

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

ANÁLISE DO NÍVEL DE RUÍDO QUE O TRATORISTA ESTÁ EXPOSTO EM
PRÁTICA DE PREPARO PERIÓDICO DO SOLO COM TRATOR DE PNEU

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
EM ENGENHARIA MECÂNICA

ANTONIO TRAVASSOS SOBRINHO
ENGENHEIRO AGRÔNOMO

CAMPINA GRANDE - PB
SETEMBRO/1992

ANÁLISE DO NÍVEL DE RUÍDO QUE O TRATORISTA ESTÁ EXPOSTO EM
PRÁTICA DE PREPARO PERIÓDICO DO SOLO COM TRATOR DE PNEU

ANTONIO TRAVASSOS SOBRINHO

ANÁLISE DO NÍVEL DE RUÍDO QUE O TRATORISTA ESTÁ EXPOSTO EM
PRÁTICA DE PREPARO PERIÓDICO DO SOLO COM TRATOR DE PNEU

Dissertação apresentada à Universidade
Federal da Paraíba, em cumprimento às
exigências do curso de Pós-Graduação em
Engenharia Mecânica, para a obtenção do grau
de Mestre.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROJETO DE PRODUTO MECÂNICO

Orientador: Prof. Dr. NATANAEL VICTOR DE OLIVEIRA

Co-orientador: Prof. WALLACE BENEDITO GUEDES

CAMPINA GRANDE - PB

SETEMBRO/1992

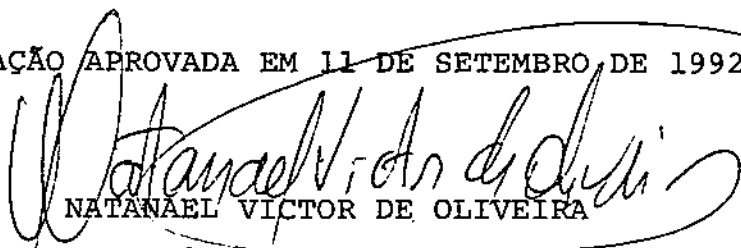


T779a	<p>Travassos Sobrinho, Antônio. Análise do nível de ruído que o tratorista está exposto em prática de preparo periódico do solo com trator de pneu / Antônio Travassos Sobrinho. - Campina Grande, 1992. 117 f.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 1992. "Orientação : Prof. Dr. Natanael Victor de Oliveira, Prof. Wallace Benedito Guedes". Referências.</p> <p>1. Tratores - Agricultura. 2. Tratoristas - Exposição e Vibração. 3. Trator de Pneu. 4. Sistema Trator - Interação Homem-Solo. 5. Dissertação - Engenharia Mecânica. I. Oliveira, Natanael Victor de. II. Guedes, Wallace Benedito. III. Universidade Federal da Paraíba - Campina Grande (PB). IV. Título</p> <p style="text-align: right;">CDU 631.172(043)</p>
-------	---

ANÁLISE DO NÍVEL DE RUÍDO QUE O TRATORISTA ESTÁ EXPOSTO EM
PRÁTICA DE PREPARO PERIÓDICO DO SOLO COM TRATOR DE PNEU.

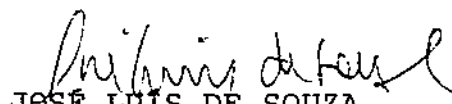
ANTONIO TRAVASSOS SOBRINHO

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 11 DE SETEMBRO DE 1992


NATANAEL VICTOR DE OLIVEIRA
ORIENTADOR


WALLACE BENEDITO GUEDES
CO-ORIENTADOR


RENATO PAVANELLO
MEMBRO


JOSÉ LUIS DE SOUZA
MEMBRO

CAMPINA GRANDE
SETEMBRO / 1992

A meus pais, José Oliveiro e Judith,

A minha esposa Lindinalda

A meus filhos Juliana, Tatiana e Renato,

A meus irmãos e sobrinhos.

DEDICO

Ao Professor Dr. NATANAEL VICTOR DE OLIVEIRA

e ao Professor WALLACE BENEDITO GUEDES

OFERECO

AGRADECIMENTOS

Aos orientadores Prof. Dr. NATANAEL VICTOR DE OLIVEIRA (UFPB) e ao Prof. WALLACE BENEDITO GUEDES (UFRPE/DTR), pela dedicação e maestria dos ensinamentos ministrados quando da elaboração deste trabalho.

À UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO, através do DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL na pessoa do Diretor Prof. PAULO DE ARAÚJO BARRETO CAMPELLO, pela oportunidade e apoio para a realização do curso.

À UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA/CCT-CAMPUS II, através do Departamento de Engenharia Mecânica na pessoa do chefe MÚCIO COELHO DE OLIVEIRA e dos professores Dr. NATANAEL VICTOR DE OLIVEIRA e MARCO ANTONIO DOS SANTOS respectivamente Coordenador e Vice-Coordenador do curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, pelo espírito de cooperação e solicitude.

Ao CONSELHO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO/CNPq, pelo financiamento de bolsa de estudos na nossa discência no mestrado de Engenharia Mecânica da UFPB/campus II.

À ESTAÇÃO EXPERIMENTAL DE CANA-DE-AÇÚCAR/UFRPE-CARPINA-PE, na pessoa do Coordenador DJALMA EUZÉBIO SIMÕES, pelo apoio técnico de seus funcionários e pelo apoio material e de seus laboratórios.

À ESCOLA TÉCNICA FEDERAL DE PERNAMBUCO através de seu Diretor ROMULO DE LACERDA JÚNIOR, pelo apoio de seus funcionários e pelo empréstimo de equipamentos.

Aos Ex-coordenadores do curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica MARCÍNIO DIAS DE OLIVIERA JÚNIOR (UFRN/DEM) e ANA ALBERTINA GRAÇA BRANCO (UFPB/DEM), pela amizade e motivação.

Ao Engenheiro Agrônomo VENÉZIO FELIPE DOS SANTOS, M.Sc. em estatística experimental, pelos esclarecimentos necessários e análise estatística dos dados de campo.

Ao ex-diretor do Departamento de Tecnologia Rural da
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO-UFRPE Prof.
NALDO HALLIDAY PIRES FERREIRA, pelo estímulo e amizade.

Ao Professor SEVERIND NIVALDO REGO MANGABEIRA DA ESCOLA
TÉCNICA FEDERAL DE PERNAMBUCO (ETFPE)
especialista em ruído industrial, pelas valiosas
sugestões.

À minha irmã Professora CLARICE TRAVASSOS SOBRINHA pelo
apoio na comunicação entre Campina Grande - Recife -
Campina Grande.

Ao Engenheiro Agrônomo JOSÉ COELHO DE ARAÚJO FILHO
especialista em solos, pelo apoio nas coletas de
amostras de solo e da classificação do tipo de solo
utilizado.

À minha esposa LINDINALDA TRAVASSOS VIANA, pelo empenho e
constante incentivo nesta trajetória.

Aos meus filhos, JULIANA TRAVASSOS VIANA, TATIANA
TRAVASSOS VIANA e RENATO TRAVASSOS VIANA, pela motivação
para que a realização deste trabalho fosse possível.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente
contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

O trator agrícola de pneu é uma fonte de potência bastante utilizada nas empresas agrícolas em operações de preparo do solo, plantio, tratos culturais, colheita e transporte realizando trabalho com maior eficiência e custos compensadores. Na operação de preparo periódico do solo, o trator trabalha exercendo grande força motora transmitindo ao tratorista, em seu posto de trabalho, elevado nível de poluição sonora. Com a finalidade de analisar a dose de ruído a qual o tratorista está exposto, em operação de preparo periódico do solo, foram realizadas operações de campo, avaliando-se os níveis de ruído nas práticas de aração, destorroamento e de sulcamento. Os trabalhos foram realizados com trator de pneu, em solo latossolo amarelo distrófico com cobertura de socaria de cana-de-açúcar. Os resultados dos testes, demonstraram níveis de ruído acima da dose máxima recomendada pela legislação em vigor, para a máxima exposição diária, nas três operações realizadas. Nas operações de aração e sulcamento, os níveis de ruído se mantiveram equivalentes e um pouco superior ao nível de ruído encontrado na operação de gradeamento.

ABSTRACT

The agricultural wheel tractor is a source of power used to quite a large extent in small and intermediate agricultural industries from soil tillage to harvest and transportation operations, performing these operations cheaper and more efficiently. During periodical soil tillage operations, this tractor transmits high level of noise to the driver increasing the sound pollution level. To search the quantity of noise to wich the tractor driver is exposed, it was evaluated the noise levels in plowing, disking and furrowing operations. This work was performed with wheel tractor in a distrofic yellow latosol covered with sugarcane ratoon. The results pointed out noise levels higher than the highest level recommended by legislation to a daily maximum exposure, in the three operations accomplished. In both plowing and furrowing operations, the noise levels were equivalent and a little bit higher than the noise level in the disking operation.

SIMBOLOGIA UTILIZADA

- A - Argila %
- AF - Areia fina %
- AG - Areia grossa %
- Al⁺⁺⁺ - Alumínio trocável (miliequivalente/100g)
- A₂ - Segunda camada do horizonte "A" com textura fraco-argilo arenosa
- A₃ - Terceira camada do horizonte "A" com textura franco-argilo arenosa (pesado)
- A₁ - Primeira camada do horizonte "A" com textura franco-arenosa
- b - Número de repetições
- BA - Horizonte de transição entre "A" e "B" com textura argilo arenosa
- BW - Horizonte "B" com textura argilosa
- B1 - Bloco um (1)

B2	- Bloco dois (02)
B3	- Bloco três (03)
B4	- Bloco quatro (04)
B5	- Bloco cinco (05)
B6	- Bloco seis (06)
B7	- Bloco sete (07)
C	- Carbono (%)
°C	- Graus Celsius
Ca ⁺	- Cálcio trocável (militoquivalente/100g)
cm	- Centimetro
cm ³	- Centimetro cúbico
cv	- Cavallo vapor
dB	- Decibel. Unidade de medida de nível de pressão sonora
dB(A)	- Unidade decibel medida no circuito de compensação "A"
DMS	- Diferença mínima significativa

eij	- Efeito aleatório associado a unidade experimental no bloco i submetido ao tratamento j
F	- Teste de Fisher
FV	- Fonte de variação
g	- Grama
g/cm ³	- Grama por centímetro cúbico
GL	- Grau de liberdade
H ⁺	- Hidrogênio trocável (miliequivalente/100g)
Ha	- Hectare
Hz	- Hertz, Unidade de freqüência (ciclos por segundo)
K ⁺	- Potássio trocável (miliequivalente/100g)
Kg	- Quilograma
Khz	- Quilorertz
LG	- Legislação em vigor
Log	- Logaritmo
m	- Metro

m ²	- Metro quadrado
MF	- Massey Ferguson
Mg ⁺⁺	- Magnésio trocável (miliequivalente/100g)
mm	- Milímetro
M.O	- Óxido de magnésio (%)
m/s	- Metro por segundo
MT	- Ministério do Trabalho
M1	- Trator Valmet 88
M2	- Trator Ford 4600
M3	- Trator Massey Ferguson 265
M1T1	- Operação de aração com o trator Valmet 88
M1T2	- Operação de gradeamento com o trator Valmet 88
M1T3	- Operação de sulcamento com o trator Valmet 88
M2T1	- Operação de aração com o trator Ford 4600
M2T2	- Operação de gradeamento com o trator Ford 4600
M2T3	- Operação de sulcamento com o trator Ford 4600

- M3T1 - Operação de aração com o trator Massey
Ferguson 265
- M3T2 - Operação de gradeamento com o trator Massey
Ferguson 265
- M3T3 - Operação de sulcamento com o trator Massey
Ferguson 265
- n - Número de amostras obtidas por parcelas
- N - Nitrogênio (%)
- Na⁺⁺ - Sódio trocável (millequivalente/100g)
- NB - Norma Brasileira
- nijk - Efeito aleatório associado com a amostra
k (k = 1, 2, ..., n) tirada na unidade experimental
ij
- P - Fósforo (ppm)
- Pc - Parcela
- Ph - Potencial de hidrogênio
- ppm - Partes por milhão
- QM - Quadrado médio
- RE - República brasileira

RF	- Ruído de fundo
rpm	- Rotações por minuto
S	- Silte (g/cm ²)
SQ	- Soma dos quadrados
t	- Número de tratamentos
T	- Temperatura (°C)
T1	- Tratamento um (O1) - Aração
T2	- Tratamento dois (O2) - Gradeamento
T3	- Tratamento três (O3) - Sulcamento
Tj	- Efeito devido ao tratamento j (j = 1,2,...,b)
Trat.	- Tratamento
x	- Efeito da média geral
yijk	- Observação referente ao i-ésimo tratamento no k-ésimo dia e no j-ésimo bloco
βi	- Efeito devido ao bloco i (i = 1,2,...,b)

Í N D I C E

	Pág.
1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS.....	01
1.1 Introdução.....	01
1.2 Objetivos.....	02
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	04
2.1 índice de mecanização na agricultura brasileira.....	04
2.2 Relacionamento tratorista- trator.....	06
2.3 Ruído.....	07
2.4 Pressão sonora.....	09
2.5 Propagação do ruído.....	09
2.6 Ondas sonoras.....	10
2.7 A unidade decibel.....	10
2.8 Circuitos de compensação.....	11
2.9 Norma regulamentadora.....	12
2.10 Efeitos do ruído no corpo humano.....	12
2.11 Nível de ruído no trator.....	17
2.12 Preparo periódico do solo.....	20
2.12.1 Revolvimento (aração).....	22
2.12.2 Destorroamento (gradeamento).....	22
2.12.3 Abertura de sulcos (sulcamento).....	23
3. MATERIAL E MÉTODO.....	24
3.1 Localização do experimento.....	24
3.2 Clima.....	24

3.3	Solo.....	25
3.4	Tratores.....	32
3.5	Implementos.....	32
3.5.1	Arado.....	32
3.5.2	Grade.....	33
3.5.3	Sulcador.....	33
3.6	Instrumentos de medição.....	37
3.6.1	Penetrômetro de impacto.....	37
3.6.2	Umidímetro.....	37
3.6.3	Decibelímetro.....	39
3.7	Experimento de campo.....	39
3.8	Delineamento experimental.....	40
3.8.1	Modelo matemático.....	40
3.8.2	Esquema estatístico.....	41
3.8.3	Esquema do delineamento experimental adotado nos trabalhos de campo.....	42
3.9	Procedimentos metodológicos e técnicos.....	42
3.10	Análise estatística dos dados.....	46
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	47
4.1	Nível de ruído em dB(A) na operação de aração...	47
4.2	Nível de ruído em dB(A) na operação de gradeamento.....	48
4.3	Nível de ruído em dB(A) em operação de sulcamento.....	52
4.4	Ruído de fundo.....	52

4.5	Nível máximo de ruído emitido por cada trator em cada operação de campo.....	59
4.6	Nível médio de ruído em db(A) que o tratorista está exposto durante a execução do preparo periódico do solo.....	60
4.7	Nível de ruído com os tratores funcionando fora de operação (parado).....	61
4.8	Níveis de ruído em db(A) que incidem sobre o ruído de fundo.....	70
5.	CONCLUSÕES.....	81
6.	RECOMENDAÇÕES.....	85
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXO 1.	Comparação entre os níveis de ruído em db(A) registrados durante a execução do preparo periódico do solo, em relação ao ruído de fundo registrado no local do experimento....	97
ANEXO 2.	Comparação entre os níveis de ruído registrados durante a execução do preparo periódico do solo, em relação ao que especifica a legislação em vigor.....	99

