

AGRÁRIA

Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN (on line): 1981-0997

v.6, n.3, p.514-520, jul.-set, 2011

Recife, PE, UFRPE. www.agraria.ufrpe.br

Protocolo 1089 – 06/09/2010 *Aprovado em 25/04/2011

DOI:10.5039/agraria.v6i3a1089

Sálvio N. S. Arcoverde²

Jorge W. Cortez³

Clóvis de O. Pitanga Júnior²

Hideo de J. Nagahama³

Nível de ruído emitido por conjuntos mecanizados em função da velocidade e da condição do solo¹

RESUMO

O ruído gerado pela mecanização agrícola trouxe efeitos colaterais, e um deles é o dano à audição do operador de máquinas agrícolas. De acordo com a NR-15, que estabelece os limites de tolerância para ruídos contínuos, não é permitida a exposição a níveis de ruído acima de 115 dB (A) para indivíduos que não estejam adequadamente protegidos, sendo que o limite máximo tolerável, considerando uma jornada de trabalho de 8 horas, é de 85 dB (A). Objetivou-se com este trabalho estudar a influência da velocidade de deslocamento e a condição do solo na determinação dos níveis de ruído emitido pelo trator em diversas operações agrícolas. O trabalho foi realizado no Campus Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina/PE, utilizando um trator Valtra modelo 785 TDA sem cabine e um medidor do nível de ruído. Avaliou-se o nível de ruído do trator em cinco velocidades de deslocamento (0,83; 1,39; 2,42; 2,97 e 3,61 m s⁻¹) sob solo preparado e solo coberto com plantas daninhas, com os equipamentos: trator (testemunha), grade leve off-set, escarificador e roçadora. Os dados foram analisados por meio de regressão polinomial, quando significativos a pelo menos 5% de probabilidade no teste de F. Os valores mais relevantes foram encontrados no trator e na operação de gradagem, observando-se que a exigência de potência no motor aumentou o nível de ruído. As demais operações obtiveram valores de ruído acima do estabelecido pela NR-15, considerando a jornada de trabalho de 8 horas.

Palavras-chave: Decibelímetro, máquinas agrícolas, ruído.

Noise level emitted by mechanized groups as a function of speed and soil condition

ABSTRACT

The noise generated by agricultural mechanization has brought side effects, and one of them is the damage to the hearing of agricultural machinery operators. According to NR-15, which establishes the tolerance limits for continuous noise, the exposure to noise levels above 115 dB (A) for individuals who are not adequately protected is not permitted, given that the maximum tolerable limit, considering an 8-hour working day, is 85 dB (A). The objective of this work was to study the influence of the travel speed and soil condition on the determination of sound power levels emitted by the tractor in several agricultural operations. The study was conducted at the Campus of Agricultural Sciences of Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, Pernambuco, Brazil, using a Valtra tractor model 785 TDA without cabin and a noise level meter. The sound power level of the tractor was evaluated in five speeds (0.83; 1.39; 2.42; 2.97 and 3.61 m s⁻¹) on prepared soil and soil covered with weeds, with the machinery: tractor (control), off-set disk harrow, chisel plow and rotary mower. Data were analyzed by polynomial regression when significant at least 5% probability by the F test. The most significant values were found in the tractor and plowing, observing that the need for higher engine power increased the sound power level. The other operations had noise values above the sound power established by the NR-15, considering the 8-hour working day.

Key words: Decibel meter, agricultural machinery, noise.

¹ Parte do trabalho de conclusão de curso em Engenharia Agrícola e Ambiental do primeiro autor.

² Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Avenida Antonio Carlos Magalhães, 510, Bairro Country Club, CEP 48902-300, Juazeiro-BA, Brasil. Fone/Fax: (74) 2102-7621. Email: salvionivasf@hotmail.com; bangato@gmail.com

³ Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Colegiado de Engenharia Agrônoma, Rodovia BR 407, km 12, Lote 543, Projeto de Irrigação Nilo Coelho, s/n, C1, CEP: 56300-000, Petrolina-PE, Brasil. Fone/Fax: (87) 2101-4833. Email: jorge.cortez@univasf.edu.br; hideo.nagahama@univasf.edu.br

INTRODUÇÃO

Com o surgimento da mecanização agrícola, várias atividades agrárias se tornaram mais simples e práticas do que quando o trabalho era predominantemente realizado de forma manual ou com o auxílio da tração animal. Entretanto, a inserção de máquinas produz ruídos no campo, os quais geram danos à sensibilidade auditiva do operador, bem como de outros trabalhadores.

