

## VIBRAÇÃO OCUPACIONAL EM UM QUADRICICLO AGRÍCOLA EM FUNÇÃO DA VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO E DA PRESSÃO INTERNA DE AR NOS PNEUS

VIVIANE CASTRO DOS SANTOS<sup>1</sup>, DEIVIELISON XIMENES SIQUEIRA MACEDO<sup>2</sup>, LEONARDO DE ALMEIDA MONTEIRO<sup>3</sup>, JEFFERSON AUTELIANO CARVALHO DUTRA<sup>4</sup>, ENIO COSTA<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Professora Doutora em Mecanização Agrícola da Universidade Federal do Ceará, 85 986869117, e-mail: vihcs@live.com

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia Agrícola, Pós doutorando Universidade Federal do Ceará

<sup>3</sup> Professor Doutor em Mecanização Agrícola da Universidade Federal do Ceará

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal do Ceará

<sup>5</sup> Professor Doutor em Segurança do Trabalho, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará

Apresentado no  
XLVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2019  
17 a 19 de setembro de 2019 - Campinas - SP, Brasil

**RESUMO:** No projeto de uma máquina agrícola devem ser levados em consideração os diversos fatores humanos, visando aumentar a segurança e reduzir a fadiga. O quadriciclo agrícola destaca-se por ser um conjunto de tecnologias direcionadas para agricultura familiar. Portanto, objetivou-se avaliar a exposição do operador às vibrações de corpo inteiro em um quadriciclo agrícola em função da velocidade de deslocamento e da pressão interna de ar nos pneus. O quadriciclo agrícola utilizado foi o GERAGRI 003, movido a diesel, 4x2, com partida elétrica, potência de 12,5 kW (17 cv) e 2 cilindros. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2, sendo três velocidades (2,7 km.h<sup>-1</sup>, 4,6 km.h<sup>-1</sup> e 6,7 km.h<sup>-1</sup>), e duas pressões internas de ar nos pneus dianteiros (8 e 17 lb.pol<sup>-2</sup>) e traseiros (18 e 36 lb.pol<sup>-2</sup>). O experimento foi realizado seguindo a NHO – 09. Os dados normais foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5%. Os níveis de vibrações aumentaram em função do aumento da velocidade e da pressão interna de ar nos pneus. A melhor condição de trabalho encontrada foi realizar as operações na velocidade de 2,7 km.h<sup>-1</sup> na pressão interna de ar nos pneus mínima.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ergonomia, Vibrações de corpo inteiro, Doenças ocupacionais.

## OCCUPATIONAL VIBRATION AT AN AGRICULTURAL QUADRICULTURE IN FUNCTION OF SHIFTING AND PRESSURE SPEED INTERNAL AIR IN THE TIRES

**ABSTRACT:** In designing an agricultural machine, the various human factors must be taken into account in order to increase safety and reduce fatigue. The agricultural quadricycle stands out as a set of technologies aimed at family farming. Therefore, the objective was to evaluate the operator's exposure to full body vibrations in an agricultural quadricycle as a function of the displacement velocity and the internal air pressure in the tires. The agricultural quadricycle used was the GERAGRI 003, powered by diesel, 4x2, with electric start, power of 12.5 kW (17 cv) and 2 cylinders. The experimental design was completely randomized, in a 3 x 2 factorial scheme, with three speeds (2.7 km.h<sup>-1</sup>, 4.6 km.h<sup>-1</sup> and 6.7 km.h<sup>-1</sup>), and two internal pressures front tires (8 and 17 lb.pol<sup>-2</sup>) and rear tires (18 and 36 lb.pol<sup>-2</sup>). The

experiment was performed following the NHO - 09. The normal data were submitted to analysis of variance by the F test and the means were compared by the Tukey 's test, at 5%. Vibration levels increased as a result of increased tire pressure and internal air pressure. The best working condition found was to perform the operations at a speed of 2.7 km.h<sup>-1</sup> at the minimum internal air pressure in the tires.

