



Ruído em função da rotação, raio de afastamento, velocidade de trabalho e tipo de pista de um conjunto trator-carreta cafeeira

Noise emitted by due to the rotation, clearance radius, speed and track type the tractor-trailer coffee

**Paulo da Silva Lima Júnior¹, Jorge Wilson Cortez², Hideo de Jesus Nagahama¹,
Sálvio Napoleão Soares Arcoverde¹**

¹ Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Av. Antonio Carlos Magalhães, 510, Santo Antônio, CEP:48902-300, Juazeiro, BA. E-mail: psljbrasil@hotmail.com

² Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), Faculdade de Ciências Agrárias, Dourados, MS.

Recebido em: 26/11/2013

Aceito em: 04/07/2014

Resumo. Apesar dos benefícios, o uso de máquinas expõe, muitas vezes, o operador a níveis elevados de ruído e desta forma pode gerar problemas no sistema auditivo. O objetivo da pesquisa foi avaliar o nível de ruído emitido por conjunto mecanizado utilizado na operação de transporte de grãos de café (*Coffea arabica* L.). As análises foram realizadas numa propriedade na cidade de Romaria – MG. Na condição estática foi avaliado o nível de ruído em função da rotação do motor e do raio de afastamento considerando as posições (direita, esquerda, anterior e posterior) na distância de zero a 10 m. Na condição dinâmica foi avaliado o nível de ruído emitido pelo conjunto trator-carreta em função dos fatores pista e marchas de trabalho. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado, e quando significativo no teste de F os dados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de médias, a análise de regressão quando foi significativo o fator quantitativo (distâncias e marchas) e a geoestatística para a verificar a propagação do ruído. Os resultados mostraram que os níveis de ruído no trator aumentam conforme aumenta à rotação do motor, e os maiores níveis de ruído foram na posição direita do trator. À medida que se afasta do posto de operação, os níveis de ruído vão reduzindo. O conjunto trator-carreta apresentou maiores riscos à audição na segunda, terceira e quarta marcha reduzida, respectivamente. Não houve diferença nos níveis de ruído em relação às pistas de asfalto e terra batida.

Palavras-chave: Máquinas agrícolas, tratores agrícolas, nível de pressão sonora.

Abstract. The coffee culture is large follower mechanization, since it uses machines in order to ensure high production and good quality of grain coffee. Despite the benefits, the use of machinery exposes will often the operator to high noise levels and so create problems in the auditory system. The objective was to acess the level of noise emitted by mechanized set used with the transport operation of grain coffee (*Coffea arabica* L.). The analyzes were conducted on a property in the city of Romaria – MG. In the static condition was rated the noise level as a function of motor rotation and the clearance radius considering the positions (right, left, front and rear) in the distance from zero to 10 m. In the dynamic condition was rated the level noise emitted by the tractor-trailer due to the factors runway and displacement marches. It was used the completely randomized design, Tukey's test 5% probability for compare the means and regression analyzes was significant when quantitative factors (distance and marches) and geostatistics to check the spread of the sound.. The results showed that the noise levels in the tractor-tailer to increase as motor rotation increases, and higher noise levels were in the right position of the tractor. As you move away from the operator's station, the noise levels will reduce. The tractor-trailer had higher risks hearing in the displacement in the second, third and fourth marches reduced. There was no difference in noise levels over the track of asphalt and dist track.

Keywords. Agricultural machinery, tractors, sound pressure level.

Introdução

O Brasil é o maior produtor e exportador de café no mercado internacional (Souza et al, 2006). A

maior região produtora de café é o sul do estado de Minas gerais onde se difundiu a colheita mecanizada dos grãos. A colheita mecanizada também está



difundida na região do Triângulo Mineiro, onde as lavouras são novas, planejadas e plantadas em topografia mais favorável à mecanização (Souza, 2008).

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 (adubação, roçada, cultivo) apresentam incremento significativo no nível de ruído causado pela própria máquina/implemento.

O ruído pode ser definido como sons desagradáveis, indesejáveis ou em desarmonia, podendo causar problemas físicos e psíquicos a saúde humana (Mialhe, 1996). Fernandes (2005) explica que quando se dobra a distância da fonte, a área de propagação das ondas vibratórias aumenta quatro vezes e, conseqüentemente, a intensidade sonora diminui em quatro vezes.

Cunha et al. (2009) estudando ruídos e vibrações em operações com grades e arados, alerta sobre a importância do uso do protetor auricular pelos operadores e pessoas próximas ao local da operação, e que para uma operação de gradagem com motor a 2.000 rpm, o operador sem proteção não deve trabalhar por mais de uma hora.