No Brasil, sobretudo a partir da década de 1960, a preocupação inicial era em melhorar a eficiência e a produtividade de quem operava as máquinas agrícolas, pois a utilização de cabinas no projeto era algo que encarecia o preço final. Além disso, os operadores, geralmente, possuíam um nível cultural baixo e desconheciam os prejuízos à saúde pela falta de uso de equipamentos de proteção.

Atualmente, estudos sobre níveis de ruído em operações agrícolas contribuem para investigar a real necessidade de se utilizar medidas de conforto e segurança para o operador, como a utilização de equipamentos de proteção individual, conhecidos como protetores auriculares, para atenuar os ruídos.

Baesso et al. (2008) observaram que o nível de ruído próximo ao ouvido do operador na jornada de trabalho é um dos fatores que devem ser avaliados em sistemas produtivos com intenso uso de máquinas. Os autores ainda ressaltaram que pessoas expostas a 82, 85, 88 ou 92 dB (A), em uma jornada diária de trabalho (8 horas), perdem 2, 5, 10 ou 20% da audição, respectivamente.

Souza et al., (2004) em experimento com trator com potência máxima de 54 kW (73 cv) e grade niveladora “off-set”, verificaram que na velocidade de 1,8 m s⁻¹ os níveis de ruído foram de 96,4 e 96,5 dB (A) para as profundidades de trabalho de 0,06 e 0,12 m, respectivamente. Na velocidade de 2,22 m s⁻¹ os níveis de ruído foram de 95,8 e 97,2 dB (A) para as profundidades de 0,06 e 0,12 m, respectivamente. O aumento de velocidade foi significativo em todas as profundidades para o nível de ruído. A profundidade de trabalho influenciou o nível de ruído na velocidade de 2,22 m s⁻¹.

Fernandes (2003) em estudo com 198 tratores em situação real de trabalho no campo observou que as operações que não são de preparo do solo (adubadora, roçagem, cultivo) apresentam incremento significativo no nível de ruído causado pelo próprio implemento.

Cunha et al., (2009) verificaram por meio de um experimento com trator de 60,35 kW (82 cv) tracionando uma grade a 0,15 m de profundidade, que os valores de ruídos foram acima de 85 dB (A) e, com o nível de rotação máxima (2.000 rpm), os valores foram acima de 115 dB (A). Assim o tempo de exposição máximo para a operação com grade foi de 1 h sem protetor auricular. Para Aybek et al. (2010), ao estudarem o nível de ruído em tratores com e sem cabine em diferentes operações, verificaram que o nível de ruído foi maior na operação de aração e na colheita de forragem, permitindo exposição máxima de 2 h.

Dewangan et al. (2005), ao estudarem tratores de pneu de 18,7 e 26,1 kW de potência no motor, verificaram que houve aumento no nível de ruído com o incremento na rotação do

motor e com a velocidade de deslocamento, sendo os valores máximos encontrados de 92 dB(A) para a condição parado.

Pressupõe-se que o aumento da velocidade de deslocamento dos conjuntos mecanizados e a profundidade de penetração dos equipamentos no solo, aliados ao tipo de cobertura do solo, podem influenciar no aumento da força de tração e na potência do motor, culminando com a elevação do nível de ruído medido próximo ao ouvido do operador de máquinas.

Objetivou-se com este trabalho avaliar o nível de ruído emitido por trator em diferentes operações agrícolas em função da velocidade e da condição do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Campus Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) em Petrolina – PE, que se localiza na latitude de 09°23' Sul, longitude de 40°30' Oeste e altitude de 376 m. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região apresenta-se como tropical semiárido, tipo BshW, caracterizado pela escassez e irregularidade das precipitações com chuvas no verão e forte evaporação em consequência das altas temperaturas.

O solo foi classificado como Argissolo Amarelo (Embrapa, 2006) que apresenta na camada de 0,0-0,20 m de profundidade 85,9% de areia, 8,5% de silte e 5,6% de argila.

Como fonte de potência, foi utilizado o trator da marca Valtra (AGCO), 785 TDA, com 55,2 kW (75 cv), motor fabricado em 2004 com 3.100 horas de uso, com pneus dianteiros 12.4-24 R1 e traseiros 18.4 – 30 R1, em bom estado, e rotação de trabalho no motor a 2.040 rpm.

