSI 2596, 1955):

- Grupo "A" → Tratores com até 49 cv
- Grupo "B" → Tratores entre 50 e 95 cv
- Grupo "C" → Tratores entre 100 e 199 cv
- Grupo "D" → Tratores com mais de 200 cv

A tabela 4 mostra as quantidades de tratores ensaiados - por modelo, por empresa, por potência - de acordo com a divisão nos 4 grupos.

A tabela 5 mostra as porcentagens de participação na frota nacional de cada grupo, cada empresa e tipo de rodado. Apresenta também as porcentagens da amostragem utilizada.

A tabela 6 apresenta a participação total de cada empresa na frota nacional de tratores, em comparação com as porcentagens da amostragem utilizada.

Esses tratores foram escolhidos aleatoriamente, e avaliado durante visitas realizadas em usinas de açúcar e álcool, fazendas, sítios, empresas agrícolas, prefeituras municipais, universidades, etc. Na verdade, foram realizadas perto de 300 avaliações de ruído em tratores, sendo usadas para esse trabalho, as 198 que compõe a amostragem. Os ensaios foram realizados entre agosto de 1989 e janeiro de 1991.

TABELA 4 - Tratores que formam a amostragem

<i>Quantidade</i>	<i>Empresa e Modelo</i>	<i>Potência (cv)</i>
<i>Tratores de Rodas com até 49 cv</i>		
03	Agrale 4100 HSE 24	18
05	Agrale 4200 HSE 24	36
04	Agrale 4300 HSE 24	36
01	Yanmar 1040	40
07	Mass Ferg MF 235	45
<i>Tratores de Rodas entre 50 e 99 cv</i>		
07	Valmet 65	61
07	Valmet 68	61
06	Valmet 78	73
02	Valmet 85	81
02	Valmet 86	81
17	Valmet 880	84
03	Valmet 885	84
01	Valmet 885 4x4	83
12	Mass Ferg MF 265	62
10	Mass Ferg MF 275	75
04	Mass Ferg MF 275/4	77
19	Mass Ferg MF 290	82
06	Mass Ferg MF 290/4	82
03	Mass Ferg MF 292	95
02	Mass Ferg MF 292/4	95
05	Ford 4610	63
07	Ford 5610	75
12	Ford 6610	85
06	Ford 6610 TR 4	83
04	CBT 8240	81
02	CBT 8440	81

TABELA 4 (continuação) - Tratores que formam a amostragem

<i>Quantidade</i>	<i>Empresa e Modelo</i>	<i>Potência (cv)</i>
<i>Tratores de Rodas entre 100 e 199 cv</i>		
02	Valmet 118	118
01	Valmet 118 4x4	118
02	Valmet 128 4x2	128
01	Valmet 128 4x4	122
01	Valmet 148 4x4 T	145
02	Mass Ferg MF 295	110
02	Mass Ferg MF 295/4	110
02	Mass Ferg MF 296	118
01	Ford 7610 Turbo	103
05	CBT 2105	110
05	CBT 8060	110
03	CBT 8260	118
02	CBT 8060 4x4	110
<i>Tratores de Rodas com mais de 200 cv</i>		
01	Case 2470	213
<i>Tratores de esteiras</i>		
03	Caterpillar D6-DSA	165
02	Caterpillar D6-DDR	140
01	Caterpillar D4-EDD	76
01	Fiataallis 7BTA	92
02	Fiataallis 7D	92
01	Komatsu D65E	167
01	Komatsu D60E	167
TOTAL DE TRATORES ENSAIADOS = 198		

TABELA 5 - Comparação entre as porcentagens da frota nacional e da amostragem, por grupo e por empresas

GRUPO	FROTA NACIONAL		AMOSTRAGEM	
	% do Grupo	% do Total	% do Grupo	% do Total
<i>até 49 cv</i>	100,0	10,8	100,0	10,1
Agrale	61,1	6,6	60,0	6,1
Maxion	35,5	3,8	35,0	3,5
Yanmar	2,7	0,3	5,0	0,5
outras	0,7	0,1	—	—
<i>entre 50 e 99 cv</i>	100,0	68,8	100,0	69,2
Maxion	41,3	28,4	40,8	28,3
Valmet	31,9	22,0	32,8	22,7
Ford	22,0	15,2	21,9	15,2
CBT	4,3	3,0	4,3	3,0
outras	0,4	0,3	—	—
<i>entre 100 e 199 cv</i>	100,0	14,6	100,0	14,6
CBT	51,1	7,5	51,7	7,6
Valmet	23,5	3,4	24,1	3,6
Maxion	20,8	3,0	20,7	3,0
Ford	3,2	0,5	3,4	0,5
Muller	1,2	0,2	—	—
outras	0,2	0,0	—	—
<i>mais que 200 cv</i>	100,0	0,4	100,0	0,5
Engesa	31,7	0,1	—	—
Case	59,2	0,2	100,0	0,5
Maxion	2,0	0,0	—	—
Muller	7,1	0,0	—	—
Total de Trat. de Rodas		94,6	—	94,4
Total de Trat. esteiras		5,4	—	5,6
conforme ANFAVEA (1989) e ANFAVEA (1990)				

TABELA 6 - Participação Total de cada Empresa na Frota Nacional de Tratores de Rodas

<i>Empresa</i>	<i>% da Frota</i>	<i>% da Amostragem</i>
Maxion	35,3	34,8
Valmet	25,4	26,2
Ford	15,6	15,7
CBT	10,5	10,6
Agrale	6,6	6,0
outras	1,2	1.1
Total	94,6	94.4
conforme ANFAVEA (1989) e ANFAVEA (1990)		

Os dados constantes nas tabelas 5 e 6, proporcionam uma visão comparativa entre a frota nacional de tratores e a amostragem utilizada neste trabalho. O número de tratores medidos (198), possibilitou maior precisão na análise estatística (a não utilização dos testes com amostragens reduzidas, permitiu maior precisão às análises), além de possibilitar várias comparações entre os parâmetros envolvidos nos ensaios.

4.2.1.2. - Determinação dos Níveis de Ruído

O objetivo geral desta parte do trabalho, foi de avaliar os níveis de ruído a que estão expostos os operadores de tratores agrícolas brasileiros, comparando-os com os limites de exposição fixados nas normas e leis em vigor. Paralelamente à idéia central, outros dados foram obtidos, envolvendo os parâmetros do trator, do implemento e do solo.

Muitas são as normas que fixam os processos de medida de ruído em máquinas : a Norma ISO 1999 e a Norma NBR 7731, são bastante genéricas, e avaliam o ruído em qualquer tipo de máquina, e os seus efeitos sobre o operador ; a Norma ISO 5131 e

a Norma NBR 9099, são específicas para a medida do ruído em tratores e seus efeitos sobre o tratorista, fixando todos os procedimentos de medida, equipamentos, pontos de medição e, apresentam inclusive um modelo de relatório final. Quanto aos limites de ruído, a Norma NB - 95 estabelece os níveis considerados confortáveis, enquanto que a Portaria 3.214 da CLT, fixa os limites insalubres.

Neste trabalho, como o objetivo é a avaliação do nível de ruído imposto aos tratoristas brasileiros, optou-se pela medição em situação real de trabalho de campo. Essa diferenciação em relação às Normas (que fixam que as medidas devem ser realizadas em pista de concreto), não impede que todos os procedimentos de medida nelas fixados sejam cumpridos, além de permitir uma importante comparação entre a situação real e a padronizada.

Os critérios usados durante as medições, foram os seguintes :

- o trator foi avaliado, nas condições em que se encontrava no trabalho.

- as medições, foram realizadas quando da operação agrícola, em local plano, sem obstáculos que poderiam ocasionar a reflexão do som.

- foram excluídos da amostragem, os tratores que apresentavam algum defeito mecânico, principalmente no sistema de exaustão dos gases.

- foram excluídos da amostragem, os tratores cujo implemento apresentava ruído fora do comum, indicando anormalidade mecânica.

- as condições de operação do trator (marcha, rotação do motor, lastro) e do implemento (ângulos, regulagens, profundidade de trabalho) foram utilizadas conforme indicação do tratorista, desde que estivesse com velocidades dentro dos limites especificados pela Norma NBR 9099, ou seja, 4 km/h e 17 km/h.

- as medições foram realizadas com o trator em velocidade constante.

→ foram evitadas as medições em condições anormais de operação do trator, tais como: em manobras, durante um grande deslizamento das rodas ou durante a aceleração.

→ realizou-se as medições com a temperatura ambiente dentro dos padrões do equipamento de medida.

→ realizou-se as medições com a velocidade do vento dentro dos limites fixados pelas normas, ou seja até 5 m/s. Quando existia qualquer deslocamento do ar, passava-se a usar o protetor de vento para o microfone (*wind-screen*).

→ antes de cada avaliação, era medido o nível de ruído de fundo, sendo consideradas apenas as medidas em que esse nível estivesse 10 dB(A) abaixo dos níveis medidos(NBR 9099).

→ o microfone do medidor foi colocado entre 690 e 840 mm acima, e 150 ± 20 mm a frente do P.R.A. (Ponto de Referência de Assento, de acordo com a Norma NBR 9405).

→ o microfone do medidor foi voltado para frente, e deslocado 200 ± 20 mm do plano longitudinal central do assento.

→ foram realizadas 3 medições de cada lado da cabeça do tratorista, ou seja, 6 medições por trator, ou 1188 para toda a amostragem.

→ cada leitura foi tomada num período de 5 segundos.

→ os equipamentos de medida possuíam os requisitos de precisão estipulados nas Normas IEC 651 e IEC 225.

Para a fixação do microfone do medidor na posição estipulada pela norma, desenvolveu-se um equipamento de suporte, que consta de um fone de ouvido com uma presilha para o microfone. Assim, a medição ocorreu próxima ao ouvido do tratorista, dentro dos limites estipulados pela norma, enquanto o medidor de nível de intensidade sonora pôde ser manipulado à distância (através de um cabo). A inversão do lado do fone de ouvido, possibilitou tomada de medidas com o microfone de ambos os lados da cabeça do tratorista.

Foram realizadas 4 avaliações de ruído para os tratores da amostragem, conforme esquema da figura 6.

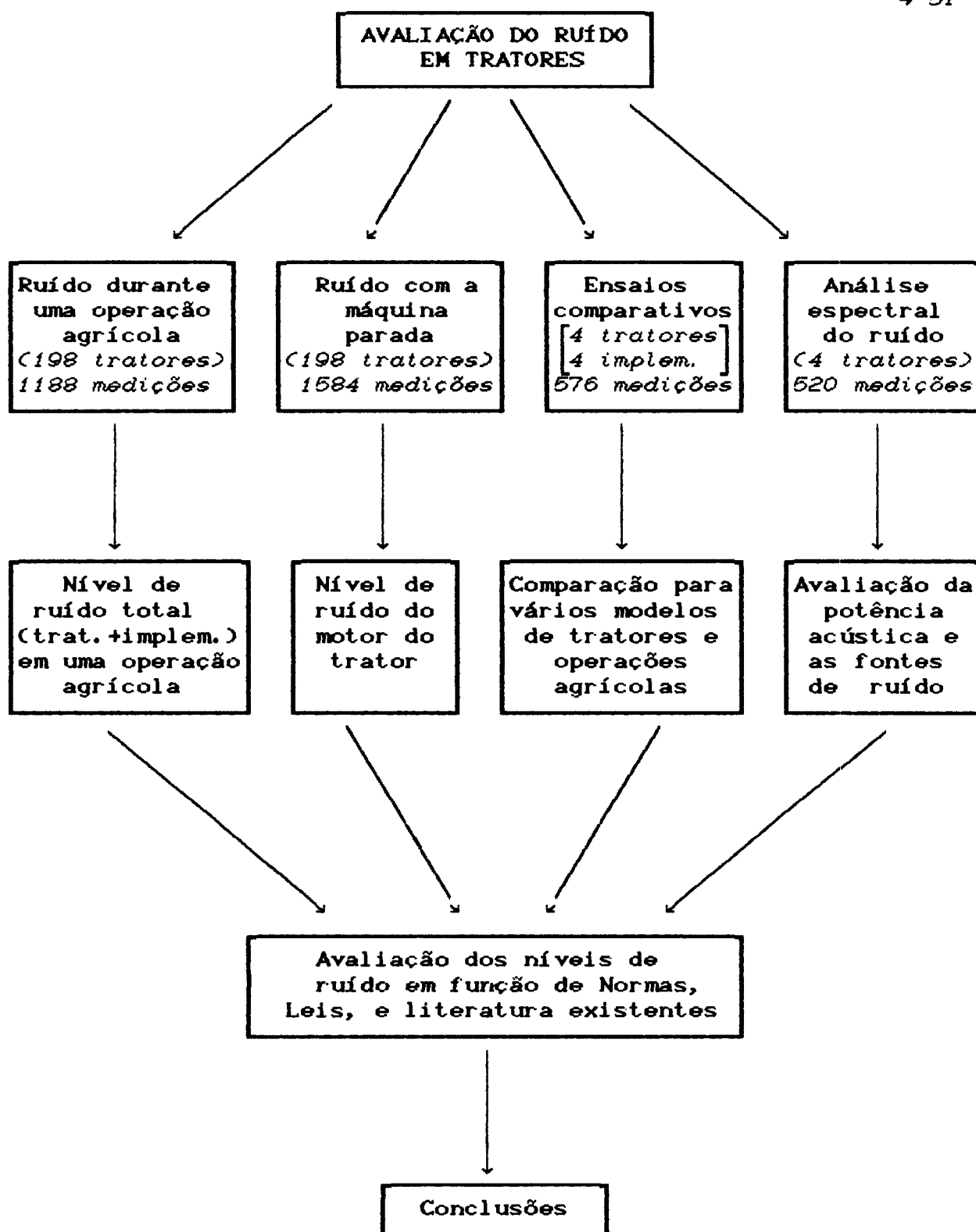


FIGURA 6 - Esquema da avaliação do ruído dos tratores, utilizado neste trabalho.

A → Ruído durante uma operação agrícola

Medição do nível de ruído de todos os tratores da amostragem, durante a realização de um trabalho agrícola. Esses dados são importantes, pois são os responsáveis pela dose de ruído imposta ao tratorista.

B → Ruído com a máquina parada

Para a obtenção do ruído gerado apenas pelo motor do trator, foi medido o ruído com a máquina estacionada e desengatada. Essa avaliação foi realizada com todos os tratores da amostragem, e permitiu quantificar a contribuição do motor no ruído total do trator.

Para essas duas avaliações, utilizou-se o medidor de nível de pressão sonora regulado no circuito de equalização "A" e na resposta "lenta" (slow).

A figura 7 apresenta a ficha usada na coleta de dados.

C → Ensaios comparativos

Com o objetivo de avaliar a influência de alguns parâmetros no ruído do trator, realizou-se alguns ensaios com variáveis pré-fixadas : foram utilizados 4 tratores de marcas diferentes, com potências entre 81 e 85 cv (Valmet 880, Massey Fergusson 290, Ford 6610, CBT 8440), e quatro implementos diferentes (arado de 4 discos de 28", grade de 18 discos de 24", escarificador de 7 hastes, roçadora). Realizaram-se os ensaios com os tratores tracionando cada um dos implementos, em duas marchas diferentes, com duas rotações diferentes do motor, e em duas condições de umidade do solo. As situações dos tratores, dos implementos e do solo, durante as medições, são apresentadas junto com os resultados.

FICHA DE AVALIAÇÃO DO RUÍDO EM TRATORES					
Nº do ensaio:.....		Data:.....		Horário:.....	
DADOS SOBRE O TRATOR					
Fabricante:.....		Modelo:.....		Combust:.....	
Ano fabricação:.....		Nº horas uso:.....h.		Potência:.....cv	
Posição do Operador: sentado ☐		em pé ☐			
Observações:.....					
NÍVEIS DE RUÍDO					
Ruído de fundo:....dBC(A). Protetor de ventos:sim ☐ não ☐					
RUÍDO COM A MÁQUINA ESTACIONÁRIA					
Rotac Motor	NIS	dBC(A)	Rotac Motor	NIS	dBC(A)
500 rpm		±	1600 rpm		±
800 rpm		±	1800 rpm		±
1000 rpm		±	2000 rpm		±
1200 rpm		±	2200 rpm		±
1400 rpm		±	2400 rpm		±
ENSAIO DE CAMPO					
Implemento:..... Operação:.....					
Características:.....					
Marcha trator:..... Rotação motor:.....					
Níveis de ruído					
D	±	dBC(A)	±	dBC(A)	± dBC(A)
E	±	dBC(A)	±	dBC(A)	± dBC(A)
Nível de ruído médio:.....±.....dBC(A)					

FIGURA 7 - Ficha usada na coleta de dados, dividida em 3 partes: dados sobre o trator, níveis de ruído com a máquina parada, e níveis de ruído no ensaio de campo.

D → Análise espectral do ruído

Com o objetivo de detectar as fontes de ruído do trator e reconhecer-se o seu campo acústico, realizou-se a análise do ruído em um grupo de 4 tratores. O ruído, avaliado em bandas de uma oitava de frequência, foi medido em diversas partes do trator : no posto de trabalho do tratorista, na frente, e nas laterais. Com as medições realizadas no campo livre (afastando-se 5 m do trator), foi possível avaliar a potência acústica. A aproximação do microfone das diversas fontes de ruído do trator

(por exemplo, o escapamento, a bomba injetora, etc), embora no campo próximo, teve como objetivo a indicação das frequências emitidas por essas fontes.

Para essa avaliação, usou-se 9 bandas de oitavas com frequências centrais em 31,5, 62, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 e 8000 Hz.

Para a análise de frequência, utilizou-se o circuito de ponderação "linear". Também foi tomado o nível de ruído em banda ampla, onde foi utilizado o circuito de ponderação "A", e resposta "lenta". A figura 8 mostra a ficha de coleta de dados utilizada durante a análise espectral do ruído.

ANÁLISE ESPECTRAL DO RUÍDO EM TRATORES									
Nº do ensaio:.....			Data:.....			Horário:.....			
DADOS SOBRE O TRATOR									
Fabricante:.....			Modelo:.....			Combust:.....			
Ano fabricação:.....			Nº horas uso:.....h.			Potência:.....cv			
Posição do Operador:			sentado ☐			em pé ☐			
Observações:.....									
ANÁLISE ESPECTRAL									
Protetor de ventos: sim ☐ não ☐									
Implemento.....Operação.....									
Características.....									
Marcha do Trator.....Rotação do Motor.....rpm									
Níveis de Ruído (dB)									
FREQUÊNCIA CENTRAL EM FAIXAS DE UMA OITAVA									
Hz	31,5	62	125	250	500	1000	2000	4000	8000
NIS trator									
NIS fundo									
Nível de Ruído em Banda AmpladBCA)									

FIGURA 8 - Ficha de coleta de dados utilizada na análise espectral do ruído. Notar que a ficha se divide em duas partes : dados sobre o trator, e análise do ruído.

4.2.2. - Avaliação audiométrica em tratoristas

Para a avaliação otológico-audiológica, tomou-se uma amostragem de 111 tratoristas, nos quais realizou-se as otoscopias, seguidas de anamnese e de audiometrias. Esta avaliação ocorreu entre setembro de 1989 e fevereiro de 1991.

4.2.2.1. - Amostragem de tratoristas

A amostragem foi tomada aleatoriamente junto a fazendas, sítios, usinas de açúcar e álcool, prefeituras municipais, universidades, etc. Os 111 tratoristas foram divididos por faixa etária e por tempo de operação com máquinas.

A tabela 7 mostra o perfil de idade dos tratoristas da amostragem, e a tabela 8, a divisão por tempo de operação de máquina.

TABELA 7 - Classificação dos tratoristas da amostragem por idade

Idade (anos)	Nº de tratoristas	% do total
+ que 20 e - que 30	29	26,1
+ que 30 e - que 40	34	30,6
+ que 40 e - que 50	34	30,6
+ que 50 e - que 60	12	10,8
mais que 60	02	1,8
TOTAL	111	100,0

TABELA 8 - Classificação dos tratoristas da amostragem por tempo de exposição ao ruído

Tempo (anos)	Nº de tratoristas	% do total
até 4	21	18,9
+ que 4 e - que 10	25	22,5
+ que 10 e - que 15	26	23,4
+ que 15 e - que 20	10	9,0
+ que 20 e - que 25	16	14,4
mais que 25	13	11,7
TOTAL	111	100,0

Infelizmente, não foi possível obter, de uma maneira clara e precisa, dados sobre o universo de operadores de máquinas agrícolas no Brasil. Foram contactadas entidades públicas e privadas, como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1990), o Instituto de Economia Agrícola (IEA, 1991), a Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados do Estado de São Paulo (SEADE), a Divisão Regional Agrícola (DIRA), Editora Abril, Data-folha, Sindicatos e Confederação de Trabalhadores Rurais, não sendo encontrado nenhum dado. O *Censo Demográfico de 1985 do IBGE*, apresenta como única informação, o número total de trabalhadores rurais que foi de 23.273.517, para 652.049 tratores e 5.834.779 estabelecimentos agrícolas (IBGE, 1987).

Uma maneira, embora pouco precisa, de se estimar o número total de tratoristas brasileiros, é utilizar-se da relação:

$$R = \frac{\text{Nº de tratoristas brasileiros}}{\text{Nº de tratores da frota nacional}}$$

ou seja, o denominador da fração é conhecido e, desde que se obtenha um valor para R, pode-se ter o número de tratoristas brasileiros. BARGER (1963), apresenta 2 figuras e uma tabela, onde, com o cruzamento dos dados, conclui-se que, em média, os tratores trabalham mais que 8 horas por dia, podendo chegar a 13 horas. Desses dados deduz-se que o valor de R deve ser maior que 1. SAAD (1983), faz um estudo do custo do trator agrícola, usando os mesmos gráficos de Barger, onde supõe a necessidade de pelo menos um tratorista por trator. ANTUNES (1983), quando faz o cálculo do custo da produção agrícola, admite $R = 1$.

Um levantamento de dados realizado durante as medições de ruído em tratores (embora sem rigor estatístico), mostrou que nas usinas de açúcar e álcool e em grandes fazendas, a relação R é muito próxima de 2 em razão dos dois turnos de trabalho; para as prefeituras, esse número é, com certeza, acima de 1, normalmente por volta de 1,5.

Como conclusão, pode-se afirmar que a relação R

está entre 1 e 2, ou seja, o número de tratoristas brasileiros é algum valor entre 715.000 e 1430.000. Evidentemente que, desse universo, não se conhece nenhum dado, como o perfil da idade, tempo de operação de máquina, horas diárias de trabalho, etc. Sabe-se apenas os dados mais óbvios, tais como a maioria desse universo (e da amostragem), ser do sexo masculino e maior de 18 anos.

4.2.2.2. - Avaliação Audiométrica

Para a avaliação audiométrica encaminhou-se os tratoristas da amostragem, para o Instituto Municipal de Saúde do Trabalhador de Bauru, onde foram realizadas as seguintes avaliações :

- Consulta médica
- Anamnese ocupacional e audiológica
- Audiometrias

Inicialmente, o tratorista, foi atendido por um médico do trabalho e por uma fonoaudióloga através de uma consulta previamente marcada. O médico procedeu os exames clínicos e as otoscopias. Em seguida, o tratorista foi encaminhado, à fonoaudióloga, que realizou a anamnese ocupacional e audiológica, e as avaliações audiométricas.

A figura 9 apresenta um esquema da avaliação audiométrica dos tratoristas.

As informações sobre a avaliação dos tratoristas, foram registradas em duas fichas, criadas a partir de COSTA et alli (1989) e WARD et alli (1975). A primeira ficha contém dados relativos a:

»»» dados sobre o paciente.

»»» anamnese ocupacional : exposição ao ruído atual e pregressa; exposição a substâncias ototóxicas.

»»» outros antecedentes : uso de medicação ototóxica; história familiar; antecedentes morbidos que possam influir na audição; exposição ao ruído extra-trabalho.

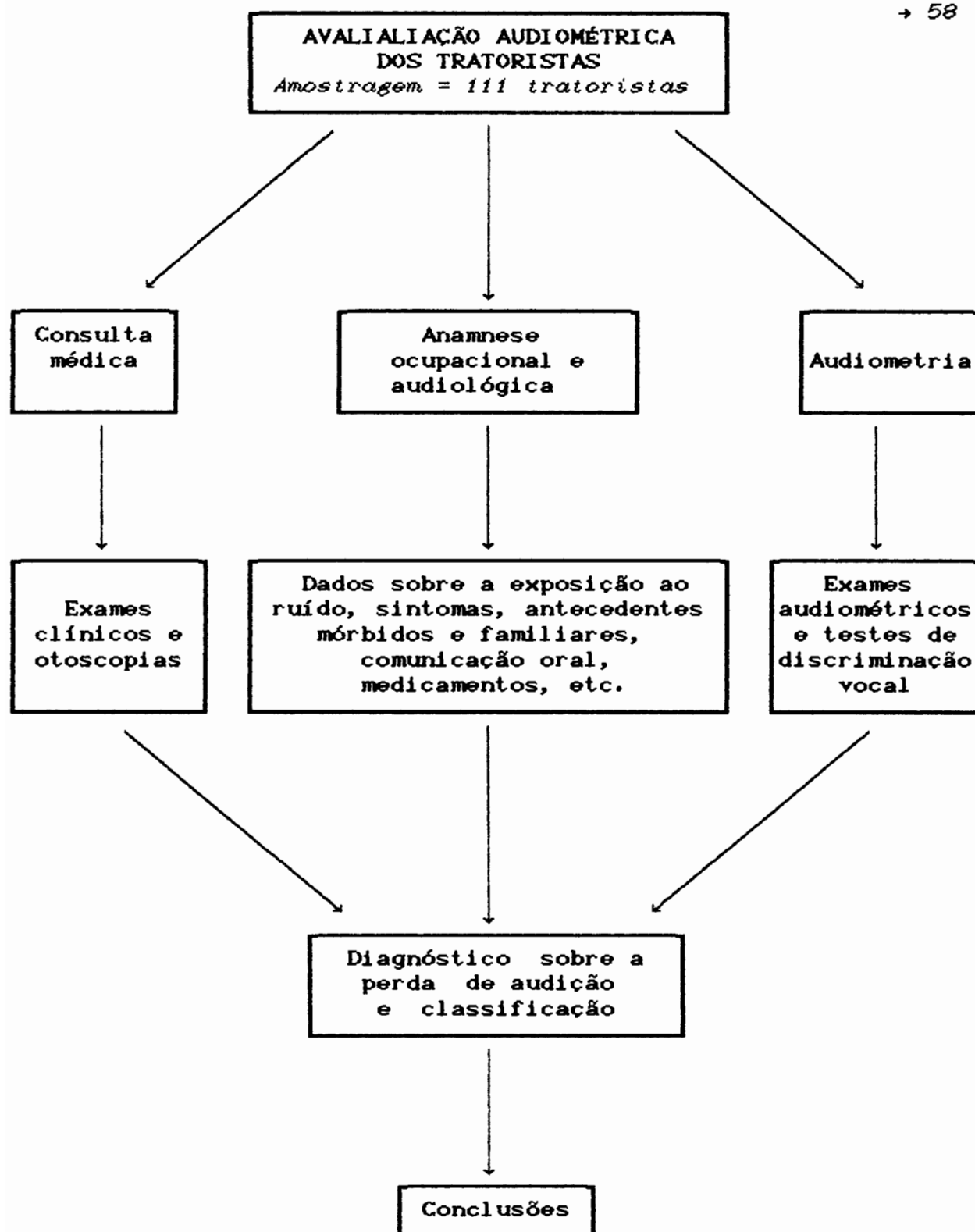


FIGURA 9 - Esquema da avaliação audiométrica dos tratoristas, utilizado neste trabalho.

»»» **anamnese clínica :** queixa de hipoacusia ou surdez; queixa de dificuldade de discriminar a voz; presença de zumbidos.

»»» **exames :** observações a respeito da otoscopia e audiometria.

A segunda ficha, registra os dados do exame audiométrico, constando de :

»»» **dados sobre o paciente e audiômetro utilizado**

»»» **retículo para registro do audiograma (ouvido direito e esquerdo)**

»»» **resultado da otoscopia**

»»» **resultado dos exames de discriminação vocal**

»»» **repouso acústico**

»»» **diagnóstico**

»»» **classificação do resultado audiométrico**

As figuras 10, 11 e 12 mostram as fichas utilizadas na avaliação audiométrica.

Os critérios usados durante a avaliação, foram os seguintes:

→ todos os tratoristas da amostragem foram submetidos a otoscopias, para a avaliação do ouvido externo e membrana timpânica.

→ todos os tratoristas da amostragem foram submetidos a audiometria tonal, para a determinação dos limiares de audição por via aérea e via óssea.

→ todos os tratoristas da amostragem foram submetidos a testes de discriminação vocal.

→ quando o tratorista apresentava perdas de audição em função de problemas no ouvido externo ou ouvido médio (perdas de audição por condução), realizava-se a impedanciometria, para confirmação e complementação do diagnóstico da patologia. No caso da confirmação da perda mista, a conduta utilizada foi o encaminhamento do trabalhador a um médico otorrinolaringologista. Posteriormente era agendada uma nova avaliação, onde os exames eram refeitos, após o tratamento médico (foram realizadas 10

FICHA PARA INVESTIGAÇÃO PERDA DE AUDIÇÃO PROFISSIONAL				
NOME		IDADE.....		
FUNÇÃO		TEMPO		
TIPO DE MÁQUINA				
EXPOSIÇÃO AO RUÍDO				
Há quanto tempo trabalha em local ruidoso ?.....				
Qual a jornada de trabalho atual ?.....				
O ruído é contínuo ou intermitente ?				
Faz uso do E.P.I. ? Que tipo ?				
Com que frequência ?				
Qual a intensidade do ruído (subjetiva)?.....				
Sofreu trauma acústico por explosão, ou usa de arma de fogo ?				
SINTOMAS				
	O. D	O. E.		
otorragia	()	()		
prurido	()	()	tontura ou	
otalgia	()	()	vertigem	() ()
cerumem	()	()	zumbidos	() ()
purgação	()	()		
Evolução dos sintomas.....				
ANTECEDENTES MÓRBIDOS				
sarampo	()	sinusite		()
caxumba	()	bronco-pneumonia		()
meningite	()	malária		()
rubéola	()	tuberculose		()
encefalite	()	outros.....		
Tomou medicamentos ? Quais ?.....				
.....				
infecções no ouvido :.....				
problemas de adenóide :.....				
infecções nas amígdalas:.....				
resfriados constantes:.....				
toma regularmente medicamentos:.....				
fez alguma cirurgia no ouvido:.....				

FIGURA 10 - Ficha usada pelo médico do trabalho e pela fonoaudióloga para coleta de informações sobre o tratorista (primeira parte).

FICHA PARA INVESTIGAÇÃO DE PERDA DE AUDIÇÃO PROFISSIONAL
COMUNICAÇÃO ORAL
Tem dificuldade para compreender o que as pessoas falam, solicitando que repitam a mensagem ?..... Olha sempre para o rosto de quem fala ?..... Tem dificuldade para falar ao telefone ? Assiste T.V. ou ouve rádio ?..... Em que volume ?.....
ANTECEDENTES FAMILIARES
Há alguém na família com problemas de audição ?.....
EXAMES
Otoscopia :..... Audiometria :.....
OBSERVAÇÕES
.....
_____ <i>Examinador</i>

FIGURA 11 - Ficha usada pelo médico do trabalho e pela fonoaudióloga para a coleta de informações sobre o tratorista (segunda parte).

impedanciometrias).

→ em alguns tratoristas foi possível realizar-se audiometrias de 6 em 6 meses, para avaliar a evolução da perda auditiva. Por essa razão, como também em função do item anterior, entre os 111 tratoristas da amostragem, realizaram-se 153 exames audiométricos.

→ todos os exames audiométricos, foram realizados com repouso acústico de pelo menos 14 a 16 horas após terminada a exposição ao ruído. Portanto, os resultados obtidos avaliam as alterações permanentes no limiar auditivo (neuro-sensoriais), não existindo qualquer influência da TTS (mudança temporária do limiar auditivo).

→ todas as audiometrias foram realizadas em cabine acústica, de acordo com as normas ISO 389 (1975) e ANSI S 3.6 (1969).