Magalhães et al. (2012) verificaram que o nível de ruído varia com o tipo de pista e velocidade de trabalho, e também que estes níveis de ruídos estão acima dos permitidos pela legislação.

Pressupõe-se, portanto, que os níveis de ruídos para a operação de transporte do café emitido pelo conjunto trator-carreta estejam acima do permitido pela legislação brasileira para uma exposição de oito horas de trabalho. Assim, objetivou-se avaliar o nível de ruído emitido por um conjunto trator-carreta durante a operação de transporte dos grãos de café (*Coffea arabica* L.).

Material e Métodos

O trabalho foi conduzido em uma propriedade do município de Romaria - MG, na Mesorregião do Triângulo Mineiro. Utilizou-se como fonte de potência um trator, ano 1986, equipado com um motor de 63,3 kW (86 cv) de potência nominal no motor e, 4.273,9 horas trabalhadas depois do motor retificado, com pneus dianteiros 7.5-16 F2 e pneus traseiros 16.4-30 R1. O motor trabalhou em rotação de 1.900 rpm, aferida pelo tacômetro, condição que fornece rotação nominal da tomada de potência (TDP) de 540 rpm. Constituiu-se o conjunto mecanizado acoplado a uma carreta de transporte feita de metal com caçamba basculante acionada por pistão hidráulico para descarregamento dos grãos. O

trator trabalhou nas marchas 1L, 2L, 3L, 4L (marcha reduzida) e 1H (marcha simples).

Os níveis de ruído foram determinados utilizando-se um decibelímetro digital da Marca Minipa® modelo MSL-1325 com três faixas de medição (baixa – 32-80 dB; média - 50-100 dB e alta - 80-130 dB) e protetor de vento atendendo a norma IEC 651 (*International Electrotechnical Commission*), tipo 2 (classes de 0 a 3), para uso de campo. O decibelímetro foi utilizado, conforme NR 15, nos circuitos de resposta lenta (SLOW) e de equalização “A”, sendo expressos os ruídos em dB (decibel).

As avaliações do nível de ruído 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. Para realizar as medições no assento do operador, colocou-se o decibelímetro próximo ao ouvido do operador, entre 0,79 m acima, 0,15 m à anterior e 0,20 m lateralmente em relação ao ponto de referência do assento (SIP – *Seat Index Point*), de acordo com a norma NBR 5353 (ABNT, 1999). Para a avaliação do nível de ruído em relação às posições e distâncias o decibelímetro foi colocado próximo ao ouvido e direcionado para o trator.

Condição estática

O nível de ruído em função da rotação do motor foi avaliado considerando as rotações de 800 a 2.200 rpm, intercaladas a cada 100 rpm, observadas no tacômetro, com três repetições. As determinações foram realizadas a cada 5 s, depois de esperar um minuto para o trator estabilizar na rotação pretendida. Como o fator rotação é quantitativo foi avaliado por meio de regressão polinomial.

Para a avaliação do nível de ruído em função das quatro posições (anterior, posterior, direita e esquerda), e das distâncias em relação ao conjunto, as leituras foram realizadas em cada posição de zero a 10 m, a intervalo de 1 m, direcionadas para os lados direito e esquerdo e partes anterior e posterior, considerando a posição zero como sendo o assento do operador. Em cada ponto, foram realizadas três leituras em cada posição com o motor a 1.900 rpm, condição em que fornecia 540 rpm na TDP. Foi utilizado a geoestatística para verificar a propagação do ruído, considerando as posições e distâncias. Foi construído o semivariograma, em virtude das pressuposições de estacionaridade, da hipótese

intrínseca, do cálculo da semivariância e dos ajustes dos modelos teóricos. O ajuste do semivariograma foi observado pelo maior valor do coeficiente de determinação (R^2), pelo menor valor da soma de quadrados dos desvios (SQR) e pelo maior valor da dependência espacial (ADE). O modelo escolhido foi submetido à análise comparativa por meio da validação cruzada, sendo obtido o mapa de isolinha (bidimensional) utilizando como interpolador a krigagem ordinária.

Condição dinâmica

Para avaliar o nível de ruído durante o deslocamento do conjunto trator-carreta cafeeira foram tomadas três medidas do nível de ruído no posto do operador com as marchas 1L, 2L, 3L, 4L e 1H com o motor a 1.900 rpm em pista de asfalto e terra batida, em percurso plano de 30 m.