Os equipamentos utilizados para a condução do trabalho foram: Grade leve Off-set, segundo classificação de Stolf (2007), da fabricante Marchesan TATU (Marchesan, 2005), modelo ATCR, fabricada em 2005, com 7 discos em cada seção (duas), sendo recortados de 24" (0,61 m) e distância entre discos de 0,23 m e profundidade de trabalho de 0,20 m; Escarificador da marca Marchesan TATU (Marchesan, 2004), modelo AST, fabricado em 2005 com 3 hastes e ponteira estreita de 0,05 m e profundidade de trabalho de 0,30 m; Roçadora da marca Marchesan TATU, modelo RC² 1300, fabricado em 2005 com duas facas móveis e sistema de embreagem para evitar esforços no eixo cardan e largura de trabalho de 1,30 m.

Os níveis de ruído foram coletados por meio do decibelímetro digital da marca Minipa - modelo MSL-1325 com três faixas de medição (32-80 dB (A); 50-100 dB (A) e 80-130 dB (A)) e protetor de vento atendendo a norma IEC651 (*International Electrotechnical Commission*), tipo 2 (classes de 0 a 3), sendo equipamento para medições a campo. Foi utilizado conforme MTE (2008), nos circuitos de resposta lenta (SLOW) e de equalização “A”, sendo expresso em dB (A).

As avaliações basearam-se no método descrito na NBR-9999 (ABNT, 1987). Segundo esta norma, na posição e momento do ensaio de medição do nível de ruído, a temperatura ambiente deve estar entre -5 e 30°C e a velocidade do vento deve ser inferior a 5,0 m s⁻¹, observadas por meio

de uma estação meteorológica no Campus Ciências Agrárias. No momento do experimento, a velocidade do vento e a temperatura eram de 27,0°C e 5,3 m s⁻¹, respectivamente, atendendo às solicitações da norma. Como a velocidade do vento estava acima do limite, utilizou-se o protetor de vento.

Para realizar as medições, colocou-se o medidor de nível de ruído próximo ao ouvido do operador, lateralmente em relação ao ponto de referência do assento - (SIP – Seat Index Point), de acordo com a norma NBR 5353 (ABNT, 1999); ou seja, o microfone foi instalado ao lado da cabeça do operador que foi submetido ao nível ruído (Mialhe, 1996). Assim, as determinações foram coletadas a cada 5 s, sendo tomadas três medidas do nível de ruído no percurso de 30 m, com o trator em movimento nas velocidades teóricas de 0,83 m s⁻¹ (L1), 1,39 m s⁻¹ (L2), 2,42 m s⁻¹ (H1), 2,97 m s⁻¹ (L3) e 3,61 m s⁻¹ (H2), com o motor a 2.040 rpm.

Utilizou-se o esquema fatorial de dois fatores no delineamento inteiramente casualizado (DIC) para a análise dos dados obtidos do trator, sendo duas pistas de ensaio (solo preparado e solo coberto por plantas daninhas) e cinco velocidades de deslocamento: 0,83 m s⁻¹ (L1), 1,39 m s⁻¹ (L2), 2,42 m s⁻¹ (H1), 2,97 m s⁻¹ (L3) e 3,61 m s⁻¹ (H2). Quando os dados foram significativos a pelo menos 5 % de probabilidade no teste de F, aplicou-se o teste Tukey para a comparação das médias. Para a avaliação do nível de ruído dos conjuntos, que foi apenas em função das cinco velocidades de deslocamento, realizou-se a regressão polinomial quando significativo a pelo menos 5% de probabilidade no teste de F.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se que ocorreu efeito significativo da interação pistas de ensaio (solo coberto e preparado) e velocidades de deslocamento do trator para o nível de ruído (Tabela 1). O tempo de exposição máximo variou de 2 h e 01 min a 2 h e 58 min (Tabelas 2 e 3) sem o uso de protetor auricular.

Verifica-se pelo desdobramento da interação (Tabela 2) que as marchas de menores velocidades (L1 - 0,83 e L2 - 1,39 m s⁻¹) apresentaram níveis de ruído maiores quando o trator trafegou sobre solo coberto, enquanto que as demais não diferiram.

Tosin et al. (2009) realizaram um experimento com dois tratores para as condições de pistas (asfalto, concreto e solo

firme) com quatro pressões de inflação dos pneus dos tratores, e em três marchas de operação, observaram que o nível de pressão sonora gerada pelo trator não foi influenciado pelo tipo de solo, pressão de inflação dos pneus agrícolas e velocidade média. Com o trator trafegando em solo firme, verificou-se valores de ruído de 89,3; 88,96 e 88,94 dB (A) para as velocidades 1,0; 1,39 e 1,89 m s⁻¹, respectivamente, na maior pressão do pneu. Em todas as velocidades, os valores encontrados neste trabalho foram superiores aos de Tosin et al. (2009). Rinaldi et al., (2008), ao estudarem 29 tratores de diferentes marcas e anos de utilização, verificaram que os níveis de ruídos foram elevados, acima dos permitidos pela NR-15, independente do tempo de uso, sendo que somente um trator se enquadrava na norma ao se medir o nível de ruído próximo ao ouvido esquerdo do operador.

