

**RUÍDO E VIBRAÇÃO NO POSTO DE OPERAÇÃO DE UM TRATOR AGRÍCOLA EM FUNÇÃO DA PRESSÃO DOS PNEUS E VELOCIDADE OPERACIONAL**

Anderson Candido da Silva¹, Marconi Ribeiro Furtado Júnior², Lorena Castro Ribeiro³, Haroldo Carlos Fernandes⁴ & Robson Ricardo Damiano Teixeira⁵

1 - Engenheiro Agrônomo, Doutorando em Engenharia Agrícola da UFV/Viçosa-MG, andersoncandido@hotmail.com

2 - Engenheiro Agrônomo, Professor Adjunto do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV/Viçosa-MG, marconi.furtado@gmail.com

3 - Engenheira Florestal, Mestre em Ciência Florestal pelo Departamento de Eng. Florestal da UFV/Viçosa-MG, lcribeiro.florestal@icloud.com

4 - Engenheiro Agrícola, Professor Titular do Departamento de Engenharia Agrícola da UFV/Viçosa-MG, haroldo@ufv.br;

5 - Graduando em Engenharia Florestal pela UFV/Viçosa-MG, robson.damiano@ufv.br

Palavras-chave:

ensaio de máquinas
ergonomia
mecanização agrícola

RESUMO

A operação com tratores e máquinas agrícolas pode comprometer a saúde do operador devido sua exposição a condições ergonômicas desfavoráveis. Objetivou-se com o presente trabalho determinar os níveis de vibração e de ruído na base do posto de operação, de um trator agrícola, em função da pressão de insuflação dos pneus e da velocidade operacional. Os tratamentos foram constituídos da combinação de três pressões de insuflação dos pneus (96,53; 137,90 e 179,26 kPa) e três velocidades operacionais (1,11; 2,22 e 3,89 m s⁻¹), no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições. A pressão de insuflação dos pneus e a velocidade do trator influenciaram o ruído e a vibração na base do posto de operação do trator. Em todas as condições o nível de ruído emitido pelo trator superou o limite estabelecido pela NR-15 e a vibração na base do posto de operação foi superior ao valor sugerido pela diretiva europeia 2002/44.

Keywords:

agricultural mechanization
ergonomics
machinery test

NOISE AND VIBRATION AT THE OPERATING STATION OF AN AGRICULTURAL TRACTOR IN RESPONSE TO TIRE PRESSURE AND OPERATIONAL SPEED**ABSTRACT**

The health of tractor operators can be compromised by their exposure to ergonomically unfavorable operating conditions. The objective of this study was to determine the vibration and noise levels at the base of the operating station in an agricultural tractor according to tire inflation pressure and tractor speed. Treatments consisted of combining three tire inflation pressures (96.53, 137.90 e 179.26 kPa) and three tractor speeds (1.11, 2.22 e 3.89 m s⁻¹) in completely randomized design, with three replications. The tire inflation pressure and tractor speed influenced the noise and vibration at the base of the tractor operating station. In all conditions the level of noise emitted by the tractor exceeded the limit set by the NR-15, and the vibration at the base operating station was greater than the value suggested by the European directive 2002/44.

INTRODUÇÃO

No trabalho com tratores agrícolas o operador pode ser submetido a situações de risco devido sua exposição a condições ergonômicas desfavoráveis. As características dimensionais da máquina, como a distância para o acionamento de pedais e alavancas, podem causar danos à saúde do operador. Ademais, o funcionamento dos componentes mecânicos dos tratores, implementos e máquinas agrícolas produzem vibrações e ruídos que atingem o posto de operação.

A vibração é um movimento oscilatório, caracterizado pela frequência do seu ciclo, magnitude e direção. A frequência desse movimento, expressa em ciclos por segundo (Hertz), é a responsável pela resposta do corpo humano à vibração (PADILHA & CATAI, 2017). As vibrações de baixa frequência resultam no desconforto para o operador e podem causar lesões na coluna vertebral (SERVADIO et al., 2007). Nos tratores agrícolas as vibrações dependem das forças e torques gerados no motor durante o seu funcionamento e no caminho que essas vibrações percorrem do sistema de transmissão até o assento do operador (CVETANOVIC & ZLATKOVIC, 2013).

Os tratores agrícolas não são equipados com sistemas especiais de suspensão entre os eixos e o chassi. Dessa forma, o amortecimento das vibrações geradas pelas irregularidades do terreno é realizado pelos pneus do trator. A estrutura do pneu (radial ou diagonal) e a sua pressão de insuflação podem influenciar na capacidade de amortecimento e conseqüentemente na vibração que chega ao operador.