Para avaliação dinâmica do nível de ruído em função das pistas e da marcha de trabalho utilizou-se um esquema fatorial no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições. Para o fator quantitativo (marchas) utilizou-se a análise de regressão.

Resultados e Discussão

Condição estática

O valor médio do nível de ruído nas rotações de trabalho do motor foi significativo, aumentando à medida que incrementa-se a rotação do motor (Figura 1). Observou-se que o ruído mínimo foi 76,5 dB(A) para a menor rotação (800 rpm), e o ruído máximo foi 91,6 dB(A) para a maior rotação (2.200 rpm). O coeficiente de variação foi de 0,28%, o que garante a confiabilidade dos dados.

Uma operação com rotação acima de 1.600 rpm, não deverá ser realizada por um período de oito horas sem proteção auricular, pois, caso contrário, excederá os limites dispostos na Norma Regulamentadora – NR 15 (MTE, 2012). Como o trator necessita de 1.900 rpm para fornecer 540 rpm na TDP, uma operação com essa exigência deverá ser realizada no máximo em cinco horas de trabalho sem proteção auricular. Arcoverde et al. (2011) e Nagahama et al. (2012) verificaram que o aumento do ruído médio em função da rotação de trabalho do motor tem relação direta com o incremento da exigência de potência no motor.

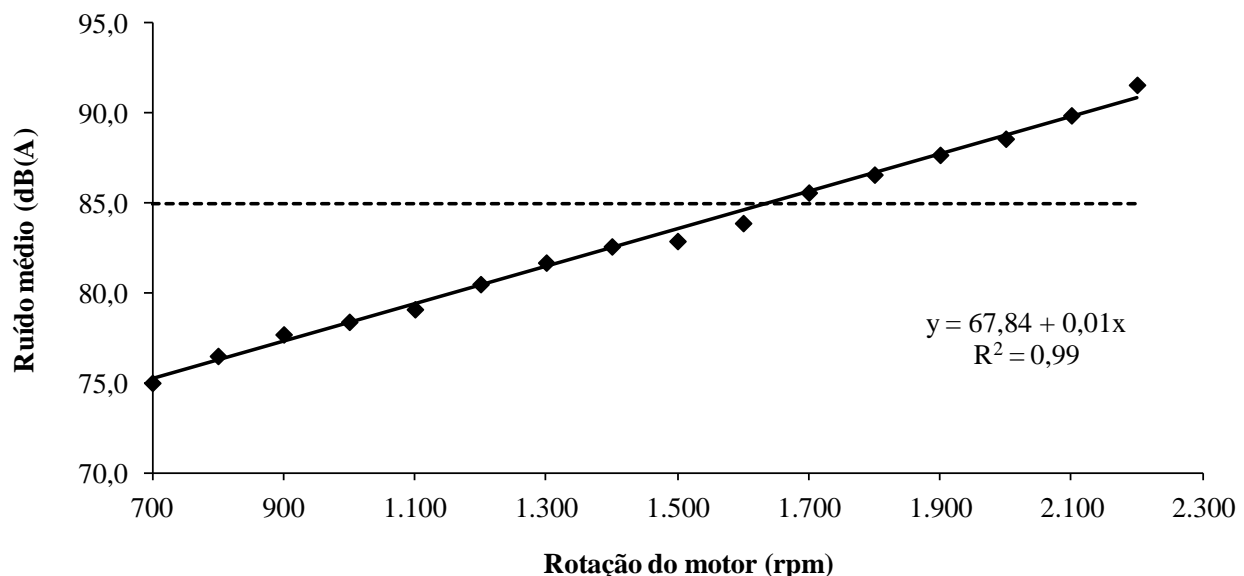


Figura 1. Ruído médio em função da rotação do motor do trator. A linha tracejada na horizontal indica o limite máximo de ruído em que se pode trabalhar sem o uso de proteção auricular.

Na análise da posição x distância observou-se que os valores de ruído médio foram significativos para a posição, distância e a interação destes fatores. Verificou-se que os maiores valores de ruído encontram-se na parte direita do trator e o menor na parte posterior (Tabela 1). Segundo Lima et al.

(1998), a fonte de maior ruído esta diretamente ligada à localização do motor e a saída do coletor de gases de exaustão, se confirmando neste caso que a posição do escapamento (direita) determinou o maior valor de ruído.

Tabela 1. Ruído médio em função da posição em relação ao conjunto trator-carreta.

