

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Avaliação dos níveis de vibração emitidos por tratores agrícolas

Ricardo Gonçalves Rosa

Dissertação apresentada para a obtenção do título
de Mestre em Ciências. Área de concentração:
Engenharia de Sistemas Agrícolas

**Piracicaba
2019**

Ricardo Gonçalves Rosa
Engenheiro de Biosistemas

Avaliação dos níveis de vibração emitidos por tratores agrícolas
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011.

Orientador:
Prof. Dr. **MURILO MESQUITA BAESSO**

Dissertação apresentada para a obtenção do título
de Mestre em Ciências. Área de Concentração:
Engenharia de Sistemas Agrícolas

Piracicaba
2019

RESUMO

Avaliação dos níveis de vibração emitidos por tratores agrícolas

Entre os fatores ergonômicos que prejudicam os operadores das máquinas, a vibração se destaca entre os principais, embora ainda haja poucos trabalhos desenvolvidos para a avaliação desse parâmetro e suas implicações na saúde ocupacional. Este trabalho teve como objetivo avaliar os níveis de vibração emitidos por tratores agrícolas com diferentes potências, comparando-se os resultados com a norma vigente (ISO 2631), além de avaliar esses níveis em três diferentes tipos de terreno (asfalto, terra e campo). O projeto foi realizado na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), localizada no município de Pirassununga, e em sua metodologia foram avaliados sete tratores, denominados A, B, C, D, E, F e G, sendo eles de mesma marca, com potências que variam de 75 cv até 215 cv, sendo a faixa de frequência escolhida para estudo de 5 Hz até 10 Hz, com o tempo total de aquisição de dados sendo de 20 minutos e com os tratores operando em condições semelhantes, sendo realizadas cinco repetições em cada tratamento (trator x terreno), todos os tratores foram alocados na Prefeitura Administrativa do Campus USP Fernando Costa de Pirassununga. Todos os tratores estudados em algum momento dentro da faixa analisada apresentou níveis de vibração superiores aos limites estabelecidos pela ISO 2631 (1978) em pelo menos algum dos seus três parâmetros, Nível de Conforto Reduzido, Nível de Eficiência Reduzida ou Limite de Exposição, para o período de trabalho de 8 horas diária, expondo os operadores a problemas de saúde e diminuição de produtividade vinculados à faixa de frequência considerada. Este estudo demonstra por que mais pesquisas são necessárias em relação à mecanização agrícola e como as vibrações desses tratores afetam a saúde dos operadores. Estudar esses fatores pode ajudar a reduzir os problemas de saúde causados pela vibração desses tratores aos seus operadores.

Palavras-chave: Máquinas agrícolas; Ergonomia; Operador; Frequência

ABSTRACT

Evaluation of emitted vibration levels by agricultural tractors

Between the ergonomic factors that affect the operator machine, vibration stands out as one of the principle concerns, however, few studies indicate vibration as an implication for occupational health. This study aims to evaluate the emitted vibration levels of the agricultural tractors when set at different powers, and then comparing the results with the current regulation, and evaluating these levels in three different types of terrain (asphalt, ground and agricultural field). The project was done at the Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA), located in the city of Pirassununga, and in its methodology were evaluated seven tractors named A, B, C, D, E, F and G, being of the same brand, with power ranging from 75 cv up to 215 cv, being the frequency range chosen for study from 5 Hz to 10 Hz, the total time of data acquisition was 20 minutes, with tractors operating under similar conditions, with five replications in each treatment (tractor x terrain), all the tractors were allocated on the administrative campus hall at USP- Pirassununga. All tractors studied at some point within the analyzed range presented vibration levels higher than the limits established by ISO 2631 (1978) in at least one of its three parameters, Reduced Comfort Level, Reduced Efficiency Level or Exposure Limit for the 8-hour work period, demonstrating that the diminished health of the operators, caused by the vibration, contributed to decreased productivity correlated to the frequency of the bands that were considered. This study demonstrates why more research is necessary regarding agricultural mechanization and how the vibrations of these tractors effect the health of the operators. Studying these factors can help reduce the health problems caused by the vibration of these tractors to their operators.

Keywords: Agricultural machinery; Ergonomics; Operator; Freque

1. INTRODUÇÃO

Estimulado pelo aumento no rigor das normas de segurança de trabalho, há uma tendência para a melhoria das condições de ergonomia e segurança do operador. Entretanto, uma parte dos tratores agrícolas, apresentam problemas de conforto e segurança, causando, entre outros, diminuição na capacidade operacional e ocorrência de acidentes em atividades agrícolas. Kyuhyun et al. (2017) afirmaram que, mesmo com o avanço tecnológico, os tratores agrícolas têm nível de conforto abaixo do recomendado quando são comparados com os carros de passeio, ficando ainda mais evidente a necessidade de novas pesquisas com vistas à melhoria ergonômica dessas máquinas.