4.5	Nível máximo de ruído emitido por cada trator em cada operação de campo.....	59
4.6	Nível médio de ruído em db(A) que o tratorista está exposto durante a execução do preparo periódico do solo.....	60
4.7	Nível de ruído com os tratores funcionando fora de operação (parado).....	61
4.8	Níveis de ruído em db(A) que incidem sobre o ruído de fundo.....	70
5.	CONCLUSÕES.....	81
6.	RECOMENDAÇÕES.....	85
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXO 1.	Comparação entre os níveis de ruído em db(A) registrados durante a execução do preparo periódico do solo, em relação ao ruído de fundo registrado no local do experimento....	97
ANEXO 2.	Comparação entre os níveis de ruído registrados durante a execução do preparo periódico do solo, em relação ao que especifica a legislação em vigor.....	99

ANEXO 3. Equações matemáticas.....	101
ANEXO 4. Tabelas de leituras de níveis de ruídos dB(A) coletadas no campo.....	110

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Pág.
2.1 índice de mecanização da agricultura brasileira.....	05
2.2 Limites de tolerância para ruído contínuo ou inter- mitente.....	15
2.3 Doses máximas de ruído adotadas em outros países para 8 h/dia de trabalho.....	16
2.4 Intensidade de ruídos típicos.....	21
3.1 Registros meteorológicos.....	26
3.2 Características químicas do solo na área experimental.....	27
3.3 Características hídricas do solo na área experimental.....	28
3.4 Características físicas do solo na área experimental (classe textural).....	29
3.5 Características físicas do solo na área experimental (granulometria).....	30
3.6 Características físicas do solo na área experimental (porosidade e densidade).....	31
3.7 Características técnicas básicas dos motores dos tratores envolvidos nos ensaios de campo.....	35

Continuação	Pág.
3.8 Características técnicas básicas dos implementos utilizados nos ensaios de campo.....	36
3.9 Umidade relativa do solo.....	38
4.1 Níveis de ruídos em dB(A) medidos em teste de campo (aração).....	49
4.2 Distribuição de freqüência de leituras de ruídos Operação de aração.....	50
4.3 Distribuição de freqüência de leituras de níveis de ruídos emitidos por cada trator em efetivo trabalho de campo (operação de aração).....	51
4.4 Níveis de ruídos em dB(A) medidos em teste de campo (gradeamento).....	53
4.5 Distribuição de freqüência de leituras de ruídos Operação de gradeamento.....	54
4.6 Distribuição de freqüência de leituras de níveis de ruídos emitidos por cada trator em efetivo trabalho de campo (operação de gradeamento).....	55
4.7 Níveis de ruídos em dB(A) medidos em testes de campo (sulcamento).....	56
4.8 Distribuição de freqüência de leituras de ruídos Operação de sulcamento.....	57

4.9	Distribuição de freqüência de leituras de níveis de ruídos emitido por cada trator em efetivo trabalho de campo (operação de sulcamento).....	58
4.10	Nível máximo de ruído medido em cada trator em efetivo trabalho de campo (aração).....	62
4.11	Nível máximo de ruído medido em cada trator em efetivo trabalho de campo (gradeamento).....	63
4.12	Nível máximo de ruído medido em cada trator em efetivo trabalho de campo (sulcamento).....	64
4.13	Nível de ruído emitido por cada trator durante a execução do preparo periódico do solo.....	65
4.14	Esquema estatístico.....	66
4.15	Interação tratamento por tratamento (média).....	67
4.16	Teste de Tukey.....	68
4.17	Nível de ruído registrado em cada trator com o motor em funcionamento sem operar (parado).....	69
4.18	Nível de ruído em dB(A) que incide sobre o ruído durante o preparo periódico do solo.....	72
4.19	Tempo máximo de exposição diária permitido pela CLT para as operações de preparo periódico do solo com os tratores testados.....	73

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Pág.
4.1 Comparação entre as freqüências de leituras de níveis de ruídos registradas durante a operação de aração.....	74
4.2 Comparação entre as freqüências de leituras de níveis de ruídos registradas durante a operação de gradeamento.....	75
4.3 Comparação entre as freqüências de leituras de níveis de ruídos registradas durante a operação de sulcamento.....	76
4.4 Comparação entre os níveis de ruídos emitidos pelos tratores utilizados durante a operação de aração.....	77
4.5 Comparação entre os níveis de ruídos emitidos por cada trator utilizado durante a operação de gradeamento.....	78
4.6 Comparação entre os níveis de ruídos emitidos por cada trator utilizado durante a operação de sulcamento.....	79
4.7 Comparação entre os níveis de ruídos médios emitido pelos tratores utilizados durante a operação de preparo periódico do solo.....	80

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

1.1 Introdução

Com o objetivo de melhorar o local de trabalho do operador no trator agrícola, diversos pesquisadores e projetistas têm voltado suas atenções ao nível de ruído emitido por essas máquinas. Veja síntese dos resultados dessas pesquisas no capítulo revisão bibliográfica bem como, referências a seus respectivos autores.

Pesquisas realizadas concluem, em seus respectivos resultados, que no local de trabalho do trator agrícola, quando em funcionamento, os níveis de ruídos emitidos, podem causar danos irreversíveis à saúde do tratorista

Os resultados das pesquisas conduziram, ainda, ao estabelecimento de normalização internacional, em que são padronizados os critérios a serem adotados na avaliação dos níveis de ruídos transmitidos ao tratorista, bem como, de recomendações relativas aos limites de exposição diária em função de sua amplitude.

Em consequência de tais fatos, os legisladores de diversos países vêm tornando obrigatório o ensaio, em pista ou laboratório, do nível de ruído emitido pelos tratores, de maneira a controlar os padrões mínimos de segurança para o tratorista e, ao mesmo tempo, aumentar a eficiência do trator com a consequente melhora da qualidade do posto de trabalho.

No Brasil, especificamente, são raras as pesquisas desenvolvidas sobre os níveis de ruído no local de trabalho dos tratores agrícolas e suas consequências ao tratorista, e, ainda assim, os respectivos resultados nem sempre são divulgados.

Assim sendo, faz-se necessário enfocar diferentes situações de fundamental importância, para se chegar a conclusões lógicas sobre níveis de ruídos em operações agrícolas.

1.2 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo analisar os níveis de ruídos aos quais o tratorista se expõe no local de trabalho do trator agrícola de pneu, nas operações de

aração, destorroamento e sulcamento, práticas que compõem o preparo periódico do solo.

O trabalho foi realizado em condições de campo, em solo classificado como latossolo amarelo distrófico, com cobertura de socaria de cana-de-açúcar, comparando-se os respectivos resultados com o que especifica a legislação em vigor.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 índice de mecanização da agricultura brasileira

O desenvolvimento da agricultura no Brasil se deu, mais precisamente, a partir de 1960, por influência da motomecanização, que por sua força multiplicadora, deu a largada para a modernização dessa atividade, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA (1990).

Segundo pesquisas realizadas pela ANFAVEA/IBGE (1988), citado pelo BOLETIM INFORMATIVO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA (1990), a frota nacional de tratores, é estimada hoje em cerca de 550 mil unidades, veja tabela 2.1 índice de mecanização da agricultura brasileira.

No Brasil, para que toda área seja atendida serão necessários 4,5 milhões de tratores, se mantida a relação 96 ha/trator e de aproximadamente 8,5 milhões se for tomada por base a relação considerada pelos técnicos como ideal de 50 ha/trator, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA (1990).

Devido ao crescente contingente de tratoristas envolvidos neste contexto, os pesquisadores, projetistas e estudiosos do assunto estão cada vez mais envolvidos e preocupados em buscar soluções que minimizem as causas que

Tabela 2.1: índice de mecanização da agricultura brasileira

Ano	Área cultivada (grãos/ano) 1000 ha	frota tratores de rodas unidade	índice mecanização ha/trator
1960	25.671,7	62.684	410
1965	31.637,3	76.691	413
1970	34.911,7	97.160	359
1975	41.811,1	273.852	153
1980	47.640,6	480.340	99
1981	46.779,7	496.943	94
1982	49.171,3	508.086	97
1983	43.236,0	514.037	84
1984	47.508,3	535.416	89
1985	49.528,7	551.036	90
1986	52.002,8	566.060	92
1987	52.645,1	568.959	93
1988	52.987,5	558.265	95

Fonte: Anfavea/IBGE. Citado através do boletim da Associação Brasileira de Mecanização Agrícola (Informe), julho de 1990.

provocam efeitos danosos à saúde de operadores, melhorando o local de trabalho no trator. Uma das causas responsáveis por danos irreversíveis ao estado físico e mental dos tratoristas, está relacionada com o nível de poluição sonora provocado pelo ruído emitido por esse tipo de máquina.

2.2 Relacionamento tratorista-trator

Só no final do século XIX iniciaram-se investigações sistemáticas, a fim de se pesquisar como a capacidade humana para o trabalho é influenciada pela tarefa que o indivíduo desempenha e pelos mecanismos que o rodeiam. Embora, a preocupação com os fatores humanos da engenharia tenha ocorrido desde o aparecimento das primeiras ferramentas e dos primeiros implementos mecânicos, MORRIS (1959).

A ciência responsável por estas investigações é a Engenharia Especializada em Fatores Humanos ou Ergonomia que WISNER (1987), define como sendo o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para projetar ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficácia. Através de metodologia apropriada, a Ergonomia identifica pontos críticos e negativos da interação tecnologia-homem, que se dá mais precisamente através dos processos de trabalho, WISNER (1987).

O desenvolvimento dos tratores agrícolas, assim como ocorreu com a maioria das máquinas, segundo BARGER (1966), teve sua origem no projeto e na construção, baseados na utilidade e no custo. Depois que esses objetivos foram em parte alcançados, deu-se maior ênfase ao aperfeiçoamento da relação tratorista/trator.

De acordo com KNAPP (1959), citado por BARGER (1966), do ponto de vista ergonômico, a relação tratorista/trator constitui um sistema que possui características próprias. Por outro lado, a unidade composta pela máquina e seu operador representa o posto de trabalho que deve possuir finalidade específica e bem definida que, do ponto de vista da motomecanização, corresponde a realizar uma das seguintes tarefas: aração; destorroamento; sulcamento; plantio; colheita; transporte; etc.

2.3 Ruído

O som se caracteriza como flutuações de pressão em um meio. SCHULTS (1956), citado por AZEVEDO (1973), afirma que quando este meio é o ar, as flutuações de pressão atingem o ouvido, produzindo a sensação de audição. O som é uma forma de energia e é transmitida pela colisão das moléculas do meio, umas contra as outras sucessivamente. Portanto, o som pode ser representado como uma série de

compressões e rarefações do meio que se propagam a partir da fonte sonora, GERGES (1983).

Segundo MONTEIRO (1962), os sons desagradáveis e indesejados são definidos como ruído e seu efeito no indivíduo não dependem apenas das suas características (amplitude, freqüência e duração), mas também do grau de suscetibilidade que cada indivíduo apresente frente a ele, bem como, de sua condição orgânica.

AZEVEDO (1984), cita que o ruído incomodo é aquele que por diferentes razões, se distingue do ruído de fundo. É um ruído agressivo, que em condições normais não seria ouvido. Já o ruído de fundo ou ruído ambiente engloba o conjunto dos ruídos provenientes de diversas origens e com características mais ou menos regulares e observados num tempo determinado, excetuando-se os ruídos incômodos. O prejuízo causado por um ruído incômodo é avaliado com relação ao ruído de fundo existente no local e no momento da medição.

As pesquisas revelam que é preciso considerar diversos fatores na avaliação dos efeitos danosos da exposição aos ruídos, tais como: tempo de exposição; níveis de intensidade sonora; freqüência ou freqüências contidas no ruído; a sensibilidade de cada indivíduo e a idade.

2.4 Pressão sonora

A geração do ruído é causada pela variação da pressão ou da velocidade das moléculas do meio sem deslocamento permanente de moléculas, ou seja, não há transferência de matéria, apenas de energia (com exceção das proximidades de grandes explosões). A razão de ocorrência da flutuação de pressão é conhecida como frequência. Esta é dada em ciclos por segundo, designada internacionalmente de hertz (Hz). Na faixa de frequência de 20 a 20.000 Hz o som é audível. No entanto, o ouvido não é igualmente sensível ao longo desta faixa de frequências. Portanto, frequência e amplitude, são levados em conta para a determinação dos fonos, GERGES (1983).

Para se produzir um ruído desconfortável, segundo a AMERICAN NATIONAL STANDARD (1972), citado por AZEVEDO (1984), é necessário uma pequena variação de pressão acústica (aproximadamente 1/10 de milibar). Por outro lado a sensibilidade do ouvido pode detectar 1/10 milhão de milibar, caso a frequência caia à faixa mais sensível de audição que é aproximadamente 1000 Hz.

2.5 Propagação do ruído

A propagação do ruído se verifica através de ondas esféricas tendo uma fonte como ponto de partida. Duas

situações podem influenciar este modelo, como : a presença de obstáculos na trajetória de propagação e, em campo aberto a não uniformidade do meio, causada por ventos ou por gradientes de temperaturas.

2.6 Ondas sonoras

O ruído é gerado através de excitações no ar produzidas por vibrações de superfícies de sólidos. As ondas sonoras são resultantes de qualquer processo que provoque flutuações de movimento no ar. Na faixa de frequência audíveis (de 20 Hz a 20.000 Hz) o som tem comprimento de onda variando de 17 metros a 17 milímetros, FANTAZZINI (1985).

2.7 A unidade decibel (dB)

A faixa de intensidade acústica que o ouvido humano responde varia desde o limite da audição ao limite da dor. A 1000 Hz a intensidade do limite da dor é 10^{14} vezes mais intenso que o limite da audição. Daí, a dificuldade de se expressar números tão grandes em uma escala aritmética, por isso, utiliza-se a escala logarítmica. Neste caso, ao invés de $10^{14}/1$ expressa-se $\log_{10} 10^{14}/1$ e a essa unidade dá-se o nome de "bel". Portanto, um bel é igual a $\log_{10} 10$. Dois bel é igual a $\log_{10} 10^2$ e assim por diante. O bel é uma escala muito grande e, por esse motivo, usa-se então o decibel (dB)

que corresponde a um décimo do bel. Um bel é igual a 10 decibels e $10 \log 10^{14} = 140$ dB. Portanto, um decibel é igual a $10^{0,1} = 1,26$ ou seja, é igual a variação na intensidade de 1,26 vezes. Uma mudança de 3 dB = $10^{0,3} = 2$ ou seja, dobrando-se a intensidade sonora resulta em um acréscimo de 3 dB, GERGES (1983).

2.8 Circuitos de compensação

Um dos fatores que determina a audibilidade de um som, é que o ouvido humano não é sensível a todas as frequências, sendo mais sensível na faixa entre 2 KHz e 5 KHz, e menos, nas frequências extremamente baixas ou altas. Este fenômeno é mais pronunciado para baixos níveis de pressão sonora do que para altos níveis. Construiu-se então, um circuito eletrônico cuja sensibilidade varia com a frequência, da mesma maneira que o ouvido humano, apresentando três características diferentes, padronizadas internacionalmente, e denominadas circuitos de compensação "A", "B" e "C". O circuito "A" aproxima-se às curvas de igual audibilidade para baixos níveis de pressão sonora, o "B" para médios e o "C" para altos. O circuito de compensação "A" é largamente usado, uma vez que os circuitos "B" e "C" não deram boa correlação em testes subjetivos, GERGES (1983).