Tabela 1. Síntese da análise de variância dos valores médios do nível de ruído (dB, A) em função das pistas de ensaio, velocidade de deslocamento do trator e tempo de exposição

Table 1. Summary of the variance analysis of the mean values of noise level (dB, A) as a function of the test track, the tractor's travel speed and exposure time

Fatores	Nível de ruído (dB, A)	Tempo de exposição (H)
Pistas (P)		
Solo preparado	92,7	2h 46min
Solo coberto	93,9	2h 18min
Velocidades (m s ⁻¹) (V)		
0,83	93,0	2h 40min
1,39	93,5	2h 27min
2,42	93,1	2h 38min
2,97	92,4	2h 52min
3,61	94,6	2h 06min
Teste F		
P	26,7**	—
V	10,1**	—
P x V	10,4**	—
CV	0,6	—

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste Tukey. ^{ns}: não significativo (P>0,05); ^{*}: significativo (P ≤ 0,05); ^{**}: significativo (P ≤ 0,01). CV: coeficiente de variação (%)

Tabela 2. Síntese do desdobramento da interação para os valores médios do nível de ruído (dB, A) em função das pistas de ensaio, velocidade de deslocamento do trator e tempo de exposição

Table 2. Summary of the results of the interaction for the mean values of the noise level (dB, A) as a function of the test track, the tractor's travel speed and exposure time

Velocidade (m s ⁻¹)	Solo preparado	Tempo de exposição (H)	Solo coberto	Tempo de exposição (H)
0,83	91,3 Cb	3h 21min	94,8 Aa	2h 03min
1,39	92,5 BCb	2h 50min	94,5 Aa	2h 01min
2,42	93,4 ABa	2h 30min	93,0 Ba	2h 40min
2,97	92,2 BCa	2h 53min	92,7 Ba	2h 58min
3,61	94,5 Aa	2h 01min	94,6 Aa	2h 06min

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade

Tabela 3. Análise de regressão polinomial do nível de ruído para as pistas de ensaio em função da velocidade de deslocamento do trator

Table 3. Polynomial regression analysis of the noise level for the test tracks, as a function of the travel speed of the tractor

	Solo preparado		Solo coberto	
	F	R ²	F	R ²
Velocidade	11,4**		8,9**	
Grau 1	28,9**	63,2	5,6*	15,9
Grau 2	0,7 ns	63,3	20,5**	73,6
Grau 3	10,9**	87,2	9,2*	99,4
Equação				
Grau 1	—		—	
Grau 2	—		—	
Grau 3	Y = 0,02x ³ -0,48x ² +3,8x+83,6		Y = 0,017x ³ -0,35x ² +1,9x+91,7	
C.V.	0,7%		0,6%	

C.V.: coeficiente de variação; ns: não significativo pelo teste F. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Na análise de regressão polinomial para o nível de ruído do trator trafegando sobre solo preparado e solo coberto em função da velocidade (Tabela 3), verificou-se que, para o tráfego em solo preparado, o nível foi significativo para a regressão de primeiro e terceiro grau, mas selecionou-se a última em função do maior R². Para o tráfego em solo coberto verificou-se significância em todos os níveis, sendo selecionada a de maior grau em virtude do maior R².

No gráfico contendo as curvas de regressão do nível de ruído em função da velocidade de deslocamento e das pistas de ensaio (solo preparado e solo coberto) (Figura 1), observa-se que, em solo coberto, apresentou maiores valores de nível de ruído em marchas de menores velocidades (L1 – 0,83 m s⁻¹ e L2 – 1,39 m s⁻¹) e de maiores velocidades (H2 – 3,61 m s⁻¹), enquanto que as marchas de velocidade intermediárias (L3 – 2,97 m s⁻¹ e H1 – 2,42 m s⁻¹) apresentaram níveis de ruídos menores para ambas as pistas. Para o nível de ruído com o trator trafegando em solo preparado, os maiores valores foram encontrados apenas nas marchas de maiores velocidades (H2 – 3,61 m s⁻¹), corroborando resultados encontrados por Vitória (2000). Já Santos Filho et al. (2004) verificaram que, a medida em que a velocidade de deslocamento do trator aumentou (1,39, 1,37 e 1,95 m s⁻¹), ocorreu incremento no nível de ruído ao se tracionar uma grade destorroadora-niveladora de 28 discos. Dewangan et al. (2005), ao estudar os níveis de ruído em tratores e várias operações, verificaram que o nível de ruído aumentou com o incremento na velocidade de deslocamento.