**KEYWORDS:** Ergonomy. Whole body vibration. Occupational diseases.

**INTRODUÇÃO:** Tratores, microtratores e quadriciclos agrícolas são unidades móveis de potência que possuem componentes que possibilitam o acoplamento e a tração de implementos agrícolas. No projeto de máquinas devem ser levados em consideração os diversos fatores humanos, visando aumentar a segurança e reduzir a fadiga, um deles é a vibração. O quadriciclo agrícola desenvolvido destaca-se, por ser um conjunto de tecnologias direcionadas para agricultura familiar. Por ser um equipamento novo deve ter suas características avaliadas. Os estudos de vibração ocupacional na engenharia de sistemas agrícolas indicam modificações no projeto original das máquinas visando melhorar o conforto para o operador. Há uma relação conforto x custo, onde as alterações no projeto da máquina não gerem um elevado custo adicional ao produtor rural (FERNANDES, 2009). Para evitar problemas de saúde a curto prazo um equipamento deve atender os limites de vibração de corpo inteiro (VCI) de acordo com as recomendações da Norma de Higiene Operacional-09 (NHO-09) (FUNDACENTRO, 2013) e da Norma Regulamentadora 15 (NR-15) (MTE, 2014), Anexo VIII. Portanto, objetivou-se avaliar a exposição do operador às vibrações de corpo inteiro em um quadriciclo agrícola em função da utilização de três velocidades de deslocamento e duas pressões internas de ar nos pneus.

**MATERIAL E MÉTODOS:** O experimento foi conduzido em uma área experimental cujo solo foi classificado como Argissolo Vermelho-amarelo, com textura franco arenosa. O quadriciclo agrícola no presente estudo é o GERAGRI modelo GE003 (Figura 1) O quadriciclo agrícola foi concebido para agricultura familiar, motor ciclo diesel, 4x2, partida elétrica, potência de 12,5 kW (17 cv) a rotação nominal de 3000 rpm e 2 cilindros, dimensões aproximadas de 1650 mm de comprimento por 800 mm de largura, câmbio com cinco marchas, sendo quatro à frente e uma de ré e sistema de refrigeração a ar.



FIGURA 1. Quadriciclo agrícola GE003.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 2, com quatro repetições, sendo três velocidades de deslocamento 2,7 km.h<sup>-1</sup>, 4,6 km.h<sup>-1</sup> e 6,7 km.h<sup>-1</sup> e duas pressões internas de ar nos pneus sendo 8 e 17 lb.pol<sup>-2</sup> para os pneus dianteiros e 18 e 36 lb.pol<sup>-2</sup> para os traseiros, totalizando seis tratamentos. As velocidades foram determinadas com base nas três primeiras marchas e a pressão foi de acordo com a

recomendação do fabricante. Os parâmetros avaliados de vibração foram a Aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e Valor da dose de vibração resultante (VDVR). Utilizou-se a metodologia de curvas características para determinar o número mínimo de amostras (Montgomery & Runger, 2013), sendo necessárias 15 amostras para representatividade. Utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov para verificar a normalidade dos dados, posteriormente, os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de significância.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** No teste de Kolmogorov-Smirnov, os valores obtidos foram menores que os valores críticos, portanto, considera-se a hipótese de normalidade (Tabela 1).

TABELA 1. Resultados Teste de Kolmogorov-Smirnov para os parâmetros VDVR e aren.

Variável	Valor	V crit	Normal
VDVR ( $m.s^{-1,75}$ )	0,17625	0,17679	Sim
aren ( $m.s^{-2}$ )	0,16210	0,17679	Sim

Os valores médios VDVR e aren são apresentados na Tabela 2. Houve diferença significativa para os fatores avaliados. Os valores aren aumentam em função do aumento de ambos, velocidade e pressão interna de ar nos pneus. Os valores de VDVR apresentaram resultados semelhantes, também apresentaram diferenças significativas para os fatores avaliados.

TABELA 2. Valores médios de vibração de corpo inteiro (VCI).

Fontes de variação		VDVR ( $m.s^{-1,75}$ )	aren ( $m.s^{-2}$ )
Valor de F	Velocidade	15658,0063**	3386,94**
	Pressão	1744,7692**	72309,06**
CV (%)		0,74	0,39
Velocidade	2,73 $km.h^{-1}$	18,887c	1,03c
	4,64 $km.h^{-1}$	28,575b	1,70b
	6,69 $km.h^{-1}$	37,564 <sup>a</sup>	2,27a
Pressões	Máx.	30,14 <sup>a</sup>	1,75a
	Med.	26,54b	1,59b

1Médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). \* Valor de F significativo ( $p < 0,05$ ); NS Valor de F não significativo.

Doimo (2016), afirma que tanto o valor das acelerações quanto o valor de VDVR apresentaram diferença significativa quando houve o incremento da velocidade do trator, o que permite inferir que a máquina vibrou mais em altas velocidades. Mudanças na pressão interna de ar nos pneus podem alterar sua capacidade de amenizar as irregularidades da superfície, reduzindo sua capacidade de amenizar vibrações transmitidas aos componentes do trator (SANDI, 2015). Os tratamentos avaliados apresentaram em sua maioria condições de trabalho acima do valor aceitável para uma jornada de 8h de exposição diária (Figura 2).