2.9 Norma regulamentadora

Os níveis e o tempo de exposição ao ruído podem ser observados na tabela 2.2, extraído da NB-15 (NORMA REGULAMENTADORA PARA CONTROLE DE RUÍDOS DO MINISTÉRIO DO TRABALHO-PORTARIA Nº 3.214, DE 08 DE JUNHO DE 1978), que fixa 85 dB(A) o limite máximo diário para 8 (oito) horas de exposição. Os limites máximos adotados em outros países para a exposição diária de 8 (oito) horas de trabalho, podem ser observados na tabela 2.3.

Recomenda-se para ruídos impulsivos, que as exposições não excedam a um valor máximo de 140 dB(A). Neste caso o número de impulsos permitido por dia é de 100. Para 130 dB(A), este número aumenta para 1000 impulsos, e para 120 dB(A), 10.000 impulsos. Segundo AZEVEDO (1983), os limites de tolerância são valores que devem servir como guia, não devendo ser interpretado como faixas de "perigo" e "seguro".

2.10 Efeitos do ruído no corpo humano

Quando um indivíduo é exposto a um ambiente excessivamente ruidoso, segundo GERGES (1983), seu organismo pode apresentar diversos tipos de distúrbios, tais como: dilatação da pupila; aumento da produção de hormônios da tireóide; aumento do ritmo do batimento cardíaco; aumento da

produção de adrenalina e corticotrofina; contração do estomago e abdômen; reação muscular; contração de vasos sanguíneos além daqueles inerentes ao próprio sistema auditivo. Além disso, problemas envolvendo comunicação, perda de eficiência no trabalho, e outros, podem também ocorrer.

A BRITISH MEDICAL ASSOCIATION, citado por AZEVEDO (1984), concluiu após longa pesquisa, que a exposição continua de um individuo a níveis de intensidade de ruído que ultrapassem 85 dB, dentro das faixas de freqüência que oscilam entre 250 a 4.000 Hz, causa danos permanente à audição. Tal valor é adotado por grande parte dos países do mundo.

O Dr. ARAN GLORING, da Academia Americana de Otorrinolaringologia, citado por STANEK (1978), aconselha que se evitem exposições continuas a ruídos acima de 85 dB(A), por mais de 5 (cinco) horas diárias.

Em relatório encaminhado à Envirometal Protection Agency (E.P.A.) nos Estados Unidos da América, o Dr. J. D. MILLER do Central Institute of Deaf, citado por AZEVEDO (1984), esclarece e confirma os efeitos danosos da exposição aos ruídos, como sendo: surdez permanente, (parcial ou total); surdez temporária que, com repetidas exposições ao ruído, pode se tornar crônica; interferência nas

comunicações pela fala; não percepção de outras comunicações sonoras; perturbações do sono; interferência na atenção, na vigilância e no trabalho mental; redução da privacidade; modificação do humor e perturbação do relaxamento mental.

GLORING (1965), citado por STANEK (1978), define duas grandezas fundamentais para a compreensão do problema do traumatismo acústico causado pelo ruído, o NITTS (Noise Induced Temporary Threshold Shift), que é traduzido por DTL (Desvio Transitório dos Limiars) e o NIPTS (Noise Induced Permanent Threshold Shift), ou DPL (Desvio Permanente dos Limiars). O desvio transitório dos limiars é o que ocorre depois de um dia de trabalho. Terminada sua tarefa, o trabalhador irá descansar, e se recuperará da maior parte do trauma acústico adquirido na véspera. O desvio permanente dos limiars é a perda auditiva real derivada da exposição sonora.

De acordo com a ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE, "saúde é o estado completo do bem-estar mental e social e não a ausência de doenças e enfermidade". Logo, pode-se afirmar que a poluição sonora afeta a saúde, prejudicando não só ao indivíduo em si, mas também a toda uma sociedade, AZEVEDO (1984).

Tabela 2.2 : Limites de tolerância para ruído contínuo ou
intermitente

Nível de ruído em 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

NB-15 Norma regulamentadora para controle de ruído do

Ministério do Trabalho - MT

Portaria nº 3.214 de 08 de junho de 1978.

Tabela 2.3: Doses máximas de ruído adotadas em outros países
para 8 horas/dia de trabalho

País	Dose máxima diária - dB(A)
Inglaterra	90
Alemanha Ocidental	90
Itália	90
Japão	90
Suécia	85
Bélgica	85
E.U.A.	85
França	85
Alemanha Oriental	85
Holanda	80

Fonte: GERGES (1983).

2.11 Nível de ruído no trator

Várias pesquisas realizadas e publicadas por diversos pesquisadores e projetistas, cujos interesses eram bastante distintos, veja resumo dos resultados e citação dos respectivos autores nos trabalhos citados abaixo, concluem afirmando que o nível de ruído no local de trabalho no trator pode causar danos irreversíveis à saúde do tratorista, bem como, defendem a necessidade de legislação específica com relação ao assunto.

FORSTTECH (1974), citado por MORRIS (1959), estudou o nível de "stress" provocado pelo ruído em tratores agrícolas, verificando que o trabalho de precisão diminui com o barulho além de provocar uma reação psicológica indesejável, do que resulta a irritabilidade, o nervosismo e a fadiga. Segundo BUENO (1982), "stress" é a soma das perturbações orgânicas e psíquicas provocadas por diversos agentes agressores, dentre eles, encontra-se o ruído.

VASEY e BAILLIE (1961), estudaram o efeito dos retentores de fagulhas na redução de ruídos; em tratores agrícolas, concluindo que esse (nível de ruído) será considerado como substancialmente superior aos níveis toleráveis, geralmente aceito na indústria.

HOENDERKEN (1977), realizou estudos sobre nível de ruído em trator sem cabine, concluindo que a audição sofrerá efeitos nocivos, pela exposição prolongada a ruídos de alta intensidade, por várias horas ao dia, por muitos meses.

CURRY e WEBER (1972), pesquisaram o comportamento e a amplitude do nível de ruído nos tratores, verificando que algumas vezes essas máquinas são projetadas sem silenciosos, e, com freqüência, retira-se deles esses acessórios aumentando ainda mais o nível de ruído emitido, razão pela qual, pode ocorrer casos de perdas permanentes de audição entre tratoristas.

Estudando o nível máximo de ruído emitido pelo trator agrícola no banco do tratorista, VASEY e BAILLIE (1961), registraram níveis na ordem de 95 a 110 dB(A) e concluíram que, o efeito sobre o ruído é influenciado pelo tipo e dimensões do trator. O tipo de escapamento, silencioso e vizinhança também influem no nível de ruído, segundo E. J. MCCORNICK, G. H., citado por VASEY e W. F. BAILLIE (1961). Veja tabela 2.4 intensidade de ruídos típicos. Ainda em suas pesquisas estimam os mesmos pesquisadores, que o nível de ruído nocivo ao indivíduo seja o de 110 decibels, considerando o de 85 decibels como o mais alto nível seguro para exposição contínua.

Vários autores concordam, geralmente, que a existência de ruídos extremos obriga o trabalhador a dispendir mais energia para executar uma tarefa, do que a que lhe seria exigida, se não houvesse esse ruído.

CAMPANA (1976), apresentaram durante o 1º Congresso Médico Mundial e 3º Congresso da Associação Médica Brasileira, em 1976, e no 1º Simpósio sobre Mecanização Agrícola-Tratores, promovido pela Fundacentro, em 1977 em São Paulo, posteriormente publicado na revista brasileira de saúde ocupacional (1977), trabalho realizado em seis veículos (uma motoniveladora e cinco tratores, um de rodas e quatro de esteiras). Através de mais de 60 medidas realizadas, demonstraram a existência de uma esmagadora maioria de níveis de pressão sonora bem acima dos limites estabelecidos que é de 85 dB(A) 8 horas/dia.

Dando continuidade às pesquisas sobre ruído em tratores, CAMPANA (1976), estudou os níveis de pressão sonora em cinco tratores, dois da marca "CASE" modelo 2470, um da marca "CASE" modelo 4490 e dois de marca "JOHN DEERE" modelo 8630 todos em atividades rotineiras. Das 91 medidas consideradas, 86 delas (94,5%) foram iguais ou superiores a 85 dB. Todos os valores modais dos cinco tratores testados estiveram acima de 85 dB.

Durante a realização da 1ª jornada de Prevenção de Acidentes do Trabalho (1979), Ribeirão Preto - São Paulo, ficou consignada, através de dispositivos, a necessidade de introdução de cabines ergonômicas nos tratores, as quais, além de possibilitarem segurança, conforto e eficiência aos tratoristas, deveriam conferir proteção ambiental adequada no que tange ao ruído.

OLIVEIRA (1977), comprovou através do trabalho "AUDIOMETRIA TONAL LIMINAR EM TRATORISTAS", que 85,7% dos operadores de tratores examinados apresentavam hipoacusia neuro-sensorial.

+ No 1º Pro-campo, realizado em Araraquara - São Paulo (1981), ficou registrado o item da necessidade da construção de tratores cabinados (Carta de Araraquara).

2.12 Preparo periódico do solo

O preparo periódico do solo (preparo anual), é o nome dado ao conjunto de operações realizadas visando oferecer condições favoráveis à sementeira, germinação, desenvolvimento e produção das plantas cultivadas, GALETI (1981).

Para MIALHE (1974), o preparo periódico do solo é uma das fases mais importantes de seu manejo que consiste

em: revolvimento; destorroamento; sulcamento e, eventualmente, da sub-solagem.

Tabela 2.4: Intensidade de ruídos típicos

Nível de ruído	:	Descrição dos ruídos
	:	
130 (*)	:	Limiar da dor provocada pelo ruído
115 (*)	:	Rebitadores, a 35 pés
95-110 (* *)	:	Ruído do trator agrícola no banco do tratorista, máximo.
100 (*)	:	Perfurador de ar comprimido, a 10 pés
80 (*)	:	Tráfego muito intenso

(*) E. J. McCornick

(* *) G. H. Vasey e W. F. Baillie

2.12.1 Revolvimento (aração)

A aração periódica do solo é a operação agrícola básica, pois se for bem executada vai contribuir para o bom desenvolvimento do sistema radicular da planta, com reflexos diretos na produção, GALETI (1981).

A aração compreende a operação de inversão de camadas. O arado corta uma faixa de solo, denominada "leiva", que é elevada e invertida. Nessa inversão de camadas os materiais da superfície passam para baixo, e os de baixo vêm para a superfície, MIALHE (1974). O revolvimento inclui as operações mais profundas e grosseiras que visam eliminar ou enterrar as ervas daninhas e os restos de culturas, além de soltar a camada superficial do solo.

2.12.2 Destorroamento (gradeamento)

Após a aração a superfície do solo apresenta-se irregular devido a presença de leivas, sulcos e torrões, dificultando o plantio e as demais operações de cultivo. O gradeamento após a aração tem como objetivo destorroar, pulverizar, nivelar e assentar o solo, colocando-o em condições adequadas para receber as sementes, CAÑAVATE (1976).

GALETTI (1981), cita que as grades realizam uma série de outras atividades, tais como: destroem as ervas daninhas (mato); picam, cortam e fragmentam restos de culturas; promovem o enterrio de sementes, fertilizantes ou corretivos aplicados a lanço sobre a superfície do terreno; realizam escarificações superficiais e profundas; permitem picar e enterrar adubos verdes e possibilitam a construção de práticas mecânicas de controle à erosão em culturas permanentes.

2.12.3 Abertura de sulcos (sulcamento)

A abertura de sulcos paralelos é a operação realizada após o solo ter sido revolvido, destorroado e nivelado, na implantação de algumas culturas anuais, entre elas a cana-de-açúcar, visando melhores condições de germinação das sementes, CORREA (1965).

As operações de aração, gradeamento e sulcamento que compõem o preparo periódico do solo, são realizadas, na motomecanização agrícola, com tratores equipados com implementos específicos para cada função. O dimensionamento do conjunto trator mais implemento, é função do tamanho da área a ser trabalhada e as regulagens de trabalho, dependem do tipo e condições do solo.

3. MATERIAL E MÉTODO

3.1 Localização do experimento

Os trabalhos de campo foram desenvolvidos em área pertencente a estação experimental de cana-de-açúcar da Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no município de Carpina-PE, a 60 Km da cidade de Recife-PE, latitude 7° 45' sul, longitude de 35° 45' oeste com altitude de 176m acima do nível do mar.

Parte dos trabalhos foram realizados nos laboratórios de física do solo e de química do solo da Empresa Pernambucana de Pesquisas Agropecuárias (IPA) em Recife e, nos laboratórios de física do solo e de máquinas e implementos agrícolas da Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE.

3.2 Clima

O clima da região foi classificado como AS tropical chuvoso com verão bem definido, segundo Köeppen, com temperatura média anual de 24,3°C, sendo os meses de julho a agosto mais frios, enquanto janeiro e fevereiro os mais quentes, com precipitação média anual de 1260mm. Período seco 6 meses.

X

Segundo AZEVEDO (1984), O nível de ruído pode sofrer alterações com as condições atmosférica. É recomendado, portanto, evitarmos aferições em condições extremas tais como: muita chuva, calor excessivo, ventos fortes, etc.

X A umidade relativa média anual é de 80%, sendo comum registros de valores diários de até 95% e a insolação varia de 235,7 horas em novembro a 166,4 horas em julho. As informações sobre temperatura média, precipitação, velocidade do vento e umidade relativa do ar registradas durante as fases do experimento de campo estão contidas na tabela 3.1.

3.3 Solo

Os experimentos realizaram-se em solo classificado como latossolo distrófico, caracterizado por ser profundo e de coloração amarela. A situação sobre o perfil é de topo plano de tabuleiro com 0 a 2% de declividade com cobertura de cana-de-açúcar, variedade RB-754665, textura argilosa, fase floresta subcaducifólia com relevo plano. A caracterização resultante das análises física e química do solo na profundidade de 0 a 200cm determinadas nos laboratórios da Empresa de Pernambucana de Pesquisas Agronômicas-IPA, está relacionada nas tabelas 3.2, 3.3, 3.4, 3.5 e 3.6.

X

O tipo de solo a ser preparado pode influenciar no nível de ruído emitido pelo trator uma vez que, quanto maior o teor de argila, maior será a força requerida para vencer a resistência do solo ao corte. A resistência do solo ao corte é, também, função de seu nível de compactação. O baixo teor de umidade e o tráfego intenso de máquinas, são fatores que contribuem para tornar o solo compactado, MIALHE (1974).

X

Tabela 3.1

Registros meteorológicos

Data	T : °C	velocidade do vento : m/s	umidade : ar %	precipitação : mm	condições do tempo	Bloco
20/05	24,3	0,6	80	26,8	nublado	B1
21/05	24,5	0,6	81	0,2	bom	B2
22/05	24,4	0,7	80	0,4	bom	B3
23/05	24,3	0,5	82	0,0	bom	B4
24/05	24,8	0,8	87	28,0	nublado	B5
27/05	23,9	1,0	76	0,0	bom	B6
28/05	24,2	1,0	80	0,0	bom/nublado	B7

Dados meteorológicos tomados durante a condução do experimento.

Ano: 1991.