Observa-se que nas pistas para as velocidades iniciais de deslocamento até a velocidade de 2,22 m s⁻¹, ocorreu variação máxima de 4 dB(A), sendo maior na condição de solo coberto, resultado que pode ter sido influenciado pela menor patinagem, que ocorre nestas condições, e pelo próprio esmagamento das plantas daninhas.

Martinelli (2008) verificou por meio de um experimento com tratores de 55,2 e 103 kW (75 a 140 cv), que os tratores da

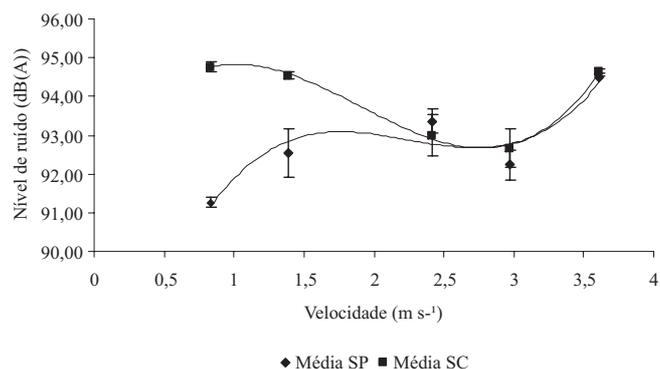


Figura 1. Análise de regressão polinomial do nível de ruído para as pistas de ensaio (SP – solo preparado e SC – solo coberto por plantas daninhas) e a velocidade de deslocamento do trator

Figure 1. Polynomial regression analysis of the noise level for the test tracks (SP - soil preparation and SC - soil covered by weeds) and the tractor's travel speed

faixa de 55,2 e 62,6 kW (75 cv e 85 cv) obtiveram nível de ruído de 89,3 e 89,5 dB (A), respectivamente, em condição parada a 1.800 rpm, resultando em um tempo máximo de exposição de 4 horas, valores inferiores aos encontrados neste trabalho para os diferentes tratamentos.

Para os tratores de 78 e 103 kW (106 e 140 cv) com cabines, os níveis de ruído foram de 76,7 e 78,2 dB (A), respectivamente (Martinelli, 2008). Desse modo, o projeto de tratores deveria ser contemplado sempre com cabines visando à segurança e à saúde do operador, pois é fato que as cabines auxiliam na redução dos riscos ao operador.

Na análise de regressão polinomial do nível de ruído em função da velocidade de deslocamento para o conjunto trator-grade leve off-set (Tabela 4), verifica-se que a regressão de primeiro grau foi significativa.

No gráfico contendo a curva de regressão do ruído em função da velocidade de deslocamento (Figura 2), observa-se o comportamento dos valores de nível de ruído decrescente com o aumento da velocidade, ou seja, nas marchas de menor velocidade (L1 – 0,83 m s⁻¹ e L2 – 1,39 m s⁻¹) observam-se valores superiores em comparação com as marchas de maiores velocidades (H1 – 2,42 m s⁻¹ e H2 – 3,61 m s⁻¹). O resultado difere do comportamento normal encontrado nas referências bibliográficas por Souza et al. (2004), Tosin et al. (2009), e Vitória (2000), os quais concluíram que há proporcionalidade entre o aumento do nível de ruído com o aumento da profundidade de trabalho e velocidade de deslocamento. Entretanto, para as condições estudadas, o fato da possível diminuição da rotação do motor em função da maior demanda de potência, possivelmente influenciou no decréscimo do nível de ruído com o aumento da velocidade.

O tempo de exposição máxima permitido sem o uso de protetor auricular na operação com grade leve off-set foi de 3 h para o menor nível de ruído de 92,7 dB (A) (Figura 2), verificado na marcha com velocidade de 3,61 m s⁻¹ (H2); e de

Tabela 4. Análise de regressão polinomial do nível de ruído para a velocidade de deslocamento para o conjunto trator-grade leve off-set

Table 4. Polynomial regression analysis of the noise level for the travel speed for the tractor-off-set disk harrow set

	Análise de regressão	
	F	R ²
Velocidade	4,6*	
Grau 1	5,7*	30,7
Grau 2	2,6 ns	45,1
Grau 3	1,7 ns	54,5
Equação		
Grau 1	Y = -1,9x + 95,7	
Grau 2	—	
Grau 3	—	
C.V.	1,2%	

C.V.: coeficiente de variação; ns: não significativo pelo teste F. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