Fatores	Nível de ruído (dB (A))
Posição	
Direita	82,3 a
Esquerda	81,4 b
Anterior	80,6 c
Posterior	74,3 d
TESTE DE F	
Posição	2.799,6 **
Coefficiente de variação - %	0,49

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

Pode-se observar que os valores de ruído diminuem à medida que se afasta do trator, sendo os valores acima de 85 dB(A) observados nas distâncias zero, um e dois metros (92,7; 88,9 e 85,1 dB(A)), respectivamente (Figura 2). A partir de três metros de distância pode-se trabalhar sem proteção auricular, pois os valores de ruído ficam abaixo de

85 dB(A) (MTE, 2012). Alves et al. (2011) estudando a interação posição x raio de afastamento de um trator agrícola (55,2 kW), observaram resultados similares, sendo o maior valor de ruído do lado do escapamento e o menor valor na parte posterior

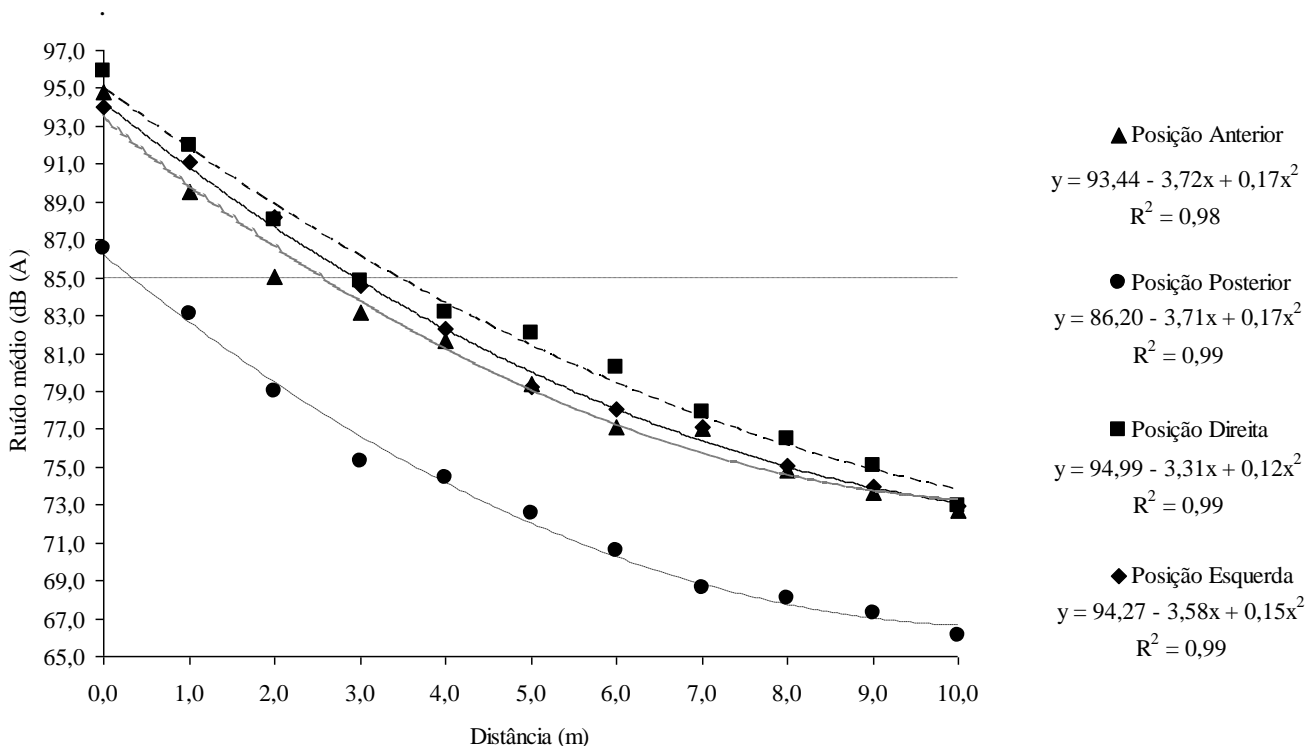


Figura 2. Ruído médio em função da interação posição x distância de afastamento do conjunto. A linha tracejada na horizontal indica o limite máximo de ruído em que se pode trabalhar sem o uso de proteção auricular.

Alves et al. (2011), Magalhães et al. (2012) e Nagahama et al. (2012) verificaram diminuição do ruído conforme se aumenta o raio de afastamento. Fernandes (2005) explica que quando se dobra a distância da fonte, a área de propagação das ondas

vibratórias aumenta quatro vezes e, conseqüentemente, a intensidade sonora diminui em quatro vezes, fazendo com o que os níveis de ruído médio diminuam à medida que se afasta do conjunto.