Tabela 3.2

Características químicas do solo na área experimental

Características químicas

Características	Horizonte/profundidade (cm)				
	A _{p1} (0-18)	A ₂ (18-75)	A ₃ (75-120)	BA (120-150)	BW (150-200+)
Ph	4,4	5,3	4,8	4,7	4,8
P ppm	18,69	0,66	0,55	0,43	0,43
N%	0,12	0,10	0,07	0,06	0,06
C%	1,13	1,00	0,49	0,38	0,49
M. D%	1,95	1,72	0,84	0,66	0,84
Na ⁺ *	0,04	0,06	0,02	0,03	0,04
K ⁺ *	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02
Ca ⁺ *	0,70	1,00	0,40	0,50	0,70
Mg ⁺⁺ *	0,40	0,80	0,60	0,60	0,80
H ⁺ *	5,35	5,25	2,68	1,65	1,57
Al ⁺⁺⁺ *	1,75	1,35	1,45	1,65	1,05

* Em mivequivalente/100g.

Tabela 3.3

Características hídricas do solo na área experimental

Umidade e água disponível

Perfil	Horizonte	Profundidade cm	Umidade residual			Água disponível	
			%	0,33	15	%	mm/cm
01	Ap1	0-18	1,10	13,8	6,6	7,2	1,00
01	A ₂	18-75	2,20	15,5	9,5	6,0	0,76
01	A ₃	75-120	2,35	16,0	9,1	6,9	0,91
01	B _A	120-150	2,25	16,1	8,6	7,5	0,96
01	B _w	150-200+	2,30	18,1	8,7	9,4	1,18

Obs: Umidade a 0,33 e 15 atmosfera.

Tabela 3.4

Características físicas do solo na área experimental

Classe textural

Perfil	Horizonte	Profundidade.(cm)	Classe textural
01	Ap1	0-18	Franco arenoso
01	A ₂	18-75	Franco argilo arenoso
01	A ₃	75-120	Franco argilo arenoso
01	BA	120-150	Franco argilo arenoso
01	Bw	150-200+	Argila arenosa

Tabela 3.5

Características físicas do solo na área experimental

Composição granulométrica

Perfil	Horizonte	Profundidade cm	Composição granulométrica				Argila natural %	Grau de flocculação %
			AG	AF	S	A		
01	Ap1	0-18	54	18	15	13	0	100
01	Ap	18-75	48	15	10	27	1	96
01	A ₃	75-120	45	17	12	26	6	77
01	BA	120-150	38	16	15	31	5	84
01	Bw	150-200+	46	11	2	41	0	100

Tabela 3.6

Características físicas do solo na área experimental

Densidade e porosidade total

Perfil	Horizonte	Profundidade cm	Densidade g/cm ³		Porosidade total (%)
			Apar.	Real	
01	Ap1	0-18	1,39	2,67	48
01	A _e	18-75	1,27	2,61	51
01	A _e	75-120	1,32	2,68	51
01	BA	120-150	1,28	2,68	52
01	Bw	150-200+	1,26	2,68	53

3.4 Tratores

No preparo do solo, foram utilizados três tratores agrícolas tipo 4x2, de pneu, de marcas e fabricantes diferentes, com potência motora na mesma faixa, em torno de 67 cv, não cabinados. Os tratores estavam de acordo com as especificações de seus fabricantes e foram operados segundo instruções de seus manuais de operação. Esse, é o tipo de trator mais utilizado em serviços dessa natureza nas empresas agrícolas.

As características técnicas básicas referentes aos tratores utilizados nos ensaios de campo, estão relacionadas na tabela 3.7. São tratores classificados como de porte médio e que atendem aos pré-requisitos de ordem técnica, para a realização do preparo periódico do solo.

3.5 Implementos

Os implementos agrícolas envolvidos nos trabalhos de campo foram: arado, grade de disco e sulcador.

3.5.1 Arado

Utilizou-se com a finalidade de revolver o solo, destruir restos de cultura (socaria de cana-de-açúcar), além de soltar a camada superficial do solo um

arado do tipo reversível, com três (3) discos, medindo cada 660,4 mm de diâmetro, de levante hidráulico com engates em três pontos. A regulagem do arado foi efetuada para que a operação de corte fosse executada a uma profundidade de 30cm com uma largura de 85 cm. Veja as características gerais do arado utilizado na tabela 3.8.

3.5.2 Grade

Para complementar o trabalho do arado objetivando desagregar os torrões, eliminar espaços vazios e nivelar o terreno, empregou-se uma grade de discos, de arraste, com discos lisos na seção traseira e discos recortados na seção dianteira, para aumentar o poder de desagregação, facilitando a penetração e o corte dos restolhos. Esta grade, é do tipo equipada com discos de 508 mm de diâmetro, classificada como leve ou niveladora, com disposição dos discos em tandem simétrico e com profundidade de trabalho em torno de 10 a 15cm. A descrição geral da grade encontra-se na tabela 3.8.

3.5.3 Sulcador

Após o solo ter sido nivelado, é necessário, na cultura da cana-de-açúcar, abrir sulcos paralelos onde são distribuído os toletes, por ocasião do plantio. Para

esta prática, empregou-se um sulcador tipo canavieiro com capacidade para abrir dois sulcos em cada viagem do conjunto trator mais implemento. O sulcador foi utilizado acoplado ao sistema de engate de três pontos do trator (montado) e foi regulado para abrir sulcos com 35cm de profundidade, 70cm de largura e com espaçamento entre sulcos de 1.40m. Veja características do sulcador na tabela 3.8.

Tabela 3.7.

Características técnicas básicas dos motores utilizados nos tratores envolvidos nos ensaios de campo

Motor	Fabricante/modelo		
	Ford 4600	MF-265	Valmet BB
Marca	Ford	Perkins	MWM
modelo	DHV3201	-	D 229-4VS
Combustível	Diesel	Diesel	Diesel
Ciclo	4 tempos	4 tempos	4 tempos
Número de cilindros	3	4	4
Disposição dos cilindros	Vertical em linha	Vertical em linha	vertical em linha
Cilindrada total cm ³	3294	3120	3922
Relação de compressão	16,3:1	16,0:1	16,6:1
Potência bruta cv	63 a 2200 rpm	61 a 2200 rpm	79 a 2300 rpm
Ano de fabricação	1984	1987	1981

Dados extraídos dos manuais técnicos das respectivas máquinas.

Tabela 3.8

**Características básicas dos implementos utilizados nos
ensaios de campo**

Dados técnicos	Implementos		
	arado	grade	sulcador
Tipo	reversível	em V	canavieiro
Número de discos	03	24	-
Diâmetro dos discos	711,2 cm	508 cm	-
Tipo de disco	liso	liso/recortado	-
Largura de corte	90 cm	-	-
Profundidade de corte	40 cm	-	50 cm
Tipo de engate	3 pontos	barra de tração	3 pontos
Peso aproximado	345 Kg	480 Kg	245 Kg
Potência requerida do trator em cv	55 a 100	55 a 100	55 a 100
Número de seções	-	2	-
Número de discos por seção	-	12	-
Número de linhas	-	-	2

3.6 Instrumentos de medição

3.6.1 Penetrômetro de impacto

Empregou-se com a finalidade de medir a resistência do solo à penetração, um penetrômetro de impacto modelo IAA/PLANALSUCAR-STOLF objetivando determinar a que profundidade o solo seria cortado, a fim de diminuir a compactação ou quebrar zonas adensadas. Foram realizadas leituras em cinco estações pré-determinadas dentro da área a preparar. A profundidade das leituras variou de 0 a 70cm, com 5 a 7 leituras em cada estação, efetuando-se de 0 a 3 impactos por leitura. Os resultados revelaram uma camada mais adensada na faixa de 19 a 30cm de profundidade.

3.6.2 Umidímetro

Utilizou-se um umidímetro marca SOLOTEST tipo SPEEDY, para determinar o teor de umidade relativa do solo em cada dia de realização de operação no campo. A umidade do solo, quando se apresenta com níveis muito baixo ou muito elevado, influencia negativamente no manejo adequado do solo. Veja os valores da umidade relativa do solo na tabela 3.9

Tabela 3.9

Umidade relativa do solo

Blocos	Umidade relativa do solo (%)
B1	10,6
B2	9,4
B3	9,2
B4	10,4
B5	9,8
B6	9,6
B7	9,4

Umidades relativas do solo coletadas nos dias de operações de campo.

3.6.3 Decibelímetro

Para registrar os níveis de ruídos durante os ensaios, foi utilizado um decibelímetro (medidor de pressão acústica) marca RHODE SHWA, de fabricação alemã, portátil, com escala variando de 40 a 140 decibels e com circuitos de compensação A, B e C como especifica a NR-15, anexo nº 1 da portaria 3.214 de 08/06/1978, do Ministério do Trabalho e as normas ISO 5131 e NBR 9999.

3.7 Experimento de campo

Os trabalhos de campo iniciou-se efetivamente em 19/03/91 com abertura de trincheiras para leitura do perfil e coletas de amostras de solo dos diferentes horizontes, a fim de se processar análises em laboratório para se conhecer suas características físicas e químicas, bem como, realizar levantamento pedológico para determinar a que classificação o solo utilizado está inserido.

A área onde instalou-se o experimento apresentava 55 metros de largura por 110 metros de comprimento, perfazendo um total de 6050 m²; A área total foi subdividida em sete blocos (definidos de B1 a B7). Cada bloco composto por três parcelas, medindo cada 30 metros de comprimento por 5 metros de largura. O total de parcelas foi de 21.

3.8 Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado para a análise estatística dos dados foi o de amostragem em blocos "casualizados", tendo como parâmetro o ruído e como tratamentos as operações de aração (T1), gradeamento (T2) e sulcamento (T3) com sete repetições. O controle local foi representado pelos blocos onde, em cada um deles, foi realizado todos os tratamentos. Dentro de cada bloco, os tratamentos foram atribuído às parcelas de forma aleatória, com a utilização de um tipo de trator para cada tratamento considerado. Veja esquema de trabalho de campo no item 3.8.3.

3.8.1 Modelo matemático

A análise estatística dos dados obtidos em teste de campo para se estudar o nível de ruído durante a operação de preparo periódico do solo, obedeceram ao modelo matemático descrito abaixo, segundo GOMES (1977).

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + T_j + e_{ij} + n_{ijk} \quad (3.1)$$

3.8.2 Análise de variância

F.V.	G.L.	Q.M.	(Q.M.)
Blocos	$b-1$	$Qb/(b-1)$	$G^2_n + nG^2_n + nt/b - 1\sum B^2_i$
Tratamentos	$t-1$	$Qt/(t-1)$	$G^2_n + nG^2_n + nb/t - 1\sum T^2_j$
Erro Experimental	$(b-1)(t-1)$	$Qe/(b-1)(t-1)$	$Gn^2 + nG^2_n$
Erro de amostragem	$bt(n-1)$	$Qa/bt(n-1)$	G^2_n
Total	$btn-1$		

3.8.3 Esquema do delineamento experimental

adotado nos trabalhos de campo

Bloco	Parcela	Tratamentos
B1	1 _a	M1T1
	2 _a	M2T2
	3 _a	M3T3
B2	1 _a	M3T2
	2 _a	M1T3
	3 _a	M2T1
B3	1 _a	M2T3
	2 _a	M3T1
	3 _a	M1T2
B4	1 _a	M2T2
	2 _a	M1T3
	3 _a	M3T1
B5	1 _a	M1T1
	2 _a	M3T2
	3 _a	M2T3
B6	1 _a	M3T3
	2 _a	M2T1
	3 _a	M1T2
B7	1 _a	M1T3
	2 _a	M3T2
	3 _a	M2T1

3.9 Procedimentos metodológicos e técnicos

Os ensaios foram realizados em terreno plano e sem declividade na direção longitudinal. Num raio de aproximadamente 20 metros em relação ao local dos testes, não se verificou obstáculos, tais como, edificações, muros,

árvores, outros veículos, etc., que ocasionassem reflexão do som durante as sessões de medição.

A temperatura ambiente, no local de medição, oscilou em torno de 23,9°C a 24,8°C e a velocidade do vento em relação ao solo, variou entre 0,5 m/s e 1,0 m/s. Veja dados meteorológicos na tabela 3.1.

Antes e depois de cada sessão de medição, foi realizada a checagem da calibração do equipamento medidor de pressão sonora, usando-se um calibrador acústico com precisão de mais ou menos 0,5 dB numa frequência que variou na faixa de 250 a 1000 Hz.

Utilizou-se, durante os ensaios, um protetor de vento conectado ao microfone do medidor. Todas as leituras foram tomadas no circuito de resposta lenta "SLOW" do medidor de nível de pressão sonora. Os níveis globais de pressão sonora foram medidos no circuito de ponderação "A" e expressos em dB(A), de acordo com o que determina a NBR 7731 e a NBR 9999.

Foram efetuadas leituras de ruído de fundo antes de se processar as operações de campo. As leituras foram efetuadas com o microfone do medidor colocado a uma altura de 1,20 m em relação ao solo sem presença de anteparos

refletores, AZEVEDO (1984), constatando-se valores únicos para essas leituras, permanecendo ao nível de 60 dB(A).

O conjunto trator mais implemento, em cada operação específica, trabalhou com uma rotação motora variando em torno de 1600 a 1800 rpm, velocidade de deslocamento de 5 Km por hora nas operações de aração e sulcamento e, de 7 Km por hora na operação de destorroamento.

As leituras foram tomadas ao longo de um período de operação estabilizada do conjunto trator mais implemento dentro de cada parcela e inteiramente ao acaso. O número de leituras tomadas durante a realização de cada operação dentro de cada parcela foram de 06 (seis), veja tabelas de leituras de níveis de ruídos coletados no campo no anexo 03.

Como as dimensões e o tipo do trator influem no nível de poluição sonora emitido, segundo VASEY E BAILLIE (1960), utilizou-se nos testes, três tratores de marcas e fabricantes diferentes, com a intenção de tentar verificar flutuações diferenciais.

As medições foram realizadas com o tratorista em seu respectivo local de trabalho sem o uso de chapéu ou de capacete, para que não houvesse interferência nas leituras do ruído, segundo sugere a NBR-9999.

A habilidade com que o tratorista opera e/ou manobra o trator com o implemento nas operações de campo, influi no manejo do solo e, conseqüentemente, nas tomadas de leituras do nível de ruído, isto por que, a máquina opera com rotação motora mais estabilizada. Com o intuito de compensar e/ou minimizar esta possível causa, utilizou-se três tratoristas que alternaram-se nos tratores e nas respectivas operações de campo durante os testes.

O microfone do medidor de pressão sonora foi colocado do lado do tratorista onde apresentou o maior nível de ruído, determinado a partir de um ensaio preliminar realizado com o conjunto trator mais implemento operando, como determina a NBR-9999.

No trator, o microfone do medidor foi localizado próximo ao plano longitudinal central do assento com o diafragma voltado para a frente e com o centro ajustado de maneira a ficar na zona auditiva do tratorista, de acordo como especifica a NBR-9999.

Antes da realização de cada prática de campo para a obtenção dos dados, efetuou-se o registro do nível de ruído em cada máquina com o motor funcionando e fora de operação, para se conhecer a variação do nível de ruído emitido com os tratores nestas condições, comparando-se os respectivos

resultados, com os mesmos em condições de efetivo trabalho de campo.

3.10 Análise estatística dos dados

A análise estatística dos dados resultantes dos trabalhos de campo foram analisados utilizando-se o programa (SAS)-Statiscal Analysis System, obedecendo o modelo matemático anteriormente citado.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Nível de ruído em dB(A) na operação de aração

Os níveis de ruídos registrados nos testes de campo realizados durante a execução da operação de aração (tratamento T1), encontram-se na tabela 4.1. Os números revelam níveis de ruídos superiores a 85 dB(A) em todas as 42 leituras efetuadas. O valor mínimo medido durante esta prática foi de 94 dB(A) enquanto que o valor máximo foi de 100 dB(A). O nível de ruído que obteve maior frequência de registro durante a operação de aração foi de 98 dB(A), veja figura 4.1.