→ os audiômetros usados foram calibrados segundo as normas ISO 389 (1975), ANSI S 3.6 (1969) e ANSI S 3.13 (1972).

Quanto ao critério de classificação das audiometrias, optou-se pela metodologia proposta por MERLUZZI (1979), da Clínica del Lavoro, da Universidade de Milão, que se caracteriza por :

- ser usada na maioria dos serviços de saúde italianos;
- ter sido elaborada por um dos mais renomados grupos de pesquisadores do mundo em doenças ocupacionais;
- ser a metodologia mais abrangente;
- ser de fácil utilização;
- conter a preocupação em detectar perdas de audição precoces, já que considera as frequências agudas do espectro audiológico;
- ter objetivos de prevenção;
- ser, dentre as classificações que se tem em disponibilidade, aquela que mais atende aos objetivos desse trabalho.

Merluzzi divide o retículo da ficha audiométrica em 6 áreas (a,b,c,d,e,f). Conforme as áreas são atravessadas pelo

traçado audiométrico, a classificação do audiograma é definida com um número de 0 a 7 (figura 13). As áreas atravessadas são marcadas pelas letras ao lado de cada traçado. No grupo 0 estão os traçados normais, ou seja, de um indivíduo que apresenta um limiar auditivo bilateral igual ou inferior a 25 dB.

Nos grupos 1, 2, 3, 4 e 5 são agrupados os casos com déficit auditivo provocados por ruído. Nos grupos 6 e 7 se situam os traçados que indicam, respectivamente, um déficit auditivo de etiopatía mista (por ruído e por outra causa), ou por apenas de etiologia diversa do ruído.

4.3. - Análise Estatística dos Dados

Todos os dados coletados nas avaliações de ruído dos tratores, como nas avaliações audiométricas dos tratoristas, foram analisados estatisticamente. Inicialmente, os dados foram tabulados em planilhas eletrônicas, que oferecem uma maior facilidade de manejo dos dados, uma melhor visualização, além de permitir a fácil obtenção de médias e desvios.

A análise dos dados foi realizada usando-se a análise de variância para blocos casualizados, por ser o método mais geral e comumente usado. Utilizou-se na investigação das causas da variação, aos níveis de significância de 5% e 1%.

Na comparação entre as médias dos diversos tratamentos, utilizou-se o Teste de Tukey, que usa a amplitude total estudentizada ao nível de significância de 5% de probabilidade.

A análise de variância e o teste de Tukey foram utilizados em 3 etapas :

- comparação entre as medições próximas ao ouvido direito e ao ouvido esquerdo do tratorista, para cada trator da amostragem;

- comparação entre os resultados médios para todos os tratores de um mesmo modelo (TK₁);

- comparação entre os resultados médios para todos os tratores de um mesmo fabricante (TK₂).

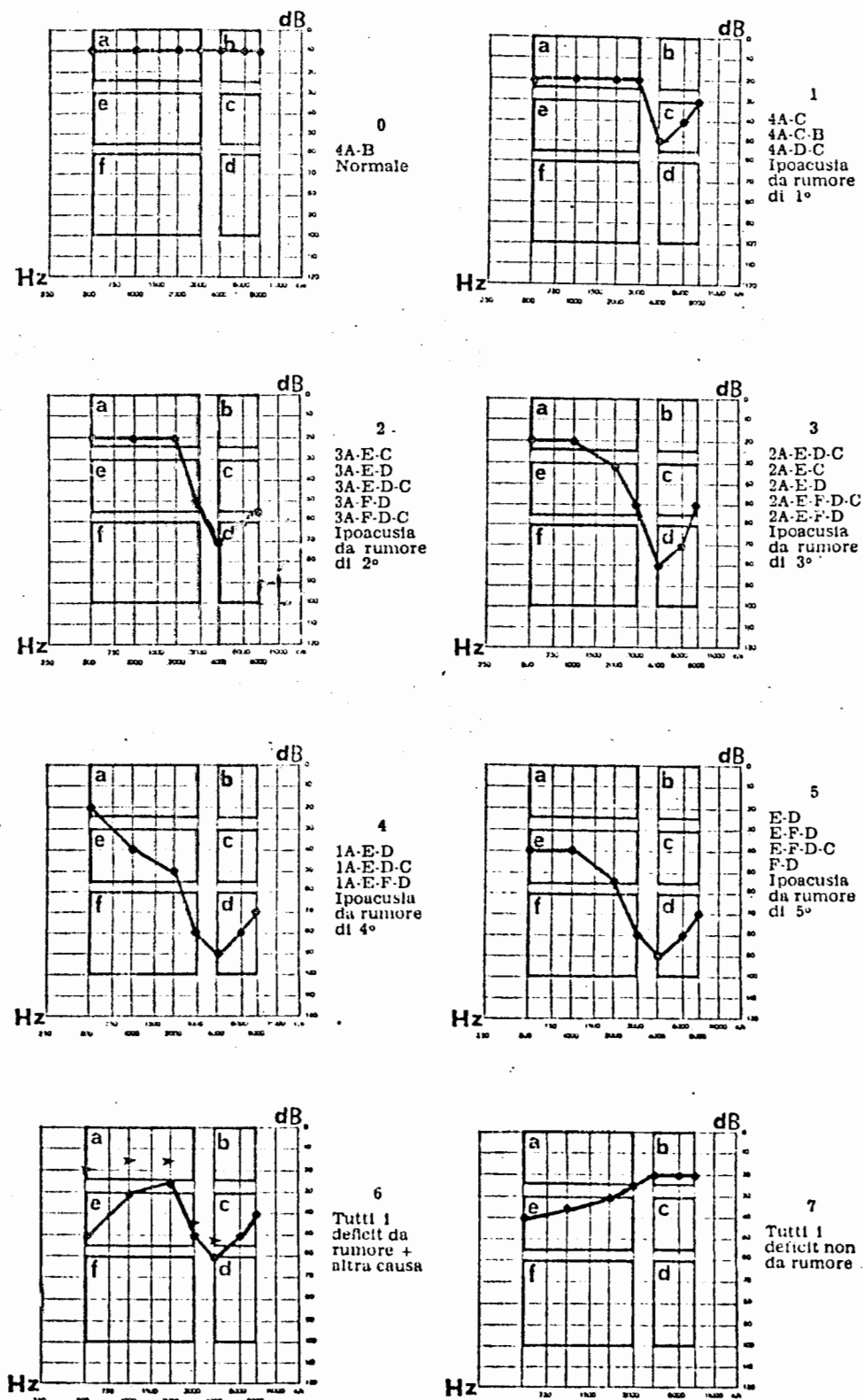


FIGURA 13 - Esquema da classificação para as audiometrias proposta neste trabalho (Merluzzi, 1979).

5 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. - RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO RUÍDO

A seguir, apresenta-se os resultados das medições realizadas neste trabalho, observando-se a seguinte ordem :

- *Ruído durante uma operação agrícola;*
- *Ruído com o trator parado;*
- *Ensaio comparativos;*
- *Análise espectral.*

5.1.1. - Níveis de ruído durante uma operação agrícola

O quadro 1, apresenta os resultados gerais das medições de ruído para as operações agrícolas com tratores do grupo "A" (até 49 cv).

O quadro 2, apresenta os níveis de ruído médios para as 20 operações agrícolas com tratores do grupo "A". O coeficiente de variação se manteve sempre inferior a 2 %, representando uma pequena dispersão dos níveis de ruído. O teste de tukey, aplicado separadamente para cada modelo (TK_i), mostrou claramente o efeito

QUADRO 1 - Condições gerais para o grupo "A"
(Tratores com até 49 cv)

- Nenhum dos 20 tratores ensaiados possuíam cabines
- Em 60% das medições, foi utilizado o protetor de ventos.
- O número de horas de uso dos tratores medidos, estava entre 550 e 4500 horas (35% dos tratores apresentavam o horímetro danificado).
- Em nenhum dos ensaios, foi necessária a correção da medida do ruído, em função do ruído de fundo.
- Em todos os ensaios, as medições foram realizadas com o tratorista sentado.
- Todos os tratores usavam motor diesel.
- As medições realizadas próximas ao ouvido direito e esquerdo do tratorista não apresentaram diferenças significativas. A análise de variância resultou em variação não significativa, e o teste de Tukey não acusou diferença entre as médias para todos os tratores

do implemento no ruído da operação agrícola : a roçadora se destaca (em média 98,1 dB(A)), deixando as demais operações em um nível inferior (transporte 96,6 dB(A), e aplicação de defensivos 96,20 dB(A)).

O quadro 3 apresenta o nível de ruído médio das operações agrícolas para cada modelo de trator, os graus de liberdade, o coeficiente de variação e o teste de Tukey para todas as medições. Também são apresentados os valores totais para o grupo "A".

QUADRO 2 - Nível de Ruído médio em operações agrícolas para os tratores do grupo "A" (até 49 cv)

Nº E	Operação Agrícola	Rot. Mot (rpm)	NPS dB (A)	NPS F dB (A)	Coef. Var (%)	G. L.	TK ₁	TK ₂
<i>Agrale 4100 HSE 24 (V.N.S.)</i>								
151	transporte	2000	97,8	56,0	1,82	5	a	abc
152	transporte	2000	97,3	57,0	1,26	5	a	abc
153	transporte	2000	96,8	58,0	0,84	5	a	abc
<i>Agrale 4200 HSE 24 (V.S.1%)</i>								
154	roçagem	2000	98,2	58,0	0,42	5	a	ab
155	roçagem	2000	98,2	60,0	0,42	5	a	ab
157	apl.defens	2000	96,5	65,0	1,12	5	b	bc
158	apl.defens	2000	96,3	58,0	0,43	5	b	c
159	transporte	2000	96,2	60,0	0,85	5	b	c
<i>Agrale 4300 HSE 24 (V.S.5%)</i>								
156	roçagem	2000	97,7	62,0	0,72	5	ab	abc
160	transporte	2000	96,8	57,0	1,12	5	b	abc
207	transporte	2000	96,8	62,0	0,42	5	b	abc
228	roçagem	2000	98,3	59,0	0,72	5	a	a
<i>Yanmar 1040</i>								
235	transporte	1800	96,3	54,0	1,94	5	—	—
<i>Massey Ferguson 235 (V.S.1%)</i>								
009	transporte	2000	96,0	62,0	0,42	5	c	c
146	apl.defens	1900	96,0	65,0	0,42	5	c	c
147	transporte	1900	96,3	65,0	0,43	5	bc	bc
148	roçagem	1900	98,2	68,0	0,93	5	a	a
149	roçagem	1700	97,7	60,0	0,42	5	ab	ab
150	apl. torta	1700	96,0	62,0	0,42	5	c	c
242	transporte	1700	96,0	58,0	1,95	5	c	c

QUADRO 3 - Nível de ruído médio das operações agrícolas para cada modelo de trator do grupo "A"

Trator	NPS M dB(A)	Coef. Var. (%)	G. L.	DMS	Tukey
Agrale 4100	97,3	0,97	17	2,69	ab
Agrale 4200	97,1	0,79	29	0,79	ab
Agrale 4300	97,4	0,90	23	2,01	a
Yanmar 1040	96,3	1,94	05	—	b
Mass Ferg 235	96,6	0,86	41	1,35	ab
Grupo "A"	96,9	0,64	29	1,08	
OBS : A análise de variância mostrou variação significativa ao nível de 5% nas medições.					

O quadro 4 apresenta a comparação entre os níveis de ruído para uma mesma operação agrícola, para os tratores do grupo "A".

QUADRO 4 - Comparação entre os diversos modelos de tratores para uma mesma operação agrícola : transporte

Nº E	Trator	Rot. Motor (rpm)	NPS dB(A)	Coef. Var. (%)	Tukey
152	Agrale 4100	2000	97,3	1,26	a
159	Agrale 4200	2000	96,2	0,85	a
160	Agrale 4300	2000	96,8	1,12	a
147	Mas Ferg 235	1900	96,3	0,43	a
235	Yanmar 1040	1800	96,3	1,94	a
NPS médio para a operação de transporte = 96,60 dB(A) Coef. Var. da avaliação = 1,06 % G. L. da avaliação = 29 OBS : A análise de variância, mostrou variação não significativa entre as médias					

O quadro 5 mostra todos os tratores do grupo "A" usados nas medições, seus níveis de ruído, e os tempos máximos de exposição diária permissível, estabelecidos com base na N.R.-15, da Portaria 3214 da C.L.T. (tabela 2).

QUADRO 5 - Operações agrícolas dos tratores do grupo "A" com os tempos máximos de exposição diária permissível

Nº E	Trator	Operação	NPS dB(A)	Tempo Máx. de Expos.
151	Agrale 4100	transporte	97,8	1 h e 15 min.
152	Agrale 4100	transporte	97,3	1 h e 15 min.
153	Agrale 4100	transporte	96,8	1 h e 15 min.
158	Agrale 4200	apl. defen	96,3	1 h e 15 min.
159	Agrale 4200	transporte	96,2	1 h e 15 min.
157	Agrale 4200	apl. defen	96,5	1 h e 15 min.
155	Agrale 4200	roçagem	98,2	1 h
154	Agrale 4200	roçagem	98,2	1 h
160	Agrale 4300	transporte	96,8	1 h e 15 min.
228	Agrale 4300	roçagem	98,3	1 h
207	Agrale 4300	transporte	96,8	1 h e 15 min.
156	Agrale 4300	roçagem	97,7	1 h e 15 min.
235	Yanmar 1040	transporte	96,3	1 h e 15 min.
009	Mas Ferg 235	apl. torta	96,0	1 h e 45 min.
146	Mas Ferg 235	apl. defen	96,0	1 h e 45 min.
147	Mas Ferg 235	transporte	96,3	1 h e 15 min.
148	Mas Ferg 235	roçagem	98,2	1 h
149	Mas Ferg 235	roçagem	97,7	1 h e 15 min.
150	Mas Ferg 235	apl. torta	96,0	1 h e 45 min.
242	Mas Ferg 235	transporte	96,0	1 h e 45 min.
Tempo Máximo de Exposição Diária Permissível, de acordo com a N.R.-15, Portaria nº 3214, da C.L.T.				

O quadro 6 mostra a comparação direta dos resultados deste trabalho com outras publicações. É importante lembrar que os dados deste trabalho se referem aos níveis de ruído de operações agrícolas (*em trabalho real*), enquanto que as medidas indicadas pelo DEA e ZAMBERLAN et alii (1988), foram obtidos em pista de concreto de acordo com a NBR 9999.

O quadro 7 mostra a comparação dos dados deste trabalho com medições realizadas por outros autores (*estrangeiros*), para operações agrícolas com tratores de características próximas aos do grupo "A".

QUADRO 6 - Comparação direta entre os níveis de ruído encontrados neste trabalho com outras publicações para os tratores do grupo "A".

Neste trabalho			DEA			Zamberlan		
Mar	Operação	NPS dB(A)	Mar	Carga %	NPS dB (A)	Mar	Carga %	NPS dB(A)
<i>Agrale 4100 HSE 24</i>								
2ªS	Transporte	96,8	3ªR	34	96,0	3ªR	25	93,6
3ªS	Transporte	97,8	3ªR	51	97,0	3ªR	50	96,5
3ªS	transporte	97,3	3ªR	67	98,0	3ªR	70	93,5
			3ªS	25	—	3ªS	25	92,3
			3ªS	51	97,0	3ªS	50	94,8
			3ªS	70	97,0	3ªS	70	93,9
<i>Massey Ferguson 235</i>								
1ªS	Transporte	96,0	1ªS	30	96,0	1ªS	25	92,5
1ªS	Apl. defens	96,0	1ªS	50	96,0	1ªS	50	—
1ªS	Transporte	96,3	1ªS	69	99,0	1ªS	70	94,5
1ªS	Rocagem	98,2	2ªS	44	98,0	2ªS	50	—
1ªS	Rocagem	97,7	2ªS	69	102,0	2ªS	70	—
1ªS	Apl. torta	96,0	3ªR	31	95,0	3ªR	25	92,0
3ªR	Transporte	96,0	3ªR	50	96,0	3ªR	70	93,5
			3ªR	69	97,0	3ªR	100	94,0
			4ªR	38	96,0			
DEA : medidas realizadas na Divisão de Engenharia Agrícola do IAC - Jundiá - em pista de concreto, conforme a NBR 9099 Zamberlan : medidas realizadas por ZAMBERLAN et alii (1988), em pista de concreto, conforme a NBR 9099. Mar : Marcha utilizada pelo trator no momento da medição (S: Simples ; R: Reduzida) Carga : Condição de carga para o ensaio : porcentagem da força de tração referente à potência máxima								

Analisando os resultados do grupo "A", quanto a posição do microfone no momento das medidas, verifica-se que das 120 medições realizadas nos 20 tratores deste grupo (60 próximas ao ouvido direito, e 60 próximas ao ouvido esquerdo), não foi notada diferença significativa entre os valores, e o teste de Tukey não reconheceu diferença entre as médias. Esses dados são compatíveis com os resultados de ROBERT (1988b), que também encontrou níveis muito próximos para tratores de pequeno porte.

Quanto aos níveis de ruído encontrados (quadro 2), uma análise sob o ponto de vista de conforto do operador, tendo em vista a Norma NB 95, apresentou uma situação de extremo desconforto para o operador do trator, gerando fadiga, desconcentração no serviço e causando uma diminuição na produtividade do trabalho (FERNANDES, 1990a; FERNANDES et alii, 1991b; HUANG & SUGGS, 1968 ; TEICHNER et alii, 1963).

No que se refere à problemas de audição, os dados do quadro 5, não deixam dúvidas em classificar como um trabalho insalubre a operação de tratores do grupo "A", havendo a necessidade de se tomar medidas para proteção do operador. A comparação desses níveis de ruído com os limites de alguns países (tabela 1), mostra que, não só a C.L.T. reprovava esses dados (tabela 2), como também os demais países.

O quadro 3 mostrou que os tratores do grupo "A", quando executam a mesma operação agrícola, apresentam níveis de ruído bastante próximos (os tratores Agrale apresentam níveis pouco acima dos outros), embora todos eles com valores muito elevados.

A comparação dos níveis de ruído obtidos neste trabalho, quando comparados com outros autores brasileiros (para os mesmos modelos de tratores, como no quadro 6), mostrou dados interessantes : quando comparados com os ensaios realizados no DEA (segundo a NBR 9999) os níveis se mostraram bastante próximos, o que permite afirmar que, para tratores desse porte, os níveis medidos em pista de concreto são compatíveis com os níveis em trabalho real; quando os dados do quadro 2, são comparados com os níveis obtidos por ZAMBERLAN et alii (1988) (medidas conforme a NBR 9999), nota-se alguma diferença, apontando níveis maiores para o trabalho real.

A comparação com autores estrangeiros, mostrou níveis bastante elevados para os tratores de outros países. Cabe lembrar, que trata-se de trabalhos de 20 ou até 30 anos atrás, quando os sistemas de escape de gases não possuíam o desenvolvimento acústico que existe atualmente.

QUADRO 7 - Comparação dos resultados deste trabalho com os dados de outros autores, para tratores de características próximas

AUTORES (ANO DA PUBL.)	CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO	CARACTERÍSTICAS DO TRATOR	NPS DO Ruído
WESTON (1963)	em várias operações agrícolas	entre 25 e 40 cv diesel e querosene	entre 99 e 100 dB
	oper. escarificador oper. pesada		101 dB 113 dB
LIERLE & REGER (1958)	medições ao lado do ouvido do tratorista	entre 35 e 50 cv	média de 100 dB(C)
HUTCHINGS VASEY (1964)	medições ao lado do ouvido do tratorista	ensaio com o trator no dinamômetro em máxima carga	entre 100 e 113 dB(A, B, C)
HUANG & SUGGS (1968)	medições ao lado do ouvido do tratorista, com o trator no dinamômetro	25 cv 37 cv 46 cv	106 dB 109 dB 110 dB
	trabalho real		85 a 113dB
JANSEN (1966)	medições realizadas nas curvas A e B	potências entre 20 e 40 cv	109 dB 107 dB 95 dB
ROWLEY (1967)	medições realiza- das próximas ao tratorista	de pequeno porte	112 dB
O PRESENTE TRABALHO (1991)	medições ao lado do ouvido do tratorista, em trabalho real de campo	tratores com potência até 49 cv	valores entre 95 e 100 dB (A)
OBS₁ : Note-se que vários autores não citaram as curvas de ponderação usadas na medição, e outros as usaram de modo diferente dos padronizados atualmente, o que não permite uma comparação precisa entre os resultados. OBS₂ : A não padronização das características dos ensaios, dificulta a comparação entre os níveis de ruído medidos			

Para as operações agrícolas com tratores do grupo "B" (entre 50 e 99 cv), foram realizadas 822 medições em 137 tratores. O quadro 8 apresenta os resultados gerais para esse grupo.

QUADRO 8 - Condições gerais para o grupo "B"
(Tratores entre 50 e 99 cv)

- Apenas um trator (entre os 137) ensaiado possuía cabine.
- Em 45,3% das medições foi utilizado o protetor de ventos.
- O número de horas de uso dos tratores medidos estava entre 32 e 4850 horas (56,9% dos tratores apresentavam o horímetro danificado)
- Em nenhum dos casos foi necessária a correção da medida do ruído, em função do ruído de fundo.
- Em todos os ensaios, a posição do tratorista foi sentada.
- Todos os tratores usavam motor diesel.
- Em 4 ensaios (2,9%), foi registrada diferença significativa ao nível de 5%, entre as medições próximas ao ouvido direito e esquerdo do tratorista. O teste de Tukey acusou diferença entre as médias: em 3 casos a média maior ocorreu nas medições do lado direito, e em um caso, do lado esquerdo.

Entre os tratores desse grupo, o único equipado com cabine (ensaio nº 016), apresentou um nível de ruído 4 dB menor que o mesmo trator na mesma operação agrícola (comparar o ensaio nº 016 com o nº 218). Trata-se de uma atenuação muito pequena para cabines (BERDUCAT, 1988; ROBERT, 1988b; HUGO, 1988), sendo porém, muito comum encontrar cabines sem isolamento acústico no mercado nacional (CAMPANA, 1977; FERNANDES et alii 1991b).

Quanto às diferenças entre os níveis medidos próximo ao ouvido direito e esquerdo do tratorista, cabe uma explicação: os 2 casos em que ocorreu medida maior no ouvido direito se referem aos ensaios nº 233 e 226, com operação de colheita de milho, na qual o implemento atua do lado direito do tratorista.

O quadro 9 apresenta os níveis médios de ruído para as 137 operações agrícolas com tratores do grupo "B"

QUADRO 9 - Níveis médios de Ruído em operações agrícolas para os tratores do grupo "B" (entre 50 e 99 cv)

Nº E	Operação Agrícola	Rot. Mot (rpm)	NPS dB (A)	NPS F dB (A)	Coef. Var (%)	G. L.	TK ₁	TK ₂
<i>Valmet 65</i> (V. S. 1%)								
179	transporte	1900	96,7	61,0	0,73	5	b	ab
180	apl defen	1800	94,0	63,0	0,87	5	c	ab
181	roçagem	1700	100,0	69,0	2,16	5	a	a
233	colh milho	1900	99,8	65,0	1,64	5	a	a
234	transporte	1800	96,3	65,0	0,73	5	bc	ab
236	roçagem	1800	101,0	59,0	2,65	5	a	a
237	apl defen	1800	94,8	62,0	1,55	5	bc	ab
<i>Valmet 68</i> (V. S. 1%)								
182	apl defen	1800	95,2	67,0	1,49	5	bc	ab
183	apl calc.	1800	95,5	59,0	1,54	5	b	ab
184	apl torta	1700	93,5	61,0	0,44	5	bc	ab
185	roçagem	1800	99,5	62,0	0,82	5	a	a
230	transporte	1800	94,7	67,0	1,14	5	bc	ab
231	apl defen	1800	93,7	68,0	2,00	5	bc	ab
232	apl torta	1750	93,0	58,0	2,01	5	c	ab
<i>Valmet 78</i> (V. S. 1%)								
186	aração	1800	98,0	61,0	1,10	5	b	ab
187	apl defen	1800	94,2	62,0	1,50	5	c	ab
188	gradagem	1700	96,0	67,0	0,74	5	bc	ab
189	gradagem	1700	95,7	65,0	1,13	5	c	ab
238	sulcagem	1800	94,7	62,0	0,43	5	c	ab
239	roçagem	1800	100,5	62,0	2,26	5	a	a
<i>Valmet 85</i> (V. N. S.)								
190	transporte	1700	95,0	68,0	0,43	5	a	ab
191	aração	1800	96,5	67,0	0,73	5	a	ab
<i>Valmet 86</i> (V. S. 1%)								
211	gradagem	1800	96,0	63,0	0,42	5	b	ab
212	roçagem	1700	100,0	70,0	0,71	5	a	a

QUADRO 9 - (cont) - Níveis médios de Ruído em operações agrícolas para os tratores do grupo "B" (entre 50 e 99 cv)

Nº E	Operação Agrícola	Rot. Mot (rpm)	NPS dB (A)	NPS F dB (A)	Coef. Var (%)	G. L.	TK1	TK2
Valmet 880 (V. S. 1%)								
110	escarific.	1700	97,7	62,0	1,82	5	bcde	ab
111	escarific.	1900	98,0	64,0	1,50	5	bcd	ab
112	escarific.	1700	98,2	64,0	0,83	5	bcd	ab
113	escarific.	1900	98,3	67,0	1,25	5	bc	ab
114	aração	1700	95,5	68,0	2,80	5	cde	ab
115	aração	1900	95,7	62,0	1,54	5	cde	ab
116	aração	1700	96,3	61,0	2,58	5	cde	ab
117	aração	1900	96,8	63,0	1,84	5	cde	ab
118	gradagem	1700	94,8	65,0	1,55	5	e	ab
119	gradagem	1900	95,5	69,0	0,85	5	cde	ab
120	gradagem	1700	95,3	65,0	0,86	5	de	ab
121	gradagem	1900	95,8	67,0	1,13	5	cde	ab
122	roçagem	1900	102,0	68,0	2,43	5	ab	b
123	roçagem	1700	100,5	70,0		5	a	a
124	escarific.	1700	96,7	71,0	0,73	5	cde	ab
125	escarific.	1900	97,7	65,0	0,42	5	bcde	ab
126	escarific.	1700	98,0	69,0	0,72	5	bcd	ab
Valmet 885 (V. N. S.)								
213	aração	1700	97,7	68,0	1,11	5	a	ab
240	gradagem	1700	97,2	64,0	0,42	5	a	ab
241	cultivo	1700	97,7	63,0	1,51	5	a	ab
Valmet 885 4x4 (V. N. S.)								
214	subsolagem	1700	100,2	68,0	1,41	5	—	a

QUADRO 9 - (cont) - Níveis médios de Ruído em operações agrícolas para os tratores do grupo "B" (entre 50 e 99 cv)

Nº E	Operação Agrícola	Rot. Mot (rpm)	NPS dB (A)	NPS F dB (A)	Coef. Var (%)	G. L	TK ₁	TK ₂
<i>Massey Ferguson 265 (V.S.1%)</i>								
004	apl defens	1600	93,5	67,0	0,44	5	c	mno
005	apl defens	1600	94,3	68,0	1,30	5	bc	klmno
006	apl defens	1600	94,3	68,0	1,30	5	bc	klmno
007	apl defens	1600	94,8	68,0	1,14	5	bc	ijklmn
008	apl defens	1650	94,5	67,0	1,14	5	bc	ijklmno
015	apl torta	1700	89,8	66,0	0,46	5	d	p
215	roçagem	1700	99,0	68,0	1,09	5	a	abcde
216	transporte	1600	96,0	67,0	1,85	5	b	fghijklm
224	apl calca.	1600	96,0	68,0	0,74	5	b	fghijklm
225	roçagem	1600	100,3	65,0	2,03	5	a	a
226	colh milho	1700	99,8	66,0	1,47	5	a	abc
227	roçagem	1600	99,7	67,0	1,64	5	a	abcd
<i>Massey Ferguson 275 (V.S.1%)</i>								
010	aração	1600	97,0	69,0	0,42	5	bc	defghijk
017	apl defens	1650	90,2	67,0	1,63	5	e	p
192	aração	1600	97,3	68,0	1,26	5	b	bcdefghi
193	gradagem	1650	95,0	70,0	1,97	5	cd	hijklm
194	sulcagem	1700	93,8	71,0	1,15	5	d	lmno
195	aração	1600	97,7	65,0	1,25	5	b	abcdefgh
196	gradagem	1750	94,8	68,0	1,55	5	cd	ijklmn
197	apl defens	1600	94,5	67,0	0,86	5	d	ijklmno
198	cultivo	1700	96,0	69,0	1,12	5	bcd	fghijklm
205	roçagem	1600	100,0	66,0	2,94	5	a	ab
<i>Massey Ferguson 275/4 (V.S.5%)</i>								
199	aração	1600	97,8	69,0	1,51	5	a	abcdefg
200	subsolagem	1650	98,0	69,0	1,10	5	a	abcdefg
201	gradagem	1700	95,3	70,0	1,13	5	b	ghijklm
202	subs+adub	1700	97,2	71,0	0,84	5	ab	cdefghij

QUADRO 9 - (cont) - Níveis médios de Ruído em operações agrícolas para os tratores do grupo "B" (entre 50 e 99 cv)

Nº E	Operação Agrícola	Rot. Mot (rpm)	NPS dB (A)	NPS F dB (A)	Coef.Var (%)	G.L	TK ₁	TK ₂
<i>Massey Ferguson 290 (V.S.1%)</i>								
001	gradagem	1600	94,8	69,0	1,15	5	b	ijklmn
002	gradagem	1700	96,0	70,0	0,42	5	ab	fghijklm
003	aração	1700	97,0	68,0	0,42	5	ab	defghijk
025	transporte	1800	92,2	65,0	0,44	5	c	nop
026	transporte	1800	91,8	67,0	1,60	5	c	op
066	aração	1650	96,2	49,0	1,53	5	ab	fghijklm
067	aração	1600	97,0	50,0	1,11	5	a	defghijk
068	aração	1800	97,8	50,0	0,84	5	a	abcdefgh
069	aração	1800	96,8	51,0	0,42	5	ab	efghijk
070	gradagem	1600	96,7	50,0	0,42	5	ab	efghijk
071	gradagem	1800	95,7	52,0	1,13	5	ab	fghijklm
072	gradagem	1800	96,5	52,0	0,42	5	ab	efghijkl
073	gradagem	1600	97,0	53,0	1,52	5	ab	defghijk
078	escarific.	1600	96,3	52,0	1,27	5	ab	efghijkl
079	escarific.	1800	95,3	52,0	1,54	5	ab	fghijklm
080	escarific	1600	95,8	52,0	1,13	5	ab	fghijklm
081	escarific	1800	95,8	53,0	2,66	5	ab	fghijklm
087	escarific	1600	97,3	58,0	1,26	5	a	bcdefghi
088	escarific	1800	96,3	53,0	0,85	5	ab	efghijkl
<i>Massey Ferguson 290/4 (V.S.1%)</i>								
203	subsolagem	1800	99,6	58,0	1,08	5	a	abcd
204	aração	1800	98,2	57,0	1,50	5	abc	abcdef
206	gradagem	1800	96,2	62,0	1,12	5	c	fghijklm
208	subsolagem	1800	99,0	63,0	1,89	5	ab	abcde
209	aração	1750	98,3	60,0	1,10	5	ab	abcdef
210	cultivo	1700	97,5	54,0	2,22	5	bc	bcdefghi
<i>Massey Ferguson 292 (V.N.S.)</i>								
023	subsolagem	1600	96,7	66,0	1,69	5	a	efghijk
024	subsolagem	1600	95,7	67,0	1,96	5	a	fghijklm
217	subsolagem	1800	96,7	70,0	0,42	5	a	efghijk
<i>Massey Ferguson 292/4 (V.N.S.)</i>								
021	araç+cult.	1700	97,8	68,0	1,25	5	a	abcdefgh
022	subs+adub.	1700	97,2	67,0	1,52	5	a	cdefghij

QUADRO 9 - (cont) - Níveis médios de Ruído em operações agrícolas para os tratores do grupo "B" (entre 50 e 99 cv)

Nº E	Operação Agrícola	Rot. Mot (rpm)	NPS dB (A)	NPS F dB (A)	Coef. Var (%)	G. L	TK ₁	TK ₂
Ford 4610 (V.S.1%)								
011	apl torta	1700	94,3	69,0	1,73	5	b	hi j
012	apl defen	1700	94,5	70,0	2,16	5	b	hi j
253	aração	1700	95,2	72,0	1,55	5	b	ghij
254	aração	1900	100,0	69,0	0,41	5	a	ab
255	aração	1900	100,5	71,0	0,70	5	a	a
Ford 5610 (V.S.1%)								
018	apl defens	1600	93,0	65,0	0,76	5	d	j
019	apl defens	1600	93,0	67,0	1,16	5	d	j
020	apl defens	1600	95,6	70,0	1,86	5	c	fghi
243	escarific	1700	97,5	71,0	0,42	5	ab	cdefg
244	escarific	1900	98,0	69,0	0,72	5	a	bcdef
251	gradagem	1700	96,3	68,0	0,73	5	bc	efgh
252	aração	1700	98,5	66,0	0,41	5	a	abcde
Ford 6610 (V.S.1%)								
013	apl defens	1700	93,7	68,0	2,00	5	d	i j
014	roçagem	1700	99,7	68,0	3,20	5	a	abc
062	escrific	1800	97,2	60,0	1,93	5	bcd	defg
063	aração	1700	95,7	61,0	1,96	5	cd	fghi
064	aração	1900	99,3	60,0	1,48	5	a	abcd
065	aração	1700	97,5	49,0	0,84	5	abc	cdefg
074	escarific	1900	96,0	53,0	2,59	5	cd	fghi
075	escarific	1700	96,3	53,0	1,12	5	bcd	efgh
076	escsrific	1900	97,0	52,0	1,11	5	abc	defg
077	escarific	1700	96,5	61,0	2,12	5	bc	efgh
082	aração	1900	99,0	50,0	1,09	5	ab	abcd
083	escarific	1900	96,5	54,0	1,12	5	bc	efgh
Ford 6610 TR 4 (V.N.S)								
245	escarific	1700	97,7	65,0	1,11	5	a	bcdef
246	gradagem	1700	97,3	62,0	0,75	5	a	cdefg
247	gradagem	1700	97,2	67,0	0,73	5	a	defg
248	gradagem	1900	97,0	66,0	0,73	5	a	defg
249	gradagem	1900	97,7	68,0	1,11	5	a	bcdef
250	gradagem	1700	97,0	70,0	0,42	5	a	defg

QUADRO 9 - (cont.) - Níveis médios de Ruído em operações agrícolas para os tratores do grupo "B" (entre 50 e 99 cv)

Nº E	Operação Agrícola	Rot. Mot (rpm)	NPS dB (A)	NPS F dB (A)	Coef. Var (%)	G. L.	TK ₁	TK ₂
C. B. T. 8240 (V. S. 1%)								c b a ab
016	transporte	1950	91,7	63,0	2,78	5	c ■	
218	transporte	1900	95,7	65,0	1,23	5	b	
219	aração	1850	98,2	67,0	1,44	5	a	
220	aração	1850	97,8	62,0	1,10	5	ab	
C. B. T. 8440 (V. N. S.)								a a
221	subsolagem	1950	99,0	68,0	1,89	5	a	
222	cultivo	1900	97,3	67,0	1,26	5	ab	
■ : trator equipado com cabine								

Entre as operações de maior nível de ruído, se colocou a roçagem, com uma média de 100,2 dB(A), próxima da colheita de milho, com média de 99,8 dB(A). Nestas operações, o implemento é uma fonte importante de ruído.