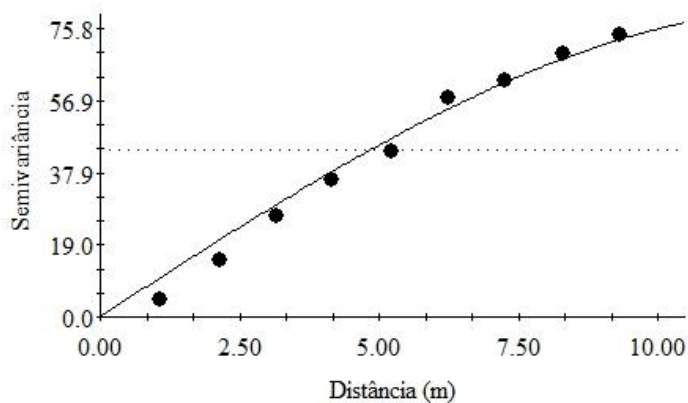
Por meio da geoestatística pode-se verificar (Zimback, 2001), visto que o coeficiente de que o nível de ruído em função da posição x determinação do modelo foi de 0,99, com alcance distância apresenta forte dependência espacial (Ao) igual a 12,79 m (Tabela 2 e Figura 3a).

Tabela 2. Dados do semivariograma e validação cruzada ajustados para os níveis de ruído em função da posição e das distâncias do conjunto.

Semivariograma							
Modelo	Co	Co+C	Ao	R ²	SQR	ADE	Classe
Esférico	0,10	81,20	12,79	0,99	82,1	0,99	Forte
Validação cruzada							
A		b		R ²			
- 4,54		1,06		0,97			

Co = efeito pepita; Co + C = patamar; a = alcance; R² = coeficiente de determinação; SQR = soma dos quadrados dos desvios; ADE = avaliador da dependência espacial. A = intersecção; b = coeficiente angular.

(a)



Spherical model (Co = 0.1000; Co + C = 81.2000; Ao = 12.79; r2 = 0.996; RSS = 82.1)

(b)

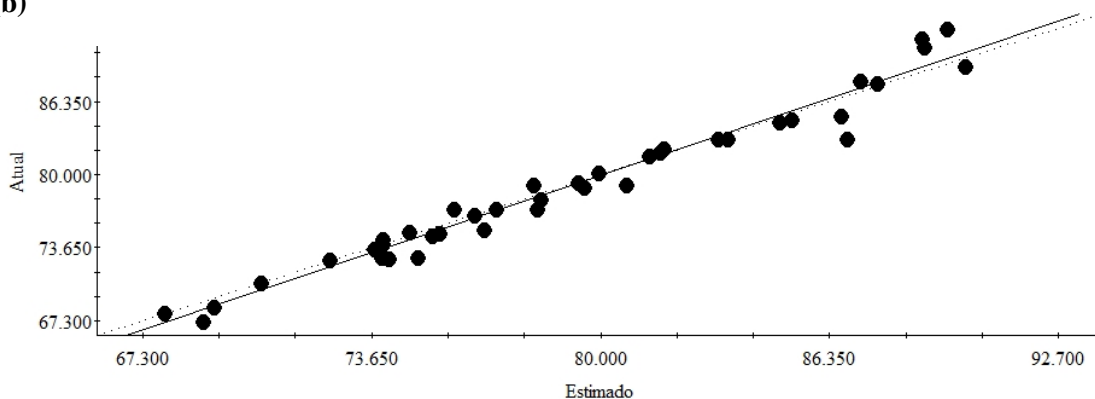


Figura 3. (a) Semivariograma e (b) validação cruzada ajustada para os níveis de ruído em função da posição e das distâncias do conjunto [Coeficiente de regressão: 1,056 (SE= 0,032, r²= 0,97, intercepto (y)= -4,543)].

Observa-se que o modelo esférico foi o que apresentou melhor ajuste. Para avaliação dos erros de estimativa, foi realizada a validação cruzada dos valores de ruído médio, comparando-se os valores

reais com os estimados. Verificou-se que o coeficiente angular (b) apresenta-se próximo de 1 (Tabela 2 e Figura 3b); o que segundo Carvalho et al. (2006) indica a proporcionalidade entre os

valores amostrados e estimados. Desta forma, os parâmetros do semivariograma (Tabela 2) foram satisfatórios para os valores de ruído médio em função da posição x distância, uma vez que a intersecção e o coeficiente angular do modelo ajustado variaram entre $-4,54$ e $1,06$, respectivamente e com coeficiente de determinação (R^2) da validação cruzada igual a $0,97$.