O ruído pode causar sensação de desconforto e perda da sensibilidade auditiva. O risco de problemas auditivos é determinado pelo nível do ruído, frequência e tempo de exposição (CUNHA et al., 2009). O longo período de exposição ao ruído pode provocar perda auditiva devido aos danos aos órgãos internos do ouvido. Além disso, pode ocorrer o comprometimento de outros órgãos e de funções do organismo (CAVALCANTI & ANDRADE, 2012).

A distância do operador à fonte de ruído, a condição do solo, a rotação do eixo do motor e a

velocidade do trator influenciam no nível de ruído emitido pelos tratores agrícolas (MAGALHAES et al., 2012). Os limites de exposição ao ruído durante o turno de trabalho são estabelecidos pela Norma Regulamentadora 15 (NR-15), que determina o tempo máximo de exposição de acordo com o nível de ruído que o trabalhador é exposto. Segundo esta norma, para uma jornada de trabalho de oito horas diárias o nível de ruído não deve ultrapassar 85 dB(A). A exposição do trabalhador a níveis maiores que 85 dB(A) exige a diminuição da jornada de trabalho. Portanto, objetivou-se com o presente trabalho determinar os níveis de ruído e a vibração na base do posto de operação em um trator agrícola em função da pressão de insuflação dos pneus e da velocidade operacional do trator.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Mecanização Agrícola (LMA), do Departamento de Engenharia Agrícola, da Universidade Federal de Viçosa (UFV), localizada no município de Viçosa, Minas Gerais. Foram analisados a vibração na base do posto de operação, que sustenta o assento do operador, e o ruído emitido por um trator agrícola de pneus, marca John Deere®, modelo 5705, 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA) e potência nominal de 62,56 kW (85 cv) a 2250 rpm.

O trator ensaiado foi equipado com pneus diagonais Goodyear, modelo Dyna Torque II 12.4 - 24, no eixo dianteiro e pneus Pirelli, TM 95, 18.4 - 30 no eixo traseiro, sem adição de lastro. Os tratamentos foram constituídos da combinação de três pressões de insuflação dos pneus (96,53; 137,90 e 179,26 kPa) e três velocidades operacionais do trator (1,11; 2,22 e 3,89 m s⁻¹). Foi utilizado o esquema de parcelas subdivididas, sendo às pressões de insuflação dos pneus designadas às parcelas e as velocidades operacionais às subparcelas, no delineamento inteiramente casualizado, com três repetições.

Durante a execução do experimento a temperatura do ar registrada foi de 28 °C, a umidade relativa do ar 61% e a velocidade do vento 0,14 m s⁻¹. O trabalho foi executado em pista de concreto, com 30 metros de comprimento.

As vibrações no sentido vertical da base do

posto de operação foram mensuradas por um acelerômetro uniaxial, marca PCB®, com faixa de operação de 1 a 4000 Hz e sensibilidade de 100 mV g⁻¹ (Figura 1).

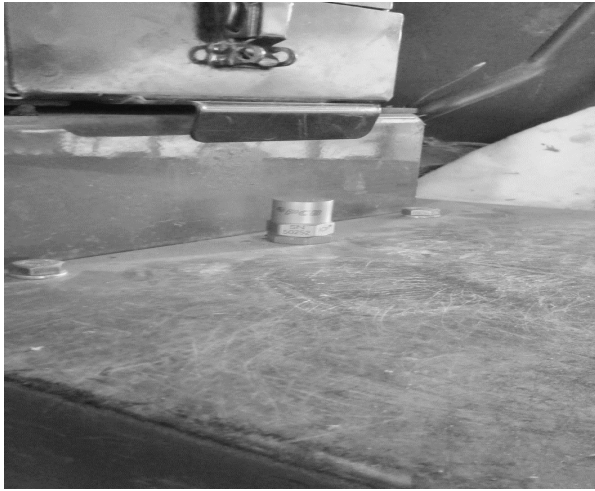


Figura 1. Acelerômetro instalado na base do posto de operação do trator para mensuração da vibração no sentido vertical.

Os níveis de ruído, emitidos pelo trator, foram mensurados por um decibelímetro, marca Minipa®, modelo MSL-1350, posicionado próximo ao ouvido esquerdo do operador e a 150 mm do plano central do assento do operador (Figura 2). O acelerômetro e o decibelímetro foram conectados a um sistema de aquisição de dados, marca Hottinger Baldwin Messtechnik® (HBM), modelo Spider 8, configurado para uma taxa de aquisição de 50 leituras por segundo (50 Hz).



Figura 2. Decibelímetro instalado ao lado do ouvido esquerdo do operador do trator.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão e os modelos selecionados com base na significância dos coeficientes da regressão, utilizando o teste t, e no coeficiente de determinação (r^2).