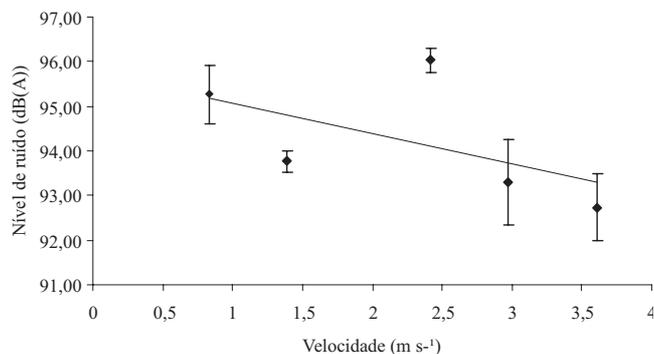


Figura 2. Análise de regressão polinomial do nível de ruído para a velocidade de deslocamento do conjunto trator-grade leve off-set

Figure 2. Polynomial regression analysis of the noise level for the travel speed for the tractor-off-set disk harrow set

1 h e 45 min para o maior nível de ruído de 96,0 dB (A) na marcha com velocidade de 2,42 m s⁻¹ (H1).

Na análise de regressão polinomial para o nível de ruído do conjunto trator-escarificador em função da velocidade de deslocamento (Tabela 5), verificou-se significância para todos os níveis de regressão, no entanto, selecionou-se aquele com maior grau de significância e maior R², ou seja, o modelo de terceiro grau.

Na curva de regressão do nível de ruído em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-escarificador (Figura 3), verifica-se que nas marchas de maiores velocidades (H2), ocorreram os maiores níveis de ruído, concordando com os resultados encontrados por Fernandes (2009), em estudo comparativo sobre níveis de ruído em tratores de marcas e modelos diferentes, e com potências muito próximas, operando quatro implementos, no qual evidenciaram que em 91% das medições, o nível de ruído foi maior nas marchas de maior velocidade.

Tabela 5. Análise de regressão polinomial do nível de ruído para a velocidade de deslocamento para o conjunto trator-escarificador

Table 5. Polynomial regression analysis of the noise level for the travel speed for the tractor-chisel plow set

	Análise de regressão	
	F	R ²
Velocidade	11,1*	
Grau 1	22,9**	51,6
Grau 2	15,2**	85,8
Grau 3	6,0*	99,4
Equação		
Grau 1	—	
Grau 2	—	
Grau 3	Y = 0,009x ³ - 0,2x ² + 1,2x + 89,3	
C.V.	0,4%	

C.V.: coeficiente de variação; ns: não significativo pelo teste F. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

O tempo de exposição máxima permitido sem o uso de protetor auricular na operação com o escarificador foi de 3 h e 15 min para o menor nível de ruído (91,5 dB (A)), verificado na marcha com velocidade de 3,61 m s⁻¹ (H2); e de 2 h e 30 min para o maior nível de ruído de 93,4 dB (A) na marcha com velocidade 1,39 m s⁻¹ (L2).

Silveira et al. (2008) verificaram por meio de um experimento com trator de potência de 75,8 kW (103 cv) no motor a 2.100 rpm e acoplado ao escarificador de sete hastes (0,20 m de profundidade), que durante o preparo do solo com o implemento tracionado, a marcha M3 (1,39 m s⁻¹) apresentou média de 96,93 dB (A), enquanto que, na M2 (1,0 m s⁻¹) e M1 (0,69 m s⁻¹), esses valores foram de 96,8 e 96,5 dB (A), respectivamente. Esses autores observaram que não há uma relação contínua entre o aumento de velocidade e aumento de nível de ruído, um fato que demonstra que a velocidade não é um fator determinante para a operação com o escarificador, resultado diferente ao deste experimento com o escarificador.

Na análise de regressão polinomial para o nível de ruído do conjunto trator-roçadora em função da velocidade de deslocamento (Tabela 6), verificou-se significância para a regressão de primeiro e segundo grau, no entanto, selecionou-se aquela de maior grau de significância e maior R², ou seja, a equação de segundo grau.

Na curva de regressão do nível de ruído em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-roçadora (Figura 4), verificaram-se os maiores níveis de ruído nas marchas de menores velocidades (L1 - 0,83 m s⁻¹), no entanto, trata-se de um resultado incomum na maioria das operações. O conjunto obteve média de 91,1 dB (A), que é inferior às demais operações avaliadas. Os resultados encontrados por Zoppello et al. (1995) e Fernandes (2009), concluíram que em equipamentos acionados pela tomada de potência, o aumento de ruído é causado principalmente pelos órgãos acionadores.