Nas distâncias próximas ao conjunto, o nível do ruído está acima do limite disposto na NR 15 (MTE, 2012) de 85 dB(A), região que corresponde a um raio de aproximadamente quatro metros do

centro, sendo mais incidente nas posições direita, esquerda e anterior (Figura 4). Desta forma, mesmo que uma pessoa não esteja operando o trator, é ideal que esteja com protetor auricular, pois há exposição de ruídos elevados ao aproximar-se. Baesso et al. (2008) estudando o nível de ruído emitido pelo conjunto trator, com potência nominal de 136 kW (100 cv), e pulverizador com assistência de ar, concluíram que valores elevados (maior que 85 dB(A)) são gerados em raio de afastamento de até quatro metros de distância, havendo necessidade do uso de EPI (Equipamento de Proteção Individual).

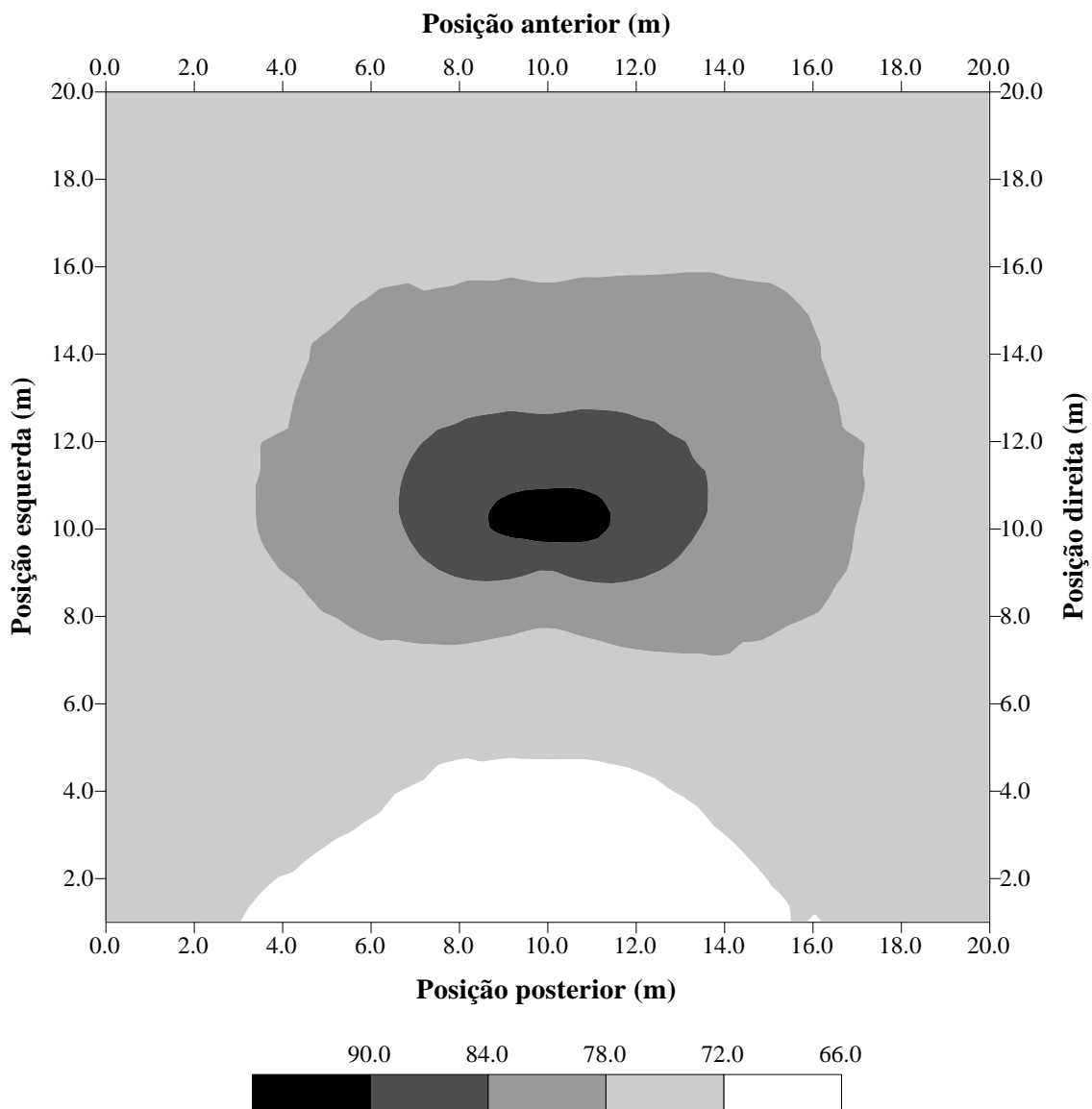


Figura 4. Mapa de propagação do ruído médio em relação ao conjunto para as distâncias e posições.