Nas operações agrícolas em que o trator é o causador do ruído (*normalmente em função dos grandes esforços requeridos pelo implemento*), a subsolagem apresentou maiores níveis, com média de 98,1 dB(A), com a aração apresentando a média de 97,5 dB(A), a escarificação 97,0 dB(A), e a gradagem 96,1 dB(A).

Nas operações agrícolas, em que o implemento não é uma fonte geradora de ruído, nem exige esforços do trator, os níveis de ruído foram menores : na operação de transporte, a média foi de 94,5 dB(A), enquanto que para aplicação de defensivos, a média foi de 94,0 dB(A).

A aplicação do teste de Tukey para cada modelo de trator (TK₁), mostrou claramente as variações do nível de ruído causado pelo implemento : a classe "a" do teste, normalmente identifica as operações de roçagem, ou colheita de milho, ou subsolagem ; as últimas classes, normalmente correspondem às operações de transporte, ou aplicação de defensivos.

O teste de Tukey aplicado para todos os tratores

de um mesmo fabricante (TK2), mostrou que as classes de maiores níveis de ruído, normalmente aparecem para os tratores de menor porte em operação de roçagem ou colheita de milho, ou para os tratores de maior porte em operação de subsolagem ou aração.

O coeficiente de variação se mostrou bastante baixo, ultrapassando apenas 18 vezes (13% dos ensaios) o nível de 2,00 %.

O quadro 10 apresenta os níveis médios de ruído para cada modelo de trator, para as operações agrícolas do quadro 9. O teste de Tukey, novamente mostra a influência da operação agrícola no ruído medido : as classes de maiores níveis ("a" e "b"), se referem aos tratores medidos, na maioria dos

QUADRO 10 - Nível médio de ruído para cada modelo de trator

Trator	NPS M dB(A)	Coef. Var. (%)	G. L.	DMS	Tukey
Valmet 65	97,5	1,50	41	2,66	bc
Valmet 68	95,0	1,40	41	2,42	g
Valmet 78	96,5	1,24	35	2,12	cdefg
Valmet 85	95,8	1,38	11	1,96	efg
Valmet 86	98,0	1,37	11	1,99	ab
Valmet 880	97,2	1,42	101	2,85	bcde
Valmet 885	97,5	0,77	17	1,19	bc
Valmet 885 4x4	100,2	1,41	5	—	a
Mass Ferg 265	96,0	1,24	71	2,35	cdefg
Mass Ferg 275	95,6	1,24	59	2,28	fg
Mass Ferg 275/4	97,1	1,35	23	2,18	bcdef
Maas Ferg 290	96,0	1,15	113	2,31	defg
Mass Ferg 290/4	98,1	1,19	35	2,07	ab
Mass Ferg 292	96,3	1,49	17	2,28	cdefg
Mass Ferg 292/4	97,4	1,18	11	1,71	bc
Ford 4610	96,9	0,94	29	1,57	bcdef
Ford 5610	96,0	0,81	41	1,41	cdefg
Ford 6610	97,0	1,46	71	2,79	bcdef
Ford 6610 TR 4	97,3	0,76	35	1,32	bcd
C. B. T. 8240	95,8	1,52	23	2,43	defg
C. B. T. 8440	98,2	1,34	11	1,96	ab
Grupo "B"	96,9	0,74	125	1,52	
OBS : A análise de variância mostrou variação significativa ao nível de 5% nas medições.					

ensaios, em condições de subsolagem, aração ou roçagem.

Quanto aos níveis de ruído encontrados nas medições, os valores se mostraram muito elevados, ultrapassando os limites de conforto e segurança. Em comparação com os limites estipulados pela Norma NB-95 (*cujo limite máximo é de 75 dB para qualquer atividade humana*) os níveis geram extremo desconforto ao operador, perturbando a sua concentração, e causando problemas na qualidade do serviço e na produtividade (FERNANDES, 1990a; FERNANDES et alii 1991b; HUANG & SUGGS, 1968). Em comparação com a legislação em vigor (Tabela 2), o quadro 11 mostra o tempo máximo permitido de trabalho diário para cada operação agrícola. Como sabe-se que os operadores de máquinas agrícolas trabalham 8 horas por dia, podendo chegar a 11 ou até 12 horas por dia (CAMPANA, 1984), normalmente sem o uso de protetores auriculares, fica bastante clara a situação de insalubridade existente nesse trabalho (tabela 2 e 3 do item 3.4).

O quadro 12 mostra a comparação entre os níveis de ruído encontrados neste trabalho, com valores de outros autores, para as mesmas condições de ensaio (*trabalho real no campo*), e para os mesmos modelos de tratores. Cabe lembrar que FERNANDES et alii (1990b) realizou as medições, com o medidor de ruído sendo manuseado por um técnico em pé ao lado do tratorista; ZAMBERLAN (1988) utilizou um suporte para o microfone, preso no pára-lama do trator. Os níveis de ruído obtidos nos três trabalhos não apresentaram diferenças significativas, apresentando, em média, 1,1 dBC(A) de diferença.

O quadro 13 apresenta a comparação entre os níveis de ruído encontrados neste trabalho, com valores de outras publicações que utilizaram a metodologia da Norma NBR 9999 (*medidas realizadas em pista de concreto*), para os mesmos modelos de tratores. Pode-se observar que a amplitude dos níveis para o trabalho real no campo é maior que a amplitude em pista de concreto : para operações pouco ruidosas, como aplicação de defensivos, os níveis em trabalho real chegaram a ser 4 dB inferiores aos níveis em pista de concreto (*para a mesma marcha*);

enquanto que para operações de roçagem ou aração, os níveis em trabalho real se mostraram até 4,5 dB acima dos níveis em pista de

QUADRO 11 - Operações agrícolas dos tratores do grupo "B" com os tempos máximos de exposição diária permissível

Nº E	Trator	Operação	NPS dB(A)	Tempo Máx. de Expos.
179	Valmet 65	transporte	96,7	1 h e 15 min.
180	Valmet 65	apl. defens.	94,0	2 h e 15 min.
181	Valmet 65	roçagem	100,0	1 h
233	Valmet 65	colh. milho	99,8	1 h
234	Valmet 65	transporte	96,3	1 h e 15 min.
236	Valmet 65	roçagem	101,0	45 min.
237	Valmet 65	apl. defens.	94,8	2 h
182	Valmet 68	apl. defens.	95,2	1 h e 45 min.
183	Valmet 68	apl. calcár.	95,5	1 h e 45 min.
184	Valmet 68	aplic. torta	93,5	2 h e 15 min.
185	Valmet 68	roçagem	99,5	1 h
230	Valmet 68	transporte	94,7	2 h
231	Valmet 68	apl. defens.	93,7	2 h e 15 min.
232	Valmet 68	aplic. torta	93,0	2 h e 40 min.
186	Valmet 78	aração	98,0	1 h e 15 min.
187	Valmet 78	apl. defens.	94,2	2 h
188	Valmet 78	gradagem	96,0	1 h e 45 min.
189	Valmet 78	gradagem	95,7	1 h e 45 min.
238	Valmet 78	sulcagem	94,7	2 h
239	Valmet 78	roçagem	100,5	45 min.
190	Valmet 85	transporte	95,0	2 h
191	Valmet 85	aração	96,5	1 h e 15 min.
211	Valmet 86	gradagem	96,0	1 h e 45 min.
212	Valmet 86	roçagem	100,0	1 h
110	Valmet 880	escarific.	97,7	1 h e 15 min.
111	Valmet 880	escarific.	98,0	1 h e 15 min.
112	Valmet 880	escarific.	98,2	1 h
113	Valmet 880	escarific.	98,3	1 h
114	Valmet 880	aração	95,5	1 h e 45 min.
115	Valmet 880	aração	95,7	1 h e 45 min.
116	Valmet 880	aração	96,3	1 h e 15 min.
117	Valmet 880	aração	96,8	1 h e 15 min.
118	Valmet 880	gradagem	94,8	2 h
119	Valmet 880	gradagem	95,5	1 h e 45 min.
120	Valmet 880	gradagem	95,3	1 h e 45 min.
121	Valmet 880	gradagem	95,8	1 h e 45 min.
122	Valmet 880	roçagem	102,0	45 min.
123	Valmet 880	roçagem	100,5	45 min.
124	Valmet 880	escarific.	96,7	1 h e 45 min.
125	Valmet 880	escarific.	97,7	1 h e 45 min.
126	Valmet 880	escarific.	98,0	1 h e 45 min.

concreto.

QUADRO 11 - cont. - Operações agrícolas dos tratores do grupo "B" com os tempos máximos de exposição diária permissível

Nº E	Trator	Operação	NPS dB(A)	Tempo Máx. de Expos.
213	Valmet 885	aração	97,7	1 h e 45 min.
240	Valmet 885	gradagem	97,2	1 h e 45 min.
241	Valmet 885	cultivo	97,7	1 h e 45 min.
214	Valm. 885 4x4	subsolaç.	100,2	45 min
004	Mas Ferg 265	apl. defens.	93,5	2 h e 15 min.
005	Mas Ferg 265	apl. defens.	94,3	2 h
006	Mas Ferg 265	apl. defens.	94,3	2 h
007	Mas Ferg 265	apl. defens.	94,8	2 h
008	Mas Ferg 265	apl. defens.	94,5	2 h
015	Mas Ferg 265	aplic. torta	99,8	4 h
215	Mas Ferg 265	roçagem	99,0	1 h
216	Mas Ferg 265	transporte	96,0	1 h e 45 min
224	Mas Ferg 265	apl. calcár.	96,0	1 h e 45 min.
225	Mas Ferg 265	roçagem	100,3	45 min.
226	Mas Ferg 265	Colh. milho	99,8	1 h
227	Mas Ferg 265	roçagem	99,6	1 h
010	Mas Ferg 275	aração	97,0	1 h e 15 min.
017	Mas Ferg 275	apl. herbic.	90,2	3 h e 30 min.
192	Mas Ferg 275	aração	97,3	1 h e 15 min.
193	Mas Ferg 275	gradagem	95,0	2 h
194	Mas Ferg 275	sulcagem	93,8	2 h e 15 min.
195	Mas Ferg 275	aração	97,7	1 h e 15 min.
196	Mas Ferg 275	gradagem	94,8	2 h
197	Mas Ferg 275	apl. defens.	94,5	2 h
198	Mas Ferg 275	cultivo	96,0	1 h e 45 min.
205	Mas Ferg 275	roçagem	100,0	1 h
199	M. F. 275/4	aração	97,8	1 h e 15 min.
200	M. F. 275/4	subsolaç.	98,0	1 h e 15 min.
201	M. F. 275/4	gradagem	95,3	1 h e 45 min.
202	M. F. 275/4	sulcagem	97,2	1 h e 15 min.
001	Mas Ferg 290	gradagem	94,8	2 h
002	Mas Ferg 290	gradagem	96,0	1 h e 45 min.
003	Mas Ferg 290	aração	97,0	1 h e 15 min.
025	Mas Ferg 290	transporte	92,2	2 h e 40 min.
026	Mas Ferg 290	transporte	91,8	3 h
066	Mas Ferg 290	aração	96,2	1 h e 15 min.
067	Mas Ferg 290	aração	97,0	1 h e 15 min.
068	Mas Ferg 290	aração	97,8	1 h e 15 min.
069	Mas Ferg 290	aração	96,8	1 h e 15 min.
070	Mas Ferg 290	gradagem	96,7	1 h e 15 min.
071	Mas Ferg 290	gradagem	95,7	1 h e 45 min.

QUADRO 11 - cont. - Operações agrícolas dos tratores do grupo "B" com os tempos máximos de exposição diária permissível

Nº E	Trator	Operação	NPS dB(A)	Tempo Máx. de Expos.
072	Mas Ferg 290	gradagem	96,5	1 h e 15 min.
073	Mas Ferg 290	gradagem	97,0	1 h e 15 min.
078	Mas Ferg 290	escarific.	96,3	1 h e 15 min.
079	Mas Ferg 290	escarific.	95,8	1 h e 45 min.
080	Mas Ferg 290	escarific.	95,8	1 h e 45 min.
081	Mas Ferg 290	escarific.	95,8	1 h e 45 min.
087	Mas Ferg 290	escarific.	97,3	1 h e 15 min.
088	Mas Ferg 290	escarific.	96,3	1 h e 15 min.
203	M. F. 290/4	subsolagem	99,7	1 h
204	M. F. 290/4	aração	98,2	1 h
206	M. F. 290/4	gradagem	96,2	1 h e 15 min.
208	M. F. 290/4	subsolagem	99,0	1 h
209	M. F. 290/4	aração	98,3	1 h
210	M. F. 290/4	cultivo	97,5	1 h e 15 min.
023	Mas Ferg 292	subsolagem	96,7	1 h e 15 min.
024	Mas Ferg 292	subsolagem	95,7	1 h e 45 min.
217	Mas Ferg 292	subsolagem	96,7	1 h e 15 min.
021	M. F. 292/4	aração+cult.	97,8	1 h e 15 min.
022	M. F. 292/4	subsol+adub.	97,2	1 h e 15 min.
011	Ford 4610	aplic. torta	94,3	2 h
012	Ford 4610	aplic. defen	94,5	2 h
253	Ford 4610	aração	95,2	1 h e 45 min.
254	Ford 4610	aração	100,0	1 h
255	Ford 4610	aração	100,5	45 min.
018	Ford 5610	aplic. defen	93,0	2 h e 15 min.
019	Ford 5610	aplic. defen	93,0	2 h e 40 min.
020	Ford 5610	aplic. defen	95,7	1 h e 45 min.
243	Ford 5610	escarific.	97,5	1 h e 15 min.
244	Ford 5610	escarific.	98,0	1 h e 15 min.
251	Ford 5610	gradagem	96,3	1 h e 15 min.
252	Ford 5610	aração	98,5	1 h
013	Ford 6610	aplic. defen	93,7	2 h e 15 min.
014	Ford 6610	roçagem	99,7	1 h
062	Ford 6610	escarific.	97,2	1 h e 15 min.
063	Ford 6610	aração	95,7	1 h e 45 min.
064	Ford 6610	aração	99,3	1 h
065	Ford 6610	aração	97,5	1 h e 15 min.
074	Ford 6610	escarific.	96,0	1 h e 45 min.
075	Ford 6610	escarific.	96,3	1 h e 15 min.
076	Ford 6610	escarific.	97,0	1 h e 15 min.
077	Ford 6610	escarific.	96,5	1 h e 15 min.

QUADRO 11 - cont. - Operações agrícolas dos tratores do grupo "B" com os tempos máximos de exposição diária permissível

Nº E	Trator	Operação	NPS dBC(A)	Tempo Máx. de Expos.
082	Ford 6610	aração	99,0	1 h
083	Ford 6610	escarific.	96,5	1 h e 15 min.
145	Ford 6610 T4	escarific.	97,7	1 h e 15 min.
246	Ford 6610 T4	gradagem	97,3	1 h e 15 min.
247	Ford 6610 T4	gradagem	97,2	1 h e 15 min.
248	Ford 6610 T4	gradagem	97,0	1 h e 15 min.
249	Ford 6610 T4	gradagem	97,7	1 h e 15 min.
250	Ford 6610 T4	gradagem	97,0	1 h e 15 min.
016	C.B.T. 8240	transporte	91,7 ■	3 h
218	C.B.T. 8240	transporte	95,7	1 h e 45 min.
219	C.B.T. 8240	aração	98,2	1 h
220	C.B.T. 8240	aração	97,8	1 h e 15 min.
221	C.B.T. 8440	subsolagem	99,0	1 h
222	C.B.T. 8440	cultivo	97,3	1 h e 15 min.
■ : trator equipado com cabine				

O quadro 14 apresenta a comparação dos resultados deste trabalho com os níveis obtidos por outros autores (estrangeiros), para tratores de características próximas. Deve-se notar que, embora as características de ensaio sejam diversas, os tratores apresentaram níveis bastante semelhantes. Observa-se também que os trabalhos mais antigos (de 20 ou 30 anos atrás), os níveis se mostravam maiores que os mais recentes.

QUADRO 14 - Comparação dos resultados deste trabalho com os dados de outros autores, para tratores de características próximas

AUTORES (ANO DA PUBL.)	CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO	CARACTERÍSTICAS DO TRATOR	NPS DO RÚIDO
BELL (1956)	medidas em trabalho real	tratores de médio porte	entre 80 e 95 dB
VASEY & BAILLIE (1961)	medida em trabalho real com vários escapamentos	tratores de até 100 cv	entre 95 e 110 dB
HUGO (1988)	medida em pista de concreto de acordo com a Nor- ma ISO 5131	tratores de médio porte com cabine	entre 75 e 92 dB(A)
		tratores de médio porte sem cabine	até 97 dB(A)
		tratores com motores meno- res e de alta rotação	mais que 100 dB(A)
		trator modelo RENAULT com 75 cv	entre 84 e 90 dB(A)
		trator de 65 cv	entre 97 e 98 dB(A)
ROWLEY (1967)	medições realizadas à 1,5 m do trator	tratores de médio porte	entre 88 e 93 dB
HUANG & SUGGS (1968)	medições ao lado do ouvido do tratoris- ta, com o trator no dinamômetro	trator de 64 cv	111 dB
JANSEN (1966)	medidas realizadas nas curvas A e B	tratores entre 50 e 100 cv	entre 106 e 112 dB
WESTON (1963)	medidas realizadas em várias operações agrícolas	tratores entre 50 e 70 cv	entre 95 e 106 dB
LIERLE & REGER (1958)	medições ao lado do ouvido do tratorista	tratores entre 50 e 60 cv	entre 97,5 e 100 dB

Quanto as operações agrícolas realizadas com tratores do "Grupo C" (entre 100 e 199 cv), os resultados para os 29 tratores ensaiados (174 medições) estão no quadro 15.

QUADRO 15 - Condições gerais para o grupo "C"
(Tratores entre 100 e 199 cv)

- Dos 29 tratores ensaiados, 7 possuíam cabines
- Em 65,5% das medições, foi utilizado o protetor de ventos.
- O número de horas de uso dos tratores medidos, estava entre 50 e 5100 horas (35% dos tratores apresentavam o horímetro danificado).
- Em nenhum dos ensaios, foi necessária a correção da medida do ruído, em função do ruído de fundo.
- Em todos os ensaios, as medições foram realizadas com o tratorista sentado.
- Todos os tratores usavam motor diesel.
- As medições realizadas próximas ao ouvido direito e esquerdo do tratorista não apresentaram diferenças significativas. A análise de variância resultou em variação não significativa, e o teste de Tukey não acusou diferença entre as médias para todos os tratores

Os tratores do "grupo C", são máquinas consideradas de grande porte, normalmente utilizadas para operações que exigem grandes forças de tração. Por essa razão, as operações agrícolas ensaiadas para esse grupo, se restringem às operações de preparo do solo, transporte (reboque de carretas), ou operações conjugadas.

Entre os 29 tratores ensaiados, 7 possuíam cabines (24 %). Nenhuma dessas cabines eram originais do trator, sendo equipamentos (de chapas de aço ou fibra de vidro) adaptados ao trator, sem qualquer tratamento acústico. Outro fator complicador no uso dessas cabines, é a não existência de refrigeração interna, ou ventilação adequada, fazendo com que os operadores trabalhem com as portas e janelas da cabine abertas. Assim, o isolamento acústico que já era pequeno, passa a ser desprezível (veja FERNANDES et alii, 1991b).

Não foram encontradas diferenças significativas entre as medidas realizadas próximas ao ouvido direito e esquerdo do tratorista, para as operações agrícolas com tratores desse

Para todos os ensaios realizados neste grupo "C", os implementos pouco contribuíram para o aumento do ruído da operação agrícola. Notou-se neste grupo, uma relação direta entre a força de tração e o nível de ruído (excetuando-se os tratores com cabines). Os maiores níveis ocorreram na subsolagem, acompanhados pela aração, escarificação, gradagem e transporte. O teste de Tukey para mesmo modelo de trator (TK_i) confirma esses dados, qualificando como classe "a" as operações de maior força de tração, e nas últimas classes, os tratores equipados com cabines.

O coeficiente de variação, se mostrou muito baixo (ultrapassou o valor 2,0 % em apenas 6 ensaios, ou 21 %), o que demonstra uma boa precisão nos ensaios.

O quadro 17 mostra o nível de ruído médio das operações agrícolas do quadro 16, para cada modelo de trator.

QUADRO 17 - Nível de ruído médio das operações agrícolas para cada modelo de trator do grupo "C"

Trator	NPS M dBC(A)	Coef. Var. (%)	G. L.	DMS	Tukey
Valmet 118	97,7	1,02	11	1,49	c
Valmet 118/4	98,7	0,72	05	—	bc
Valmet 128 4x2	98,2	1,97	11	2,89	bc
Valmet 128 4x4	90,8	3,99	05	—	d
Valmet 148 4x4	98,0	0,42	05	—	bc
Mas Ferg 295	98,5	1,20	11	1,76	bc
Mas Ferg 295/4	97,9	1,27	11	1,85	bc
Mas Ferg 296	98,3	0,60	11	0,88	bc
Ford 7610 T	100,7	0,41	05	—	ab
C. B. T. 2105	98,0	1,42	29	2,41	bc
C. B. T. 8060	98,3	2,10	29	3,57	bc
C. B. T. 8260	102,1	1,31	17	2,12	a
C. B. T. 8060/4	96,1	1,27	11	1,81	c
Grupo "C"	98,1	1,42	77	2,77	

Os níveis de ruído se mostram bastante elevados, se colocando acima dos níveis dos tratores de menor potência. Isso evidencia que o aumento da potência dos motores dos tratores

desse grupo, não teve o devido acompanhamento no aumento do sistema de amortecimento acústico dos gases do escape. Esses níveis se colocam muito acima dos valores considerados confortáveis (NB-95), como também dos valores em relação aos valores da legislação trabalhista. O quadro 18 apresenta os tempos máximos de operação dos tratores desse grupo, fixados pela C.L.T.

QUADRO 18 - Operações agrícolas dos tratores do grupo "C" com os tempos máximos de exposição diária permissível

Nº E	Trator	Operação	NPS db(A)	Tempo Máx. de Expos.
040	Valmet 118	aração	97,7	1 h e 15 min.
041	Valmet 118	aração	97,7	1 h e 15 min.
038	Valmet 118/4	aração	98,7	1 h
056	Valmet 128	limp. cana	97,5	1 h e 15 min.
047	Valmet 128	limp. cana	98,8	1 h
057	Valmet 128/4	transporte	90,8 ■	3 h e 30 min
042	Valmet 148/4	limp. cana	98,0	1 h e 15 min.
054	Mas Ferg 295	subsol+cult	99,0	1 h
055	Mas Ferg 295	aração	98,0	1 h e 15 min.
052	Mas Fer 295/4	aração	98,5	1 h
053	Mas Fer 295/4	subsol+cult	97,7	1 h e 15 min.
050	Mas Fer 296	subsol+cult	98,5	1 h e 15 min.
051	Mas Fer 296	aração	98,0	1 h e 15 min.
036	Ford 7610 T	subsol+cult	100,7	45 min.
027	C.B.T. 2105	transporte	97,0 ■	1 h e 15 min.
033	C.B.T. 2105	transporte	90,8 ■	3 h e 30 min.
171	C.B.T. 2105	aração	100,7	45 min.
175	C.B.T. 2105	subsolagem	101,0	45 min.
223	C.B.T. 2105	cultivo	100,5	45 min.
176	C.B.T. 8060	gradagem	98,2	1 h
174	C.B.T. 8060	escarific.	99,8	1 h
172	C.B.T. 8060	sulcag+adub	100,5	45 min
034	C.B.T. 8060	transporte	93,2 ■	2 h e 15 min.
035	C.B.T. 8060	subsol+cult	99,8 ■	1 h
173	C.B.T. 8260	aração	101,8	45 min.
170	C.B.T. 8260	gradagem	100,2	45 min.
169	C.B.T. 8260	subsolagem	104,3	30 min.
031	C.B.T. 8060/4	aração	96,5 ■	1 h e 15 min.
032	C.B.T. 8060/4	gradagem	95,7 ■	1 h e 45 min.
Tempo Máximo de Exposição Diária Permissível, de acordo com a N.R.-15, Portaria nº 3214, da C.L.T. ■ : tratores equipados com cabine				

Nota-se claramente a impossibilidade de se operar um trator por 1 hora, ou 45 minutos, como estabelece a lei. Verifica-se que, mesmo nos tratores com cabines, esse tempo aumenta para 3 horas (FERNANDES et alii, 1991b). HARTDEGEN & AKINS (1972), trabalhando com tratores de grande porte, com cabines, que geravam 90 dBC(A) no interior da cabine, conseguiram reduzir esse nível para valores inferiores a 80 dBC(A), com o uso de cabines acústicas.

O quadro 19 apresenta uma comparação direta entre os dados do presente trabalho, com os valores obtidos por FERNANDES et alii (1990b), para as mesmas condições de ensaio (*mesmos modelos de tratores e operação agrícola*) apenas diferenciando no sistema de suporte do medidor : enquanto neste

QUADRO 19 - Comparação direta entre os níveis médios de ruído encontrados neste trabalho com outras publicações para os tratores do grupo "C".

Neste trabalho			FERNANDES		
Mar	Operação	NPS dBC(A)	Mar	Operação	NPS dB (A)
<i>Valmet 118</i>					
3ªR	aração	97,7	—	aração	95,0
			—	gradagem	94,0
			—	subsolagem	98,0
<i>Massey Ferguson 296</i>					
3ªR	subol. + cultiv	98,5	—	aração	98,0
2ªR	aração	98,0	—	gradagem	96,0
			—	subsolagem	100,0
<i>C. B. T. 2105</i>					
2ªR	aração	100,7	—	aração	100,0
2ªR	subsolagem	101,0	—	subsolagem	106,0
3ªR	cultivo	100,0	—	gradagem	97,0
3ªR	transporte	97,0			
FERNANDES : medidas realizadas por FERNANDES et alii (1990b), com o operador do medidor de ruído ao lado do tratorista.					

trabalho o microfone do medidor era preso a um suporte próximo ao ouvido do tratorista (item 4.1.2.), no outro trabalho o medidor era suportado por um técnico, em pé, ao lado do tratorista. Os resultados se mostraram bastante próximos.

O quadro 20 apresenta a comparação dos níveis deste trabalho com os valores obtidos, para os mesmos tratores, em pista de concreto, segundo a Norma NBR 9999. Os valores se mostraram bastante próximos, com uma leve superioridade dos níveis medidos no presente trabalho, referentes à trabalho real no campo.

O quadro 21 apresenta a comparação dos níveis do presente trabalho, com os valores encontrados por outros autores (estrangeiros), para tratores do mesmo porte. Note-se que HUGO (1988), utilizando tratores de grande porte com cabines, obteve níveis abaixo de 85 dB(A). BERDUCAT (1988), realizando medições em um trator de 123 cv, para condições muito semelhantes às utilizadas neste trabalho, obteve níveis muito baixos.

QUADRO 21 - Comparação dos resultados deste trabalho com os dados de outros autores, para tratores de características próximas (grupo "C").

AUTORES (ANO DA PUBL.)	CARACTERÍSTICAS DO ENSAIO	CARACTERÍSTICAS DO TRATOR	NPS DO Ruído
VASEY & BAILLIE (1961)	medida em trabalho real com vários escapamentos	tratores de 110 cv	entre 95 e 110 dB
HUGO (1988)	medida em pista de concreto de acordo com a Nor- ma ISO 5131	trator com 129 cv com cabine	84 dBC(A)
		trator com 140 cv com cabine	82 dBC(A)
ROWLEY (1967)	medições realizadas à 1,5 m do trator	tratores de grande porte	95 dB
	medições realizadas à 15 m do trator		85 dBC(A)
JANSEN (1966)	medidas realizadas nas curvas A e B	tratores com mais de 100 cv	entre 103 e 112 dB
BERDUCAT (1988)	medições ao lado do ouvido do tratorista, em trabalho real	Trator Renault 133 - 14T com cabine: 123 cv colheita de milho roçagem aração	83 dBC(A) 78 dBC(A) 78 dBC(A)
ROBERT (1988b)	medições em pista de concreto de acordo com a norma ISO 5131	Trator Renault 133 - 14T com cabine: 123 cv	média de 88,5 dBC(A)
	medições em câmara semi-anecóica		entre 85 e 86 dBC(A)
HARTDEGEN & AKINS (1972)	medições em pista de concreto de acordo com a norma ISO 5131	Trator de grande porte com cabine	90 dBC(A)
		com a cabine redimensionada	86,3 dBC(A)
O PRESENTE TRABALHO (1991)	medições ao lado do ouvido do tratorista, em trabalho real de campo	tratores com potência entre 100 e 150 cv	valores entre 90,8 e 104,3 dBC(A)

Para o grupo "D" (tratores com mais de 200 cv) foi ensaiado 1 trator, com 6 medições. Os dados obtidos foram:

- Trator : Case 2470
- Características : com pneus e com cabine
- NPS : 87,2 dBCA)
- NPS F : 68,0 dBCA)
- Coef. Var. : 1,69 %
- G.L. : 5
- Operação Agrícola : Reboque

As medições realizadas próximas ao ouvido direito e esquerdo do tratorista não apresentaram diferenças significativas.