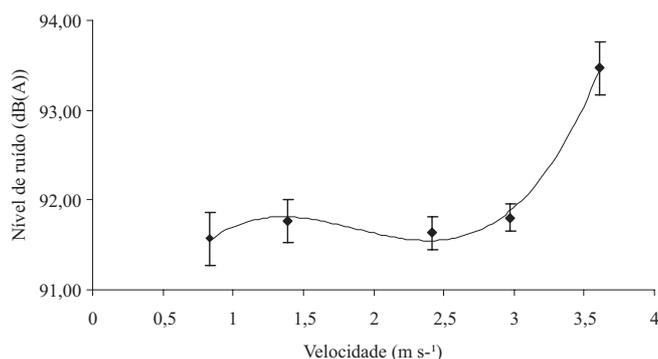


Figura 3. Análise de regressão polinomial do nível de ruído para a velocidade de deslocamento do conjunto trator-escarificador

Figure 3. Polynomial regression analysis of the noise level for the travel speed for the tractor-chisel plow set

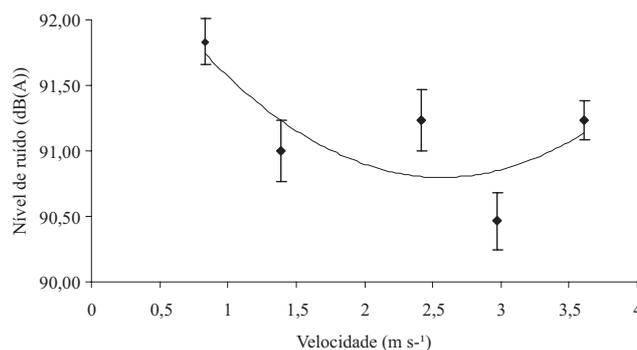


Figura 4. Análise de regressão polinomial do nível de ruído em função da velocidade de deslocamento do conjunto trator-roçadora

Figure 4. Polynomial regression analysis of the noise level for the travel speed for the tractor-rotary mower set

Tabela 6. Análise de regressão polinomial do nível de ruído em função da velocidade de deslocamento para o conjunto trator-roçadora

Table 6. Polynomial regression analysis of the noise level for the travel speed for the tractor-rotary mower set

	Análise de regressão	
	F	R ²
Velocidade	5,8*	
Grau 1	6,8**	29,0
Grau 2	6,9**	58,6
Grau 3	0,1 ns	58,6
Equação		
Grau 1	—	
Grau 2	$Y = 0,02x^2 - 0,45x + 92,9$	
Grau 3	—	
C.V.	0,4%	

C.V.: coeficiente de variação; ns: não significativo pelo teste F. ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

Fernandes (2003), em estudo sobre níveis de ruído nas operações agrícolas, concluiu que as operações com roçadora obtiveram os maiores valores em função do nível de ruído causado pelo implemento. Dessa forma, os resultados discordam dos obtidos nesse estudo provavelmente devido às condições diferentes entre os experimentos. Contudo, implementos acoplados à fonte de potência pela tomada de potência podem apresentar maiores vibrações no momento do início do funcionamento, fato este que contribui para o acréscimo no nível de ruído nas marchas de menores velocidades.

O tempo de exposição máximo permitido sem o uso de protetor auricular na operação com roçadora foi de 3 h e 52 min para o menor nível de ruído de 90,4 dB (A) (Figura 4), verificado na marcha de velocidade intermediária (L3 – 2,97 m s⁻¹); e de

3 h para o maior nível de ruído de 91,8 dB (A) na marcha de menor velocidade (L1 – 0,83 m s⁻¹). Aybek et al. (2010), ao estudarem tratores com cabines e sem cabines em diferentes operações, verificaram que a máxima exposição do operador ao trabalhar com trator sem cabine foi na operação com roçadora, que seria de 2 h, enquanto que no trator de cabine original, poderia-se trabalhar até 4h e 30 min.

CONCLUSÕES

Os níveis de ruído em todos os conjuntos estudados estavam acima de 85 dB (A), considerando uma jornada de trabalho de 8 h, estabelecido pela NR-15.

A velocidade de deslocamento do conjunto trator-implemento afeta o nível de ruído.

O trator (testemunha) e a operação de gradagem apresentaram os maiores níveis de ruído.

O equipamento acionado pela tomada de potência (roçadora) apresentou nível de ruído menor do que o trator e as demais operações.