Nos tratores agrícolas, vibrações geradas tanto pelo motor, como pela irregularidade do relevo podem ser transferidas para o corpo do operador através principalmente do assento e da cabine do trator (LANGER et al., 2015). A exposição às vibrações constantes nas quais os operadores de tratores agrícolas estão sujeitos em sua jornada de trabalho diária, tem a tendência de provocar vários efeitos nocivos à sua saúde (CUTINI et al., 2016).

A principal preocupação da ergonomia é o elemento humano, sendo seu objetivo a satisfação do trabalhador, tendo em vista que o acréscimo de produção ou melhoria da qualidade dos produtos são resultados de uma interação adequada entre o homem e o sistema de produção (FILIP & CANDALE 2012). Então é visto que o aperfeiçoamento procurado em questões ergonômicas e na segurança do operador é cada vez mais intenso, entendendo-se que é reconhecida a existência de doenças relacionadas ao trabalho estacionário e também se nota um aumento na rigidez das normas de segurança do trabalho (ALVES et al., 2011; SILVA, 2010). No entanto, trabalhos com o objetivo da avaliação de índices ergonômicos e sua relação com a saúde ocupacional ainda são pouco realizados (ANTONUCCI et al., 2012; CUNHA; DUARTE; SOUZA, 2012).

Dentro dessa visão, considerando que o estudo da ergonomia tem uma grande importância no cenário agrícola, influenciando desde a produção obtida no campo até os efeitos nocivos gerados pela vibração excessiva de suas máquinas aos operadores, e também pela falta de estudos encontrados na literatura em relação a essa área de conhecimento, este presente trabalho teve como objetivos: avaliar os níveis de vibração emitidos por tratores agrícolas com diferentes potências, comparando-se os resultados com as normas vigentes, além de avaliar esses níveis em três diferentes tipos de terreno (asfalto, terra e campo).

2. CONCLUSÕES

- Os sete tratores estudados em algum intervalo dentro da faixa de 5 Hz à 10 Hz analisada, apresentaram níveis de vibração superiores aos limiares estabelecidos pela ISO 2631 (1978) em pelo menos algum dos seus três parâmetros, Nível de Conforto Reduzido, Nível de Eficiência Reduzida ou Limite de Exposição.
- Em todos os terrenos quando estudado o eixo z, a faixa de Limite de Exposição (LE) foi ultrapassada, isso gera grande preocupação, já que esse eixo é o principal eixo relacionado as doenças relativas à coluna vertebral.
- Existe a necessidade de maiores estudos para um maior aprofundamento na área, bem como estudo das origens dos níveis de vibração emitidos por tratores agrícolas de forma a fornecer melhores condições de trabalho aos operadores dos mesmos.

REFERÊNCIAS

- ALVES, A. D. S. et al. **Níveis de potência sonora emitidos por trator agrícola em condições estáticas e dinâmicas.** Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 41, p. 110-119, 2011.
- ANFLOR, C. T. M.. **Estudo da transmissibilidade da vibração no corpo humano na direção vertical e desenvolvimento de um modelo biomecânico de quatro graus de liberdade.** 2003. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.
- ANTONUCCI, A. E. et al. **Perception of occupational risk by rural workers in an area of central Italy.** Journal of Biological Regulators and Homeostatic Agents, Milano, v. 26, p. 439-445, 2012.
- BERASATEGUI, M. B. R. **Modelización y simulación del comportamiento de um sistema mecánico com suspensión aplicado a los asientos de los tractores agrícolas.** 264 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2000.
- BOSHUIZEN, H.C.; BONGERS, P.M.; HULSHOF, C.T.. **Self-reported back pain in tractor drivers exposed to whole-body vibration.** Int Arch Occup Environ Health; 62: p. 109–115, 1990.
- BURSTROM, L., NILSSON, T., WAHLSTROM, J. **Whole-body vibration and the risk of low back pain and sciatica: a systematic review and meta-analysis.** Int. Archives Occup. Environ. Health 88 (4), p. 403–418, 2015.
- CUNHA, J. P. A. R.; DUARTE, M. A. V.; DE SOUZA, C. M. A. **Vibração e ruído emitidos por dois tratores agrícolas.** Idesia, Arica, v. 30, p. 25-34, 2012.
- CUTINI, A.; COSTA, C.; BISAGLIA, C. **Development of a simplified method for evaluating agricultural tractor’s operator whole body vibration.** Journal of Terramechanics, v. 63, n. 1, p. 23-32, 2016.
- CVETANOVIC, BOBAN et al. **An analysis of the impact of agricultural tractor seat cushion materials to the level of exposure to vibration.** Journal Of Low Frequency Noise, Vibration And Active Control, [s.l.], v. 36, n. 2, p.116-123. SAGE Publications. <http://dx.doi.org/10.1177/0263092317711983>, 2017.
- FERNANDES, H. C. et al. **Vibração em tratores agrícolas: caracterização das faixas de frequência no assento do operador.** Engenharia na Agricultura, Viçosa, v. 11, n. 1, p. 26-31, 2003.
- FILIP, N.; CANDALE, L. **Researches regarding the noise conversion from tractor engine in order to reduce the intake manifold noise.** Aktualni Zadaci Mehanizacije Poljoprivrede, Zagreb, v. 40, p. 141-47, 2012.