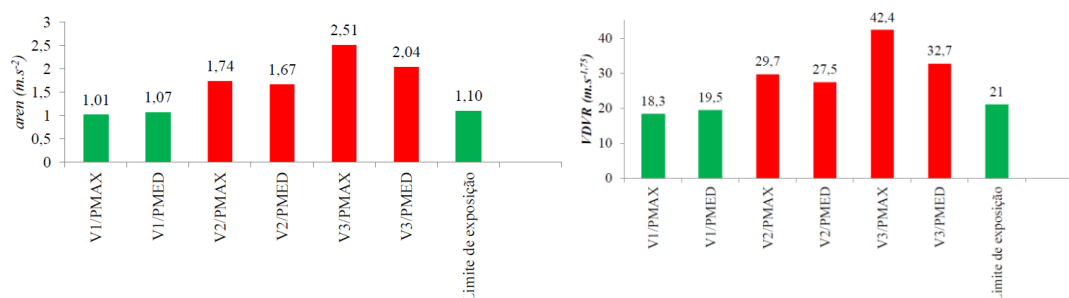


FIGURA 2. Valores médios de aren e VDVR para VCI

O valor de aren para o limite de exposição ocupacional diária à VCI adotados na norma é  $1,1 \text{ m.s}^{-2}$ . Valores acima dos limites supracitados exigem ação imediata, com adoção de medidas corretivas. Para o cálculo do aren considera-se um período de exposição de 8 horas.

De acordo com a NR-15, os tratamentos V1/PMAX e V1/PMED são considerados salubres, e os demais tratamentos são considerados insalubres. De acordo com a NHO-09, os tratamentos V1/PMAX e V1/PMED apresentaram valores na faixa de 0,9 e  $1,1 \text{ m.s}^{-2}$ , chamada de região de incerteza; e nesta faixa devem ser adotadas medidas preventivas e corretivas visando à redução da exposição diária do operador. Os demais tratamentos estão acima do nível de ação e devem ser adotadas medidas corretivas imediatas. Com relação ao VDVR, a maioria dos tratamentos apresentaram condições de trabalho acima do valor aceitável para uma jornada de 8h de exposição diária. De acordo com a NR-15, os tratamentos V1/PMAX e V1/PMED são considerados salubres, e os demais tratamentos são considerados insalubres. De acordo com a NHO-09, os tratamentos V1/PMAX e V1/PMED o valor de dose de vibração resultante (VDVR) limite é de  $21 \text{ m.s}^{-1,75}$ . O V1/PMAX e o V1/PMED apresentaram valores de VDVR na faixa entre 18,3 a  $21 \text{ m.s}^{-1,75}$ , sendo necessário o emprego de medidas preventivas e corretivas, por apresentar condições salubres de trabalho, visando à redução da exposição diária. Os demais tratamentos estão acima do limite de exposição e requerem adoção imediata de medidas corretivas.

**CONCLUSÕES:** O menor valor de VCI foi encontrado na velocidade de  $2,73 \text{ km.h}^{-1}$  e na pressão interna de ar nos pneus média ( $8 \text{ lb.pol}^{-2}$  nos rodados dianteiros e  $18 \text{ lb.pol}^{-2}$  nos rodados traseiros). A utilização de menores pressões nos pneus do quadriciclo refletiram em menores níveis de vibração de corpo de inteiro (VCI).

## REFERÊNCIAS

- DOIMO, L. D. S. Avaliação da vibração ocupacional no posto operacional de tratores agrícolas estáticos utilizando-se duas rotações angulares. 2016. 79f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2016.
- FERNANDES, M. G. Tópicos especiais em saúde do trabalhador e ergonomia. Recife:Fundação Antônio dos Santos Abranches, 2009.
- FUNDACENTRO. Norma de higiene ocupacional (NHO-09): avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro. São Paulo: Fundacentro, 2013.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Portaria 1.297/2014. Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho (NR-15), anexo VII, Vibrações: atividades e operações insalubres. Brasília, 1978. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br/temas/segsau/legislacao/normas/conteudo/nr15>>. Acesso em: 2016.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros. 5ª. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.
- SANDI, J. Vibração incidente sobre o corpo inteiro do operador de trator agrícola ensaiado em pista de vibração com diferentes lastros, velocidades e pressões de inflação dos pneus. 2015. 112 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.