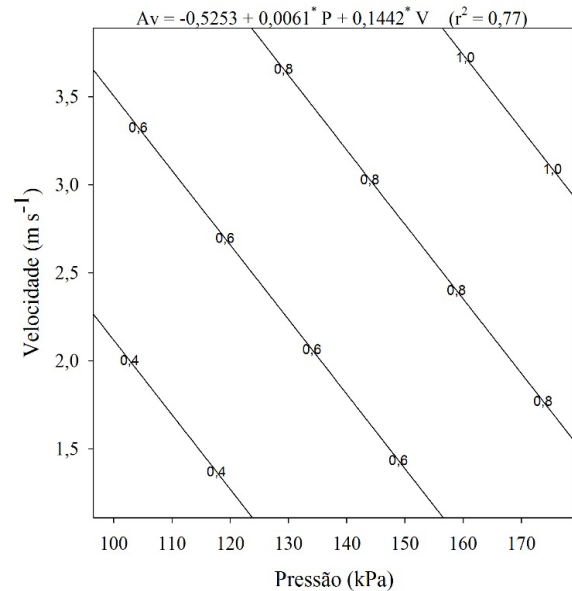


Figura 3. Vibração (A_v) em função da pressão de insuflação dos pneus (P) e da velocidade do trator (V), equação ajustada e coeficiente de determinação (r^2). * - Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

Nas maiores pressões de insuflação dos pneus a capacidade de amortecimento dos impactos gerados no tráfego do trator pode ser reduzida e, dessa forma, proporcionar maiores níveis de vibração na base do posto de operação do trator. Segundo ADAMS *et al.* (2004), os pneus do trator devem manter contato com o terreno para dissipar a energia advinda da oscilação de movimento do veículo, e a redução da deflexão dos pneus, devido ao aumento da pressão de insuflação, pode implicar na falta de amortecimento dos impactos, pelo menor contato do pneu com o solo, com consequente aumento da duração da vibração do veículo.

O aumento da vibração, no sentido vertical, em consequência do aumento da pressão dos pneus, em diferentes velocidades operacionais, foi constatado por CUONG *et al.* (2013) ao trabalharem com pressões de insuflação de 62,05 a 206,84 kPa. Para

a pressão de insuflação sugerida pelo fabricante (179,26 kPa) a vibração foi superior à vibração máxima, sugerida pela DIRETIVA 2002/44/ CE da comunidade europeia, que é de $0,5 \text{ m s}^{-2}$.

A presença de garras nos pneus do trator faz com que maiores velocidades contribuam para níveis mais altos de vibração (RABBANI et al., 2011). Dessa forma, durante o deslocamento do trator, o número de vezes que as garras dos pneus interagem com o solo será maior quanto maior a velocidade operacional do trator. A velocidade de $1,28 \text{ m s}^{-1}$ proporcionou um aumento 13,5% maior na vibração, em relação a velocidade de $0,97 \text{ m s}^{-1}$, na direção vertical (PINHO et al., 2014). Em estudo realizado por SERVADIO et al. (2007) o aumento da velocidade operacional do trator, de $3,08$ para $3,86 \text{ m s}^{-1}$ acarretou aumento significativo da vibração, no eixo vertical.

A pressão de insuflação dos pneus apresentou efeito linear negativo sobre a emissão de ruído pelo trator, com decréscimo de $0,0060 \text{ dB(A)}$ para cada aumento de 1 kPa . A velocidade do trator apresentou efeito linear positivo sobre o nível de ruído gerado pelo trator com incremento de $0,1757 \text{ dB(A)}$ para cada aumento de 1 m s^{-1} (Figura 4).

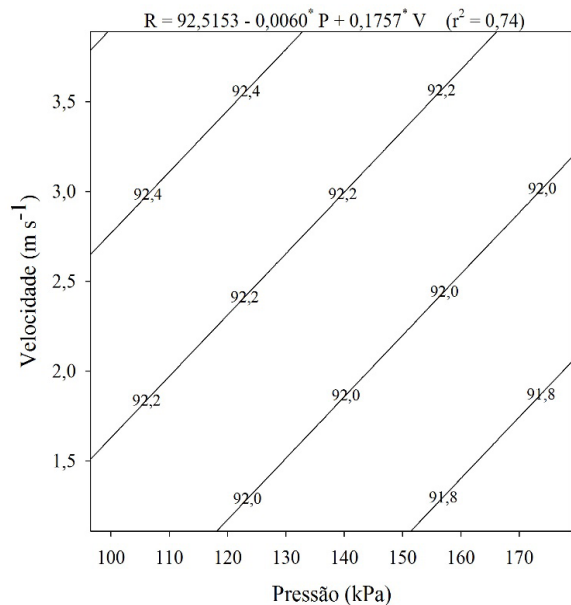


Figura 4. Ruído (R) em função da pressão de insuflação dos pneus (P) e da velocidade do trator (V), equação ajustada e coeficiente de determinação (r^2). * - Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t.