A tabela 4.2, mostra a relação de distribuição de frequências de leituras de níveis de ruídos durante a realização da operação de aração. O resultado revela que o nível de ruído de 98 dB(A) obteve um percentual de 35% de repetições em relação às demais leituras.

A tabela 4.3 mostra a relação entre os níveis de ruídos em dB(A) e a frequência de registros obtidas no campo entre as três fontes de potência utilizadas durante a operação de aração. Dos três tratores empregados nos

ensaios, o trator "M2" apresentou maior frequência de registros de leituras ao nível de 98 dB(A), revelando que, esta frequência máxima, foi obtida pela tendência desta máquina em produzir mais ruído durante a execução desta prática. As máquinas "M1" e "M3", apresentaram registros de ruídos com frequência de leituras mais equivalentes e com valores distribuídos entre os níveis máximos e mínimos.

4.2 Nível de ruído em dB(A) na operação de gradeamento

A tabela 4.4, mostra os diversos níveis de ruídos medidos durante os testes na operação de gradeamento (tratamento T2). Das 42 leituras registradas nesta operação, os níveis de ruídos variaram em torno de 94 a 99 dB(A), com frequência de registros predominante de 97 dB(A), representando 25% das leituras efetuadas, veja tabela 4.5. A tabela 4.6, revela que o trator "M2" foi a máquina que apresentou maior tendência na emissão de ruído, da ordem de maior frequência de registros [97 dB(A)], nesta operação.

Tabela 4.1

Níveis de ruídos em dB(A) medidos em teste de campo

Operação de aração

		Níveis de ruídos dB(A)						
		B l o c o s						
Tratamento: ordem		1 (M1)	2 (M2)	3 (M3)	4 (M3)	5 (M1)	6 (M2)	7 (M2)
	1	98	98	97	97	96	98	96
	2	99	99	98	96	95	97	97
Y1	3	98	97	98	96	96	98	97
	4	97	98	99	98	95	99	98
	5	99	98	99	94	95	98	98
	6	98	100	100	96	95	98	99

Tabela 4.2

Distribuição de frequência de leituras de ruídos dB(A)

Operação de aração

Ruído	Frequência de Leituras dB(A)
94	01
95	05
96	07
97	05
98	15
99	07
100	02

Tabela 4.3

Distribuição de frequência de leituras de níveis de ruídos emitidos por cada trator em efetivo trabalho de campo

Operação de aração

Trator Valmet 88

Ruído dB(A) :	Frequência de leituras
95 :	04
96 :	02
97 :	01
98 :	03
99 :	02

Trator Ford 4600

Ruído dB(A) :	Frequência de leitura
96 :	01
97 :	04
98 :	09
99 :	03
100 :	01

Trator Massey Ferguson 265

Ruído dB(A) :	Frequência de leitura
94 :	01
96 :	03
97 :	02
98 :	03
99 :	02
100 :	01

4.3 Nível de ruído em dB(A) na operação de sulcamento

Os ensaios realizados durante a operação de sulcamento (tratamento T3), revelaram durante as 42 leituras efetuadas, níveis de ruídos variando em torno de 94 dB(A) a 100 dB(A). Os dados coletados nos testes de campo encontram-se na tabela 4.4. Nesta operação o nível de ruído que apresentou frequência de leitura predominante foi de 98 dB(A), com aproximadamente 32% das medidas efetuadas. Veja figura 4.3 e tabela 4.5.

As figuras 4.4, 4.5 e 4.6 apresentam o comportamento das curvas dos níveis de ruídos em dB(A) de cada trator, durante a realização das práticas de aração, gradeamento e de sulcamento.

4.4 Ruído de fundo

O ruído de fundo medido no local do experimento, situou-se ao nível de 60 dB(A), permanecendo constante durante a realização dos ensaios.

Tabela 4.4

Níveis de ruídos em dB(A) medidos em teste de campo

Operação de gradeamento

		Níveis de ruídos dB(A)						
		B l o c o s						
Tratamento: ordem		1 (M1)	2 (M2)	3 (M3)	4 (M3)	5 (M1)	6 (M2)	7 (M2)
T2	1	96	97	97	97	95	97	97
	2	94	98	98	96	97	98	96
	3	97	96	97	95	94	98	96
	4	96	98	96	96	95	99	95
	5	95	96	96	95	94	98	95
	6	95	97	97	95	95	97	96

Tabela 4.5

Distribuição de frequência de leituras de ruídos dB(A)

Operação de gradeamento

Ruído dB(A) :	Frequência de leitura
94	03
95	10
96	11
97	11
98	06
99	01

Tabela 4.6

Distribuição de frequência de leituras de níveis de ruídos
emitidos por cada trator em efetivo trabalho de campo

Operação de gradeamento

Trator Valmet 88

Ruído dB(A) :	Frequência de leitura
94 :	03
95 :	05
96 :	02
97 :	02

Trator Ford 4600

Ruído dB(A) :	Frequência de leitura
95 :	02
96 :	05
97 :	05
98 :	05
99 :	01

Trator Massey Ferguson 265

Ruído dB(A) :	Frequência de leitura
95 :	03
96 :	04
97 :	04
98 :	01

Tabela 4.7

Níveis de ruídos em dB(A) medidos em teste de campo

Operação de sulcamento

		Níveis de ruídos dB(A)						
		B l o c o s						
Tratamento: ordem :		1(M1)	2(M2)	3(M3)	4(M3)	5(M1)	6(M2)	7(M2)
T3	1	97	98	98	96	94	97	97
	2	98	97	98	96	94	98	97
	3	97	98	99	95	95	98	97
	4	98	100	97	94	95	98	97
	5	97	97	97	94	95	98	97
	6	98	98	96	98	94	98	97

Tabela 4.8

Distribuição de frequência de leituras de ruídos dB(A)

Operação de sulcamento

Ruído dB(A)	Frequência de leituras
94	05
95	04
96	03
97	14
98	14
99	01
100	01

Tabela 4.9

Distribuição de frequência de leituras de níveis de ruídos emitidos por cada trator em efetivo trabalho de campo

Operação de sulcamento

Trator Valmet 88

Ruído dB(A) :	Frequência de leituras
94 :	03
95 :	03
97 :	03
98 :	03

Trator Ford 4600

Ruído dB(A) :	Frequência de leituras
97 :	09
98 :	08
100 :	01

Trator Massey Ferguson 265

Ruído dB(A) :	Frequência de leituras
94 :	02
95 :	01
96 :	03
97 :	02
98 :	03
99 :	01

4.5 Nível máximo de ruído emitido por cada trator em cada operação de campo

As tabelas 4.10, 4.11 e 4.12, mostram os valores dos níveis máximos de ruídos encontrados, utilizando-se os níveis de pressão sonora emitido por cada fonte de potência durante cada prática de preparo periódico do solo (aração, gradeamento e sulcamento). Durante a operação de aração, o nível de ruído mais elevado, ocorreu com a utilização da fonte de potência "M2" (Trator Ford 4600) e "M3" (Trator Massey Ferguson 265), com valores de 100 dB(A).

Na operação de gradeamento o nível máximo de ruído se verificou com a utilização da fonte de potência "M2" (Trator Ford 4600), com registros efetuados de até 99 dB(A). Na operação de sulcamento, o mais alto nível de poluição sonora registrado se verificou, também, com a utilização da fonte de potência "M2" (Trator Ford 4600), com ruído de até 100 dB(A).

Levando-se em consideração os números processados e, levando-se em conta que as máquinas trabalharam nas mesmas condições de campo, utilizando os mesmos implementos e realizando as mesmas práticas agrícolas, pode-se perceber, um certo equilíbrio em termos de emissão de poluição sonora

entre as três fontes de potência utilizadas. Considerou-se para esta análise, os valores dos níveis de ruídos com frequência de leituras que predominaram durante a realização efetiva das operações de aração, gradeamento e sulcamento com medidas de 98, 97 e 98 dB(A) respectivamente, uma vez que, os níveis máximos são considerados como valores de pico.

Computando-se os dados isolados obtidos com a utilização de cada fonte motora, veja tabela 4.13, para a execução efetiva do preparo periódico do solo, as três fontes de potência empregadas, novamente mostraram-se praticamente equivalentes na capacidade de emissão de poluição ambiental através do ruído.

4.6 Nível médio de ruído em dB(A) que o tratorista está exposto durante a execução do preparo periódico do solo

O resultado analisado estatisticamente, revelou uma média geral durante a execução das três operações de campo da ordem de 96,8095 dB(A) e, um coeficiente de variação de 0,93%. O coeficiente de variação, segundo ANDERSON (1952), dá uma idéia da precisão do experimento. Para a análise de variância aplicou-se o teste "F" e, para as diferenças entre as médias o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O valor de "F" foi significativo ao nível de 1% de probabilidade. Isto quer dizer, segundo FEDERER (1955), que há uma probabilidade inferior a 1% de que o valor de "F" observado, tenha ocorrido por acaso. As Tabelas 4.14, 4.15 e 4.16 mostram os resultados da análise estatística dos dados. Na aplicação do teste de Tukey, para avaliação de contraste entre as médias dos tratamentos, verificou-se que o ruído na operação de aração difere ao nível de 5% de probabilidade do nível de ruído encontrado durante a execução da operação de gradeamento, com uma diferença mínima significativa tabelado do Tukey igual a 0.78366, veja tabela 4.16.

4.7 Nível de ruído com os tratores funcionando fora de operação (Parado).

Antes de cada operação de campo, foram efetuadas medições dos níveis de ruídos emitido por cada trator em uso, objetivando conhecer os valores em decibels, encontrados com os mesmos fora de operação parado, com o motor em funcionamento.

Os resultados, utilizando-se as 21 leituras efetuadas nesta observação, mostraram níveis de ruídos com frequência de leituras predominantes de 92 dB(A) para o trator "M2" (Ford 4600), 92 dB(A) para o trator "M1" (Valmet

88) e 90 dB(A) para o trator "M3" (Massey Ferguson). Veja tabela 4.17.

Tabela 4.10

Nível máximo de ruído medido em cada trator em efetivo
trabalho de campo

Operação de aração

Trator	Rotação motora rpm	Marcha	Nível máximo de ruído dB(A)
M1	1800	3ª red.	99
M2	1600	3ª red.	100
M3	1800	1ª simp.	100

Tabela 4.11

Nível máximo de ruído medido em cada trator em efetivo
trabalho de campo

Operação de Gradeamento

Trator	Rotação motora rpm	Marcha	Nível máximo de ruído dB(A)
M1	1800	3ª red.	97
M2	1600	3ª red.	99
M3	1800	1ª simp.	98

Tabela 4.12

Nível máximo de ruído medido em cada trator em efetivo
trabalho de campo

Operação de sulcamento

Trator	Rotação motora rpm	Marcha	Nível máximo de ruído dB(A)
M1	1800	3ª red.	98
M2	1600	3ª red.	100
M3	1800	1ª simp.	99

Tabela 4.13

Nível de ruído em dB(A) emitido por cada trator durante a execução do preparo periódico do solo

Frequência de leituras de níveis de ruídos predominantes em dB(A)

Preparo periódico do solo			
Trator	Aração	Gradeamento	Sulcamento
M1	98	95	98
M2	98	98	98
M3	98	97	96

Tabela 4.14

Análise estatística do nível de ruído médio em dB(A) relativo aos tratamentos aração, gradeamento e sulcamento no preparo periódico do solo em socaria de cana-de-açúcar

Esquema estatístico

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Blocos	6	136.3175	22.7196	12.52
Tratamentos	2	31.0000	15.5000	8.54 * *
Erro Experimental	12	21.7778	1.8148	2.26
Erro de Amostragem	105	84.3333	0.88032	
Total	125	273.4286		

Média geral = 96.8095

Coefficiente de variação = 0.93%

* * Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 4.15

Interação tratamento x tratamento (média)

	trat.1	trat.2	trat.3	média
Trat.1	97.1429	96.4286	96.7143	96.7619
Trat.2	97.2857	96.7143	96.8571	96.9524
Trat.3	97.1429	96.1429	97.0000	96.7619
Trat.4	97.7143	96.2857	97.0000	97.0000
Trat.5	97.1429	95.5714	96.4286	96.3810
Trat.6	98.0000	96.0000	97.0000	97.0000
Médias	97.4048	96.1905	96.8333	

Tabela 4.16

Teste de Tukey

Ordem :	Tratamento	Média	Contraste
1 :	1	97.4048	a
2 :	3	96.8333	ab
3 :	2	96.1905	b

Valor tabelado do Tukey (DMS) = .78366

Na avaliação de contrastes entre as médias, o tratamento 1 (aração) difere do tratamento 2 (gradeamento) ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Tabela 4.17

Nível de ruído registrado em cada trator com o motor em funcionamento sem operar (Parado)

Tratores	Rotação motora rpm	Frequência predominante de leitura dB(A)
M1	1800	92
M2	1600	92
M3	1800	90

4.8 Níveis de ruídos em dB(A) que incidem sobre o ruído de fundo

A tabela 4.18, mostra os níveis de ruídos em dB(A), que incidem sobre o ruído de fundo, quando os tratores estão em pleno trabalho de campo. Estes níveis, bastante elevados, revelam as altas doses de poluição sonora as quais os tratoristas estão sujeitos, e são de grande valia para o estudo do efeito do ruído nos indivíduos, uma vez que, segundo GERGES (1983), um acréscimo de 3 dB(A) significa dobrar a intensidade sonora.

Durante os trabalhos no campo, notou-se variação do nível de ruído, em função do implemento utilizado e da operação executada.

Nesses casos, o ruído total é causado por um aumento do esforço do motor, pois o implemento pouco contribui para o ruído global da máquina durante a operação, FERNANDES et alli (1990).

Durante a realização do preparo periódico do solo, o nível de ruído emitido pelo trator é o resultado da soma do ruído do motor, da transmissão, dos pneus e do implemento, FERNANDES et alli (1990).

OBS

(A tabela 4.19, mostra o tempo máximo de exposição diária permitido pela CLT, portaria 3214, que fixa as doses de ruído máximas para trabalhadores (85 dB/8 horas de trabalho). Durante os ensaios, os valores dos níveis de ruídos encontrados foram extremamente elevados mostrando que o trabalho do tratorista é insalubre, e justificando a necessidade de proteção auditiva para os operadores de tratores.)

+ também

A figura 4.7, compara os níveis de ruídos entre as médias das três leituras que apresentaram predominância de frequência, durante a realização das práticas de preparo periódico do solo com os tratores utilizados, conforme NBR 7731.

Tabela 4.18

Nível de ruído em dB(A) que incide sobre o ruído de fundo durante o preparo periódico do solo

Tratamentos	Ruído de fundo dB(A)	Ruído total Média dB(A)	Ruído incidente dB(A)
T1	60	97	37
T2	60	96	36
T3	60	97	37

Tabela 4.19

Tempo máximo de exposição diária permitido pela CLT para as operações de preparo periódico do solo com os tratores testados

Exposições máximas permissíveis			
Trator	Operação	Ruído	Exposição máxima/Bh/dia
Valmet 88	aração	98	1:15 horas
Ford 4600	aração	98	1:15 horas
MF 265	aração	98	1:15 horas
Valmet 88	gradeamento	95	2:00 horas
Ford 4600	gradeamento	98	1:15 horas
MF 265	gradeamento	97	1:30 horas
Valmet 88	sulcamento	98	1:15 horas
Ford 4600	sulcamento	98	1:15 horas
MF 265	sulcamento	96	1:45 horas

Ruídos com leituras que apresentaram predominância de registro durante a realização de cada operação de campo.