Os níveis de ruído medidos estão muito próximos aos limites estipulados pela N.R.-15, da C.L.T. para 8 horas de trabalho diário (tabela 2). Isso graças a cabine acústica, com ar condicionado e boa vedação, instalada no trator.

CAMPANA (1984), realizou ensaios com o mesmo modelo de trator, em operação de aração, e obteve valores entre 83 e 89 dB, com moda em 87 dB. Esses níveis são bastante próximos aos encontrados no presente trabalho.

Para o grupo de tratores com esteiras, foram ensaiados 11 tratores, num total de 66 medições. Os resultados gerais dos ensaios para esse grupo, estão no quadro 22.

QUADRO 22 - Resultados gerais dos ensaios para tratores de esteiras

- Dos 11 tratores ensaiados, 7 possuíam cabines
- ⇒ Em 54% das medições, foi utilizado o protetor de ventos.
- O número de horas de uso dos tratores medidos, estava entre 1110 e 7500 horas (64% dos tratores apresentavam o horímetro danificado).
- Em nenhum dos ensaios, foi necessária a correção da medida do ruído, em função do ruído de fundo.
- ⇒ Em todos os ensaios, as medições foram realizadas com o tratorista sentado.
- Todos os tratores usavam motor diesel.
- ⇒ As medições realizadas próximas ao ouvido direito e esquerdo do tratorista não apresentaram diferenças significativas. A análise de variância resultou em variação não significativa, e o teste de Tukey não acusou diferença entre as médias para todos os tratores

Como mostrado no quadro 23, entre os 11 tratores ensaiados, 7 possuíam cabines. Porém, nenhuma dessas cabines, eram dotadas de vedação e isolamento acústico, ventilação ou ar condicionado, o que fazia com que o tratorista, operasse o trator com as portas e janelas da cabine abertas. Em algumas medições, em que foi solicitado ao tratorista para fechar a cabine, os níveis diminuíram entre 2 e 3 dB, o que demonstra a pequena isolamento acústica.

Os níveis de ruído se mostraram muito elevados, com pequena variação em função da operação agrícola executada. Isso ocorreu, porque todas as operações ensaiadas, exigiam grandes forças de tração. O quadro 24 mostra os valores médios do nível de ruído para cada trator do quadro 23.

QUADRO 24 - Nível de ruído médio das operações agrícolas para os modelos de tratores de esteiras

Trator	NPS M dB(A)	Coef. Var. (%)	G. L.	DMS	Tukey
Caterp. D6-DSA	102,6	1,25	17	2,04	ab
Caterp. D6-DSR	101,7	0,95	11	1,44	abc
Caterp. D4-EDD	102,3	1,44	05	—	abc
Fiatalis 7BTA	99,8	1,47	05	—	c
Fiatalis 7D	101,3	0,85	11	—	bc
Komatsu D60E	104,2	1,71	05	—	a
Komatsu D65E	104,3	2,57	05	—	a
<i>Trat. Esteiras</i>	102,3	1,49	41	2,77	
NPS M : Nível de ruído médio para todos os tratores do modelo OBS : A análise de variância mostrou variação significativa ao nível de 1% nas medições. DMS : Diferença média significativa ao nível de 5% de probabilidade					

Os níveis se mostraram extremamente elevados (média de 102,3 dB(A)), atingindo condições críticas de conforto e grande perigo de perda de audição. Em comparação com os níveis da norma NB-95, a média do nível de ruído para as operações agrícolas desse grupo, está 27,3 dB acima do limite máximo permitido. Quanto à legislação, os tempos máximos de exposição permitidos

FERNANDES et alii (1991b), ensaiando tratores com cabines, também encontrou altos níveis de ruído, em função da pequena atenuação acústica nas cabines. FERNANDES (1990a), constatou o desconforto na operação de tratores, prevendo, por essa razão, uma diminuição da produtividade do trabalho do tratorista.

Uma visão global do nível de ruído em operações agrícolas com tratores, pode ser vista na quadro 27, que apresenta os níveis médios para cada grupo, o coeficiente de variação, os graus de liberdade, e a diferença mínima significativa para 5% de probabilidade. É apresentada também a média geral do nível de ruído para os 198 tratores da amostragem, igual a 97,06 dB(A).

QUADRO 27 - Comparação entre os Níveis Médios de Ruído para os diversos grupos

Grupo	NPS M dB(A)	Coef. Var. (%)	G.L.	DMS
"A" (até 49 cv)	98,97	0,84	29	1,08
"B" (50 ↔ 99 cv)	96,49	0,74	125	1,52
"C" (100 ↔ 199 cv)	98,23	1,42	77	1,42
"D" (mais que 200cv)	87,17	1,69	05	5,17
Esteiras	102,17	1,49	41	2,77
MÉDIA GERAL PONDERADA PARA TRABALHO REAL NO CAMPO = 97,06 dB(A)				

Nota-se que as operações agrícolas com tratores do grupo "A" (até 49 cv) apresentam níveis de ruído maiores que as operações do grupo "B" (entre 50 e 99 cv). Isso pode ser explicado por 4 razões:

- o grupo "A" é formado por tratores menores, com motores mais leves e de regime de rotação mais elevado, o que gera mais ruído;
- este grupo de tratores geralmente operam com implementos que também geram ruído, não sendo empregados em operações que exigem grandes forças de tração;
- normalmente não existe um projeto acústico aprimorado do sistema de escape desses pequenos motores;

pela C.L.T. (tabela 1) estão mostrados no quadro 25.

QUADRO 25 - Operações agrícolas dos tratores de esteiras com os tempos máximos de exposição diária permissível

Nº E	Trator	Operação	NPS dB(A)	Tempo Máx. de Expos.
081	Caterp. D6-DSA	cultiv+adub.	102,0	45 min.
161	Caterp. D6-DSA	subsol+cult.	102,3	35 min.
162	Caterp. D6-DSA	sub+cult+ad.	103,0	35 min.
168	Caterp. D6-DSR	subsolagem	101,0	45 min.
177	Caterp. D6-DSR	sub+cult+ad	102,3	35 min.
167	Caterp. D4-EDD	terraplenag	102,3	35 min.
163	Fiatalis 7BTA	subsolagem	99,8	1 hora
178	Fiatalis 7D	cultiv+adub.	103,5	35 min.
164	Fiatalis 7D	escarific.	99,2	1 hora
166	Komatsu D60E	subsolagem	104,2	30 min.
165	Komatsu D65E	subsolagem	104,3	30 min.
Tempo máximo de exposição diária Permissível, de acordo com a N.R. 15, Portaria nº 3214, da C.L.T.				

A comparação dos níveis medidos no presente trabalho com valores obtidos pelo CENEA estão no quadro 26. Cabe lembrar que os dados do CENEA se referem a medições realizadas de acordo com a Norma NBR 9999. Os níveis para trabalho real se mostraram pouco superiores aos dados com carro dinamométrico.

QUADRO 26 - Comparação direta entre os níveis de ruído encontrados neste trabalho com outras publicações para os tratores de esteiras.

Neste trabalho			CENEA
Mar	Operação	NPS dB(A)	NPS dB (A)
Fiatalis 7D			
3ª R	cultivo + adubaç	103,5	100
3ª R	escarificação	99,2 ■	
Komatsu D65E			
3ª R	subsolagem	104,3	97
■ : trator equipado com cabine			

→ existe maior proximidade entre o operador e os elementos geradores de ruído (motor).

ROWLEY (1967), estudou tratores de diversas potências, e chegou a mesma conclusão ("em comparação com os maiores, os pequenos são mais ruidosos"), atribuindo essa diferença à rotação dos motores menores. THONSON (1983), mostrou que, para condições idênticas, o ruído é proporcional à potência, e que o principal fator gerador de ruído é a rotação do motor. Isso explica a diferença dos níveis dos grupos "A" e "B".

O nível médio de ruído do grupo "D", apresentou-se bastante baixo, em razão de neste grupo ter-se apenas 1 trator e o mesmo estava equipado com cabine acústica.

A média geral de 97,06 dB(A), pode ser extrapolada como a média do nível de ruído para as operações agrícolas com tratores para todo o Brasil. Este nível pode ser considerado muito elevado, apontando um problema de insalubridade por ruído, que pode provocar desconforto e perda de audição aos operadores dessas máquinas. Pelas leis brasileiras (portaria 3.214/78 da C.L.T.), os operadores de tratores no Brasil, poderiam trabalhar, em média, 1 horas e 15 minutos por dia (tabela 2).

O quadro 28 apresenta, a título de comparação, o nível de ruído em alguns equipamentos, principalmente para autoveículos. A comparação desses níveis, com os valores obtidos no presente trabalho, deixa claro que os equipamentos agrícolas são mais ruidosos que a maioria das máquinas, e que o tratorista é um dos trabalhadores mais sujeitos a situações insalubres.

A Norma ISO 1999 (1975), estabelece, no seu anexo B, uma tabela que estima o risco de perda auditiva para pessoas submetidas a níveis elevados de ruído. O quadro 29, apresenta a reprodução parcial dessa tabela, para os níveis de 95 e 100 dB (deve-se lembrar que, a média de 97,06 dB para as operações agrícolas, representa um valor intermediário na tabela). Os números da tabela são as porcentagens de pessoas com perda de audição em um grupo de estudo, em função do tempo de exposição.

Para os operadores de máquinas agrícolas, as

QUADRO 28 - NÍVEL DE RUÍDO DE ALGUMAS MÁQUINAS

Autor	Local/Operação	Critério de medida	Nível
Pinter (1973)	indust. têxtil serraria	ISO 1999	97 a 101 dB 90 a 98 dB
Davies (1964)	operação de helicóptero	no interior da cabine	81 a 89 dB
Raff & Perry (1973)	operação de automóveis	no interior do automóvel	de 79,5 a 83,5 dB
Hardley (1956)	operação de motocicleta	a 10 pés da motocicleta	média de 92,5 dB
Leverton (1991)	operação de helicóptero	no interior da cabine	média de 83 dB
FERNANDES (1990c)	operação de caminhão	no interior da cabine	média de 84,8 dB
Shelley (1983)	operação de locomotiva elétrica	no interior da cabine	84 a 87 dB
	diesel		82 a 91 dB
FERNANDES (1991a)	marcenaria	NBR 7131	86 a 114 dB

QUADRO 29 - Porcentagem de pessoas com perda de audição, em função do nível de ruído e do tempo de exposição, segundo a Norma ISO 1999 (1977)

Nível de Ruído [dB]	Anos de Exposição								
	05	10	15	20	25	30	35	40	45
95	09	20	29	35	39	45	53	62	73
100	14	32	42	49	53	58	65	74	83

condições de trabalho são mais severas que as previstas no quadro 29, pois, além do ruído, existe a vibração. A associação desses dois fatores, acelera ainda mais a perda auditiva (PINTER, 1973; YOKOYAMA, 1974; HANERNIK, 1989; MANNINEN, 1983), devendo ocorrer porcentagens maiores que as do quadro 27, em relação aos operadores de máquinas agrícolas.

5.1.2. - Níveis de Ruído com o Trator Parado

Nos 198 tratores dos 5 grupos ("A", "B", "C", "D" e "esteiras"), foram determinados os níveis de ruído com o trator parado, e apenas o motor em funcionamento, em várias rotações, sem carga.

Os valores médios para cada grupo, em função da rotação do motor, são apresentados no quadro 30.

QUADRO 30 - Níveis médios de ruído para o trator parado, sem carga, em função da rotação do motor [dB(A)].					
ROT. MOTOR	GRUPO "A"	GRUPO "B"	GRUPO "C"	GRUPO "D"	ESTEIRAS
500	**	78,2	79,1	**	86,2
800	81,2	80,3	82,3	70,1	88,3
1000	82,1	82,9	84,5	76,2	89,4
1200	83,9	84,3	86,9	79,9	89,8
1400	85,2	86,5	88,2	81,2	90,2
1600	88,3	88,2	92,3	82,8	92,3
1800	91,4	89,4	94,4	84,2	93,4
2000	93,5	91,6	94,5	**	96,7
2200	95,1	**	**	**	**
** - os valores medidos não permitiram uma média com precisão ROT. MOTOR → Rotação do motor em rotações por minuto [rpm]					

Os valores do quadro 30 se mostraram com pouca variação, pois o coeficiente de variação ficou abaixo de 3,0 %. Quanto ao teste de Tukey, não foi possível aplicá-lo em razão do tamanho das amostras, diferentes para cada grupo. Aplicando-se a regressão linear para os dados de cada grupo, obteve-se relações entre a rotação do motor e o nível de pressão sonora :

Grupo "A" :

$$\text{NPS}_{\text{mot}} = 0,0107 \times \text{RPM} + 71,54 \quad \text{com } r^2 = 0,97$$

Grupo "B" :

$$\text{NPS}_{\text{mot}} = 0,0090 \times \text{RPM} + 73,60 \quad \text{com } r^2 = 0,99$$

Grupo "C" :

$$\text{NPS}_{\text{mot}} = 0,0110 \times \text{RPM} + 73,57 \quad \text{com } r^2 = 0,98$$

Grupo "D" :

$$\text{NPS}_{\text{mot}} = 0,0131 \times \text{RPM} + 62,05 \quad \text{com } r^2 = 0,89$$

Grupo "esteiras" :

$$\text{NPS}_{\text{mot}} = 0,0062 \times \text{RPM} + 82,85 \quad \text{com } r^2 = 0,93$$

O comportamento do nível de ruído em função da rotação, se mostrou bastante linear. O coeficiente de determinação r^2 para cada grupo, se mostrou próximo de 100%, comprovando o comportamento linear do ruído. No grupo "D" o desvio dos dados foi maior, pela razão de ser apenas um trator ensaiado.

Quanto aos níveis encontrados para cada grupo, a tendência é do NPS ser proporcional à potência dos motores, com desvios para os grupos "A" e "D" (*ambos pelas razões já expostas no item anterior*).

THOMPSON (1983), ensaiando tratores de pequeno porte, também encontrou respostas muito próximas da linear (ruído X rotação), comprovando também que a alta rotação gera níveis elevados de ruído : para um motor de 6 kW, mediu 96 dBC(A) para 2000 rpm; 100 dBC(A) para 2500 rpm; 102 dBC(A) para 3000 rpm; e 106 dBC(A) para 3500 rpm. A empresa Volvo, durante testes de tratores com cabine (VOLVO, 1988), para tratores de grande porte (*comparáveis ao grupo "D"*), encontrou os seguintes valores :

800 rpm	→	65 dBC(A)
1000 rpm	→	71 dBC(A)
1200 rpm	→	70 dBC(A)
1400 rpm	→	72 dBC(A)
1600 rpm	→	81 dBC(A)
1800 rpm	→	78 dBC(A)
2000 rpm	→	78 dBC(A)
2200 rpm	→	79 dBC(A)
2400 rpm	→	81 dBC(A)

Esses dados podem ser comparados diretamente com os níveis do grupo "D" do quadro 30, pois além de representar um trator do mesmo porte, ambos foram realizados com cabine. Os

dados se mostram bastante próximos, embora os níveis da empresa sejam inferiores.

FERNANDES et alii (1990b), ensaiando tratores de diversas potências, chegou a valores próximos aos do quadro 30. FERNANDES et alii (1991b), comparando tratores com e sem cabines, encontrou níveis de ruído próximos aos deste trabalho, constatando também o baixo isolamento acústico das cabines.

Quanto a comparação entre o nível de ruído de uma operação agrícola (NPS) e o nível de ruído do motor (NPS_{mot}), utilizou-se da seguinte equação :

$$\Delta NPS = NPS - NPS_{mot}$$

onde NPS_{mot} é o nível de ruído do motor (na mesma rotação da operação agrícola) para o trator parado.

Aplicando-se a equação acima, para os 198 tratores da amostragem, obteve-se os seguintes valores médios :

grupo "A" → 2,4 dB(A)

grupo "B" → 4,8 dB(A)

grupo "C" → 3,2 dB(A)

grupo "D" → 2,5 dB(A)

grupo "est" → 6,1 dB(A)

Essa diferença ΔNPS equivale a soma dos seguintes fatores: acréscimo do nível de ruído do motor com e sem carga; ruído gerado em função do deslocamento do trator; ruído do implemento. Portanto, quando o ΔNPS é baixo, tem-se o motor como a principal fonte de ruído; quando o ΔNPS é alto, caracteriza-se a existência de outras fontes, além do motor. Assim, os dados mostram que, no grupo "A", o motor é a fonte mais importante de ruído. Nos grupos "B" e "C", já existem outras fontes, enquanto que no grupo de tratores com esteiras, o ruído do rodado tem predominância sobre o ruído do motor. O grupo "D", por ser apenas um trator, com cabine, os dados não seguem a tendência.

A influência do implemento no ruído de uma operação agrícola, foi estudada por FERNANDES et alii (1991c).

5.1.3. - Ensaios Comparativos

O quadro 31 apresenta os resultados gerais e alguns parâmetros dos ensaios comparativos.

QUADRO 31 - Resultados gerais para os ensaios comparativos

Tratores e sua situação durante as medições	
→ <i>Massey Ferguson:</i>	■ Modelo : 290 4x2, com 82 cv (<i>sem cabine</i>) ■ Horas de uso : 580 horas ■ Marchas usadas : 2ª, 3ª, 4ª e 5ª. ■ Rotações do motor : 1600 e 1800 rpm.
→ <i>Ford:</i>	■ Modelo : 6610 4x2, com 83 cv (<i>sem cabine</i>) ■ Horas de uso : 55 horas ■ Marchas usadas : 2ª, 3ª, 4ª e 5ª. ■ Rotações do motor : 1700 e 1900 rpm
→ <i>Valmet:</i>	■ Modelo : 880 4x2, com 84 cv (<i>sem cabine</i>) ■ Horas de uso : 1150 horas ■ Marchas usadas : 2ª, 3ª, 4ª e 5ª. ■ Rotações do motor : 1700 e 1900 rpm.
→ <i>C.B.T.:</i>	■ Modelo : 8240 4x2, com 81 cv (<i>sem cabine</i>) ■ Horas de uso : 850 horas ■ Marchas usadas : 1ª, 2ª, 3ª e 4ª ■ Rotações do motor : 1700 e 1900 rpm.
Implementos usados	
→ <i>Arado:</i>	□ Características : 4 discos de 28 polegadas
→ <i>Grade:</i>	□ Características : 18 discos de 24 polegadas
→ <i>Subsolador:</i>	□ Características : 6 hastes
→ <i>Escarificador:</i>	□ Características : 7 hastes
Características do solo	
→	Solo arenoso da região de Bauru
→	<i>Estimativa do teor de água em função das condições pluviométricas :</i> os ensaios foram repetidos para solo seco e úmido - Os ensaios em solo seco foram realizados nos dias 13 e 14/8/90, com 15 dias sem chuvas (<i>Havia chovido 2,3 mm no dia 28/7/90, e 2,5 mm no dia 25/7/90</i>) Os ensaios em solo úmido ocorreram no dia 12/12/90, com 40,6 mm de chuva no dia 11/12. Ambos os ensaios foram realizados no mesmo local.
OBS : Os demais parâmetros foram mantidos constantes.	

Os resultados comparativos dos ensaios estão no quadro 32. Obteve-se os níveis de ruído para duas rotações do motor, duas marchas diferentes, medidos para o mesmo solo (com repetições para solo seco e úmido). São 128 valores médios (6 medidas em cada) num total de 768 medições de ruído.

QUADRO 32 - Níveis médios de ruído obtidos nos ensaios comparativos [dB(A)]

trator ↓	rpm ↓	ARAÇÃO		GRADAGEM		SUBSOLAGEM		ESCARIFIC.		MÉDIA
		úmido	seco	úmido	seco	úmido	seco	úmido	seco	
Massey Ferg. 290	1600	96,2 97,0	97,3 97,6	96,7 97,0	97,5 97,6	98,3 98,5	99,0 99,5	95,8 96,3	96,3 97,3	97,14 97,60
	1800	96,8 97,8	97,3 98,3	95,7 96,5	96,5 97,3	98,7 99,0	99,5 99,7	95,8 95,8	96,0 96,3	97,04 97,63
Ford 6610	1700	95,7 97,5	97,5 98,5	96,3 97,0	97,2 97,3	98,8 99,0	99,3 99,8	96,3 96,5	97,7 97,7	97,35 97,91
	1900	99,0 99,3	100,5 100,0	97,0 97,7	97,8 98,0	99,3 99,7	99,7 100,2	97,0 96,0	98,0 96,5	98,54 98,43
Valmet 880	1700	95,5 96,3	95,6 96,8	94,8 95,3	94,3 95,7	98,5 98,8	98,5 99,0	97,7 98,2	96,7 98,0	96,45 97,26
	1900	95,7 96,8	96,5 97,1	95,5 95,8	95,7 96,3	99,0 99,3	99,5 99,5	98,0 98,3	97,7 99,2	97,20 97,79
C. B. T. 8240	1700	97,0 97,8	97,8 98,6	96,2 97,0	96,0 97,0	98,5 99,0	99,0 100,3	97,0 97,3	97,7 98,8	97,44 98,23
	1900	98,2 98,3	99,5 100,3	97,2 97,7	97,0 98,0	98,0 100,0	100,1 101,3	98,1 98,5	98,7 99,3	98,35 99,18
MÉDIAS		97,2	98,09	96,46	96,84	98,90	99,62	97,04	97,62	—

Obs : os dois níveis de ruído que aparecem em cada quadro, representam as marchas do trator: para aração e escarificação, o número superior se refere às medições realizadas em 3ª marcha (2ª para o C.B.T.) e o inferior à 4ª marcha (3ª para o C.B.T.); para a subsolagem, o nº superior equivale à 2ª marcha (1ª para o C.B.T.) e o inferior à 3ª marcha (2ª para o C.B.T.); para a gradagem, o nível superior se refere à 4ª marcha (3ª para o C.B.T.), e o inferior à 5ª marcha (4ª para o C.B.T.).

Os dados do quadro 32 oferecem elementos importantes na análise dos parâmetros que influem no ruído de uma operação agrícola.

A influência da marcha do trator, mostrou que, para as 64 análises do quadro 32, em 58 (91%) o ruído foi maior na marcha mais longa (ou de velocidade maior), em 3 casos foi igual, e em outros 3 casos foi maior na marcha mais reduzida.

A análise estatística comprova que a marcha do trator tem influência sobre o nível de ruído : para o trator Massey Ferguson 290, tanto em 1600 como em 1800 rpm, a análise de variância indicou diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade, enquanto que o teste de Tukey também apontou diferenças significativas entre as médias; para o trator C.B.T. 8240, os resultados foram os mesmos. Quanto ao trator Valmet 880, ocorreu diferença significativa ao nível de 1% entre os níveis de ruído, para 1700 rpm, e ao nível de 5% para 1900 rpm, enquanto que o teste de Tukey também apontou diferenças significativas entre as médias. Para o trator Ford 6610, a análise de variância indicou variação ao nível de 5% para 1700 rpm, e o teste de Tukey também indicou variação significativa entre as médias; para 1900 rpm não foram acusadas variações, nem na análise de variância, nem no teste de Tukey. A diferença mínima significativa apresentou valores maiores para o trator Ford 6610 (0,6648 e 0,5113 dB(A)), enquanto que para os demais se manteve abaixo de 0,4 dB(A); o mesmo ocorreu com o coeficiente de variação : foi maior para o trator Ford (0,44 % e 0,57 %), se mantendo abaixo de 0,4 % para os demais.

As diferenças entre os níveis de ruído, para a marcha mais rápida e mais lenta, nos 4 tratores foram :

$$\text{Massey Ferg 290} \left\{ \begin{array}{l} 1600 \text{ rpm} \rightarrow 0,46 \text{ dB(A)} \\ 1800 \text{ rpm} \rightarrow 0,59 \text{ dB(A)} \end{array} \right.$$

Ford 6610	$\left\{ \begin{array}{l} 1700 \text{ rpm} \longrightarrow 0,56 \text{ dBCA} \\ 1900 \text{ rpm} \longrightarrow -0,11 \text{ dBCA} \end{array} \right.$
Valmet 880	$\left\{ \begin{array}{l} 1700 \text{ rpm} \longrightarrow 0,81 \text{ dBCA} \\ 1900 \text{ rpm} \longrightarrow 0,59 \text{ dBCA} \end{array} \right.$
C.B.T. 8240	$\left\{ \begin{array}{l} 1700 \text{ rpm} \longrightarrow 0,79 \text{ dBCA} \\ 1900 \text{ rpm} \longrightarrow 0,83 \text{ dBCA} \end{array} \right.$

O trator Ford 6610, em 1900 rpm, apresentou média do nível de ruído na marcha mais rápida menor que na marcha mais lenta.

ZAMBERLAN et alii (1988), também realizou medições comparativas de ruído para cada marcha dos tratores, porém adotando a metodologia da NBR 9999 (*pista de concreto*), e utilizando outros modelos de tratores. Mesmo a comparação sendo difícil, na maioria das análises, a tendência de maiores níveis de ruído na marchas mais longas se confirmou.

A comparação entre os níveis de ruído para as duas rotações dos motores dos tratores, apontou variações significativas (1% de probabilidade), para os tratores Ford 6610, Valmet 880, e C.B.T. 8240, com o teste de Tukey confirmando a análise. Para o trator Massey Ferguson, a análise de variância não acusou variações significativas nos níveis de ruído, e o teste de Tukey também não apontou diferenças entre as médias. Das 64 comparações realizadas, em 54 (84 %) o ruído foi diretamente proporcional à rotação do motor; em 8 análises (12,5 %) a rotação menor teve maior ruído, e em 2 casos (3,1 %) os níveis foram iguais. A diferença média, a diferença mínima significativa, e o coeficiente de variação, para os níveis de ruído nas duas rotações, para os 4 tratores foram:

Massey Ferguson	{	Diferença média = 0,04 dBC(A) Diferença mínima sig = 0,345 dBC(A) Coeficiente de variação = 0,47 %
-----------------	---	--

Ford 6610	{	Diferença média = 0,84 dBC(A) Diferença mínima sig = 0,597 dBC(A) Coeficiente de variação = 0,81 %
-----------	---	--

Valmet 880	{	Diferença média = 0,64 dBC(A) Diferença mínima sig = 0,191 dBC(A) Coeficiente de variação = 0,26 %
------------	---	--

C.B.T. 8240	{	Diferença média = 0,93 dBC(A) Diferença mínima sig = 0,277 dBC(A) Coeficiente de variação = 0,37 %
-------------	---	--

Na comparação entre os níveis de ruído medidos em solo seco e úmido, as variações foram significativas para as 4 operações. A análise de variância indicou variação significativa ao nível de 1% para as 4 operações, e o teste de Tukey confirmou a análise. Nas 64 comparações do quadro 32, em 60 delas (94 %) o nível foi maior em solo seco, em 3 casos ocorreu o inverso, e em 1 caso os níveis foram iguais. A diferença entre os níveis de ruído medidos para solo seco e úmido, bem como a diferença mínima significativa e o coeficiente de variação, para as quatro operações, foram :

ARAÇÃO	$\left\{ \begin{array}{l} \text{diferença média} = 0,9 \text{ dB(A)} \\ \text{diferença mínima sign} = 0,287 \text{ dB(A)} \\ \text{Coeficiente de variação} = 0,39 \% \end{array} \right.$
GRADAGEM	$\left\{ \begin{array}{l} \text{diferença média} = 0,38 \text{ dB(A)} \\ \text{diferença mínima sign} = 0,212 \text{ dB(A)} \\ \text{Coeficiente de variação} = 0,29 \% \end{array} \right.$
SUBSOLAGEM	$\left\{ \begin{array}{l} \text{diferença média} = 0,71 \text{ dB(A)} \\ \text{diferença mínima sign} = 0,277 \text{ dB(A)} \\ \text{Coeficiente de variação} = 0,37 \% \end{array} \right.$
ESCARIFICAÇÃO	$\left\{ \begin{array}{l} \text{diferença média} = 0,58 \text{ dB(A)} \\ \text{diferença mínima sign} = 0,345 \text{ dB(A)} \\ \text{Coeficiente de variação} = 0,47 \% \end{array} \right.$

Quanto à influência do implemento e do trator no nível de ruído de uma operação agrícola, optou-se por apresentar os dados médios do quadro 32, fazendo-se a comparação entre esses dois parâmetros. Assim, o quadro 33 apresenta a média dos 8 níveis medidos para cada trator e cada implemento (quadro 32), bem como os resultados do teste de Tukey.

A análise de variância mostrou que a operação influencia bastante o nível de ruído : para os quatro tratores houve variações significativas (1 % de probabilidade) no nível de ruído, sendo que o teste de Tukey também confirmou a análise. Como nos ensaios em trabalho real de campo, o ruído se mostrou diretamente proporcional à força de tração (ou à potência) da operação agrícola, sendo a subsolagem a mais ruidosa (com média geral de 99,26 dB(A)), acompanhada pela aração (97,64 dB(A)),

escarificação (97,33 dB(A)), e gradagem (96,65 dB(A)).

FERNANDES et alii (1990b), ensaiando tratores semelhantes ao do presente trabalho, chegou as mesmas conclusões (quadro 12). O mesmo autor repetiu os ensaios para tratores de maior porte, sendo confirmada a tendência (quadro 19).

Quanto a influência dos tratores no ruído de uma operação agrícola, a análise de variância não acusou diferenças significativas nos níveis medidos, e o teste de Tukey classificou os 4 tratores num mesmo grupo. Pelos valores da "média Geral", mostrados no quadro 33, nota-se a pequena variação entre os níveis de ruído dos 4 tratores.

QUADRO 33 - Comparação entre os níveis de ruído, em função do trator e da operação executada [dB(A)].

	MASSEY FERG 290		FORD 6610		VALMET 880		C. B. T 8240	
	NPS M	TK ₁	NPS M	TK ₁	NPS M	TK ₁	NPS M	TK ₁
ARAÇÃO	97,33	b	98,50	a	96,21	c	98,43	b
GRADAGEM	96,85	b	97,29	b	95,42	d	97,05	c
SUBSOLAGEM	99,03	a	99,48	a	99,01	a	99,53	a
ESCARIFIC.	96,20	c	96,96	b	97,98	b	98,18	b
D. M. S.	0,5817		1,0175		0,3872		0,6385	
Coef. Var.	0,43 %		0,74 %		0,29 %		0,47 %	
Média Geral	97,35		98,06		97,16		98,30	

5.1.4. - Resultados da Análise Espectral

5.1.4.1. - Resultados das Medições no Posto de Trabalho do Tratorista

O espectro de frequências do ruído (em bandas de uma oitava de frequências), para os dois tratores ensaiados, com medições próximas ao ouvido do tratorista, é mostrado na figura 14.