Ocorre maior propagação do ruído na posição direita e anterior (Figura 4), isto conforme Oliveira Júnior et al. (2011) deve-se a influência do tubo de escapamento, visto que os autores



encontraram os maiores níveis de ruído neste lado do trator. Para as posições que sofrem maior ou menor influência do ruído deve-se utilizar protetor auricular tanto o operador, quanto para a pessoa que está realizando trabalho em distância inferior a 2,0 m, visto que os valores de ruído médio para jornada de oito horas sem proteção encontram-se acima de 2,0 m.

Situações semelhantes com distâncias indicativas do uso de proteção auricular também foram verificadas por Alves et al. (2011) ao estudarem a interação dos níveis de potência sonora em função da posição e do raio de afastamento do trator em condição estática e dinâmica; além de Magalhães et al. (2012) e Nagahama et al. (2012) ao estudarem níveis de potência sonora em tratores

agrícolas. Concordando com os resultados encontrados neste trabalho, visto que os maiores níveis de ruído médio são para o centro da área estudada e que na medida em que se afasta do centro os níveis de ruído vão diminuindo.

Condição dinâmica

O nível de ruído emitido pelo conjunto trator-carreta, na operação em tipos de pistas e marchas, indicou que o nível de ruído para as pistas e a interação que continha este fator não foram significativos, conforme também observado por Alves et al. (2011) ao estudar emissão de ruído em várias operações agrícolas em pista de terra batida e de concreto; entretanto as marchas apresentaram-se significativas (Tabela 3).

Tabela 3. Nível de ruído médio emitido pelo conjunto trator-carreta em função do deslocamento em função das marchas e pistas.

Fatores	Nível de ruído (dB (A))
PISTAS	
Asfalto	84,4 a
Terra batida	84,2 a
MARCHAS	
1L – 1ª reduzida	83,0 b
2L – 2ª reduzida	84,8 a
3L – 3ª reduzida	84,7 a
4L – 4ª reduzida	84,9 a
1H – 1ª simples	84,1 ab
TESTE DE F	
Pistas	1,04 ^{ns}
Marchas	9,87 ^{**}
Interação Pistas x Marchas	0,45 ^{ns}
Coefficiente de variação (%)	0,74

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo Teste de Tukey. ns: não significativo ($P>0,05$); *: significativo ($P\leq 0,05$); **: significativo ($P\leq 0,01$).

As marchas 2L, 3L e 4L apresentaram os maiores valores de ruído, a 1L o menor valor e a 1H com valor intermediário (Tabela 3). Observou-se que os valores de ruído de todas as pistas e marchas estão próximos ao limite de 85 dB(A).

A pista de terra batida e asfalto tiveram a regressão quadrática significativa ao nível de 1% de probabilidade no teste F com coeficiente de determinação (R^2) igual a 0,81 e 0,97,

respectivamente (Figura 5). Relacionando a marcha com a velocidade de deslocamento, as velocidades intermediárias proporcionaram maiores valores de ruído. Ao contrário, Arcoverde et al. (2011) verificaram que as menores e maiores velocidades do trator em solo preparado originaram maiores valores de ruído quando analisado separadamente de outros fatores.