OPERAÇÃO DE ARAÇÃO

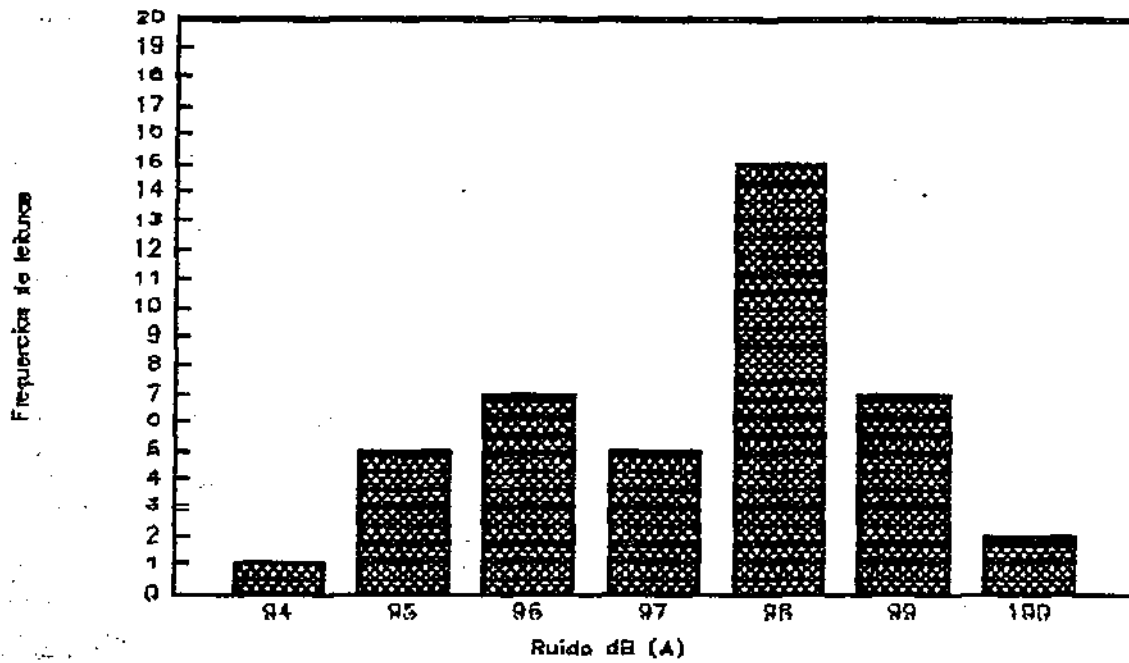


FIGURA 4.11 - Comparação entre as frequências de leituras de níveis de ruídos registradas durante a operação de aração.

OPERAÇÃO DE GRADEAMENTO

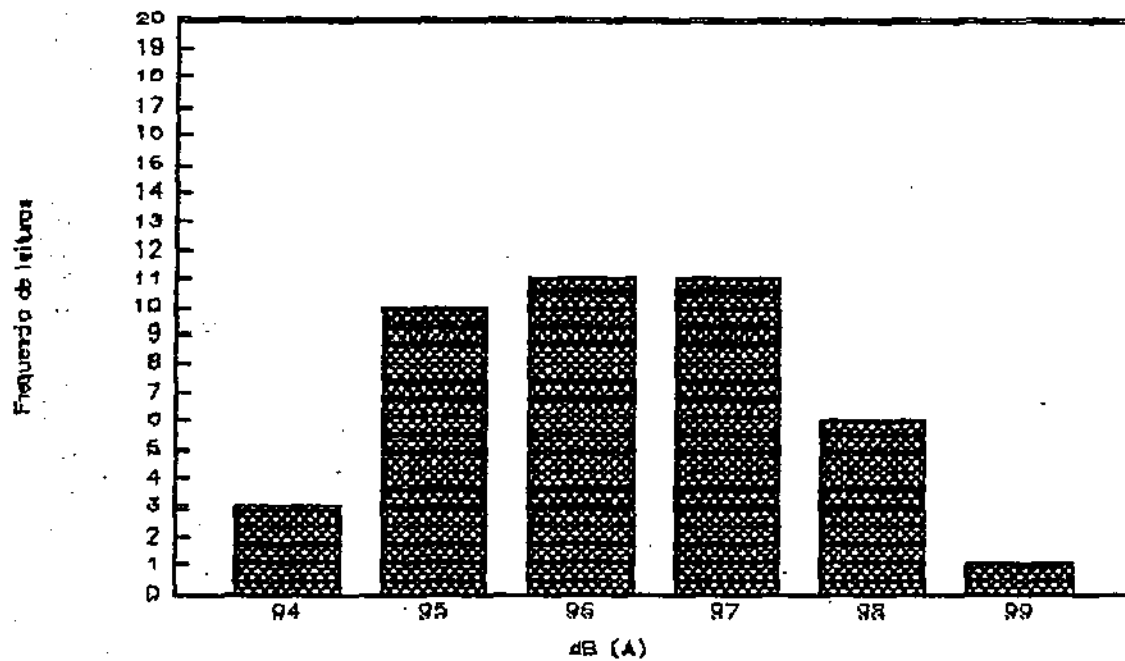


FIGURA 4:2 Comparação entre as frequências de leituras de níveis de ruídos registradas durante a operação de gradeamento.

OPERAÇÃO DE SULCAMENTO

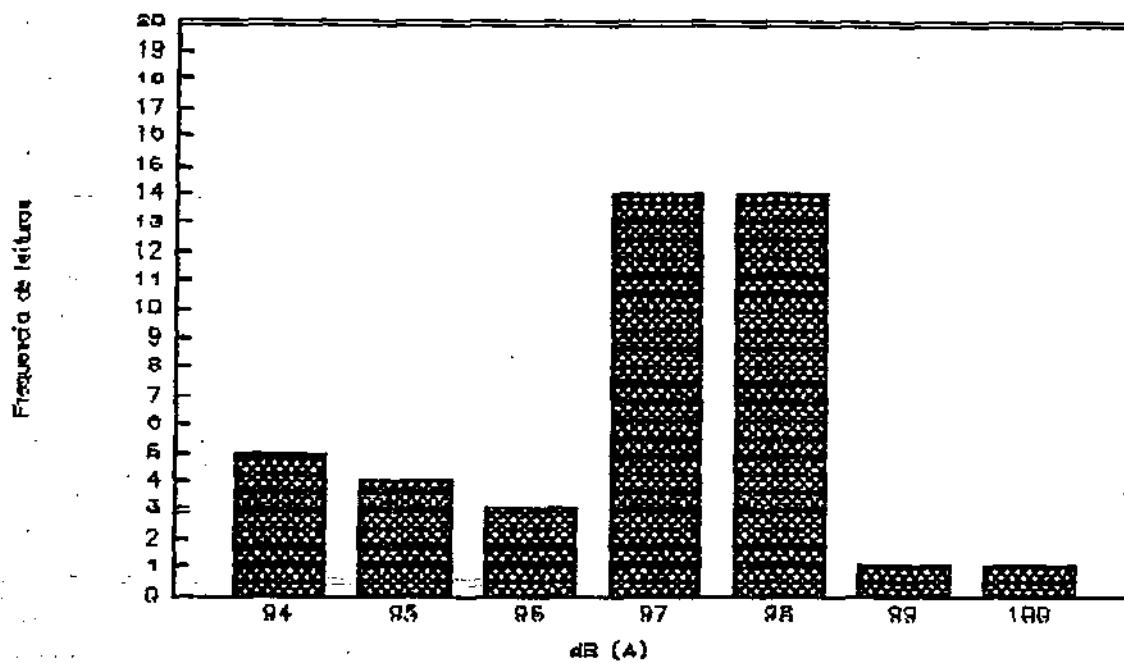


FIGURA 4.3 Comparação entre as frequências de leituras de níveis de ruídos registradas durante a operação de sulcamento.

OPERAÇÃO DE ARAÇÃO

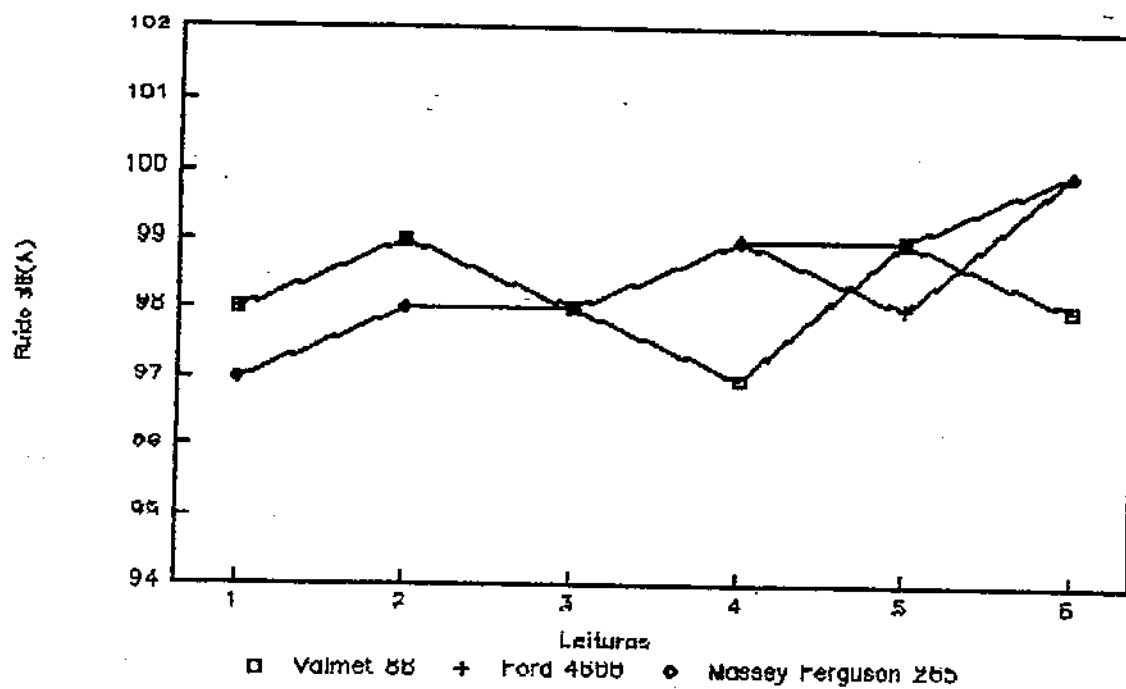


FIGURA 4.4 Comparação entre os níveis de ruídos emitidos pelos tratores utilizados, durante a operação de aração.

OPERAÇÃO DE GRADEAMENTO

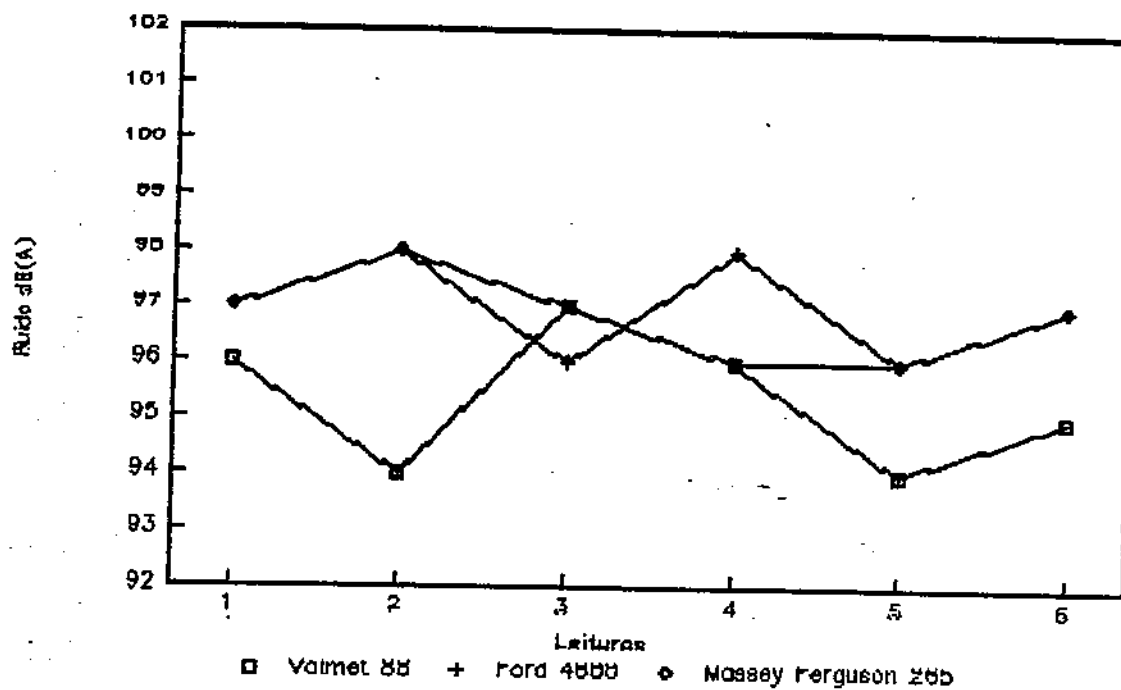


FIGURA 4.5 Comparação entre os níveis de ruídos emitidos por cada trator utilizado, durante a operação de gradeamento.

OPERAÇÃO DE SULCAMENTO

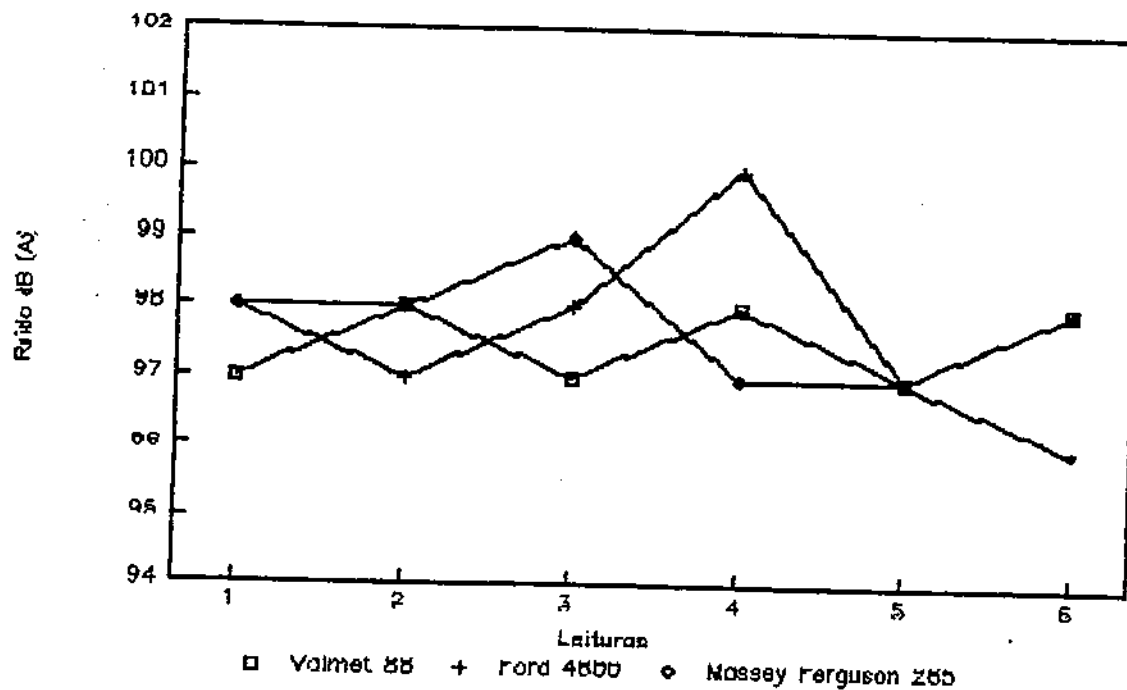


FIGURA 4.6 Comparação entre os níveis de ruídos emitidos por cada trator utilizado, durante a operação de sulcamento.