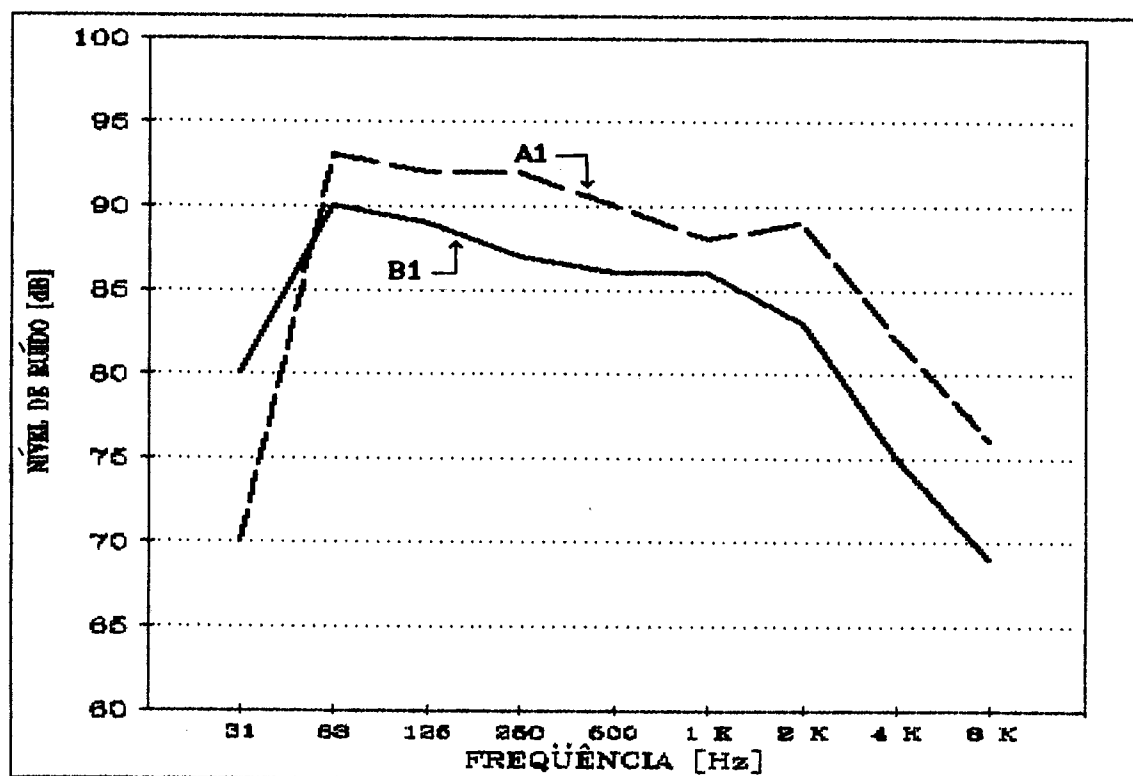


FIGURA 14 - Espectro de frequências para os tratores ensaiados. (A1=Ford 6610 - B1=Mas. Ferg. 290) - 1900 rpm - trator parado

O espectro de frequências do ruído dos tratores, pode ser analisada pelas "curvas NCB" (Balanced Noise Criterion Curves), criadas por BERANEK (1989a) e BERANEK (1989b). A figura 15 mostra a comparação dos espectros medidos com as curvas NCB.

As curvas NCB-10 até NCB-65, equivalem a níveis de conforto de locais de trabalho. A curva NCB-65 representa o máximo desconforto, com impossibilidade de comunicação oral ou por

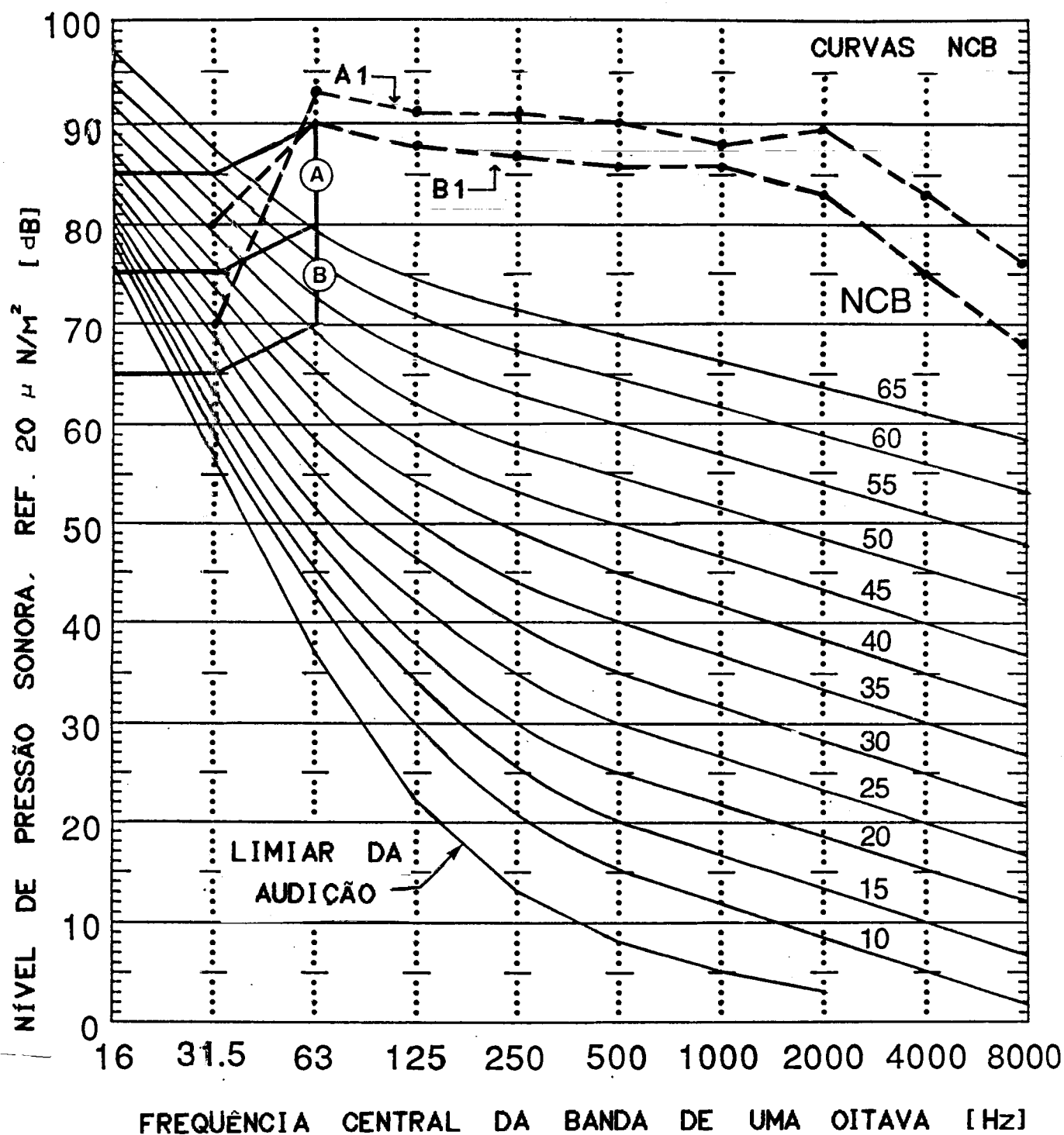


FIGURA 15 - Comparação entre as curvas NCB e o espectro do ruído dos tratores

telefone, porém, sem ocasionar perda de audição. Verifica-se que os espectros do ruído dos 2 tratores, estão acima das curvas de conforto, se encontrando na região de perda de audição. O espectro do trator Massey Ferguson 290, ultrapassa, em alguns pontos, a curva NCB-85, sendo (em média) equivalente à curva NCB-82. O espectro do trator Ford 6610, chega a ultrapassar a curva NCB-90, equivalendo, em média, a curva NCB-87. Nota-se, claramente, que mesmo se tratando de tratores parados, com o motor sem carga (1900 rpm), os níveis de ruído são muito elevados, ultrapassando os limites de conforto, e se colocando em regiões prejudiciais à saúde do operador.

Observa-se ainda que os espectros de frequências dos 2 tratores ensaiados, cortam as regiões A e B do diagrama da figura 15, indicando a existência de um ruído de grande intensidade e baixa frequência (*esse tipo de som é conhecido pelo termo "rumble"*), que pode causar vibrações perceptíveis em estruturas leves, e em paredes. BRONER & LEVENTHAL (1982), BRONER & LEVENTHAL (1980), YAMAMURA et alii (1988), PERSSON & RYLANDER (1988), e MARIMOTO & MAEKAWA (1988), estudaram o desconforto deste tipo de ruído, concluindo ser bastante prejudicial à saúde das pessoas.

A Divisão de Engenharia Agrícola (DEA), ensaiou esses mesmos tratores em pista de concreto tracionando o carro dinamométrico, obtendo valores de ruído superiores ao deste trabalho. Para o trator Massey Ferguson 290 (com motor à álcool) os valores atingiram 104 dB(A) em 63 Hz, e para o trator Ford 6600 (muito semelhante ao 6610), o nível de ruído atingiu 95 dB(A) para 63 Hz.

FERNANDES et alii (1990b), também ensaiou 3 tratores nacionais, encontrando espectros bastante semelhantes ao deste trabalho. FERNANDES et alii (1991b), estudou o espectro de frequências de tratores com cabines, constatando uma pequena atenuação acústica. FERNANDES et alii (1991a), durante o estudo das fontes de ruído em tratores, obteve espectros de frequências próximos aos deste trabalho. ROBIN (1987), ensaiou 12 tratores

nacionais, em pista de concreto, e encontrou níveis de ruído maiores que deste trabalho.

Outros autores, como LIERLE & REGER (1958), HUANG & SUGGS (1968), ROWLEY (1967), mediram o espectro de frequências de tratores, encontrando curvas muito semelhantes ao deste trabalho, ou seja : os valores máximos de ruído são medidos nas frequências entre 63 e 125 Hz, se mantém com um nível elevado até 500 ou 1000 Hz, e depois o nível se atenua para as frequências maiores.

BERDUCAT (1988), estudou o espectro de ruído de tratores com cabine, e demonstrou um projeto de isolamento acústico capaz de diminuir o pico que ocorre em baixas frequências. FERNANDES et alii (1991a), também estudou o isolamento acústico dos tratores nacionais, através da medida do espectro de frequências do ruído no posto de trabalho do tratorista, e obteve como resultado uma atenuação muito pequena.

5.1.4.2. - Caracterização das Fontes de Ruído.

Como foi apresentado no item 5.1.1., o ruído em operações agrícolas é a somatória do ruído do trator e do implemento. Mostrou-se que alguns implementos são auto-geradores de ruído (roçadora, colhedora de milho), e outros geram ruído de maneira indireta, exigindo esforços do trator (subsolador, arado, etc). FERNANDES et alii (1991c), fez uma análise detalhada da influência do implemento no ruído da operação agrícola.

Quanto ao ruído do trator, na impossibilidade de isolar-se as fontes de ruído, optou-se por trabalhar com o espectro de frequências do som, através de comparações para alguns pontos de medida. Assim, foi possível apenas caracterizá-las, mas não quantificá-las (a quantificação das fontes exigiria que os ensaios fossem realizados em câmara semi-anecóica, medindo-se isoladamente cada fonte). Na simples observação racional de um trator, pode-se, com certa facilidade, identificar as principais fontes de ruído (as fontes sonoras são pontos onde há a geração de

pressão no ar - som - geralmente causada por elementos de máquinas em movimento ou gases em expansão). A literatura sobre as fontes de ruído em veículos motorizados é vasta, todas indicando o motor como a principal fonte.

Para um trator agrícola, as fontes primárias de ruído são:

- a exaustão dos gases
- a aspiração de ar
- o ventilador
- a bomba hidráulica
- a transmissão
- a bomba injetora
- outras fontes (válvulas, comandos, pneus, correias, rolamentos, fluidos, etc.)

Para maior facilidade de compilação dos dados, como também de compreensão, decidiu-se resumir as fontes acima, em 4 principais:

»»»» a exaustão dos gases : referente ao ruído causado pela expulsão dos gases queimados do motor para a atmosfera.

»»»» a aspiração do ar : referente ao ruído causado pela passagem do ar pelo filtro, para posterior ingresso no motor.

»»»» o ventilador : referente ao ruído causado pela hélice do ventilador de arrefecimento do motor.

»»»» ruído de radiação : se refere ao som radiado pelas superfícies do trator em movimento vibratório, como resultado da combustão, rotação de órgãos, desbalanceamento de sistemas, e outros movimentos oscilatórios.

A figura 16 mostra o espectro de frequências (com intervalos de uma oitava) para os tratores estudados : as curvas A1 e B1 são as mesmas da figura 14 (se referem as medidas realizadas com o microfone próximo ao ouvido do tratorista, de acordo com a Norma NBR 9999), e as curvas A2 e B2 às medidas realizadas à 30 cm do escapamento

O aumento do pico em 63 Hz deixa claro que a sua

existência se deve aos pulsos causados pelos gases da exaustão. O segundo pico, em 125 Hz, pode significar uma das harmônicas dos pulsos de pressão. A frequência dos pulsos dos gases, para motores de 4 tempos, pode ser calculada pela equação:

$$F_p = \frac{R_m \cdot N_c}{120} \quad [5.1]$$

onde:

F_p = frequência dos pulsos dos gases [Hz]

R_m = rotação do motor [rpm]

N_c = número de cilindros do motor.

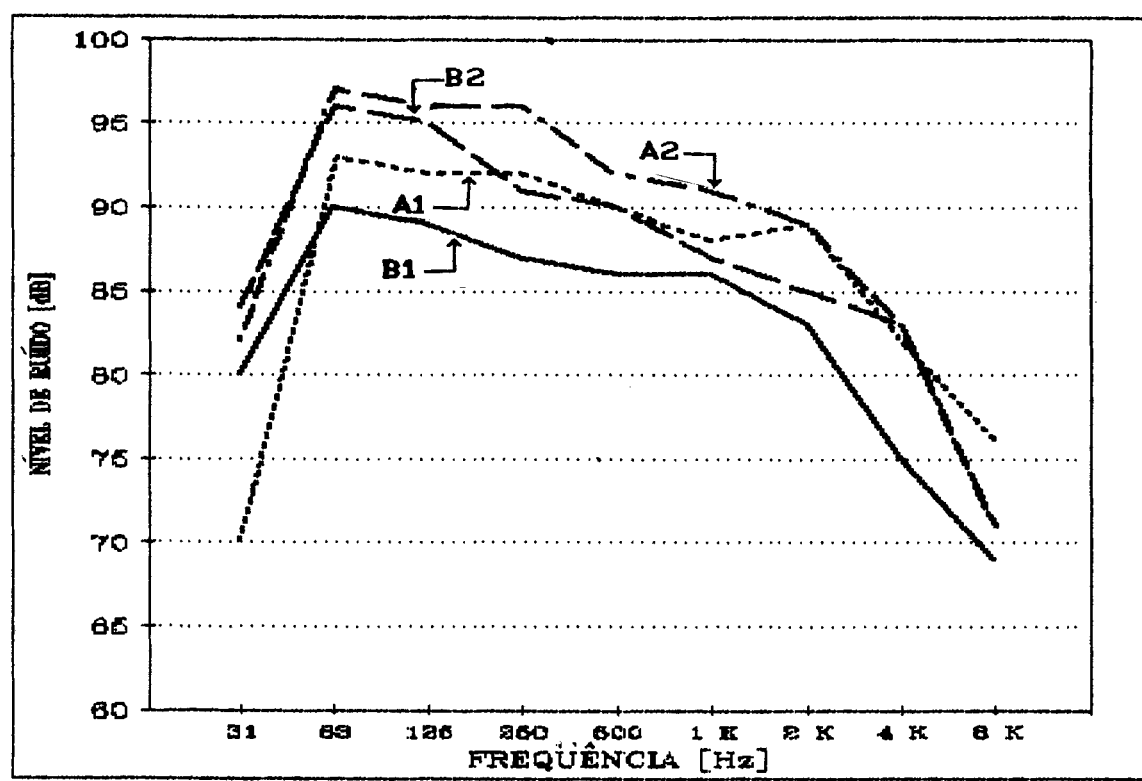


FIGURA 16 - Comparação entre os espectros de frequências do ruído de tratores. A1 e B1 : próximo ao ouvido do tratorista. A2 e B2 : próximo ao escapamento

A figura 17 compara as curvas A1 e B1, que foram medidas com o motor à 1900 rpm, com as curvas A3 e B3, com o motor à 1000 rpm (ambas as medidas próximas ao ouvido do tratorista).

Usando a equação [5.1] tem-se:

————→ para 1900 rpm —————→ $F_p = 63 \text{ Hz}$

————→ para 1000 rpm —————→ $F_p = 33 \text{ Hz}$

o que comprova que o pico existente no espectro de frequências de um trator, é devido a exaustão dos gases pelo escapamento.

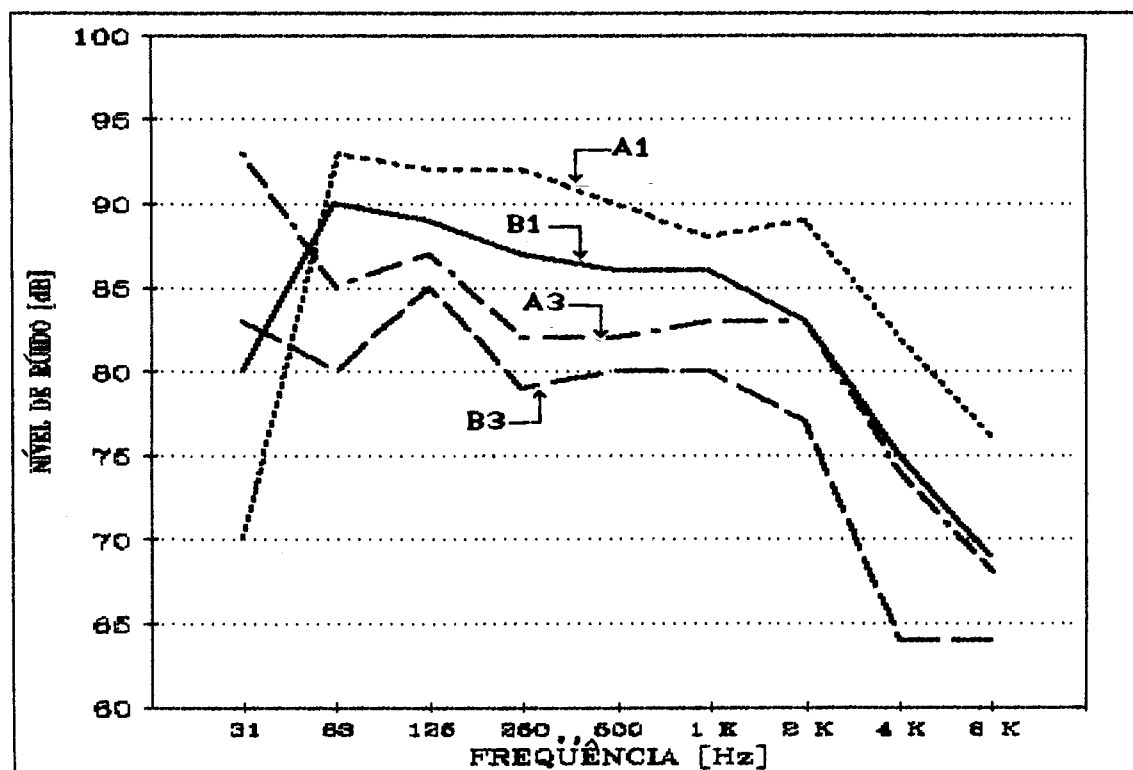


FIGURA 17 - Comparação entre os espectros de frequências dos tratores. A1 e B1 : 1900 rpm. A3 e B3 : 1000 rpm.

As características do ruído de exaustão são:

- mostrou-se um ruído de grande intensidade, sendo a maior entre as fontes de ruído em tratores.

- seu espectro de frequências apresentou como pico a frequência F_p , caindo rapidamente o nível para frequências maiores e menores. Dependendo do projeto do escapamento, podem aparecer as harmônicas, sendo a mais evidente a 1ª harmônica com frequência de uma oitava acima de F_p .

- o seu nível mostrou-se diretamente proporcional à rotação do motor (em razão da turbulência dos gases), e a carga do motor.

A figura 18 mostra a comparação entre o espectro de frequências do ruído medido próximo ao ouvido do tratorista (curvas A1 e B1), e medido próximo (20 cm) ao filtro de ar do motor (curvas A4 e B4). Deve-se considerar que, ao se aproximar o microfone do filtro de ar, automaticamente se aproxima da hélice do radiador e do escapamento.

Na aspiração, o ar é succionado para dentro do motor também aos pulsos, na frequência F_p dada pela equação [5.1], porém com um pico menos evidente que na exaustão. O turbilhonamento dos gases na entrada dos dutos de admissão, a formação de vórtices, a passagem pelo filtro de ar, além do movimento pulsante, dão aos gases um escoamento bastante turbulento, com a formação de muitas harmônicas no espectro de frequências.

O espectro da figura 18 mostra os seguintes aspectos do ruído gerado pela aspiração de ar :

- um ruído de média intensidade, quando comparado com outras fontes.

- um pico a frequência F_p , mas se mantém com valores próximos ao pico por (pelo menos) duas oitavas de frequência acima de F_p .

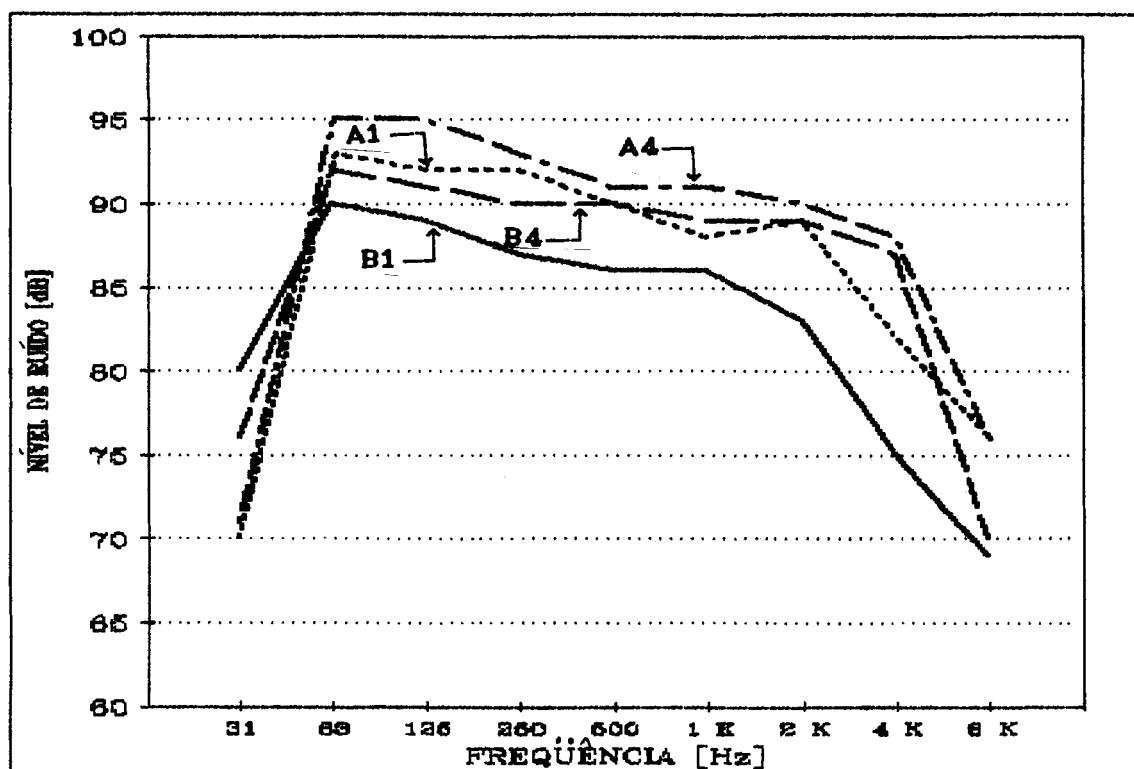


FIGURA 18 - Influência da admissão do ar no ruído do trator. A1 e B1 : próximo ao ouvido do tratorista. A4 e B4 : próximo ao filtro de ar. Motor com 1900 rpm.

A figura 19 mostra a comparação dos espectros de frequências para os 2 tratores : as curvas A1 e B1, referentes as medidas feitas próximas ao ouvido do tratorista, e as curvas A5 e B5 realizadas com o microfone próximo à hélice do radiador.

Neste caso, todo o ruído é concentrado na frequência das pás da hélice (F_0) e suas harmônicas $2.F_0$, $3.F_0$, etc, onde:

$$F_0 = \frac{R_m \cdot N_p}{60} \quad [5.2]$$

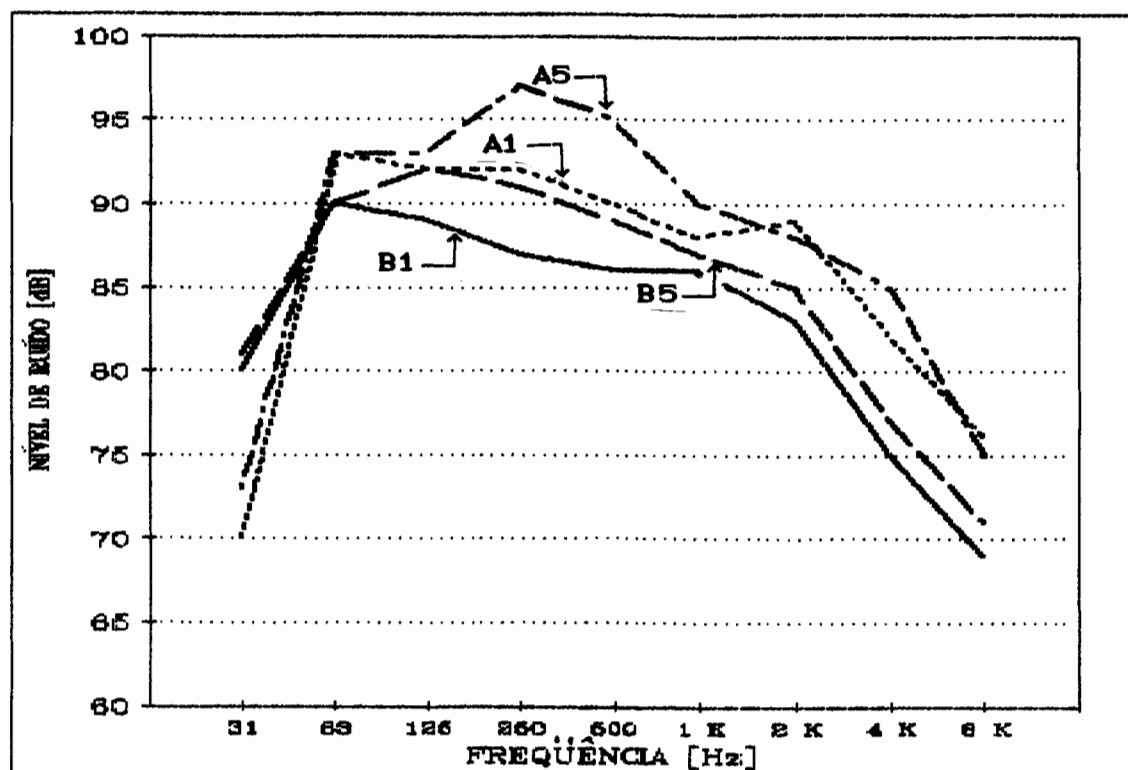


FIGURA 19 - Influência do ventilador no ruído do motor. A1 e B1 : medidas realizadas próximo ao ouvido do tratorista. A5 e B5 : medidas próximas a hélice do ventilador. Motor : 1900 rpm.

onde:

F_0 = frequência da componente fundamental do ruído das pás da hélice [Hz].

R_m = rotação do motor [rpm].

N_p = número de pás.

Para os tratores ensaiados, os ventiladores giravam com as seguintes características:

»»»» Trator A (Ford 6610):

- Rotação da hélice = 1,26 vezes a rotação do motor
- Número de pás da hélice = 7

»»»» Trator B (Massey Ferguson 290):

- Rotação da hélice = 1,34 vezes a rotação do motor
- Número de pás da hélice = 4

As frequências F_0 , de acordo com a equação [5.2], ficam:

»»»» Trator A : $F_{0A} = 279$ Hz

»»»» Trator B : $F_{0B} = 169$ Hz

O espectro da figura 19, mostra os seguintes aspectos do ruído do ventilador:

- um ruído de média intensidade, normalmente abaixo do ruído de aspiração de ar.

- seu espectro de frequências se distribui por toda a faixa audível, apresentando um pico na frequência F_e .

O ruído de radiação é a soma do movimento de centenas de partes do trator: os elementos em rotação (polias, engrenagens, rolamentos, rotores de bombas, eixos, etc.), os elementos em translação (válvulas, tuchos de válvulas, pistões, guias, etc.), os elementos em roto-translação (correias, pneus, correntes, bielas, etc.), e os fluidos (água do radiador, óleo do motor, óleo da bomba hidráulica, etc.). Todas essas partes, ao se movimentarem, causam vibrações, que são transmitidas à estrutura do trator, gerando ruído. Se mostra como um ruído de média intensidade, nivelando-se aos ruídos do ventilador e de admissão de ar.

ROWLEY (1967), fez uma análise bastante detalhada das fontes de ruído em tratores, chegando, praticamente, aos mesmos resultados deste trabalho. HARTDEGEN & AKINS (1972), também quantificou as fontes, elegendo as exaustão dos gases como a principal. HUTCHINGS & VASEY (1964), investigaram as fontes primárias de ruído em tratores e qualificou o ruído de exaustão como o de maior nível. ROBERT (1988b), analisando um trator Renault, classificou as principais fontes, colocando como as maiores, o ruído do motor e seus acessórios, e o escapamento.

FERNANDES et alii (1991a), investigou as fontes de ruído em tratores nacionais, chegando a resultados que comprovam ser a exaustão dos gases a principal responsável pelo ruído do trator.

Muitos outros autores analisaram o ruído de veículos motorizados (HARDEY (1956); RAFF & PERRY (1973); DAVIS (1964); THOMPSON et alii (1983); HILLQUIST & DAVIS (1970), e outros), todos eles chegando a conclusões muito semelhantes : o motor é a principal fonte de ruído, principalmente o escapamento de gases.

5.2 - RESULTADOS DAS AVALIAÇÕES AUDIOMÉTRICAS NOS TRATORISTAS

Com respeito às avaliações audiométricas nos 111 operadores de máquinas da amostragem, os resultados foram divididos em :

5.2.1. - Resultados com respeito as condições de trabalho.

Na "ficha para investigação da perda de audição profissional", são avaliadas as condições de exposição ao ruído do trabalhador. Os resultados dessa análise estão mostrados no quadro 34 (em função da idade e do tempo de exposição).

Quadro 34 - Condições de trabalho declaradas pelos tratoristas da amostragem (números absolutos).

IDADE [anos] ↓	Jornada de Trabalho [h]			Usa E.P.I.		Sensação do ruído			
	< 8	= 8	> 8	sim	não	M. A.	alto	médio	baixo
> 20 e < 30	10	19	00	02	27	12	14	03	00
> 30 e < 40	03	21	10	03	31	16	16	02	00
> 40 e < 50	03	20	11	02	32	15	17	02	00
> 50 e < 60	02	05	05	01	11	05	07	00	00
> 60	00	01	01	00	02	01	01	00	00
TEMPO DE EXPOSIÇÃO [anos]									
> 0 e < 5	03	18	00	02	19	09	10	02	00
> 5 e < 10	07	14	04	02	23	11	12	02	00
> 10 e < 15	02	15	09	02	24	11	12	03	00
> 15 e < 20	01	05	04	01	09	04	06	00	00
> 20 e < 25	02	09	05	01	15	08	08	00	00
> 25	03	05	05	00	13	06	07	00	00
TOTAL	18	66	27	08	103	49	55	07	00
< 8 : Jornada de trabalho menor que 8 horas diárias = 8 : Jornada de trabalho igual a 8 horas diárias > 8 : Jornada de trabalho maior que 8 horas diárias E.P.I. : Equipamento de proteção individual M. A. : Sensação do ruído declarada muito alta.									

A compilação dos dados sobre as condições de trabalho dos tratoristas, apresentam elementos muito importantes

para a avaliação da dose de ruído imposta aos tratoristas.

Quanto a jornada de trabalho, 24,8 % dos entrevistados declararam trabalhar mais de 8 horas diárias, ou seja, em condições bastante severas, criando uma situação favorável para um dano auditivo mais precoce. O aumento das horas de trabalho, acima de 8 h/dia, pode ser analisada pelos seguintes aspectos:

→ a perda da audição desses tratoristas se estabelecerá acima das porcentagens previstas na Norma ISO 1999 (tabela 29);

→ a NR-15 da CLT, não prevê os níveis de ruído máximos permitidos, para jornadas de trabalho acima de 8 horas diárias (tabela 1 e 2). A Tabela 3 deixa claro que, nesses casos, as condições são mais severas;

→ a diminuição do período de repouso auditivo, agrava a situação. MERLUZZI (1981), menciona que, se entre os dois períodos de exposição não houver um tempo suficiente para completa recuperação da capacidade auditiva, é certo que a longo prazo se instaurará um dano auditivo permanente.