LITERATURA CITADA

- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. NBR 9999: Medição do nível de ruído, no posto de operação de tratores e máquinas agrícolas. Rio de Janeiro: ABNT, 1987. 21p.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT. NBR NM-ISO 5353: Máquinas rodoviárias, tratores e máquinas agrícolas e florestais – ponto de referência do assento. Rio de Janeiro: ABNT, 1999. 5p.
- Aybek, A.; Kamer, H.A.; Arslan, S. Personal noise exposures of operators of agricultural tractors. *Applied Ergonomics*, v.41, n.2, p.274-281, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2009.07.006>
- Baesso, M.M.; Teixeira, M.M.; Rodrigues Junior, F.A.; Magno Junior, R.G.; Fernandes, H.C. Avaliação do nível de ruído

- emitido por um conjunto trator-pulverizador com e sem assistência de ar. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.16, n.4, p. 400-407, 2008.
- Cunha, J.P.A.; Duarte, R.M.A.; Rodrigues, V.J.C. Avaliação dos níveis de vibração e ruído emitidos por um trator agrícola em preparo de solo. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 39, n. 4, p. 348-355, 2009.
- Dewangan, K.N.; Prasanna Kumar, G.V.; Tewari, V.K. Noise characteristics of tractors and health effect on farmers. *Applied Acoustics*, v.66, n.9, p.1049-1062, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2005.01.002>
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília: Centro Nacional de Pesquisas de Solos, 2006. 370p.
- Fernandes, J.C. Levantamento estatístico sobre o nível de ruído em operações agrícolas com tratores. <http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/niveis-ruído-tratores.doc>. 14 Nov. 2009.
- Fernandes, J.C. Tratores – ruídos: barulho ensurdecedor. *Cultivar Máquinas*, n.17, p.6-8, 2003.
- Marchesan Implementos e Máquinas Agrícolas “Tatu” S/A - Marchesan. Manual de instruções: ATCR – Aradora Tatu Controle Remoto. Matão: Marchesan, 2005. 35p.
- Marchesan Implementos e Máquinas Agrícolas “Tatu” S/A – Marchesan. Manual de instruções: AST – Arado Subsolador Tatu. Matão: Marchesan, 2004. 22p.
- Martinelli, M.M. Medição da pressão sonora em tratores agrícolas novos e suas adequações à N.R. 15 da C.L.T. In: Fórum Ambiental da Alta Paulista, 4., 2008, Tupã. Anais. Tupã: ANAP, 2008. CD-Rom.
- Mialhe, L.G. Máquinas Agrícolas: ensaios e certificações. Piracicaba: FEALQ, 1996. 722p.
- Ministério do Trabalho e do Emprego - MTE. Atividades e operações insalubres: NR-15. http://www.mtb.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.asp. 9 Nov. 2008.
- Rinaldi, P.C.N.; Fernandes, H.C.; Silveira, J.C.M.; Magno Junior, R.G.; Minetti, L.J. Características de segurança e níveis de ruído em tratores agrícolas. *Revista Engenharia na Agricultura*, v.16, n.2, 215-224, 2008.
- Santos Filho, P.F.; Fernandes, H.C.; Queiroz, D.M.; Souza, A.P.; Camilo, A.J. Utilização de um sistema de aquisição automática de dados para avaliação dos níveis de ruído de um trator agrícola de pneus. *Revista Árvore*, v.28, n.3, p.381-386, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622004000300009>
- Silveira, J.C.M.; Tieppo, R.C.; Gabriel Filho, A. Nível de ruído emitido por um conjunto motomecanizado na operação de preparo mínimo do solo. *Global Science Technology*, v.1, n.1, p.60-70, 2008.
- Souza, L.H.; Fernandes, H.C.; Vitória, E.L. Avaliação dos níveis de ruído emitidos por diferentes conjuntos mecanizados. *Revista Brasileira de Saúde Ocupacional*, v.28, n.105/106, p.21-30, 2004.
- Stolf, R. Grades agrícolas: 4 - Nova classificação quanto à função no preparo do solo. *Alcoolbrás*, n. 114, p.69-72, 2007.
- Tosin, R.C.; Lanças, K.P.; Araujo, J.A.B. Avaliação do ruído no posto de trabalho em dois tratores agrícolas. *Revista Energia na Agricultura*, v.24, n.4, p.108-118, 2009.
- Vitória, E.L. Avaliação do nível de ruído emitido por tratores em diferentes operações agrícolas. Viçosa: UFV, 2000. 76p. Dissertação Mestrado.
- Zoppello, G.; Monarca, D.; Cecchini, M. Aziende agricole, il rischio da rumore ed il D.Lgs 277/91. *Macchine e Motori Agricoli*, v.2, n.10, p.9-16, 1995.