RUÍDO EM PREPARO PERIÓDICO DO SOLO

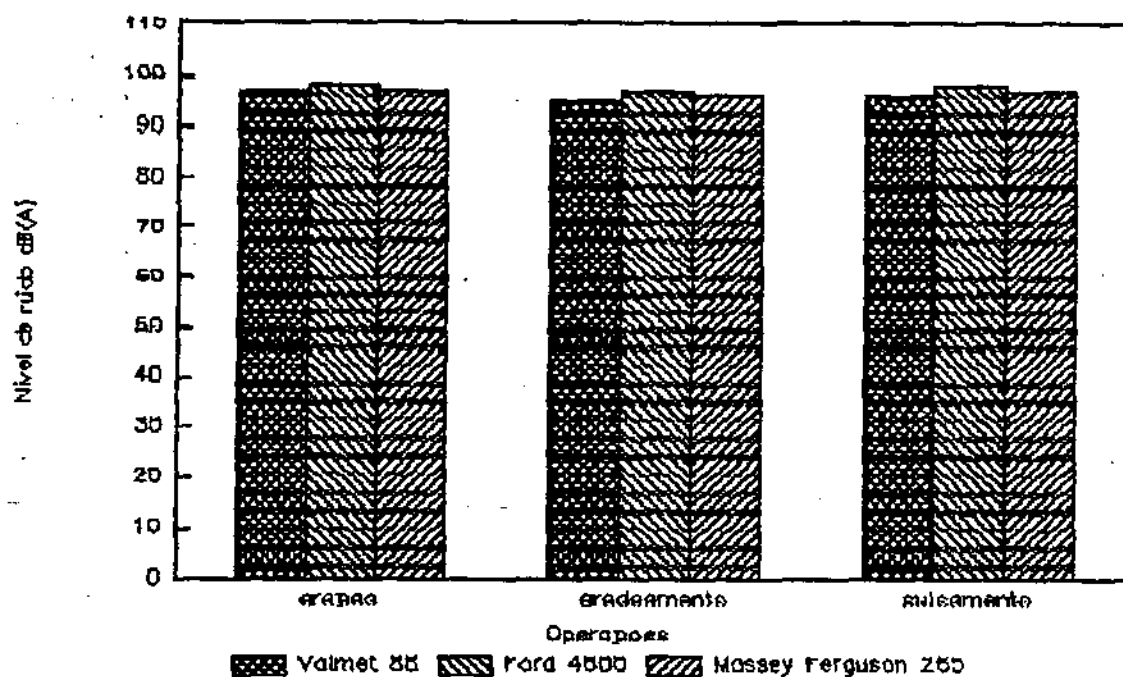


FIGURA 4.7 Comparação entre os níveis de ruído médio emitidos pelos tratores utilizados durante a operação de preparo periódico do solo. Utilizou-se a média entre as três leituras que apresentaram maior predominância de frequência de leituras durante cada operação de campo.

5. CONCLUSÕES

Fundamentado nos resultados obtidos, para as condições em que foi desenvolvido o presente trabalho e, em vista de toda documentação consultada, pode-se concluir que:

Há normas técnicas internacional e nacional que recomendam um limite máximo de exposição para 8 horas de trabalho por dia ao ruído contínuo ou intermitente.

Há limites nacionais e internacionais recomendados para a exposição de indivíduos ao ruído em função de sua amplitude e de sua intensidade;

O nível de ruído de fundo de 60 dB(A) medido no local do experimento, é um índice que revela um ambiente silencioso, segundo COSTA (1991).

O nível de ruído que apresentou maior predominância de frequência de leituras durante a realização dos testes, efetuados no local de trabalho do operador no trator agrícola de pneu, em efetivo trabalho de campo foi de 98 dB(A), com percentual de cerca de 35%, enquanto que, o nível que

apresentou maior intensidade acústica foi da ordem de 100 dB(A) com aproximadamente 2,5% das leituras;

Todas as operações que compõem o preparo periódico do solo testadas, apresentaram níveis de poluição pelo ruído superiores aos níveis recomendados pela legislação em vigor, NR-15 (Norma Regulamentadora para Controle de Ruídos do Ministério do Trabalho - Portaria nº 3.214 de 08 de junho de 1978), que fixa em 85 dB(A) a dose máxima de exposição diária ao ruído;

As operações de aração e sulcamento apresentaram, durante os ensaios, níveis de ruídos praticamente equivalentes e ligeiramente superiores ao nível encontrado na operação de gradeamento;

O nível médio de 97 dB(A) encontrado durante a prática de preparo periódico do solo, nas condições em que foi realizado o experimento, revela um índice muito elevado de poluição sonora, ~~confirmando~~ os dados obtidos por VASEY e BAILLIE (1960), também citados por BARGER et alii (1962) durante suas investigações ~~.~~

Dentro dos padrões em que foi desenvolvido o presente trabalho e, em função do nível de ruído predominante

Os níveis de ruído emitido, apenas do motor dos tratores utilizados nos testes já ultrapassam os limites considerados salubres;

No que se refere as condições de trabalho do tratorista, nenhum dos tratores envolvidos nos testes, apresentou as mínimas condições aceitáveis, uma vez que, apresentaram valores de níveis de ruídos nunca inferiores a 94 dB(A).

6. RECOMENDAÇÕES

Com base nesta investigação e de acordo com os dados que foram possíveis de serem coletados na prática, sugerimos levar em consideração as seguintes recomendações:

Dar continuidade a estudos visando melhorar a qualidade da proteção ambiental, no que diz respeito ao ruído, em tratores agrícolas;

Realizar exames audiométricos periodicamente em tratoristas, visando o acompanhamento e o controle de sua capacidade auditiva, uma vez que, estudos realizados por OLIVEIRA et alii (1977) mostraram que 85,7% dos operadores examinados em suas pesquisas, apresentavam hipoacusia neurosensorial;

Evitar que perdas auditivas detectadas em seus estágios iniciais tenham progressão, tomando-se cuidados para que os tratoristas com problemas, não volte a operar dentro de limites considerados insalubres,

Introduzir, junto aos tratoristas e/ou aos seus supervisores, a necessidade do uso de protetores auriculares

individuais, até que se chegue a níveis de ruídos aceitáveis no local de trabalho do trator;

Considerar a limitação dos tempos de exposição diária ao ruído pelos tratoristas, em operações de preparo periódico do solo;

Promover amplo trabalho de conscientização com os operadores de tratores para que eles possam conhecer os riscos que correm, e cobrarem, das autoridades competentes, as soluções cabíveis.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, R. L. e BANCROFT T. A. *Statistical theory in research*. Nova York. 1952. Pág. 18-26.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MECANIZAÇÃO AGRÍCOLA. *Informe*. Jundiaí - São Paulo. Julho de 1990. 3p.
- AZEVEDO, A. V. *A poluição ambiental pelo ruído* (Pontifícia Universidade Católica-CCE), Rio de Janeiro. 1973 183p.
- AZEVEDO, A. V. *Avaliação e controle do ruído industrial*. Rio de Janeiro. 1984. 118p.
- BARGER, E. L. *Tratores e seus motores*. Editora Edgard Blücher Ltda. São Paulo. 1966. 398p.
- BUCKMAN E BRADY. *Natureza e propriedades dos solos*. 6ª edição. Macmillan Publishing. 1976. 594p.
- BUENO, F. S., *Dicionário Escolar da língua portuguesa*. Fundação nacional do material escolar-ME. Rio de Janeiro. 1982. 1263p.

- CAMPANA, C. L. Insalubridade residual por ruído em tratores cabinados. Congresso da Associação Nacional de Medicina do Trabalho. Belo Horizonte. 1976. Resumos.
- CAÑAVATE, J. Técnica de la mecanización agraria. Tratores y aperos de la labranza y de cultivo. Madrid, Instituto Nacional de Investigaciones agrarias. 1976. 324p.
- CARTA DE ARARAQUARA. Secretaria das relações de trabalho. 1º pré-campo - São Paulo. 1981. resumo
- CHIKAETANI, W. Noise pollution by agricultural tractors. DNLA - 58.9 - 501. 1977. Pág. 355-531.
- COPPLESTONE, J. F. Medical assessment of noise tests on tractors. N-Z-Agric-Eng.Inst. Proj. Rep.-P, FEB. 1971. Pág. 15-24.
- CORRÊA, A. A. M. Manual do operador de tratores agrícolas. Ministério da Agricultura - DPA. Rio de Janeiro. 1965. 231p.
- COSTA, R. M. Uma cidade barulhenta, com tendência a piorar. Jornal do Comercio, 06 de novembro de 1991. Recife-PE. Artigo. Pág. 02.

- CURRY, R. W. e WEBER, J. A. Noise and performance of an axial-flow fan with varying shroud and core spacing (Tractors). American-Soc. Agr. Eng. Trans.-ASAE. 1972. Pág. 822-826.
- DENCKER, C. H. Manual de técnica agrícola. Ediciones Omega. Casa nova, 220 Barcelona. 1966. Pág. 25-50.
- DUPUIS, HEINRICH. Effect of tractor operation on human stresses. Agr. Engr. 1959. Pág. 228-236.
- FANTAZZINI, M. L. et alii. Norma para avaliação da exposição ocupacional ao ruído. Fundacentro-NHT-09 R/E. 1985 9p.
- FEDERER, W. T. Experimental design. Macmillan. Nova York. 1955. Pág. 121-132.
- FERNANDES, J. C., LANCAS, K. P. e VALARELLI, J. D. Avaliação do nível de ruído em tratores agrícolas. Resumo. São Paulo. 11p.
- FILHO, J. M. Redação de dissertações e teses. ESALO-USP. Pitacicaba- São Paulo. 1982. 60p.

- FUNDACENTRO. Manual de segurança, higiene e medicina do trabalho rural. São Paulo. 1978. 84p.
- FUNDACENTRO. Manual prático de avaliação do barulho industrial. Edição 1978. São Paulo-SP.
- FORD DO BRASIL S/A. Manual de operação e manutenção do trator modelo 4600. São Paulo - SP. 1984. 62p.
- GALETI, P. A. Preparo do solo. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. Piracicaba - São Paulo. 1981. 220p.
- GERGES, S. N. Y. Controle de vibrações e ruído industrial. Florianópolis, Santa Catarina - UFSC. 1983. 181p.
- GERGES, S. N. Y. Modelo Computacional para predição de poluição sonora em áreas residenciais adjacentes a instalações industriais. Trabalho apresentado no II Congresso Norte-nordeste. Anais. João Pessoa - Paraíba. 1992. p58-64.
- GOMES, F. P. Curso de estatística experimental. 7ª edição- Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1977. 430p.

HAMORI, V. Noise in operation of tractors in the czechoslovak agriculture. Engr. Sum. DNAL 58.8-M467. 1973. 20p.

HINZ, T. Emissions from agriculture. 1988. Pág. 519-521.
Resumo técnico.

HOENDERKEN, J. A. Low noise rating safety cabs (tractors).
DNAL 58.8 - L 2352 Engr. sum. 1977. Pág. 763.766.

HUGO, E. Noise in agriculture. What lessons from regulation tests on tractors. Bulletin-technique du machinisme et de equipament agricoles. 1989. Pág. 41-45.

ISO 5131 - Tractors and Machinery for Agriculture and Forestry Measurement of Noise at the Operators Position. 1982.

KATTO, J., SALMINEM, H. Noise vibration and rocking of forest tractors. DNAL S671. V3. 1973. 35p.

KNAPP, L. W. The man-machine relationship in tractor accidents. Paper no 61-128. Eng. Agrs. 1959. 8p.

MANCHEVAS, L. Studies of noise, produced by some types of tractors and cabins, and its effect on the hearing of machine operators. DNAL S671-S4. 1978. Pág. 89-92.

MANGABEIRA, S. N. R. Ruído - Problemas e soluções. Apostila, volume 1. Escola Técnica Federal de Pernambuco - Recife-PE. 1988. 82p.

MARING, J. Technical aspects in the prevention of noise from agricultural tractors. Agri. mech. DNAL 59.9-UN 3222. 1971. 8p.

MARQUEZ et alii. Noise equipament, tractors, safety, injuries el ruido. ETESA. 1979. Pág. 8-11.

MASSEY FERGUSON. Manual de operação do trator modelo 265. São Paulo - SP. 1987. 48p.

MCCORMICK, E. J. Human engineering. McGraw-Hill Book Co. New York. 1957. 191p.

MEHLMANN et alii. Hygienic ergonomic studies of the noise emitted by self-propelled agricultural machines and tractors. DNAL 58.8-D-482. 1974. Pág. 531-533.

- MIALHE, L. G. Manual de mecanização agrícola. Editora Ceres, São Paulo. 1974. 301p.
- MONTEIRO, A. Determinação do ruído em diversos locais do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 1962. 122p.
- MORRIS, W. H. M. Heat stresses in tractor operation. Paper no 61-132 - agr. engra. 1959. 6p.
- MOLDS, R. H. Noise-induced hearing loss (farm noise, tractors). DNAL 44.B-D1443. 1976. Pág. 10-13.
- NB-95. Níveis de ruído aceitáveis. ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). 1966. 2p.
- NBR-7731. Guia para execução de serviços de medição de ruídos aéreos e avaliação de seus efeitos sobre o homem. 1983.
- NBR-9999. Medição do nível de ruído, no posto de operação, de tratores e máquinas agrícolas. Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Forum nacional de normalização. 1987. 12p.
- NEVES, R. M. P. Trauma sonoro. Rio de Janeiro. 1976. 81p.

- NR-15. Norma regulamentadora para controle de ruído. Ministério do Trabalho-MT. Portaria nº 3.214. Julho de 1978. 2p.
- OLIVEIRA et alii. Nota prévia sobre insalubridade por ruído no trabalho dos tratoristas. Revista brasileira de saúde ocupacional. São Paulo. 1977. Pág. 2.
- PETRIK, V. Noise in operation of tractors in the czechoslovak agriculture. Eng. sum. DNAL 58.8-M467. 1973. Pág. 251-255.
- ROBERT, B. Noise in agriculture. Sound insulation of tractor cab. Bulletin technique du machinisme-equipement agricoles. 1989. Pág. 32-39.
- SAAD, O. Seleção do equipamento agrícola. 3ª edição, nobel-Esalq-Usp. São Paulo. 1981. 126p.
- SAAD, O. Máquinas e técnicas de preparo inicial do solo. 3ª edição, nobel. Esalq-Usp. São Paulo. 1981. 98p.
- SALMINEM, H. Measurement of the noise generated by forest tractors (safety to forest laborers). DNAL-99.8-T-432. 1976. Pag. 151-154.

SAMPAIO, E. M. Noções de planejamento de experimento. Universidade Federal de Ceará-UFC. 1985. 137p.

SEVERINO, A. J. Metodologia do trabalho científico. Editora nobel. São Paulo. 1986. 212p.

STANEK, J. et alii. Noise and vibration in high-performance tractors. DNLA - 58.9-C333. 1978. Pg. 231-245.

STOLF, R. Manual de operação do penetrometro de impacto, modelo IAA/Planalsucar-Stolf. Boletim nº 2 - Araraquara - São Paulo. 1984. 13p.