A utilização de trabalhadores em jornadas acima de 8 horas diárias é bastante comum no Brasil. CAMPANA (1984), cita que 100 % de sua amostragem de tratoristas declarou trabalhar "nunca menos que 8 horas por dia, sem repouso semanal. Três deles chegaram a trabalhar 11 a 12 horas diárias".

Notou-se durante as entrevistas, que a maior porcentagem dos tratoristas que declararam fazer jornadas de trabalho acima de 8 h/dia eram oriundos das usinas de açúcar e álcool e grandes fazendas. Os tratoristas das Prefeituras Municipais, UNESP, CODASP, EMDURB (*Empresa de Desenvolvimento Urbano e Rural de Bauru*) e pequenas fazendas, normalmente tem sua jornada de trabalho diária menor ou igual a 8 horas. Percebeu-se também, que a maior porcentagem de trabalhadores que executam jornadas de trabalho maiores que 8 h/dia, são os mais idosos, e de maior tempo de trabalho como operador de máquina.

Quanto ao uso de alguma proteção auditiva, 92,8 % dos tratoristas declarou não usar, mostrando a pouca conscientização sobre acidentes de trabalho, existente na área rural (veja também FERNANDES, 1985). As alegações mais comuns para a não

utilização do equipamento de proteção individual (E.P.I.), são, normalmente, de desconforto e de não eficiência do equipamento. Vários autores (BEDDOE, 1980; BEHAR et alii, 1976; BERGER & MITCHELL, 1980; CASALI et alii, 1987; DEMONGEOT et alii, 1980; LHUEDE, 1980; SHAW, 1966), estudaram a eficiência dos protetores auriculares e o seu conforto. Outros trabalhadores citam "*já estarem acostumados com o barulho*", confundindo a diminuição da sensibilidade auditiva, com uma possível acomodação do ouvido ao ruído. JERGER (1957), WRITE (1959) e EGAN (1955), estudaram a fadiga do aparelho auditivo, quando submetido a longos períodos de exposição ao ruído.

Quanto a pergunta : "Qual a sensação auditiva do ruído do trator ?", 40 % dos tratoristas declarou como *muito alto*, e 53 % como *alto*, enquanto que 7 % declarou como *médio*. Nenhum tratorista considerou o ruído como *baixo*. Estes dados comprovam o desconforto acústico existente na operação de máquinas agrícolas, discutido no item 5.1.1. deste trabalho (*em comparação com a Norma NB-95*), e no item 5.1.4.1 em comparação com as curvas NCB.

5.2.2. - Resultados dos Sintomas Causados pelo Ruído

O quadro 35 mostra os resultados da anamnese dos 111 tratoristas, quanto aos sintomas declarados, bem como às dificuldades de comunicação.

As figuras 20 e 21 apresentam os dados do quadro 35, em porcentagens.

Entre os 111 tratoristas, 42 % declarou sentir tontura com frequência, enquanto que 44 % tem problemas com zumbido. As figuras 20 e 21 mostram que a evolução dos sintomas é diretamente proporcional à idade e ao tempo de exposição. Cabe lembrar, que os tratoristas foram avaliados após 14 a 16 horas de repouso acústico, fazendo com que apenas os sintomas de zumbido e tontura permaneçam. Esses sintomas aparecem, normalmente, junto com a *perda temporária da audição (TTS)*, e em trabalhadores com muitos anos de exposição ao ruído, e com algum deficit auditivo.

QUADRO 35 - Sintomas apresentados pelos tratoristas (valores absolutos)

IDADE [anos] ↓	Tontura		Zumbido		Dif. Com. Or.		Dif. Com. Tel	
	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não
> 20 e < 30	06	23	10	19	02	27	02	27
> 30 e < 40	15	19	09	25	03	31	08	26
> 40 e < 50	18	16	22	12	16	18	11	23
> 50 e < 60	07	05	08	04	08	04	06	06
> 60	01	01	00	02	01	01	01	01
TEMPO DE EXPOSIÇÃO [anos]								
> 0 e < 5	03	18	06	15	02	19	01	20
> 5 e < 10	06	19	10	15	04	21	06	19
> 10 e < 15	14	12	10	16	05	21	07	19
> 15 e < 20	07	03	06	04	02	08	03	07
> 20 e < 25	08	08	09	07	07	09	05	11
> 25	10	03	08	05	10	03	06	07
TOTAL	47	64	49	62	30	81	28	83
Dif. Com. Or. = Dificuldade de comunicação oral Dif. Com. Tel. = Dificuldade de comunicação por telefone								

A título de comparação, COSTA et alii (1989) realizaram avaliações audiométricas em 3 indústrias, encontrando as seguintes porcentagens de queixas de zumbido :

- indústria de vidro → 47,2 %
- indústria metalúrgica → 26,1 %
- indústria de plásticos → 32,9 %

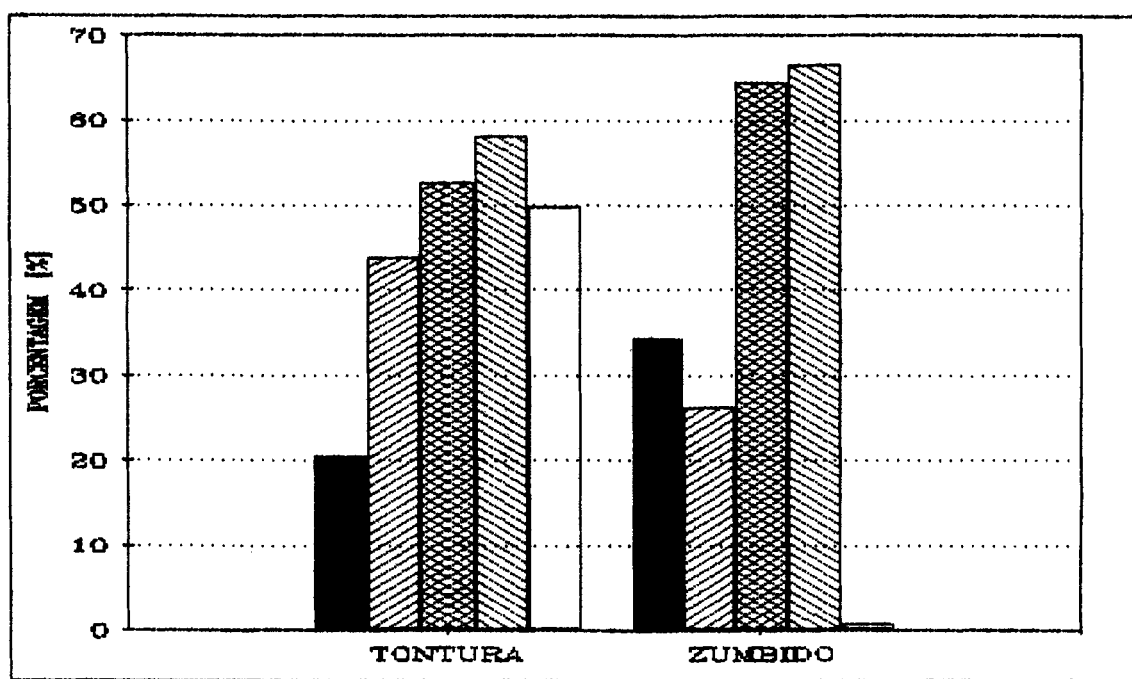


FIGURA 20 - Porcentagens dos tratoristas que declararam sentir sintomas de tontura e zumbido causados pelo ruído, em função da idade do tratorista [anos].
 ■ 20 - 30; ▨ 30 - 40; ▩ 40 - 50; ▤ 50 - 60; □ > 60

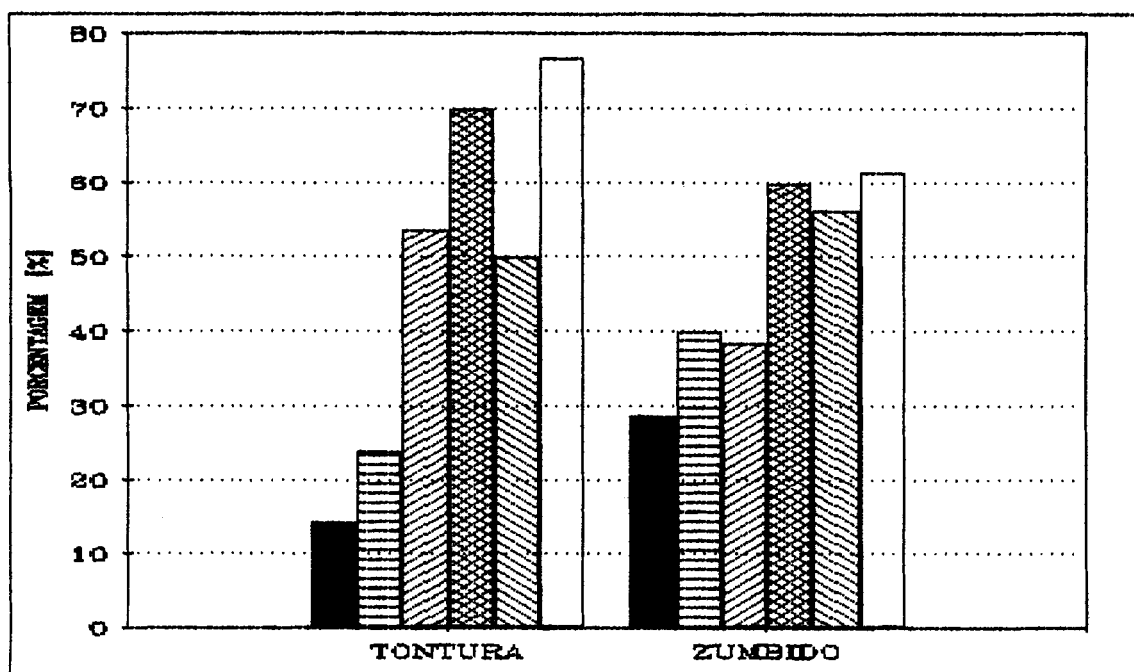


FIGURA 21 - Porcentagens dos tratoristas que declararam sentir os sintomas de tontura e zumbido causados pelo ruído, em função do tempo de exposição. ■ 0 - 5; □ 5 - 10; ▨ 10 - 15; ▩ 15 - 20; ▤ 20 - 25; □ > 25 anos.

DICKSEN et alii (1981), estudando a lesão auditiva de telefonistas, relataram que 23,3 % da amostragem declarou ter zumbidos durante o trabalho ou após o mesmo.

A dificuldade de escutar o que as pessoas falam (comunicação oral), e de escutar ao telefone (comunicação por telefone), refletem altos graus de perda auditiva. Entre os tratoristas avaliados, 27,0 % declarou ter dificuldade na comunicação oral, solicitando, com frequência, que as pessoas repitam o que disseram; 25,2 % declarou ter dificuldade na conversa por telefone. As Figuras 22 e 23 mostram que a dificuldade de comunicação oral e por telefone, são diretamente proporcionais à idade e ao tempo de exposição.

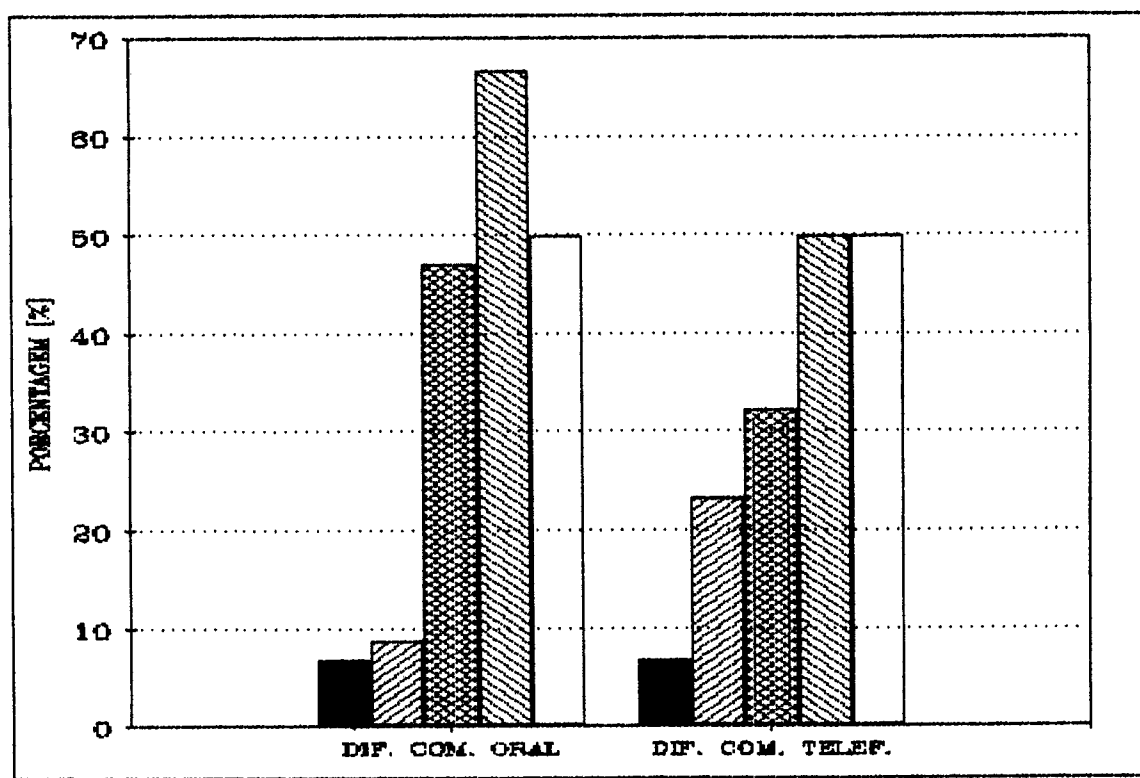


FIGURA 22 - Porcentagem de tratoristas com dificuldade de comunicação oral e por telefone, em função da idade [anos]
 ■ 20 - 30; ▨ 30 - 40; ▩ 40 - 50; ▮ 50 - 60; □ > 60 anos.

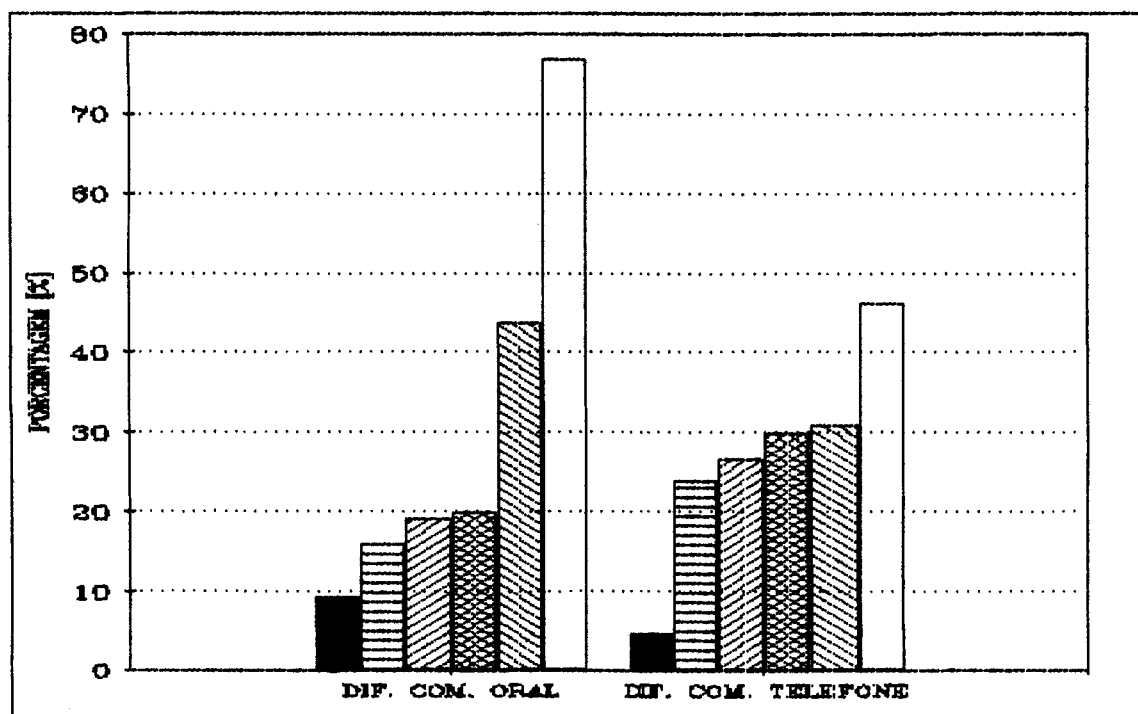


FIGURA 23 - Porcentagem de tratoristas com dificuldade de comunicação oral e por telefone, em função do tempo de exposição. ■ 0 - 5; ▨ 5 - 10; ▩ 10 - 15; ▤ 15 - 20; ▥ 20 - 25; □ > 25 anos.

5.2.3. - Resultados das audiometrias

Quanto a perda de audição verificada, o quadro 36 apresenta os resultados para os 222 ouvidos avaliados.

Os dados do quadro 36 revelam um índice de 34,7 % de ouvidos normais, 59,9 % de ouvidos com perda de audição provocada por ruído, 2,3 % dos ouvidos com déficit auditivo de etiopatía mista, e 3,2 % dos ouvidos com perda de audição provocada por causa diversa do ruído.

A figura 24 mostra essas porcentagens, graficamente.

As figuras 25 e 26 apresentam a perda de audição, em porcentagens, em função da idade e do tempo de exposição.

QUADRO 36 - Resultados das audiometrias, classificados segundo MERLUZZI (1979). (valores absolutos)

IDADE [anos] ↓	Níveis de perda de audição								
	0	1	2	3	4	5	6	7	total
> 20 e < 30	35	17	01	01	00	00	00	04	58
> 30 e < 40	28	20	10	03	00	03	02	02	68
> 40 e < 50	12	27	16	07	00	02	03	01	68
> 50 e < 60	02	08	08	04	00	02	00	00	24
> 60	00	02	01	01	00	00	00	00	04
TEMPO DE EXPOSIÇÃO [anos]									
> 0 e < 5	22	15	01	02	00	00	00	00	42
> 5 e < 10	19	14	03	05	00	07	00	02	50
> 10 e < 15	17	17	13	01	00	00	02	02	52
> 15 e < 20	05	10	03	02	00	00	00	00	20
> 20 e < 25	08	09	09	04	00	00	02	00	32
> 25	06	09	07	02	00	00	01	01	26
total	77	74	36	16	00	07	05	07	222
Os níveis de perda auditiva equivalem a : Nível 0 → normal ; Nível de 1 a 5 → perda de audição causada por ruído ; Nível 6 → perda de audição mista (ruído + outra causa) Nível 7 → perda auditiva de etiologia diversa do ruído									

Nota-se que o déficit auditivo evolui com a idade e com o tempo de exposição, comprovando ser o ruído a causa da hipoacusia. A figura 33 demonstra a precocidade da perda auditiva : para tratoristas com até 5 anos de trabalho, 42,9 % já apresentavam déficit auditivo; e entre 5 e 10 anos de exposição ao ruído do trator, 58,0 % já possuíam hipoacusia. Percebe-se, claramente, a severidade das condições de trabalho do tratorista.

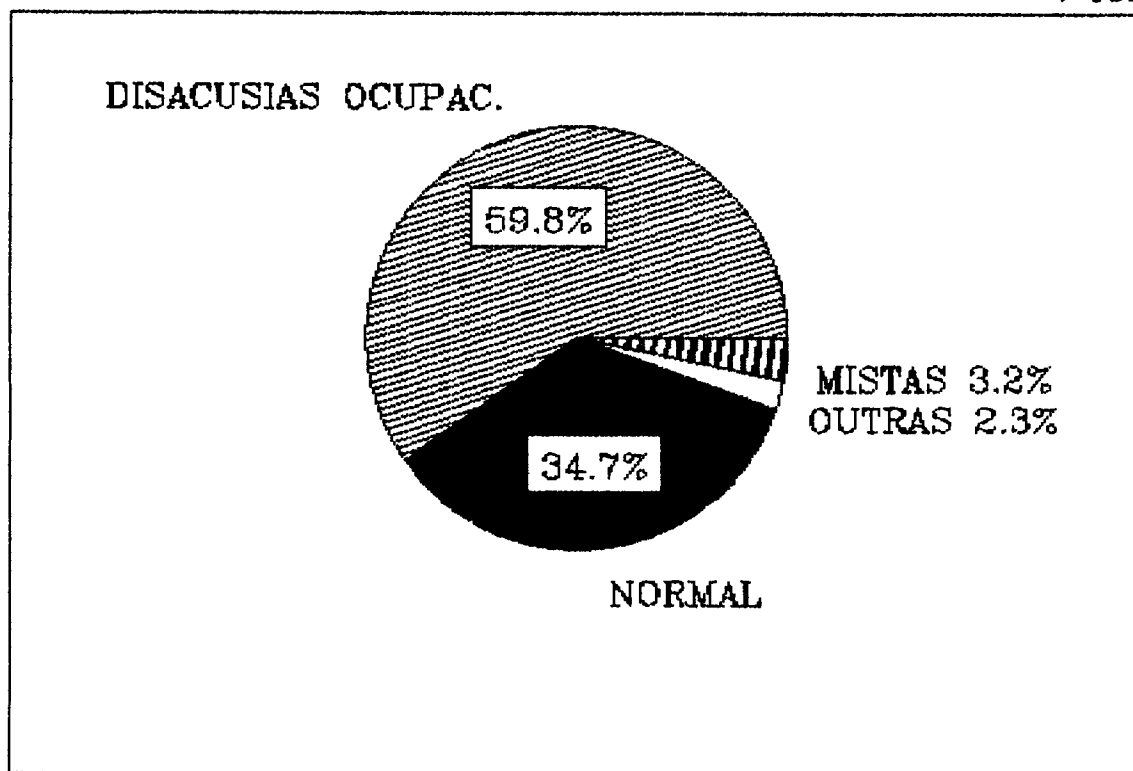


FIGURA 24 - Resultados da avaliação dos 222 ouvidos dos tratoristas da amostragem

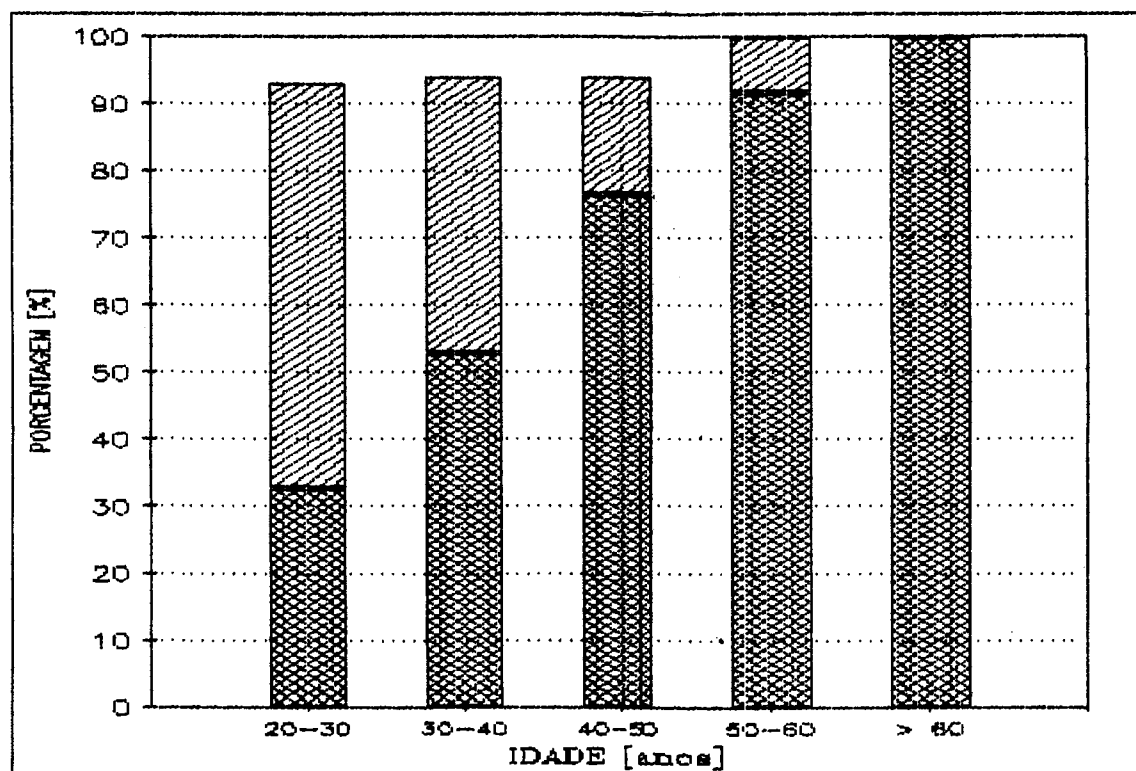


FIGURA 25 - Porcentagem da perda de audição, em função da idade do tratorista. ▨ lesão por ruído; ▤ normais.

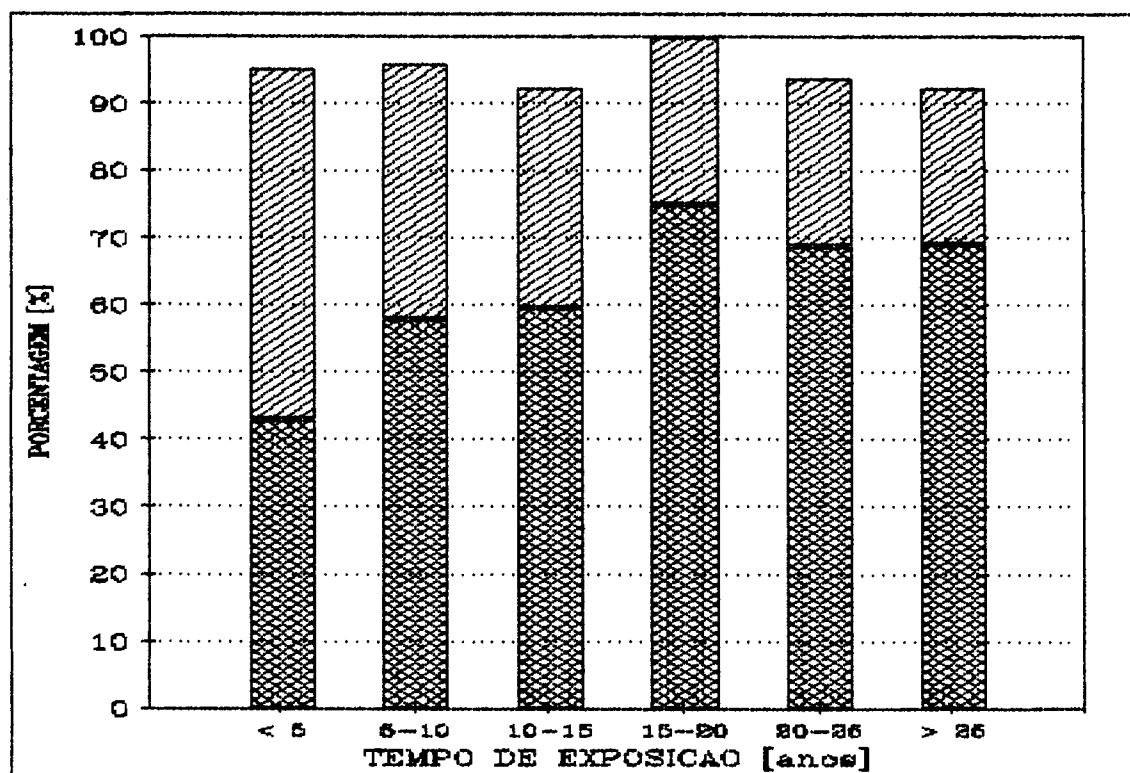


FIGURA 26 - Porcentagem da perda de audição, em função do tempo de exposição do tratorista. ■ lesão por ruído; ▨ normais.

Esses valores de perda auditiva estão acima dos dados encontrados na literatura. BELL (1956), fez a avaliação audiométrica em 56 ouvidos de tratoristas, encontrando 51,8 % de ouvidos normais. LIERLE & REGER (1958) avaliaram 80 tratoristas, encontrando 24 (30 %) normais.

No Brasil, MADUREIRA et alii (1990), analisaram 84 tratoristas, encontrando perda de audição em 64 % deles. CAMPANA (1977), estudou a audição de 21 tratoristas, encontrando 17 (85,7 %) com problemas em pelo menos um ouvido. FERNANDES & MADUREIRA (1991), estudando as avaliações audiométricas em tratoristas, encontrou 30,4 % normais e 64,2 % com perdas de audição causadas por ruído.

O quadro 37 mostra a comparação entre a perda auditiva dos ouvidos direito e esquerdo dos tratoristas.

QUADRO 37 - Comparação entre a perda auditiva nos ouvidos direito e esquerdo dos tratoristas

IDADE [anos] ↓	OUVIDO COM MAIOR PERDA DE AUDIÇÃO			
	Direito	Esquerdo	iguais	total
> 20 e < 30	04 (13,8%)	09 (31,0%)	16 (55,2%)	29
> 30 e < 40	05 (14,7%)	12 (35,3%)	17 (50,0%)	34
> 40 e < 50	03 (08,8%)	10 (29,4%)	21 (61,8%)	34
> 50 e < 60	00 (00,0%)	03 (25,0%)	09 (75,0%)	12
> 60	01 (50,0%)	01 (50,0%)	00 (00,0%)	02
TEMPO DE EXPOSIÇÃO [anos]				
> 0 e < 5	02 (09,5%)	06 (28,6%)	13 (61,9%)	21
> 5 e < 10	03 (12,0%)	10 (40,0%)	12 (48,0%)	25
> 10 e < 15	03 (11,5%)	09 (34,6%)	14 (53,8%)	26
> 15 e < 20	01 (10,0%)	04 (40,0%)	05 (50,0%)	10
> 20 e < 25	01 (06,2%)	03 (18,8%)	12 (75,0%)	16
> 25	03 (23,1%)	03 (23,1%)	07 (53,8%)	13
TOTAL	13 (11,7%)	35 (31,5%)	63 (56,8%)	111

Notou-se que 56,8 % dos tratoristas tiveram perda de audição bilateral, enquanto que 31,5 % tiveram perda maior no ouvido esquerdo e 11,7 % tiveram perda maior no ouvido direito. LIERLE & REGER (1958), encontraram 20 % dos tratoristas com perda unilateral, e 50 % com perdas bilaterais; nas conclusões do trabalho, os autores citam serem as perdas de audição no ouvido esquerdo maiores que no ouvido direito. CAMPANA (1977), entre 21 tratoristas estudados, encontrou 9 (42,9 %) com alteração bilateral, e 7 (33,3 %) com perda unilateral. A perda de audição maior no ouvido esquerdo, pode ser explicada em razão do movimento constante dos tratoristas para trás, girando a cabeça para a direita, e expondo o ouvido esquerdo ao ruído do motor. ROSA (1987), cita que, durante uma operação de aração, um tratorista se vira para trás de três a dez vezes por minuto. BUTLER & FLANNERY (1980), CARME (1988), MIDDLEBROOKS et alii (1989), e MILLS (1958), estudaram a sensibilidade direcional do ouvido humano para diferentes tipos de ruído.

Dos 111 tratoristas da amostragem, 32 retornaram após 6 meses, para refazer os exames (quando da 1ª avaliação audiométrica, os tratoristas foram conscientizados do problema que possuíam, e orientados para repetirem os exames a cada 6 meses). Dos 32 operadores, 22 (68,8 %) apresentavam o mesmo grau de perda de audição do primeiro exame, e 10 tratoristas (31,2 %) tiveram o déficit auditivo aumentado. Dos 32 tratoristas que fizeram o 2º exame, 7 retornaram para uma 3ª avaliação (1 ano após a primeira). Desses, 5 (71,4 %) apresentavam lesão auditiva aumentada em relação ao primeiro exame, e 2 operadores (28,6 %) não tiveram alterações auditivas. Apenas 1 tratorista retornou para uma 4ª avaliação (18 meses após a 1ª), e foi constatado aumento da perda auditiva.

A título de comparação, o quadro 38 apresenta as perdas auditivas encontradas por outros autores para várias profissões.