A diminuição da pressão de insuflação pode provocar maior deflexão dos rodados. Essa situação proporciona maior resistência do pneu ao rolamento, com maior demanda de torque no eixo do motor, e conseqüente aumento do ruído. Além disso, os maiores níveis de ruído podem estar relacionados à maior vibração dos componentes do trator quando operado em maiores velocidades. O aumento do ruído em função do aumento da velocidade operacional de um trator agrícola foi observado por ALVES et al. (2011) ao avaliarem o nível de ruído emitido por um trator agrícola em condições estáticas e dinâmicas. No entanto, SANTOS et al. (2014) constataram a diminuição dos níveis de ruído em função do aumento da velocidade na operação de um conjunto mecanizado trator-pulverizador.

Em todas as condições de pressão de insuflação dos pneus e de velocidade operacional do trator o nível de ruídos emitido supera o limite de 85 dB(A) estabelecido pela NR-15, para um turno oito horas de trabalho. O maior nível de ruído, que foi de 93 dB(A) , é obtido na pressão de insuflação dos pneus de $96,53 \text{ kPa}$ e velocidade operacional do trator de $3,89 \text{ m s}^{-1}$. Nessa condição o tempo de exposição máxima do operador deve ser de duas horas e quarenta minutos.

CONCLUSÕES

- A pressão de insuflação dos pneus e a velocidade operacional do trator influenciam o ruído e a vibração na base do posto de operação do trator agrícola.
- O ruído emitido pelo trator supera o limite de 85 dB(A) estabelecido na NR-15, para uma jornada de trabalho de oito horas diárias.
- A vibração na base do posto de operação do trator supera o limite de $0,50 \text{ m s}^{-2}$ sugerido pela diretiva europeia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, B.T.; REIDB, J.F.; HUMMELC, J.W.; ZHANGD, Q.D.; HOEFTE, R.G. Effects of central tire inflation systems on ride quality of agricultural vehicles. **Journal of Terramechanics**, Newcastle upon Tyne, v.41, n.4, p.199-207, 2004.

- ALVES, A.D.S.; COSTA, F.R.L.; CORTEZA, 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**, Goiânia, v.41, n.1, p.110-119, 2011.
- CAVALCANTI, T.L.O.; ANDRADE, W.T.L. Efeitos auditivos e extra-auditivos decorrentes do ruído na saúde do dentista. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, João Pessoa, v.16, n.2, p.161-166, 2012.
- CUNHA, J.P.A.R.; DUARTE, M.A.V.; RODRIGUES, J.C. Avaliação dos níveis de vibração e ruído emitidos por um trator agrícola em preparo de solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.39, n.4, p.348-355, 2009.
- CUONG, D.M.; ZHU, S.; ZHU, Y. Effects of tyre inflation pressure and forward speed on vibration of an unsuspended tractor. **Journal of Terramechanics**, Newcastle upon Tyne, v.50, p.185-198, 2013.
- CVETANOVIC, B.; ZLATKOVIC, D. Evaluation of whole-body vibration risk in agricultural tractor drivers. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, Sofia, v.19, n.5, p.1155-1160, 2013.
- DIRETIVA 2002/44/ CE do Parlamento Europeu e do Conselho. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**, Lisboa, n.177, p.13-19, 2002.
- 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**, Botucatu, v.27, n.4, p.27-44, 2012.
- NR 15. Ministério do Trabalho e Emprego. Atividades e operações insalubres. Disponível em: <<http://www010.dataprev.gov.br/sislex/paginas/05/mtb/15.htm>>. Acesso em: 16 nov 2015.
- PADILHA, R.A.B.; CATAI, R.E. Análise experimental de vibração ocupacional de mãos e braços na utilização de ferramentas pneumáticas em montadora. **Revista Espacios**, Caracas, v.38, n.22, p.30-43, 2017.
- PINHO, M.S.; SCHLOSSER, J.F.; FRANTZ, U.G.; FARIAS, M.S.; UHRY, D.; RIBAS, R.L. Acelerações eficazes na interface assento-operador de um trator. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.10, p.1797-1803, 2014.
- RABBANI, M.A.; TSUJIMOTO, T.; MITSUOKA, M.; INOUE, E.; OKAYASU, T. Prediction of the vibration characteristics of half-track tractor considering a three-dimensional dynamic model. **Biosystems Engineering**, London, v.110, n.2, p.178-188, 2011.
- SANTOS, L.N.; FERNANDES, H.C.; SOUZA, A.P.; FURTADO JUNIOR, M.R.; SILVA, R.M.F. Avaliação dos níveis de ruído e vibração de um conjunto trator-pulverizador, em função da velocidade de trabalho. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v.22, n.2, p.112-118, 2014.
- SERVADIO, P.; MARSILI, A.; BELFIORE, N.P. Analysis of driving seat vibrations in high forward speed tractors. **Biosystems engineering**, London, v.97, n.2, p.171-180, 2007.