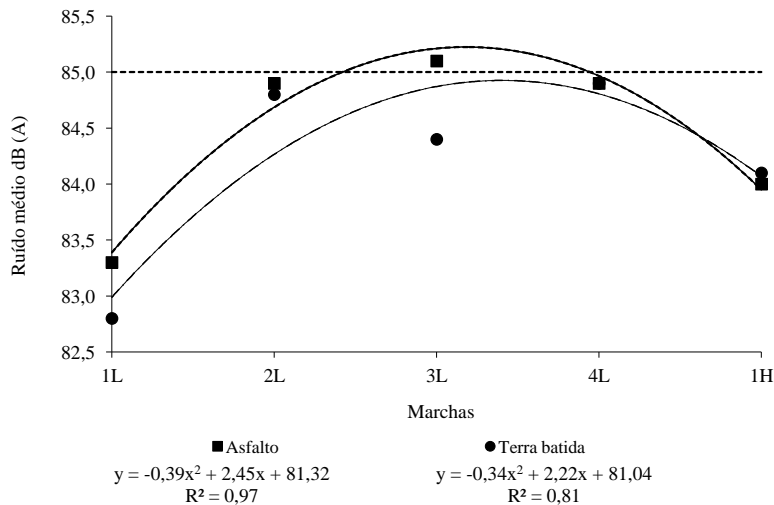


Figura 5. Ruído em função da marcha e da pista do conjunto trator-carreta. A linha tracejada na horizontal indica o limite máximo de ruído em que se pode trabalhar sem o uso de proteção auricular.

Conclusão

O trator apresentou aumento do ruído com o aumento da rotação do motor, sendo o maior valor na posição direita do trator, lado do escapamento, independentemente da distância amostrada.

O conjunto trator-carreta apresentou maiores riscos à audição no deslocamento na segunda, terceira e quarta marcha reduzida.

Não houve diferença nos níveis de ruído em relação às pistas de asfalto e terra batida.

Agradecimentos

Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. A CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

Referências

ALVES, A.D.S; COSTA, F.R.L.; CORTEZ, J.W; DANTAS, A.C.S; NAGAHAMA, H.J. Níveis de potência sonora emitidos por trator agrícola em condições estáticas e dinâmicas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.41, n.1, p.110-119, 2011.

ARCOVERDE, S.N.S.; CORTEZ, J.W.; PITANGA JÚNIOR, C.O.; NAGAHAMA, H.J. Nível de potência sonora emitido nas operações agrícolas. **Revista Nucleus**, v.8, n.1, p.277-287, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 9999: Medição do nível de potência sonora, no posto de operação de tratores e máquinas agrícolas. Rio de Janeiro, 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: 1999. 5p.

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.

CARVALHO, G.J.; CARVALHO, M.P.; FREDDI, O.S.; MARTINS, V.M. Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.3, p.765-771, 2006.

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.



- FERNANDES J.C. Barulho ensurdecedor: Tratores – Ruídos, **UNESP**. São Paulo. p. 1-3, 2003.
- FERNANDES, J.C. **Princípios do Som, Apostila Acústica e Ruídos**, Cap. 3, p. 27, 2005. Disponível em:
<http://wwwp.feb.unesp.br/jcandido/acustica/apostila.htm>. Acesso em: 12 jul. 2012.
- LIMA, J.S.S.; FERNANDES, H.C.; VITÓRIA, E.L. Determinação do nível de ruído e identificação da fonte em tratores florestais. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 18, n.2, p. 55-61, 1998.
- MAGALHÃES, A.T.; CORTEZ, J.W.; NAGAHAMA, H.J. Nível de ruído de um trator agrícola em função da rotação, da distância, da velocidade e da condição do solo obtido por meio de decibelímetro com e sem proteção de vento. **Energia na Agricultura**, v.27, n.4, p. 27-44, 2012.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO – MTE. **Atividades e operações insalubres: NR-15**. Disponível:
http://www.mtb.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_15.pdf Acesso em 28 de setembro de 2012.
- NAGAHAMA, H.J.; CORTEZ, J.W.; GRANJA, G.P.; GARRIDO, M.S.; CARVALHO, P.G.S. Níveis de potência sonora emitido por um trator agrícola de pneus em função da rotação, raio de afastamento, velocidade e tipo de pistas. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 20, n. 4, p.328-339, 2012.
- OLIVEIRA JÚNIOR, A.; ALVES, G.S.; CUNHA, J.P.A.R. Avaliação dos níveis de ruído emitido por um trator agrícola em diferentes operações mecanizadas. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.12, p.1-13, 2011.
- SOUZA, C.M.A.; QUEIROZ, D.M.; RAFULL L.Z.L. Derrçadora portátil na colheita total e seletiva de frutos do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.11, p.1637-1642, 2006.
- SOUZA, R.L. **Comparação de rendimento entre derriça manual e mecânica da lavoura cafeeira**. 2008. 28 f. Trabalho de Conclusão de Curso. 2008 - Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho, 2008.
- ZIMBACK, C.R.L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade do solo**. 2001. 114f. Tese (Doutorado em Levantamento do Solo e Fotopedologia) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.