QUADRO 38 - Comparação da perda de audição para várias profissões.

Tipo de indústria	Nível de Ruído	% de Trabalh. normais	Autor
Tecelagem	75 a 98 dB	63,3	ANDRADE & SHOCHAT (1988)
Metalúrgica	66 a 113 dB	60,1	
Papel	80 a 104 dB	64,4	
Vidro	74 a 112 dB	61,4	
Moinhos	67 a 100 dB	57,1	
Pedreiras	+ que 100 dB	38,2	
Farmacêutica	- que 100 dB	86,5	
Vidro	82 a 100 dB	38,4	COSTA et alii (1989)
Metalúrgica	—	45,2	
Plásticos	—	60,8	
Telefonistas	—	27,9	DIRCKSEN et alii (1981)
Tratoristas	média de 97,06 dB(A)	34,7	o presente trabalho
Obs : na análise desta tabela, deve-se considerar a metodologia usada pelos autores nas avaliações audiométricas			

Retomando-se a tabela da Norma ISO 1999 (quadro 29), pode-se fazer uma verificação dos valores encontrados. Mediu-se um nível de ruído médio nas operações agrícolas de 97,06 dBC(A), encontrou-se um tempo médio de exposição ao ruído de 13,13 anos (*média ponderada da tabela 8*), e obteve-se uma perda de audição induzida por ruído em 59,9 % dos tratoristas.

Utilizando-se a interpolação linear dos dados do Quadro 29, obtém-se:

		10 anos	15 anos
		↓	↓
Para 95 dB	→	20 %	29 %
		↓	↓
Para 97,06 dB	→	24,9 %	34,4 %
		↑	↑
Para 100 dB	→	32 %	42 %

Para 13,13 anos de exposição, tem-se :

	10 anos	→	13,13 anos	←	15 anos
	↓		↑		↓
97,06 dBC(A) →	24,9 %	→	30,85 %	←	34,4 %

Esta porcentagem é notadamente menor (*praticamente a metade*) do valor encontrado (59,9%) no presente trabalho. Explica-se essa diferença pelos seguintes fatores :

→ A norma ISO 1999, prevê a jornada de trabalho de 8 horas diárias, enquanto que 24,6 % dos tratoristas da amostragem, declararam trabalhar acima desse período. Isso, além de sobrecarregar o aparelho auditivo, diminui o tempo de descanso, acelerando o processo da perda de audição.

→ O principal fator gerador dessa diferença, é a existência de altos níveis de vibração no posto de trabalho do tratorista (ROBIN (1987) mediu esses níveis de vibração). Inúmeros autores (PYKKO et alii, 1973; PINTER, 1973; YOKOYAMA, 1974; TANEIWSKI & BANASZKIEWISKI, 1973; HANERNIK et alii, 1989; PRIEDE, 1967) são unânimes em afirmar, que a associação da

vibração ao ruído aumenta bastante a perda auditiva em trabalhadores. PINTER (1973), fez comparações com perda de audição de trabalhadores expostos aos mesmos níveis de ruído, uns com vibração e outros sem (*inclusive tratoristas*), obtendo grandes diferenças, principalmente para os trabalhadores com grande tempo de exposição. TANEIWSKI & BANASZKIEWISKI (1973), cita que, em um grupo de trabalhadores em que 10 % tinham perda de audição, ao passarem a ser expostos também à vibração, essa porcentagem subiu para 40 % em 10 anos.

Seja qual for a forma de análise, os resultados médios encontrados neste trabalho (de 97,06 dB(A) para o nível de ruído de tratores, e 59,9 % de tratoristas com perda de audição induzida por ruído), apontam para a existência de insalubridade por ruído na operação de tratores nacionais.

6 - CONCLUSÕES

A análise dos resultados obtidos, nas condições dos ensaios, permitiu apresentar as seguintes conclusões :

→ De maneira geral, os tratores apresentaram níveis de ruído muito acima dos limites de conforto estabelecidos pela Norma NB 95, como também, acima do limite de 85 dBC(A) para 8 horas de exposição diária, estabelecidos pela NR - 15 (CLT).

→ Para a situação de trabalho real no campo, concluiu-se que :

→ os níveis de ruído do conjunto trator-implemento foram maiores para tratores de grande porte, embora os tratores do grupo "A" (até 49 cv) tenham apresentado níveis médios pouco acima dos tratores do grupo "B" (entre 50 e 99 cv). Os tratores de esteiras apresentaram os maiores níveis de ruído;

→ a influência do implemento no ruído da operação agrícola, foi bastante significativa, apresentando duas situações: quando o próprio implemento era uma fonte de ruído (*roçagem, colheita de milho*), ou quando o implemento exigia esforços de tração do trator, obrigando-o a gerar ruído (*subsolagem, aração*);

→ as medições realizadas próximas ao ouvido direito e esquerdo dos tratoristas, não apresentaram variações significativas;

→ os níveis de ruído medidos, apresentaram valores muito altos (*média de 96,07 dB(A)*), o que permitiria apenas 1 hora e 15 minutos de trabalho diário do tratorista (*NR - 15, CLT*);

→ os níveis de ruído medidos, indicam uma condição de trabalho de extremo desconforto ao tratorista, havendo grande risco de perda de audição;

→ Para os ensaios comparativos, concluiu-se que :

→ o nível de ruído é maior para as marchas mais longas, quando comparadas com as marchas mais reduzidas;

→ o nível de ruído se mostrou diretamente proporcional à rotação do motor, na maioria dos ensaios;

→ o nível de ruído se mostrou maior para a operação em solo seco, em comparação com solo úmido;

→ das quatro operações agrícolas realizadas, a subsolagem e a aração apresentaram maiores níveis de ruído;

→ os quatro tratores utilizados não apresentaram diferenças significativas nos seus níveis de ruído.

→ Para os ensaios da análise espectral, concluiu-se que :

→ os espectros de frequência do ruído dos dois tratores ensaiados (*quando comparados com as curvas NCB*), estão muito acima dos padrões de conforto, se colocando na região de perda de audição;

→ a principal fonte de ruído de um trator é o motor e seus acessórios, principalmente o sistema de exaustão dos gases.

→ Para a avaliação audiométrica dos tratoristas, concluiu-se que :

→ existe uma parcela dos tratoristas que trabalha mais que 8 h/dia (*24,6 %*), o que agrava a situação de exposição do tratorista ao ruído;

→ 92,8 % dos tratoristas não utilizaram nenhum tipo de proteção auditiva, o que contribui decisivamente para a alta porcentagem de hipoacusias;

→ o ruído cria uma situação incômoda ao tratorista, pois 93 % deles declararam a sensação "muito alto" ou "alto", em relação ao nível de ruído dos tratores que operam;

→ os sintomas de tontura e zumbido aparecem em 42 % e 44 % dos tratoristas, respectivamente, sendo porcentagens maiores que encontradas em trabalhadores de indústrias. Esses sintomas se mostraram proporcionais à idade e ao tempo de trabalho dos tratoristas;

→ a dificuldade de comunicação oral e por telefone (27,0 % e 25,2 %) também se mostraram proporcionais à idade e ao tempo de exposição;

→ o índice de 59,8 % de ouvidos com perda de audição provocada por ruído, é muito elevado, estando acima dos valores correspondentes à trabalhadores de indústrias;

→ a precocidade da perda de auditiva, também demonstra a severidade do ruído em tratores : 42,9 % dos tratoristas com até 5 anos de exposição, já apresentavam perda de audição induzida por ruído;

→ a maioria dos tratoristas apresentaram perda de audição bilateral; naqueles com perdas unilaterais, as do ouvido esquerdo foram maiores;

→ a repetição dos exames audiométricos em 32 operadores de máquinas, 6 meses depois, mostrou 31,2 % com aumento do deficit auditivo.

→ Os níveis de ruído muito acima dos valores permitidos pela legislação, as grandes porcentagens de perda de audição em tratoristas, e a precocidade dessas perdas, levam a concluir por uma grave situação de insalubridade na operação de tratores nacionais.

7 - SUMMARY

In the last years, the agricultural tractors engine, were increased your power, inducing a los hearing in your operators.

In this work, the occupational problems of relations tractor-operator is analysed. This analysis is divided in two parts : the tractors noise level measurement, in real conditions at agricultural work ; and analysis of auditive disturbances in tractors operators. This division is necessary, since thought both research indicating, for the some final conclusions, they are of distinct areas.

In the evaluation of tractors noise level, 300 tractors were assayed. Were realized 4 types of tractors noise evaluations : measurements with tractors motionless ; comparative testes between several tractors with yours implements ; measurements in agricultural works ; and noise espectral analysis.

In the audiometric evaluation, 111 tractor's operators were analysed. The audiograms classification were used the methodology of "Clinica del Lavoro" of Milão University.

The results of measurements, presents very high noise level. None tractor available presents healthy conditions with noise level between 90 and 110 dBC(A).

The results of audiologic analysis presents 59,8 % of tractors with hearing loss. In tractors operators with even 5 year of exposition, 42,9 % presents hearing loss.

8 - LITERATURA CITADA

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NORMA NBR 7731 - Guia para Execução de Medição de Ruído Aéreo e Avaliação dos seus Efeitos sobre o Homem. 1983.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NORMA NBR 9999 - Medição do Nível de Ruído, no Posto de Operação, de Tratores e Máquinas Agrícolas. 1987.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NORMA NB 95 - Níveis de Ruídos Aceitáveis. 1966.
- ABRAME - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA - Boletim Informe, n. 3, abril 1989.
- ALFREDSON, R.J. & DAVIES, P.O.A.L. - The Radiation of Sound from Engine Exhaust - Journal of Sound and Vibration, 13 (4) : 389-408, 1970.
- ALVAREZ, A.A. - Hipoacusia en Trabajadores Expuestos a Ruido: valoración audiométrica. Revista Cubana de Higiene Epidemiológica, 22(abril - junio) : 185-192, 1984.
- AMERICAN ACADEMY OF OTOLARYNGOLOGY COMMITTEE ON HEARING AND EQUILIBRIUM, AND THE AMERICAN COUNCIL OF OTOLARYNGOLOGY COMMITTEE ON THE MEDICAL ASPECTS OF NOISE - Guide for the Evaluation of Hearing Handicap - Journal Amer. Med. Ass., 241, (19, may): 2055-2059, 1979.
- AMIROUCHE, F.M.L. & IDER, S.K. - Simulation and Analisis of a

- Biodynamic Human Model Subjetes to Low Accelerations: a Correlation Study- Journal of Sound and Vibration, 123 (2) : 281-292, 1988.
- ANFAVEA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE VEÍCULOS AUTOMOTORES - Anuário Estatístico 1957-1988, São Paulo, 1989, Brasil.
- ANFAVEA - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE VEÍCULOS AUTOMOTORES - Relatório Parcial de Vendas no Mercado Interno, Exportação, e Produção de Tratores de 1972 a 1989. Fevereiro de 1990.
- ANTUNES, D.M. - Administração Rural - Custos de Produção. São Paulo, Apostila da CESP, 1983.
- ASTETE, D. - Ruídos Industriais - Apostila da FUNDACENTRO, 1979.
- BARGER, E.L. ; LILJEDAHN, J.B. ; CARLETON, W.M. ; MC KIBBEN E.G. - Tratores e Seus Motores. São Paulo, Editora Edgard Blücher Ltda, 1963, 398 páginas.
- BEDDOE, B. - Use of the Sound Levels of Noise for Assessing the adequacy of Hearing Protectors - Journal of Sound and Vibration, 70 (3) : 427-435, 1980.
- BEHAR, A. ; TAIBO, L. ; RAITZIN, C. - Hearing Protector Rating - Journal of the Acoustical Society of America, 60 (4) : 963-966, october 1976.
- BÉKÉSY, G.V. - A New Audiometer - Acta Oto-laryngologica, (35) : 411-422, 1947.
- BELL, A. - Effects of Noise on Tractor Drivers - New Zealand Journal of Agriculture , 92 (4) : 350-356, 1956.
- BERANEK, L.L. - Revised Criteria for Noise Control in Buildings. Noise Control, 3 : 19-27, 1957.
- BERANEK, L.L. - Balanced Noise-criterion (NCB) Curves - Journal of the Acoustical Society of America, 86 (2) : 650 - 664, 1989a.
- BERANEK, L.L. - Application of NCB Noise Criterion Curves. Noise Control Engineering Journal, 33 (2) : 45-56, 1989.
- BERDUCAT, M. - Influence de l'outil sur le Niveau Sonore à l'intérieur des Cabines de Tracteur. In: Conférence Le Bruit en Agriculture - Société des Ingénieurs et Techniciens du

- Machinisme Agricole, Paris, 1988.
- BERGER, E.H. & MITCHELL, I. - Measurement of the Pressure Exerted by Earmuffs and its Relationship to Perceived Comfort - Applied Acoustics, 27 : 79-88, 1989.
- BERRIEN, F.K. - The effects of Noise - Psychological Bulletin, 43 (2) : 141-161, march, 1946.
- BIENVENUE, G.R. ; MICHAEL, P.L. ; SINGER, J.R.V. - The Effect of High Level Sound Exposure on the Loudness Difference Limen - Americal Industrial Hygiene Association Journal, 37 (november) : 628-635, 1976.
- BIENVENUE, G.R. ; VIOLON-SINGER, J.R. ; MICHAEL, P.L. - Loudness Discrimination Index (LDI) : a Test for the Early Detection of Noise Susceptible Individuals - American Industrial Hygiene Association Journal, 38 (7) : 333 - 337, 1977.
- BOTSFORD, J.H. - Theory of Temporary Threshold Shift. The Journal of the Acoustical Society of America, 49 (2), 1971.
- BRASIL - Lei nº 5.889, de 8 de junho de 1973 - Estatui Normas Reguladoras do Trabalho Rural e dá outras Providências - 1973.
- BRASIL - Decreto-lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943 - Consolidação das Leis do Trabalho, 1943.
- BRASIL - Lei nº 6514, de 22 de dezembro de 1977 - Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo à Segurança e Medicina do Trabalho, 1977.
- BREDBERG, G. - Cellular Pattern and Nerve Supply of the Human Organ of Corti - Acta Otolaryngologica, Suppl 236, p. 1-135, 1968.
- BRITISH STANDARD ASSOCIATION - NORMA BSI 2596 - Components of Crawler Tractors & Earth Moving Equipament. British Standard, London, 1955.
- BROADBENT, D.E. - Effects of Noise of High and Low Frequency on behavior - Ergonomics, 1 : 21-29, 1957.
- BRONER, N. & LEVENTHALL, H.G. - A Criterion for Prediting the Annoyance Due to Higher Level, Low Frequency Noise - Journal of

- Sound and Vibration, 84 (3) : 443-448, 1982.
- BRONER, N. & LEVENTHALL, H.G. - A Modified PNdB for Assessment of Low Frequency Noise - Journal of Sound and Vibration, 73 (2) : 271-277, 1980.
- BUNCH, C.C. - Usable Hearing - Annals of Otolology, Rhinology and Laryngology, 43 (june) : 367-376, 1937.
- BUNCH, C.C. & RAIFORD, T.S. - Race and Sex Variations in Auditory Acuity - Archives of Otolaryngology, 13 : 423-434, 1931.
- BURK, W. - Manual de Medidas Acusticas para el Control del Ruido - Barcelona, España, Editorial Blume, 1969, 176 páginas.
- BURNS, W. & HINCHCLIFFE, R. - Comparison of the Auditory Threshold as Measured by Individual Pure Tone and Békésy Audiometry. The Journal of the Acoustical Society of America, 29 (12), december, 1957.
- BUTLER, R.A. & FLANNERY, R. - The Spatial Attributes of Stimulus Frequency and their Role in Monoaural Localization of Sound in the Horizontal Plane - Perception & Psychophysics, 28 (5) 449-457, 1980.
- CAMPANA, C.L. - Nota Prévia sobre Audiometria Tonal Liminar em Tratoristas. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, 5 (18), abr, mai, jun : 65, 1977
- CAMPANA, C.L. - Insalubridade Residual por ruído em Tratores Cabinados. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, 12 (47) : 50-53, 1984.
- CANNON, C.W. & COX, E. - A Practical Approach to Operator's Confort - SAE National Tractor Meeting, Milwaukee, September, 1948.
- CARME, C. - Absorption acoustique active dans les cavités auditives - Acustica, 66 (5) : 233-246, 1988.
- CASALI, J.G. ; LAM, S.T. ; EPPS, B.W. - Rating and Ranking Methods for Hearing Protectors Wearability - Sound and Vibration, 21 (12) : 10-18, 1987.
- CENEA - Relatórios sobre os Ensaios com Tratores no Centro Nacional de Engenharia Agrícola, Sorocaba, 1989.

- COLES, R.R.A. ; GARRINTER, G.R. ; HODGE, D.C. ; RICE, C.G. - Hazardous Exposure to Impulse Noise - Journal of the Acoustical Society of America, 43 (2) : 336-343, 1968.
- COMMITTEE ON MEDICAL RATING OF PHYSICAL IMPAIRMENT - Guides to the Evaluation of Permanent Impairment : Ear, Nose, Throat, and Related Structures - Journal of the American Medicine Association, 177 (7, august) : 489-501, 1961.
- CORSO, J.F. - Age Correction Fator in Noise-Induced Hearing Loss: A Quantitative Model. Audiology, 19 : 221-232, 1980
- COSTA E.A. - Classificação e Quantificação das Perdas Auditivas em Audiometrias Industriais. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, 16 (61, jan, fev, mar), 1988.
- COSTA, F. ; CARMO, J.C. ; SETTINI, M.M. ; SANTOS, U.P. - Programa de Saúde dos Trabalhadores, São Paulo, Editora Hucitec, 1989, 382 páginas.
- COUNCIL ON PHYSICAL MEDICINE - Tentative Standard procedure for Evaluating the Percentage loss of Hearing in Medicolegal Cases. Journal of American Medicine Association, 133 (6) : 396 - 397, 1947.
- COUNCIL ON PHYSICAL MEDICINE AND REHABILITATION - Principles for Evaluating Hearing Loss - Journal of American Medicine Association, 157 (16) : 1408-1409, 1955.
- COUNCIL ON PHYSICAL THERATY - Tentative Standard Procedure For Evaluating the Percentage of Useful Hearing Loss in Medicolegal Cases - Journal of American Medicine Association, 119 (14) : 1108-1109, 1942.
- DAMONGEOT, A. - An Empirical Formula for Predicting the Attenuation Given by Double Hearing Protection (Earplugs and Earmuffs) - Applied Acousticas, 28 : 169-175, 1989.
- DAVES, P.O.A.L. - The Design of Silencers for Internal Combustion Engines - Journal of Sound and Vibration, 01 (2) : 185-201, 1964.
- DAVIS, H. & KRANS, F.W. - The international Standard Reference Zero for Pure-tone Audiometer and its Relation to the

- Evaluation of Impairment of Hearing - Journal of Speech and Hearing Research, 7 : 7-16, 1964.
- DAVIS, H. - Guide for the Classification and Evaluation of Hearing Handcap. Transactions of American Academy of Ophtalmology and Otolaryngology, july-august, 1965.
- DEA - Relatórios sobre os Ensaios em tratores, realizados na Divisão Regional Agrícola, do IAC, Jundiaí, 1990.
- DICKSEN, M.C.B. ; SCHNEIDER, M. ; KOTZIAS, S.A. - Lesão auditiva induzida pelo ruído - Surdez Profissional: Estudo Audiométrico em 86 Telefonistas da TELESC, em Florianópolis. Revista Brasileira de otorrinolaringologia, 47 : 151-160, 1981.
- DUPUIS, H. - Effect of tractor operation on human stresses - Agricultural Enginerring , september, 1959.
- EGAN, J.P. - Perstimulatory Fatigue as Measured by Heterophonic Loudness Balances - Journal of the Acoustical Society of America, 27 (1) : 111-120, january 1955.
- FERNANDES, J.C. - Ruído Ambiental: um Problema Urgente Para Nossa Engenharia - Revista de Ensino de Engenharia, 4 (2), Segundo Semestre de 1985.
- FERNANDES, J.C. - O Ruído Ambiental : Seus Efeitos e Seu Controle - Apostila Departamento de Engenharia e Tecnologia Mecânica da Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus de Bauru - 1988.
- FERNANDES, J.C. ; LOSNAK, C. ; SANTOS, J.E.G. - Análise Estatística dos Tratores em uso no Brasil - In : XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - XIX CONBEA - Piracicaba, SP, julho de 1990a.
- FERNANDES, J.C. ; LANÇAS, K.P. ; VALARELLI, I.D. - Avaliação do Nível de Ruído em Tratores Agrícolas - In : XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - XIX CONBEA - Piracicaba, SP, julho de 1990b.
- FERNANDES, J.C. ; LOSNAK, C. ; SANTOS, J.E.G. - Análise de uso dos Tratores no Brasil - In : Apostila do Curso de Mecanização Conservacionista - Governo do Estado de São Paulo,

Secretaria da Agricultura e Abastecimento - Campinas - agosto, 1990c.

FERNANDES, J.C. - Avaliação dos Níveis de Ruído em Tratores e os problemas de audição em Tratoristas. - In : 10º Encontro Nacional de Engenharia de Produção - 10º ENEGEPP - Belo Horizonte - 1990a.

FERNANDES, J.C. - Avaliação dos Níveis de Ruído Urbano em Cidades Médias - In : I Encontro Nacional de Conforto em Ambiente Construído - Gramado - RS - 1990b.

FERNANDES, J.C. - Medições para Verificação de Insalubridade por Ruído, na Usina Diamante - Jaú - 1990c.

FERNANDES, J.C. - Laudo para avaliação da Insalubridade por Ruído na Seção de Marcenaria da UNESP - Campus de Bauru - 1991a.

FERNANDES, J.C. - Insalubridade por Ruído em Operações com Tratores - Parte I : Níveis de Ruído - In : I Simpósio Brasileiro de Acústica Veicular - São Paulo - 1991b.

FERNANDES, J.C. & MADUREIRA, T.C. - Insalubridade por Ruído em Operações com Tratores - Parte II : Perda de Audição em Tratoristas - In : I Simpósio Brasileiro de Acústica Veicular - São Paulo - 1991.

FERNANDES, J.C. ; SANTOS, J.E.G. ; ANDREATTA, J.A. - As Fontes de Ruído em Tratores Agrícolas - In : XX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - XX CONBEA - Londrina - PR - 1991a.

FERNANDES, J.C. ; SANTOS, J.E.G. ; ANDREATTA, J.A. - Estudo do Ruído em Tratores com Cabines - XX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - XX CONBEA - Londrina - PR - 1991b.

FERNANDES, J.C. ; SANTOS, J.E.G. ; ANDREATTA, J.A. - Influência do Implemento no Ruído de Operações Agrícolas - XX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - XX CONBEA - Londrina - PR - 1991c.

FLETCHER, H. - "Speech and Hearing". New York, Van Nostrand Ed., 1929.

FOWLER, E.P. - A Method for Measurement the Percentage of Capacity for Hearing Speech - Journal of the Acoustical Society of

- America, 13 (April) : 373-382, 1947.
- FOWLER, E.P. - The Percentage of Capacity to Hear Speech, and Related Disabilities- Seventy-eighth Annual Meeting of the American Otological Society, Chicago, June 1946.
- FRICKE, F - Sound Attenuation in Florest - Journal of Sound and Vibration, 92 (1) : 149-158, 1984.
- FUNDACENTRO - Norma para Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído- Série Técnica de Avaliação de Riscos Ambientais - NHT-09 R/E- Publicada na Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, 14 (53), jan, fev, mar de 1986.
- GIERKE, H.E. - Response of the Body to Mechanical Forces - An Overview - Annals New York Academy of Sciences, 152 : 172-186, 1968.
- GLORIG, A. ; WARD, W.D. ; NIXON, J. - Damage Risk Criteria and Noise-Induced Hearing Loss - Archives of Otolaryngology, 74 : 71-81, 1961.
- GLORIG, A. - The Effects of Noise on Hearing - The Journal of Laryngology and Otology, may : 447-478, 1961.
- HAACK, M. - Tractor Seat Suspension for Easy Riding - SAE Journal Transactions, 63 : 452-470, 1955.
- HAACK, M. - Human Tolerance to Vibration in Farm Machines - Agricultural Enginnering, 37 : 252-257, 1956.
- HALLOWELL, D. & KRANZ, F.W. - The International Standard Reference Zero for Pure-tone Audiometers and Relation to the Evaluation of Impairment of Hearing. Journal of Speech and Hearing Research, 7 : 7-16, 1964.
- HAMERNIK, R.P. ; HENDERSON, D. ; COLING, D. ; SALVI, R. - Influence of Vibration on Asymptotic Shift Produced by Impulse Noise - Audiology, 20 : 259-269, 1981.
- HAMERNIK, R.P. - Noise and vibration interactions: Effects on hearing - Journal of the Acoustical Society of America, 86 (6) : 2129-2137, 1989.
- HAMERNIK, R.P. ; AHROON, W.A. ; DAVIS, R.I. - Noise and Vibration Interactions : Effects on Hearing - Journal of the

- Acoustical Society of America, 86 (6) : 2129-2137, 1989
- HAMILTON, C.L. - Enginerring Farm Safety - Agricultural Enginerring , 27 (6) :253-255, june 1946.
- HAMMORFORS, P. & KAJLAND. A. - Sound-Pressure Analyses of Noise From Motor Vehicles - Acustica ,13 : 258-269, 1963.
- HARDLEY, W.C. - Motocycle Noise Testing in Bermuda. Noise Control, 2 : 47-49, 1956.
- HARTDEGEN, D.R. & AKINS, H.G. - Reducing Noise in Large Farm Tractors. Automotive Enginerring, 80 (9) : 52-53, 1972.
- HAY, B. - Occupational Noise Exposure. Applied Acoustics, (8), 1975
- HENDERSON, D. & HAMERNIK, R.P. - Impulse Noise : Critical Review - Journal of the Acoustical Society of America, 80 (2): 569-584, august 1986.
- HILLQUIST, R.K. & SCOTT, W.N. - Motor Vehicle Noise Spectra - Journal of the Acoustical Society of America , 58 (1) : 2-10, 1975.
- HIRSH, I.J. & WARD, W.D. - Recovery of the Auditory Threshold after Strong Acoustic Stimulation - Journal of the Acoustical Society of America , 24 : 131-141, 1952.
- HIRSH, I.J. & BILGER, R.C. - Auditory-Threshold Recovery after Exposures to Pure Tones - Journal of the Acoustical Society of America , 27 (6) :1186-1194, 1955.
- HUANG, B.K. & SUGGS, C.W. - Tractor Noise and Operator Performance. Transactions of the ASAE, 11 : 1-5, 1968.
- HUGO, E. - L'état actuel des Tracteurs. In: Conférence Le Bruit en Agriculture - Société des Ingénieurs et Techniciens du Machinisme Agricole, Paris, 1988.
- HUTCHINGS, M.J. & VASEY, G.H. - Preliminary Investigations of the Noise Levels Around Agricultural Tractors. Journal of Agricultural Enginerring Research, 9 : 140-146, 1964.
- IEA - INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA - Carta particular sobre o número de tratoristas no Brasil. 1991.

- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - Anuário Estatístico do Estado de São Paulo - 1987.
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - Carta particular sobre dados estatísticos a respeito do número de tratoristas brasileiros. 1990.
- ISO - INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION - NORMA ISO 1999 - Acoustics - Assessment of Occupational Noise Exposure for Hearing Conservation Purposes. 1975.
- ISO - INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION - NORMA ISO 5131 - Acoustics - Tractors and Machinery for Agriculture and Forestry - Measurement of Noise at the Operator's Position. 1982.
- JAUHIAINEN, T. ; KOHONEN, A. ; TARKKANEN, J. ; KAIMIO, M. - The Effect of Whole Body Vibration on the Cochlea. Laryngoscope, 79, 1950.
- JENSEN, J.K. - Are Tractors Noisy ? Agricultural Engineering, 47 (10) : 534-537, 1966.
- JERGER, J.F. - Auditory Adaptation - Journal of the Acoustical Society of America, 29 (3) : 357-363, march 1957.
- JERISON, H.J. - Effects of Noise on Human Performance - Journal of Applied Psychology, 43 (2) : 96-101, 1959.
- KANTARELIS, C. & WALKER, J.G. - The Identification and Subjective Effect of Amplitude Modulation in Diesel Engine Exhaust Noise - Journal of sound and Vibration, 120 (2) : 297-302, 1988.
- KLOCKHOFF, I. ; DRETTNER, B. ; HAGELIN, W ; LINDHOLM, L. - A Method for Computadorized Classification of Pure Tone Screening Audiometry Results in Noise-exposed Groups- Acta Otolaryngologica, 75 : 339-340, 1973.
- KRYTER, K. D. ; WILLIAMS, C. ; GREEN, D.M. - Auditory Acuity and the Perception of Speech - Journal of the Acoustical Society of America, 34 (9) : 1217-1223, 1962.
- LAROCHE, C. ; HÉTU, R. ; POIRIER, S. - The Growth of Recovery from TTS in Human Subjects Exposed to Impact Noise - Journal of the Acoustical Society of America, 85 (4) :

1681-1690, 1989.

- LAROCHE, C. & HÉTU, R. - Effects Réversible du Bruit sur L'audition: Recherche d'une Mesure Fidèle et Plus Sensible que le DTS (Décalage Temporaire des Seuils) - Acustica, 66 (4) : 179-189, september 1988.
- LAY, W.E. & FISHER, L.C. - Riding Confort and Cushions - SAE Journal Transactions, 47 (5) : 482-496, 1940.
- LEISTI, T.J. - Audiometric Studies of Presbycusis - Acta Otolaryngologica, 37 (555) : 562-568, 1949.
- LEVERTON, J.W. - EH 101 Advance Technology Rotorcraft: Designed for Low Noise. Applied Acoustics, 32 : 13-22, 1991.
- LHUEDE, E.P. - Ear Muff Acceptance Among Sawmill Worker - Ergonomics, 23 (12) : 1161-1172, 1980.
- LIERLE, D.M. & REGER, S.N. - The Effect of Tractor Noise on the Auditory Sensitivity of Tractor Operators - The Annals of Otolaryngology & Laryngology, 62 (2) : 372-388, 1958.
- LILJEDAHN, J.B. - Steering-Force Requirements of Wheel Tractors - Agricultural Engineering - september : 522-525, 1959.
- MADUREIRA, T.A. ; FERNANDES, J.C. ; ANDREATTA, J.A. - Avaliação dos Efeitos do Ruído de Tratores sobre o Operador - In : XIX Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - XIX CONBEA Piracicaba, SP, julho de 1990.
- MAN, A. ; NAGGAN, L. ; BERGMAN, M. - Classification of the Severity of Acoustic Trauma Based on pure Tone Threshold Audiometry - Acta Otolaryngologica, 92 : 25-31, 1981.
- MANNINEN, O. - Studies of Combined Effects of Sinusoidal Whole Body Vibrations and Noise of Varying Bandwidths and Intensities on TTS₂ in Men - International Archives of Occupational and Environmental Health, 51 : 273-288, 1983.
- MATTHEWS, J. - An Analogue Computer Investigation of Potential Improvement in Tractor Ride Afforded by a Flexible Front Axle. Journal of the Agriculture Engineering Research, 12 (1) : 48-54, 1967.
- MCLEOD, R.W. & GRIFFIN, M.J. - A Review of the Effects of

- Tranlational Whole-body Vibrationon Continuos Manual Control Performance- Journal of Sound and Vibration, 133 (1) : 55-115, 1989.
- MARIMOTO, M. & MAEKAWA, Z. - Effects of Low Frequency Components on Auditory Spaciousness - Acustica, 66 (4) : 190 - 196 1988.
- MERLUZZI, F. ; CORNACCHIA, L. ; PARIGI, G. ; TERRANA, T. - Metodologi a di Esecuzione del Controllo dellúdito dei Lavoratori Espositia Rumore - Nuovo Archivio Italiano di Otologia, 7 (4) : 695-714, 1979.
- MERLUZZI, F. - Patologia da Rumore. In: SARTORELLI, E., Tratatto di Medicina del Lavoro, Piccin Editore, Pádua, 1981, 1119-1149.
- MERLUZZI, F. ; CIUFFREDA M. ; ORSINI S. ; DIGHERA, R. - International Standard ISO 1999: Dieci Anni Dopo - La Medicina del Lavoro, 76 (6) : 435-444, 1985.
- MERLUZZI, F. ; DIGHERA, R. ; DUCA, P. ; ORSINI, S. ; POLETTI, R. ; GORI, E. ; LAFFI, G. ; VIAPPIANI, F. ; BRAGA, M. - Soglia Uditiva di Lavoratorinon Esposti a Rumore Professionale : Valori di Riferimento - La Medicina del Lavoro, 78 (6) : 427-440, 1987.
- MERLUZZI, L. ; CASSANO, F. ; MAZZILLI, G. ; MARTEMUCCI, A. ; CASTRIGNANO, G. ; CATAMO, E. ; LASORSA, G. ; CANDILIO, G. ; AMBROSI, L. - La Valutazione del Danno da Rumore: Considerazioni su una Casistica di Esposti Eddetti alla Produzione del Cemento. La Medicina del Lavoro, 30 (3) : 229 - 243, 1989.
- MIDDLEBROOKS, J.C. ; MAKOUS, J.M. ; GREEN, D.M. - Directional Sensitivity of Sound-Pressure Levels in the Humam Ear Canal - Journal of the Acoustical Society of America , 86 (1) : 89-108, july 1989.
- MILLER, J. D. - Effecs of Noise on People - Journal of the Acoustical Society of America, 56 (3) : 729-764, 1974.
- MILLS, A.W. - On the Minimum Audible Angle - Journal of the Acoustical Society of America, 30 (4) : 237-246, 1958.