- FRANCHINI, D.. **Análise do nível de vibrações verticais no assento de um trator agrícola.** 138 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA.** 2017. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/987#resultado>> . Acesso em: 21 jan. 2019.
- IIDA, I. **Ergonomia: Projeto e Prática.** 3. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2016.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 2631: Guide for the evaluation of human exposure to whole-body vibration.** 2. ed. Geneva: ISO, 1978.
- JOHNSON, P.W., Dennerlein, J.T., Ramirez, L.M., Arias, C., Escallón, A.C.R., Aulck, L., Piedrahita, H., Barrero, L.H. **Assessment of continuous and impulsive whole body vibration exposures in heavy equipment mining vehicles.** In: Proceedings of the 19th Triennial Congress of the International Ergonomics Association, Melbourne, Australia, 2015.
- KIM, J.H., ZIGMAN, M., AULCK, L.S., IBBOTSON, J.A., DENNERLEIN, J.T., JOHNSON, P.W. **Whole body vibration exposures and health status among professional truck drivers: a cross-sectional analysis.** Ann. Occup. Hyg. 60 (8), p. 936–948, 2016.
- KYUHYUN, S.; HWAYOUNG, L.; YOON, J. W.; CHANHO, C.; HWANG, S. H. **Effectiveness evaluation of hydro-pneumatic and semi-active cab suspension for the improvement of ride comfort of agricultural tractors.** Journal of terramechanics, v. 69, n. 1, p. 23-32, 2017.
- LANGER, T.H., EBBESEN, M.K., KORDESTANI, A. **Experimental analysis of occupational whole-body vibration exposure of agricultural tractor with large square baler.** Int. J. Ind. Ergon. p. 79–83. 2015.
- MANDAPURAM, S.; PAKHEJA, S.; BOILEAU, P.E., et al. **Energy absorption of seated body exposed to single and three-axis whole body vibration.** J Low Freq Noise Vib Active Control, 34: p. 21–38, 2015.
- MARQUÉZ, L.. **Tractores agrícolas: Tecnología y utilización.** Madrid: B & H Editores, p. 844, 2012.
- NORMA REGULAMENTADORA DO MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR-15 - Atividades e Operações Insalubres.** 2009.
- RAO, S. S. **Vibrações mecânicas.** 4.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.
- RAUSER, E.S.C., WILLIAMS, J. **Trucking Industry: Examining Injuries for Prevention, 2006-2012.** Washington State Department of Labor & Industries, 2014.
- SANTOS, J. E. G. et al. **Ergonomia aplicada em tratores agrícolas e florestais.** In: MONTEIRO, L. A. Prevenção de acidentes com tratores agrícolas. Botucatu: Editora Diagrama, cap. 3, p. 51-75, 2010.

- SANTOS, L. N. et al. **Avaliação dos níveis de ruído e vibração de um conjunto tratorpulverizador, em função da velocidade de trabalho.** Engenharia na Agricultura, Viçosa, v. 22, n. 2, p. 112-114, 2014.
- SANTOS FILHO, P. F. et al. **Utilização de um sistema de aquisição automática de dados para avaliação dos níveis de ruído de um trator agrícola de pneus.** Revista Árvore, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 381-386, 2004.
- SCARLETT, A.; PRICE, J.; SEMPLE, D.; STAYNER, R. **Whole-body vibration on agricultural vehicles.** Research report, Silsoe Research Institute and RMS Vibration Test Laboratory for the Health and Safety Executive, 2005.
- SCHLOSSER, J. F.; DEBIASI, H. **Acidentes com tratores agrícolas: caracterização e prevenção.** Santa Maria: UFSM, 2001.
- SELL, I. **Projeto do trabalho humano: Melhorando as condições de trabalho.** Florianópolis: UFSC, p. 470, 2002.
- SERVADIO, P.; MARSILI, A.; BELFIORE, N. P. **Analysis of driving seat vibrations in high forward speed tractors.** Biosystems Engineering, Kidlington, v. 97, n. 2, p. 171-180, 2007.
- SILVA, P. R. A. **Precauções de segurança nas operações com equipamentos agrícolas.** In: MONTEIRO, L. A. Prevenção de acidentes com tratores agrícolas. Botucatu: Diagrama, cap. 2, p. 33-50, 2010.
- SILVA, S. L. **Máquinas e mecanização agrícolas.** Cascavel: [s.n.]. Apostila. 2005.
- TEWARI, V. K. & DEWANGAN, K. N. **Effect of vibration isolators in reduction of work stress during field operation of hand tractor.** Biosystems Engineering, Kidlington, v. 103, n. 2, p. 146-158, 2009.
- WANG, F. Y., Ma, M. X. **Design Guide for Automotive Design Course.** China Electric Power Press, Beijing, 2009.
- ZHAO, X., SCHINDLER, C. **Evaluation of whole-body vibration exposure experienced by operators of a compact wheel loader according to ISO 2631-1:1997 and ISO 2631-5:2004.** Ind. Ergon. J. 44 (6), p. 840-850, 2014.