VALMET DO BRASIL: Manual de operação e manutenção do trator modelo 88. São Paulo -SP. 56p.

VARGA, V. Analisis of the diesel motor noise of tractors in a brake room. DNAL-S16.H8A32. 1974. Pg. 491-499.

VARGA, V. Noise pollution of agricultural tractors. DNAL-S16-H8A32. 1973. Pg. 573-582.

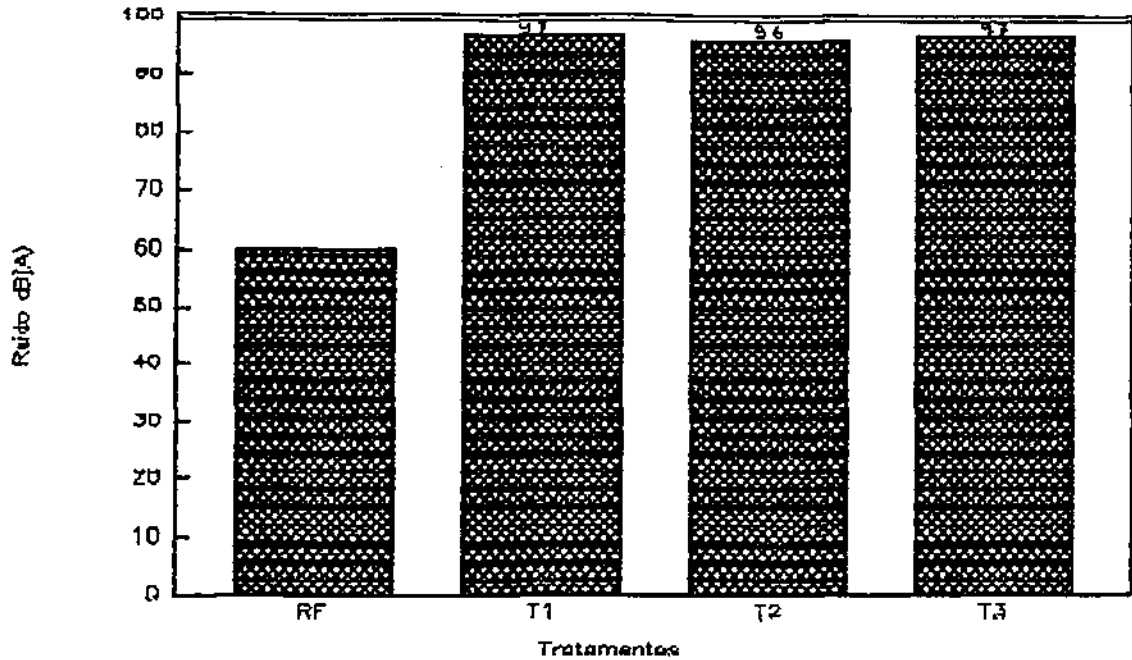
VASEY, G. H. e BAILLIE. Noise in agricultural tractors. Jour. Agr. engr. Research, vol 6, nº 1. 1961. 8p.

- THIEN, G. E. Noise sources with farm tractors. Techniques of improvement and resulting concepts. Eng. sum. 1975. Pg. 120-123.
- WEICHENRIEDER, A. Noise stress on agricultural tractors (forestry). DNAL-99.8-F7794. 1974. Pg. 33-35.
- WISNER, A. Por dentro do trabalho-Ergonomia: Métodos e técnicas. FTD-São Paulo. 1987. 189p.
- WOODSON, W. E. Human engineering guide for equipment designers - University of California-Los Angeles. 1956. Pg. 191-204.

ANEXO 01

Comparação entre os níveis de ruído em dB(A) registrados durante a execução do preparo periódico do solo, em relação ao ruído de fundo registrado no local do experimento

RUÍDO EM PREPARO PERIÓDICO DO SOLO



RF - ruído de fundo

T1 - aração

T2 - gradeamento

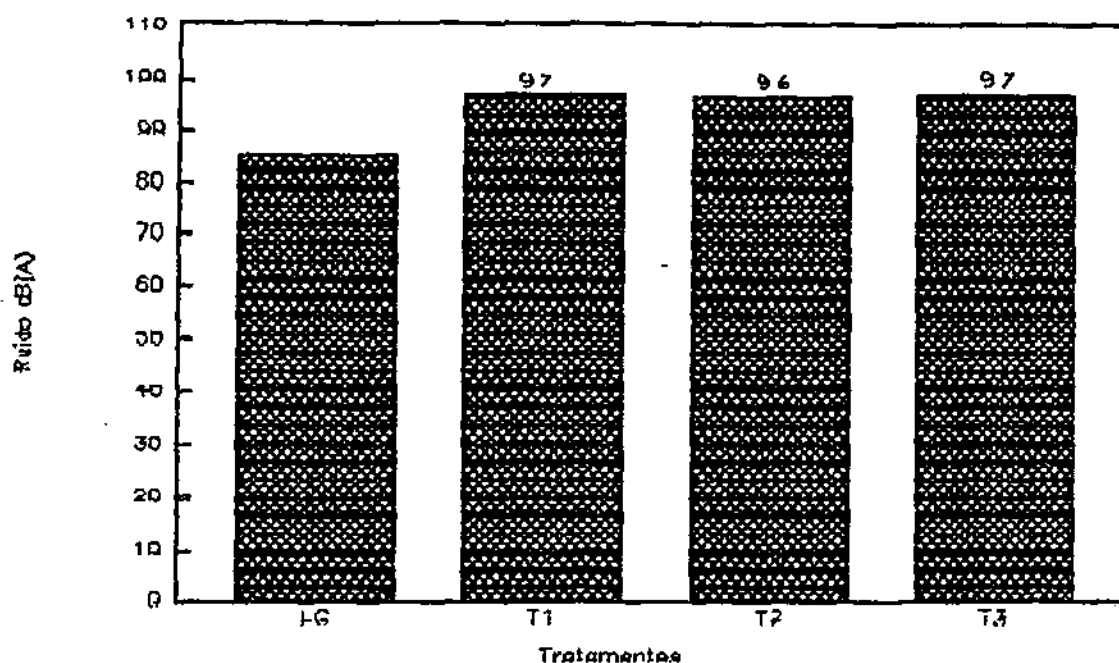
T3 - sulcamento

FIGURA 08. Comparação entre os níveis de ruído em dB(A) registrados durante a execução do preparo periódico do solo (aração, gradeamento e sulcamento), em relação ao ruído de fundo registrado no local do experimento.

ANEXO 02

Comparação entre os níveis de ruído em dB(A) registrados durante a execução do preparo periódico do solo, em relação ao que especifica a legislação em vigor

RUÍDO EM PREPARO PERIÓDICO DO SOLO



LG - legislação em vigor

T1 - aração

T2 - gradeamento

T3 - sulcamento

FIGURA 09. Comparação entre os níveis de ruído registrados durante a execução do preparo periódico do solo (aração, gradeamento e sulcamento), em relação ao que especifica a legislação em vigor.

ANEXO 03**Equações matemáticas**

EQUAÇÕES MATEMÁTICAS

Já foi visto que vibrações de partículas em um meio elástico transmite o som, portanto, isso implica que a onda sonora tem energia associada e poderá ser cinética ou potencial. É uma característica dessa energia realizar trabalho, isto é, tem uma potência fixa, GERGES (1983). Matematicamente tem-se:

Trabalho = força X distância

e

Potência = trabalho por unidade de tempo

isto é

$$W = \text{força} \times \frac{\text{distância}}{\text{tempo}}$$

Logo a potência sonora é calculada através da expressão

$$W = F \times \frac{D}{t}$$

A intensidade sonora (I) é definida como potência sonora por unidade de área (S)

ou seja,

$$I = \frac{W}{S} = \frac{F}{S} \times \frac{D}{T}$$

I = Pressão x Velocidade de partícula

$$I = P \times V \quad (I)$$

O nível de intensidade acústica para o ruído transmitido pelo ar, na escala logarítmica é dado por:

$$NI = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) \quad \text{em dB} \quad (II)$$

onde:

$I_0 = 10^{-12}$ watt/m² valor de referência de intensidade acústica para o ruído transmitido no ar. Corresponde aproximadamente a intensidade de um tom puro de 1000 Hz que é levemente audível para o ouvido humano normal. I_0 é a intensidade do som no limiar da audibilidade (0 dB)

A intensidade acústica é proporcional ao quadrado da pressão acústica, então o nível de pressão sonora é dado

por:

$$\text{NPS} = 10 \log \left(\frac{p^2}{P_0^2} \right) \quad (\text{III})$$

$$\text{NPS} = 20 \log \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad \text{em dB} \quad (\text{IV})$$

onde:

$P_0 = 2 \times 10^{-5}$ (N/m² = Pa = 10 microbar). P_0 é o valor de referência por ser a média auditiva a 1000 Hz, ou seja, 0 dB (limite da audição).

"P" é a pressão acústica por unidade de área correspondente em relação a pressão acústica de referência (P_0).

Pressão acústica

Sendo o nível de pressão sonora dado por:

$$\text{NPS} = 20 \log \left(\frac{P}{P_0} \right) \quad (\text{V})$$

fazendo

$$\log \left(\frac{P}{P_0} \right) = \frac{\text{NPS}}{20} \quad (\text{VI})$$

onde

$$\left(\frac{P}{P_0}\right) = 10^{\frac{NPS}{20}} \quad (VII)$$

logo

$$P = P_0 \times 10^{\frac{NPS}{20}} \quad (VIII)$$

onde:

P = Pressão acústica por unidade de área;

P₀ = Pressão acústica de referência;

NPS = Nível de pressão sonora (dB).

Nível de potência sonora

Já foi visto que a intensidade acústica "I" é a energia passando por uma área unitária por segundo, ou seja:

$$I = \frac{\text{potência}}{\text{área}} = \frac{W}{S} \quad \text{watt/m}^2 \quad (IX)$$

A unidade de intensidade de pressão sonora foram descritas em escalas logarítmicas, a potência sonora é também determinada da mesma forma:

O nível de pressão sonora "NWS" é dado por:

$$NWS = 10 \log \frac{I}{I_0} \times \frac{S}{1} \quad (X)$$

ou

$$NWS = 10 \log \frac{I}{I_0} + 10 \log S \quad (XI)$$

logo

$$NWS = NPS + 10 \log S \quad \text{em dB} \quad (XII)$$

Considerando a fonte como pontual, que irradia esfericamente em espaço livre:

$$S = 4\pi R^2$$

onde:

R = distância entre a fonte e o microfone do medidor.

então,

$$NWS = NPS + 10 \log 4\pi R^2$$

$$NWS = NPS + 10 \log R^2 + 10 \log 4\pi$$

$$NWS = NPS + 20 \log R + 11 \quad \text{em dB} \quad (\text{XIII})$$

Fonte: GERGES, (1983)

Limite de tolerância

$$T = \frac{6}{\frac{(L - 85)^2}{2}}$$

Fórmula de MARTIN G. WILL e
(VX) SATO SHI KITAMURA, citado
pelo manual prático de bar-
ruído industrial, (1978).

T = Exposição máxima permissível sem uso de protetor
auricular em horas/dia;

L = é o nível de poluição ambiental, medido em unidade
decibel.

Fazendo

$$T = \frac{2^4}{\frac{(L - 85)^2}{2}}$$

onde

$$T = 2^4 \times 2 - \frac{(L - 85)}{5}$$

$$T = 2^{(4-(L-85))/5}$$

$$T = 2^{(90-L+85)/5}$$

$$T = 2^{(105-L)/5}$$

logo

$$T = 5 \sqrt[5]{2^{(105-L)}}$$

ou

$$L = 105 - \frac{5 \log (T)}{\log (2)} \quad (XV)$$

No Brasil a fórmula (VX) é substituída pela seguinte fórmula:

$$T = 5 \sqrt[5]{2^{(100-L)}} \quad (XVI)$$

Que é responsável pela tabela do limite de tolerância contida na norma regulamentadora nº 15 do Ministério do Trabalho.

Aplicando logaritmos à fórmula acima, teremos o valor do nível de poluição sonora "L" em decibel.

$$L = 100 - 5 \frac{\log (T)}{\log (2)} \quad (\text{XVII})$$

Fonte: MANGABEIRA, S. N. R. (1988)

ANEXO 04

**Tabelas de leituras de níveis de ruídos dB(A) coletados no
campo**

TABELA DE LEITURA DE NÍVEL DE RUÍDO-dB(A) NO CAMPO

Tratamento: M1T1

Operação: Aração

Bloco.....: B1

Trator...: Valmet 88

Parcela....: 01

Leituras aleatórias:	Ruído dB(A)	Flutuação dB(A)	Média das flutuações	Umidade do solo (%)
1a	92	2	2.34	10.6
2a	94			
3a	97	2		
4a	95			
5a	96	3		
6a	99			

TABELA DE LEITURA DE NÍVEL DE RUÍDO-dB(A) NO CAMPO

Tratamento: M2T1

Operação: Aração

Bloco.....: B2

Trator...: Ford 4600

Parcela....: 03

Leituras aleatórias:	Ruído dB(A)	Flutuação dB(A)	Média das flutuações	Umidade do solo (%)
1a	98	1	1.34	9.4
2a	99			
3a	97	1		
4a	98			
5a	98	2		
6a	100			

TABELA DE LEITURA DE NÍVEL DE RUÍDO-dB(A) NO CAMPO

Tratamento: M3T1

Operação: Aração

Bloco.....: B3

Trator...: Massey Ferguson

Parcela...: 02

Leituras aleatórias:	Ruído dB(A)	Flutuação dB(A)	Média das flutuações	Umidade do solo (%)
1a	97			
2a	98	1		
3a	98	1	1	9.4
4a	99			
5a	99	1		
6a	100			

TABELA DE LEITURA DE NÍVEL DE RUÍDO-dB(A) NO CAMPO

Tratamento: M3T1

Operação: Aração

Bloco..... B4

Trator... Massey Ferguson

Parcela...: 03

Leituras aleatórias:	Ruído dB(A)	Flutuação dB(A)	Média das flutuações	Umidade do solo (%)
1a	97	1		
2a	96			
3a	96	2	1.33	10.4
4a	98			
5a	95	1		
6a	96			

TABELA DE LEITURA DE NÍVEL DE RUÍDO-dB(A) NO CAMPO

Tratamento: M1T1

Operação: Aração

Bloco.....: B5

Trator...: Valmet 88

Parcela....: 01

Leituras aleatórias:	Ruído dB(A)	Flutuação dB(A)	Média das flutuações	Umidade do solo (%)
1a	96	1		
2a	95			
3a	96	1	1.33	9.8
4a	95			
5a	93	2		
6a	95			

TABELA DE LEITURA DE NÍVEL DE RUÍDO-dB(A) NO CAMPO

Tratamento: M2T2

Operação: Aração

Bloco.....: B6

Trator...: Ford 4600

Parcela....: 02

Leituras aleatórias:	Ruído dB(A)	Flutuação dB(A)	Média das flutuações	Umidade do solo (%)
1a	98			
2a	97	1		
3a	98			
4a	97	1	0.67	9.6
5a	98			
6a	98	0		

TABELA DE LEITURA DE NÍVEL DE RUÍDO-dB(A) NO CAMPO

Tratamento: M2T1

Operação: Aração

Bloco.....: B7

Trator...: Ford 4600

Parcela....: 03

Leituras aleatórias:	Ruído dB(A)	Flutuação dB(A)	Média das flutuações	Umidade do solo (%)
1a	96	1		
2a	97			
3a	97	1	1	9.4
4a	98			
5a	98	1		
6a	99			