- MINANA, J.P. - Compendio Pratico de Acustica. Barcelona, España, Editorial Labor, 1969, 573 páginas.
- MONTIS, J.M. - Aspects Réglementaires et Normatifs. In: Conférence Le Bruit en Agriculture - Société des Ingénieurs et Techniciens du Machinisme Agricole, Paris, 1988.
- MOREIRA, C.A. & SILVEIRA, G.M. - Ensaio de Tratores. In: Atualização da Tratorização da Agricultura Brasileira - Apostila do Curso de Extensão Universitária promovido pelo Departamento de Engenharia Rural da UNESP, Campus de Botucatu. Janeiro de 1971.
- MOREIRA, C.A. & SILVEIRA, G.M. - Ensaio, uma Avaliação Realista - A Granja, (360) : 43-47, janeiro 1978.
- MORRIS, W.H.M. - Heat Stresses in tractor Operation - Agricultural Engineering, november : 672-683, 1959.
- OBATA, J. & MORITA, S. - The Effects of Noise upon Human Efficiency - Journal of the Acoustical Society of America, 5 (april) : 255-261, 1934.
- OLSON, N. - Survey of Motor Vehicle Noise - Journal of the Acoustical Society of America, 52, (5, part 1) : 1291 - 1306, 1972.
- OSADA, Y. - An Overview of Health Effects of Noise - Journal of Sound and Vibration, 127 (3) : 407-410, 1988.
- PALMER, R.A. - Engineering Classification of Farm Accident Hazards Agricultural Engineering, 27 (june) : 255-257, 1946
- PATIL, M.K. & PALANICHAMY, M.S. - A Mathematical Model of Tractor-Occupant System With a New Seat Suspension for Minimization of Vibration Response - Applied Mathematical Modelling, 12 (feb.) : 63-71, 1988.
- PERSSON, K. & BJORKMAN - Annoyance Due to Low Frequency Noise and the Use of the dBC(A) Scale- Journal of Sound and Vibration, 127 (3) : 491-497, 1988.
- PERSSON, K. & RYLANDER, R. - Disturbance from Low-Frequency noise in the environment: A Survey Among the Local Environmental health authorities in Sweden - Journal of Sound and Vibration,

- 121 (2) : 339-345, 1988.
- PINTÉR, I. - Hearing Loss of Forest Workers and of Tractors Operators (interaction of Noise with Vibration). Proceedings of the International Congress on Noise as a Public Health Problem : 315-327, 1973.
- PLUTCHIK, R. - The Effect of High Intensity Intermittent Sound on Performance, Feeling, and Physiology - Psychological Bulletin, 56 (2), 1959.
- PRIEDE, T. - Noise Vibration Problems in Commercial Vehicles - Journal of Sound and Vibration, 5 (1) : 129-154, 1967.
- PYYKKÖ, I. ; STARCK, J. ; FÄRKILÄ, M. ; HOIKKILA, M. ; KORHONEN, O. ; NURMINEN, M. - Hand-arm Vibration in the Aetiology of Hearing loss in Lumberjacks - British Journal of Industrial Medicine, 38 : 281-289, 1981.
- RAFF, J.A. & PERRY, D.H. - A Review of Vehicle Noise Studies Carried at the Institute of Sound and Vibration Research With a Reference to Some Recent Research on Petrol Engine Noise - Journal of Sound and Vibration , 28 (3) : 433-470, 1973.
- RANEY, J.P. & LILJEDAHN, B.J. & COHEN, R. - The Dynamic Behavior of Farm Tractors - Transactions of the ASAE, 4 : 215-218, 1961.
- ROBERT, B. - Le Bruit: Rappel de Notions Fondamentales. In: Conférence Le Bruit en Agriculture - Société des Ingénieurs et Techniciens du Machinisme Agricole, Paris, 1988a.
- ROBERT, B. - Insonorisation d'une Cabine de Tracteur Agricole. In: Conférence Le Bruit en Agriculture - Société des Ingénieurs et Techniciens du Machinisme Agricole, Paris, 1988b.
- ROBIN, P. - Segurança e Ergonomia em Maquinaria Agrícola. Monografia 2. FUNDACENTRO, São Paulo, 1987.
- ROBINSON, D.W. ; SHIPTON, M.S. ; HINCHCLIFFE, R. - Audiometric Zero for Air Conduction - Audiology, 20 : 409-431, 1981.
- ROBINSON, D.W. - The Spectral Factor in Noise-Induced Hearing Loss: A Case for Retaining the A-Weighting - Journal of Sound and Vibration, 90 (1) : 103-127, 1983.

- ROWLEY, D.W. - Control of Farm Tractor Intake and Exhaust Noise. Sound and Vibration, 1 (3, março), 1967.
- ROSA, M.A. - Em Busca do Trator Confortável. Revista Guia Rural, (8), novembro de 1987
- ROSEGGER, R. & ROSEGGER, S. - Health Effects of Tractor Driving - Journal of the Agricultural Engineering Research, 5 (3) : 241 - 275, 1960.
- SAAD, O. - Seleção do Equipamento Agrícola. 4ª Edição, São Paulo, Editora Nobel, 1983, 126 páginas.
- SAMIR, N.Y.G. - Curso Intensivo Sobre Controle de Ruído Industrial - Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC Fundação do Ensino da Engenharia em Santa Catarina - FEESC - dezembro de 1988.
- SCHWETZ, F. ; DOPPLER, U. ; SCHEWCZIK, R. ; WELLESCHIK, B. - The Critical Intensity for Occupational Noise. Acta Otolaryngologica, 89 : 358-361, 1980.
- SERRA FILHO, F.D. ; PETERSON, J.C.B. ; CAMPOS, L.A.S. - Sugestões Para uma Padronização das Avaliações Auditivas - Revista Metalurgia, Associação Brasileira dos Metais, 44 (366) : 469-473, maio 1988.
- SHAMBAUGH, G.E. - Ear Muffs for Every Farmer - Agricultural Engineering, 47 (6) : 324, june, 1966.
- SHAW, E.A.G. - Earcanal Pressure Generated by Circumaural and Supraaural Earphones- Journal of the Acoustical Society of America, 39 (3) : 471-479, 1966.
- SHELLEY, N.A. - Diesel Locomotive Cab Noise: A Methodology for Analysis - Journal of Sound and Vibration, 87 (2) : 241 - 245, 1983.
- SILVEIRA, G.M. - Tratores Gigantes, a Tendência atual - A Granja, (abril) : 48-53, 1978.
- SIMONS, A.K. - Tractor Ride Research - SAE National Tractor Meeting, Milwaukee, September 1951 - SAE Transactions, 60 (april) : 357-364, 1952.
- SOLEO, L. ; CASSANO, F. ; MAZZILLI, G. ; MARTEMUCCI, G. ;

- CASTIGNANO, G. ; CATAMO, E. ; LASORSA, G. ; CANDILIO, G. ; AMBROSI, L. - La valutazione del Danno da Rumore: Considerazione su una Casistica di Esposti Addetti alla Produzione del Cemento. La Medicina del Lavoro, 80 (3) : 229 - 243, 1989.
- SZANTO, C. & IONESCU, M. - Influence of Age and Sex on Hearing Threshold Levels in Workes Exposed to Different Intensity Levels of Occupational Noise - Audiology, 22 : 339-356, 1983
- TANEIWSKI, M & BANASZKIEWICZ, T. - Hearing in Persons Exposed to Vibration. Bull. Inst. Mar. Med., 24 : 35-46, Gdansk, 1973.
- TEICHNER, W.H. ; ARRES, E.; REILLY, R. - Noise and Human Performance a Psychophysiological Approach - Ergonomics, 6 : 83-97, 1963.
- THOMPSON, J.K. - Noise Source Identification for Three Small Engines. Noise Control Enginnering Journal, 21 (2) : 74-80, 1983.
- VAN GERPEN, H.W. - Evaluating Tractor Seating Comfort - Agricultural Engineering, 37 : 673-676, october, 1956.
- VASEY, G.H. & BAILLIE, W.F. - Some Experience with the Testing of Spark Arresters for Tractor Engines - Journal of Agricultural Enginnering Reseach, 6 (1), 1961.
- VOLVO B M - An Analysis of Noise Levels External and Internal (in cabs) - Documento interno da Industria Volvo BM, 1980.
- VOLVO B M - Noise Regulations - Documento interno da industria Volvo BM, 1980.
- VOLVO B M - Analysis of Noise Levels External and internal - Documento interno da indústria VOLVO B M, 1988.
- WARD, W.D. - Protocol of Inter-Industry Noise Study. Journal of Occupational Medicine, 17 (12), december 1975
- WARD, W.D. ; GLORIG, A. ; SKLAR, D.L. - Dependence of Temporary Threshold Shift at 4 kc on Intensity and Time - Journal of the Acoustical Society of America ,30 (10) : 944-954, oct 1958.

- WASSERMAN, D.E. - Occupational Vibration Studies in the U.S. - A Review. Sound and Vibration, october, 1980.
- WEINSTEIN, N.D. - Individual Differences in Reactions to Noise: A Longitudinal Study in a College Dormitory - Journal of Applied Psycology, 63 (4) : 458-466, 1978.
- WEINSTEIN, N.D. - Individual Differences in Critical Tendencies and Noise Annoyance - Journal of Sound and Vibration, 68, (2): 241-248, 1980.
- WESTON, H.R. - A Survey of Tractor Noise and the Effects on Hearing- The Journal of the Australian Institute of Agricultural Science, 29 (1, march) : 15-22, 1963.
- WISE, D.B. - Carros Famosos. São Paulo, Edições Melhoramentos, 1970, 157 páginas.
- WRIGHT, H.N. - Auditory Adaptation in Noise - Journal of the Acoustical Society of America, 31 (7) : 1004 - 1012, july 1959.
- YAMAMURA, K. ; YAMAMOTO, N.; SAWADA, Y. - Effect of Frequency Noise on Hearing - Journal of Sound and Vibration, 127 (3) : 529-534, 1988.
- YOKOAMA, T. ; OSAKO, S. ; YAMAMOTO, K. - Temporary Threshold Shift Produced by Exposure to Vibration, Noise, and Vibration-plus-noise - Acta Otolaryngologica, 78 : 207 - 212, 1974.
- ZAMBERLAN, M.C.P.L.; FERREIRA, D.M.P. ; ALMEIDA, A.G. - Avaliação Ergonômica de Tratores Agrícolas - Instituto Nacional de Tecnologia - Unidade de Programas de Desenho Industrial - out. 1988 - Rio de Janeiro

APÊNDICE

APÊNDICE 1 - Níveis de ruído medidos durante os ensaios em trabalho real no campo						
Número do Ensaio	Níveis de Ruído [dB(A)]					
	Ouvido Direito			Ouvido Esquerdo		
001	94	94	96	96	95	94
002	95	95	96	96	97	97
003	96	96	97	98	97	98
004	93	93	92	94	95	94
005	94	96	93	95	94	94
006	94	96	93	95	94	94
007	94	94	94	96	97	94
008	94	95	94	94	94	96
009	95	95	96	97	96	97
010	96	96	97	97	98	98
011	93	96	95	95	94	93
012	93	94	96	95	96	93
013	93	93	95	94	95	92
014	98	102	97	99	99	103
015	88	89	90	90	90	92
016	95	90	93	90	92	90
017	89	92	89	91	90	90
018	93	93	93	94	92	93
019	93	93	94	94	92	92
020	94	97	97	96	96	94
021	98	96	98	98	99	98
022	98	98	96	96	97	98
023	98	96	95	96	98	97
024	94	96	97	96	97	94
025	91	92	91	93	94	92
026	90	93	93	93	92	91
027	96	98	96	97	98	97
031	96	96	97	97	98	95
032	95	96	97	96	94	96
033	89	92	93	91	90	90
034	96	92	94	93	95	89
035	98	101	99	100	99	102
036	98	99	104	99	100	104
038	102	99	98	99	98	96
040	98	98	99	98	96	97
041	98	98	92	97	98	98
042	98	99	98	98	98	97
046	98	99	96	99	96	97
047	102	98	99	96	99	99
050	98	98	99	99	98	99
051	98	98	97	99	97	99
052	99	97	99	99	98	99
053	98	99	96	98	97	98
054	101	99	98	98	99	99

APÊNDICE 1 (cont.) - Níveis de ruído medidos durante os ensaios em trabalho real no campo						
Número do Ensaio	Níveis de Ruído [dB(A)]					
	Ouvido Direito			Ouvido Esquerdo		
055	97	97	98	98	99	99
057	88	93	89	94	85	92
061	102	103	102	101	101	108
062	99	96	98	96	98	96
063	98	98	94	95	94	95
064	100	99	101	98	100	98
065	99	97	96	98	98	97
066	94	97	98	96	96	96
067	95	98	99	96	96	98
068	96	98	99	97	99	98
069	95	97	98	96	97	98
070	95	96	97	97	97	98
071	95	95	96	96	97	95
072	95	95	97	97	97	98
073	98	96	95	97	98	98
074	98	95	94	95	96	98
075	98	95	97	96	96	96
076	98	96	98	96	97	97
077	98	94	98	96	97	96
078	96	96	97	98	95	96
079	96	94	97	98	95	95
080	96	95	96	98	95	95
081	96	95	98	94	98	94
082	99	99	100	98	100	98
083	96	96	97	95	98	97
087	97	98	97	98	96	98
088	96	95	97	98	95	97
110	96	98	98	99	99	96
111	98	98	99	96	98	99
112	98	99	97	99	98	98
113	99	99	97	98	98	97
114	93	94	96	98	98	94
115	96	94	98	93	95	98
116	96	94	98	97	98	95
117	99	96	96	96	98	96
118	95	94	98	94	94	94
119	96	98	95	95	95	94
120	96	98	94	94	96	94
121	96	96	95	95	98	95
122	103	99	103	100	103	104
123	101	100	102	99	101	100
124	96	97	97	97	96	97
125	97	98	99	97	97	98

APÊNDICE 1 (cont.) - Níveis de ruído medidos durante os ensaios em trabalho real no campo

Número do Ensaio	Níveis de Ruído [dB(A)]					
	Ouvido Direito			Ouvido Esquerdo		
126	98	98	98	99	98	97
146	95	96	96	96	97	96
147	96	97	97	96	96	96
148	99	98	97	98	99	98
149	99	97	97	98	97	98
150	96	96	95	97	96	96
151	99	98	97	96	98	99
152	99	97	96	98	96	98
153	98	96	97	97	97	96
154	98	97	99	98	98	99
155	99	97	98	99	98	98
156	97	97	99	98	97	98
157	96	96	98	97	96	96
158	97	95	95	98	96	97
159	97	96	96	96	95	97
160	96	98	97	96	96	98
161	102	104	102	101	103	105
162	102	102	105	103	104	102
163	98	101	101	100	99	100
164	99	98	100	99	100	99
165	104	105	103	103	103	108
166	103	102	107	101	105	107
167	103	102	101	102	102	104
168	99	100	103	103	101	100
169	103	104	107	102	105	105
170	100	98	101	99	101	102
171	100	99	99	102	101	103
172	101	103	98	99	98	104
173	100	103	104	102	100	102
174	100	101	98	99	99	102
175	101	99	103	102	100	101
176	99	97	100	98	98	97
177	100	102	104	102	103	103
178	104	103	104	102	103	105
179	98	96	96	97	97	96
180	93	94	93	95	94	95
181	98	99	102	98	103	100
182	94	94	96	97	95	95
183	95	95	96	96	97	94
184	92	93	93	94	95	94
185	99	102	100	98	99	99
186	98	99	99	97	96	99
187	95	93	96	94	94	93

APÊNDICE 1 (cont.) - Níveis de ruído medidos durante os ensaios em trabalho real no campo						
Número do Ensaio	Níveis de Ruído [dB(A)]					
	Ouvido Direito			Ouvido Esquerdo		
188	96	95	97	95	96	97
189	96	96	94	95	97	96
190	96	94	94	97	95	94
191	98	95	98	96	95	97
192	97	98	97	96	97	99
193	96	95	94	94	94	97
194	94	95	93	95	93	93
195	98	97	98	96	98	99
196	94	94	96	96	95	94
197	94	94	96	93	95	95
198	96	96	97	95	97	95
199	97	97	99	98	99	97
200	99	100	97	98	97	97
201	94	96	97	95	94	96
202	97	99	95	98	98	96
203	99	100	101	100	99	99
204	97	99	99	99	98	97
205	99	98	102	101	102	98
206	95	96	97	97	95	97
207	97	97	96	98	97	96
208	98	101	98	101	99	97
209	98	99	97	97	100	99
210	97	96	99	98	99	96
211	96	95	95	97	97	96
212	98	101	101	99	100	101
213	97	97	98	96	99	99
214	98	99	102	101	100	101
215	98	99	101	97	100	99
216	94	97	96	96	94	97
217	97	97	98	96	95	97
218	94	97	96	96	96	95
219	99	100	97	98	97	98
220	97	98	99	97	99	97
221	97	99	101	99	100	98
222	97	98	97	98	96	98
223	99	100	102	99	102	101
224	96	97	95	97	96	95
225	98	99	102	101	102	100
226	98	102	99	99	100	101
227	98	99	101	100	101	99
228	97	99	99	98	99	98
229	86	87	88	88	88	86
230	96	94	93	97	93	95

APÊNDICE 1 (cont.) - Níveis de ruído medidos durante os ensaios em trabalho real no campo						
Número do Ensaio	Níveis de Ruído [dB(A)]					
	Ouvido Direito			Ouvido Esquerdo		
231	94	95	92	93	93	95
232	92	92	95	93	94	92
233	99	100	101	100	101	98
234	97	97	95	96	98	95
235	96	95	98	97	97	95
236	99	103	102	101	98	103
237	95	94	96	94	96	94
238	94	95	94	95	96	94
239	99	100	103	100	102	99
240	96	97	96	97	99	98
241	98	96	98	97	99	98
242	96	97	95	95	95	98
243	98	97	98	97	97	98
244	98	97	99	99	97	98
245	98	97	99	97	98	97
246	97	98	97	97	97	98
247	96	97	97	98	97	98
248	97	97	97	96	98	97
249	97	98	99	98	97	97
250	97	98	98	96	97	96
251	96	97	96	96	96	97
252	99	99	98	99	98	98
253	94	96	96	96	94	95
254	100	101	101	99	100	99
255	99	102	102	99	100	101

APÊNDICE 2 - Níveis de ruído medidos durante os ensaios comparativos

Número do ensaio	TRATOR	Níveis de Ruído [dB(A)]						Rotação [rpm]	Mar-cha	Ope-ra-ção	Solo
		Ouv. Direito			Ouv. Esquerdo						
063	FRD	98	98	94	95	94	95	1700	3ªR	A	■
064	FRD	100	99	101	98	100	98	1900	4ªR	A	■
065	FRD	99	97	96	98	98	97	1700	4ªR	A	■
066	MFG	94	97	98	96	96	96	1600	3ªR	A	■
067	MFG	95	98	99	96	96	98	1600	4ªR	A	■
068	MFG	96	98	99	97	99	98	1800	4ªR	A	■
069	MFG	95	97	98	96	97	98	1800	3ªR	A	■
070	MFG	95	96	97	97	97	98	1600	4ªR	G	■
071	MFG	95	95	96	96	97	95	1800	4ªR	G	■
072	MFG	95	95	97	97	97	98	1800	1ªS	G	■
073	MFG	98	96	95	97	98	98	1600	1ªS	G	■
074	FRD	98	95	94	95	96	98	1900	4ªR	E	■
075	FRD	98	95	97	96	96	96	1700	3ªR	E	■
076	FRD	98	96	98	96	97	97	1900	3ªR	E	■
077	FRD	98	94	98	96	97	96	1700	4ªR	E	■
078	MFG	96	96	97	98	95	96	1600	4ªR	E	■
079	MFG	96	94	97	98	95	95	1800	4ªR	E	■
080	MFG	96	95	96	98	95	95	1600	3ªR	E	■
081	MFG	96	95	98	94	98	94	1800	3ªR	E	■
082	FRD	99	99	100	98	100	98	1900	3ªR	A	■
083	FRD	96	96	97	95	98	97	1900	4ªR	E	□
084	FRD	98	97	99	97	98	97	1700	3ªR	E	□
086	FRD	98	97	98	97	97	99	1700	4ªR	E	□
085	FRD	98	97	99	99	97	98	1900	3ªR	E	□
087	MFG	97	98	97	98	96	98	1600	4ªR	E	□
088	MFG	96	95	97	98	95	97	1800	4ªR	E	□
089	MFG	96	97	96	96	96	97	1600	3ªR	E	□
090	MFG	96	95	96	95	97	97	1800	3ªR	E	□
091	FRD	99	102	102	99	100	101	1900	3ªR	A	□
092	FRD	100	101	101	99	100	99	1900	4ªR	A	□
093	FRD	98	96	97	97	98	99	1700	3ªR	A	□
094	MFG	96	97	98	97	98	98	1600	3ªR	A	□
095	MFG	97	98	99	96	97	99	1600	4ªR	A	□
096	MFG	96	98	101	98	100	99	1800	4ªR	A	□
097	MFG	96	97	99	96	97	99	1800	3ªR	A	□
098	MFG	98	96	98	97	98	98	1600	4ªR	G	□

TRATOR : MFG → Massey Ferguson 290 ; FRD → Ford 6610 ;
VMT → Valmet 880 ; CBT → C.B.T. 8240

ROTAÇÃO : Rotação do motor do trator durante o ensaio [rpm]

MARCHA : Marcha do trator durante o ensaio. R : Reduzida ;
S : Simples.

OPERAÇÃO : A : Aração ; E : Escarificação ; G : Gradagem ;
S : Subsolagem.

SOLO : □ solo seco ; ■ solo úmido.

APÊNDICE 2 (cont.) - Níveis de ruído medidos durante os ensaios comparativos

Número do ensaio	TRATOR	Níveis de Ruído [dB(A)]						Rotação [rpm]	Marcha	Operação	Solo
		Ouv. Direito			Ouv. Esquerdo						
099	MFG	69	97	96	97	97	96	1800	4ªR	G	□
100	MFG	96	98	98	97	97	98	1800	1ªS	G	□
101	MFG	98	97	96	99	98	98	1600	1ªS	G	□
102	FRD	96	97	96	96	96	97	1700	4ªR	G	■
103	FRD	97	98	98	96	97	96	1700	1ªS	G	■
104	FRD	97	98	99	98	97	97	1900	1ªS	G	■
105	FRD	97	97	97	96	98	97	1900	4ªR	G	■
106	FRD	96	97	97	98	97	98	1700	4ªR	G	□
107	FRD	97	98	97	97	97	98	1700	1ªS	G	□
108	FRD	98	97	99	98	98	98	1900	1ªS	G	□
109	FRD	97	98	99	97	99	97	1900	4ªR	G	□
110	VMT	96	98	98	99	99	96	1700	3ªR	E	■
111	VMT	98	98	99	96	98	99	1900	3ªR	E	■
112	VMT	98	99	97	99	98	98	1700	4ªR	E	■
113	VMT	99	99	97	98	98	97	1900	4ªR	E	■
114	VMT	93	94	96	98	98	94	1700	3ªR	A	■
115	VMT	96	94	98	93	95	98	1900	3ªR	A	■
116	VMT	96	94	98	97	98	95	1700	4ªR	A	■
117	VMT	99	96	96	96	98	96	1900	4ªR	A	■
118	VMT	95	94	98	94	94	94	1700	4ªR	G	■
119	VMT	96	98	95	95	95	94	1900	4ªR	G	■
120	VMT	96	98	94	94	96	94	1700	1ªS	G	■
121	VMT	96	96	95	95	98	95	1900	1ªS	G	■
124	VMT	96	97	97	97	96	97	1700	3ªR	E	□
125	VMT	97	98	99	97	97	98	1900	3ªR	E	□
126	VMT	98	98	98	99	98	97	1700	4ªR	E	□
127	VMT	99	98	100	99	99	100	1900	4ªR	E	□
128	VMT	96	98	95	95	96	94	1700	3ªR	A	□
129	VMT	96	97	96	96	96	98	1900	3ªR	A	□
130	VMT	96	96	96	97	98	98	1700	4ªR	A	□
131	VMT	97	98	96	97	98	97	1900	4ªR	A	□
132	VMT	93	95	95	94	94	95	1700	4ªR	G	□
133	VMT	96	95	95	96	96	96	1900	4ªR	G	□
134	VMT	96	97	95	95	96	95	1700	1ªS	G	□
135	VMT	98	97	96	97	96	96	1900	1ªS	G	□
136	MFG	98	97	99	97	99	100	1600	2ªR	S	■

TRATOR : MFG → Massey Ferguson 290 ; FRD → Ford 6610 ;
VMT → Valmet 880 ; CBT → C.B.T. 8240

ROTAÇÃO : Rotação do motor do trator durante o ensaio [rpm]

MARCA : Marcha do trator durante o ensaio. R : Reduzida ;
S : Simples.

OPERAÇÃO : A : Aração ; E : Escarificação ; G : Gradagem ;
S : Subsolação.

SOLO : □ solo seco ; ■ solo úmido.

APÊNDICE 2 (cont.) - Níveis de ruído medidos durante os ensaios comparativos

Número do ensaio	TRATOR	Níveis de Ruído [dB(A)]						Rotação [rpm]	Mar-cha	Ópe-ra-ção	Solo
		Ouv. Direito			Ouv. Esquerdo						
137	MFG	97	100	100	98	98	99	1800	2ªR	S	■
138	FRD	99	99	98	100	99	99	1700	2ªR	S	■
139	FRD	100	99	99	101	98	99	1900	2ªR	S	■
140	MFG	99	98	101	99	101	100	1800	3ªR	S	□
141	MFG	98	98	101	99	100	101	1800	3ªR	S	□
142	MFG	99	100	99	98	97	98	1600	3ªR	S	■
143	MFG	99	100	100	99	98	98	1800	3ªR	S	■
144	MFG	99	100	99	97	101	101	1800	2ªR	S	□
145	MFG	98	97	100	99	99	101	1600	2ªR	S	□
219	CBT	99	100	97	98	97	98	1900	2ªR	A	■
220	CBT	97	98	99	97	99	97	1700	3ªR	A	■
256	VMT	98	99	97	99	100	98	1700	2ªR	S	■
257	VMT	98	99	99	100	99	98	1700	3ªR	S	■
258	VMT	98	99	100	98	100	99	1900	2ªR	S	■
259	VMT	99	99	100	98	101	99	1900	3ªR	S	■
260	VMT	98	100	97	99	99	98	1700	2ªR	S	□
261	VMT	98	99	99	99	100	99	1700	3ªR	S	□
262	VMT	98	100	100	99	101	98	1900	2ªR	S	□
263	VMT	98	100	99	100	101	99	1900	3ªR	S	□
264	CBT	96	98	97	97	96	98	1700	2ªR	A	■
265	CBT	97	99	98	98	99	99	1900	3ªR	A	■
266	CBT	97	99	98	98	97	98	1700	2ªR	A	□
267	CBT	98	100	98	99	98	99	1700	3ªR	A	□
268	CBT	99	100	98	99	98	100	1900	2ªR	A	□
269	CBT	100	101	99	99	99	101	1900	3ªR	A	□
270	CBT	96	98	95	96	96	96	1700	3ªR	G	■
271	CBT	97	98	96	97	97	97	1700	4ªS	G	■
272	CBT	97	98	97	98	97	96	1900	3ªR	G	■
273	CBT	97	97	98	99	98	97	1900	4ªS	G	■
274	CBT	96	98	95	97	97	95	1700	3ªR	G	□
275	CBT	97	98	97	97	95	98	1700	4ªS	G	□
276	CBT	97	98	96	98	96	97	1900	3ªR	G	□
277	CBT	98	97	97	99	99	98	1900	4ªS	G	□
278	CBT	98	99	98	99	100	97	1700	1ªR	S	■
279	CBT	98	100	98	99	101	98	1700	2ªR	S	■
280	CBT	98	99	102	101	97	97	1900	1ªR	S	■

TRATOR : MFG → Massey Ferguson 290 ; FRD → Ford 6610 ;

VMT → Valmet 880 ; CBT → C. B. T. 8240

ROTAÇÃO : Rotação do motor do trator durante o ensaio [rpm]

MARCHA : Marcha do trator durante o ensaio. R : Reduzida ;

S : Simples.

OPERAÇÃO : A : Aração ; E : Escarificação ; G : Gradagem ;

S : Subsolação.

SOLO : □ solo seco ; ■ solo úmido.

APÊNDICE 2 (cont.) - Níveis de ruído medidos durante os ensaios comparativos

Número do ensaio	TRATOR	Níveis de Ruído [dB(A)]						Rotação [rpm]	Mar-cha	Ope-ra-ção	Solo
		Ouv. Direito			Ouv. Esquerdo						
281	CBT	99	103	99	100	100	99	1900	2ªR	S	■
282	CBT	99	98	99	99	101	98	1700	1ªR	S	□
283	CBT	100	103	99	101	99	100	1700	2ªR	S	□
284	CBT	99	102	99	102	99	100	1900	1ªR	S	□
285	CBT	101	104	99	102	100	102	1900	2ªR	S	□
286	CBT	96	98	97	97	96	98	1700	2ªR	E	■
287	CBT	97	98	98	97	97	97	1700	3ªR	E	■
288	CBT	99	98	99	98	98	97	1900	2ªR	E	■
289	CBT	99	99	99	97	99	98	1900	3ªR	E	■
290	CBT	97	99	98	98	97	97	1700	2ªR	E	□
291	CBT	98	100	98	99	99	99	1700	3ªR	E	□
292	CBT	98	100	98	98	98	99	1900	2ªR	E	□
293	CBT	100	101	99	98	99	99	1900	3ªR	E	□
294	FRD	99	100	98	99	100	98	1700	3ªR	S	■
295	FRD	100	99	100	102	99	98	1900	3ªR	S	■
296	FRD	100	101	99	99	98	99	1700	2ªR	S	□
297	FRD	100	99	101	99	100	100	1700	3ªR	S	□
298	FRD	100	99	100	98	101	100	1900	2ªR	S	□
299	FRD	100	100	100	99	101	101	1900	3ªR	S	□
300	FRD	99	99	98	99	98	98	1700	4ªR	A	□

TRATOR : MFG → Massey Ferguson 290 ; FRD → Ford 6610 ;
VMT → Valmet 880 ; CBT → C.B.T. 8240

ROTAÇÃO : Rotação do motor do trator durante o ensaio [rpm]

MARCHA : Marcha do trator durante o ensaio. R : Reduzida ;
S : Simples.

OPERAÇÃO : A : Aração ; E : Escarificação ; G : Gradagem ;
S : Subsolagem.

SOLO : □ solo seco ; ■ solo úmido.