



VERIFICAÇÃO DE VARIÁVEIS ERGONÔMICAS (RUÍDO E VIBRAÇÃO) EM TRATORES AGRÍCOLAS SUBMETIDOS A TRÊS SUPERFÍCIES DE ROLAMENTO

Ricardo Hideaki Miyajima (1)

Rodrigo Petrongari Tonin (2)

Adolfo Alexandre Vernini (3)

Vanessa Carolina de Barros Manduca (4)

João Eduardo Guarnetti dos Santos (5)

(1) Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Mestre,
richidetoshimiyajima@hotmail.com

(2) Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Mestre,
rp.tonin@hotmail.com

(3) Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Mestre,
avernini@fatecbt.edu.br

(4) Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônômicas, Mestre,
vanessa.manduca@yahoo.com.br

(5) Universidade Estadual Paulista Faculdade de Engenharia, Professor Livre Docente,
guarneti@feb.unesp.br

RESUMO

Objetivou-se com este estudo avaliar os níveis de vibração e ruído emitidos por dois tratores submetidos em três tipos de condições de terreno (solo preparado, concreto e pista de vibração). Os dados de vibração foram obtidos por meio de um acelerômetro de três eixos (x, y e z), modelo HVM-100, com um acelerômetro (Seat Pad). Para o ruído utilizou-se um medidor de pressão sonora, digital portátil, da marca Instrutherm. Os resultados de vibração e ruído foram comparados com a norma vigente (NHO 09 e NR 15).

Palavras-chave: Vibrações de corpo inteiro, ruído, cabines de tratores.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the levels of vibration and noise emitted by two tractors submitted in three types of ground conditions (prepared soil, concrete and vibration track). The vibration data were obtained by means of an accelerometer with three axes (x, y, and z), HVM-100

model with an accelerometer (seat pad). For noise used a sound pressure meter, portable digital, Instrutherm brand. The results of vibration and noise were compared with the current standard (NHO 09 and NR 15).

Keywords: whole body vibration, noise, tractor cabs.

1. INTRODUÇÃO

A mecanização agrícola é essencial na agricultura moderna. Atividades, como, preparo de solo, adubação, pulverização e colheita, que eram realizadas somente com trabalho manual e animal, hoje são desenvolvidas com o auxílio de máquinas.

No entanto, existem, também, desvantagens na utilização dessas máquinas. O operador está exposto a poeira, insolação, vibração, calor, gases do motor, insetos, defensivos agrícolas e altos níveis de ruído provenientes dessas máquinas.

A operação de tratores impõe grande estresse físico e mental. Se o posto de trabalho do tratorista não for confortável, seu desempenho e segurança poderão ser comprometidos (DEBIASI et al., 2004). Ruído e vibração são fatores que podem comprometer intensamente a saúde do trabalhador.

Segundo Dewangan et al. (2005), a exposição durante 40 horas por semana a níveis de ruído de 85 dB(A) é considerada segura, mas níveis acima desse limite podem causar hipoacusia. Ainda segundo esses autores, apesar do ruído já ser estudado há vários anos nos tratores agrícolas, o problema ainda persiste em alguns equipamentos fabricados na atualidade.

O ruído é uma onda sonora, ou um complexo de ondas, que pode causar sensação de desconforto e gradual perda da sensibilidade auditiva. O risco de problemas auditivos é determinado pelo nível de som, frequência e tempo de exposição. Simone et al. (2006) citam que os ruídos vêm de diferentes fontes nas máquinas agrícolas. Os gases liberados pelo escape, causam ruídos de grande intensidade, em torno de 45% a 60% do ruído total. As demais fontes são aspiração (15-20%), ventilador (12-20%) e vibração (15-20% do ruído total).

Além do ruído, os tratores agrícolas em circulação no país, na sua maioria, apresentam problemas de conforto e segurança para os operadores. Os tratores, em geral, produzem vibrações de baixa frequência, que são transmitidas para o posto do operador (SERVADIO et al. 2007). Estas frequências podem gerar problemas de visão, irritabilidade, deformações lombares e problemas digestivos. Devem, portanto, ser eliminadas, ou reduzidas, tanto quanto possível.

Devido à inexistência de amortecedores e molas, como em veículos urbanos, o assento do tratorista tem importante papel em minimizar essa vibração, sendo, portanto, importante componente do trator (JAIN et al., 2008).

Na prática, as vibrações consistem de uma mistura complexa de diversas ondas, com frequências e direções diferentes. A partir da análise desses componentes, é possível calcular o nível médio das vibrações.

Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar os níveis de vibração e ruído emitidos por dois tratores, em diferentes terrenos, solo preparado, concreto e pista de vibração, comparando os resultados com as normas vigentes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista, Campus de Botucatu. A área experimental esta localizada nas coordenadas geográficas 22°51' Latitude Sul e 48°25' Longitude Oeste.

A coleta dos dados foi realizada na pista de vibração, que foi construída em madeira segundo a Norma ISO 5008 de 2002 (Figura 1), na pista de concreto, construída segunda a Norma OECD-Code 2 (2008) (Figura 2) e na pista de solo preparado (Figura 3).

Figura 1: Pista de vibração



Figura 2: Pista de concreto



Figura 3: Pista de solo preparado



Foram utilizados dois tratores para o estudo. Um trator agrícola 4x2 TDA com 134 Kw de potencia no motor, sem implemento, com uma lastragem dianteira de 990 Kg, com pneus dianteiros Agroforest 420-85-28 e pneus traseiros 30.5 L-32 LS-2. E o outro trator agrícola 4X2 TDA com 95,6 Kw de potencia no motor, sem implemento e lastragem e com pneus dianteiros TM 95 14.9.26 e pneus traseiros TM 95 23.1.30.

Para a coleta dos dados de vibração utilizou-se um acelerômetro de três eixos (x, y e z), modelo HVM-100, marca Larson Davis (Figura 4) com um acelerômetro SEN027 (Seat Pad) e o software Blaze 6.1.1 para a coleta dos dados da vibração.

A instalação do Seat Pad foi fixada sobre o assento do operador de acordo com a Norma NHO 09 (2013), para mensurar a vibração do corpo inteiro, de acordo com os três eixos. As coordenadas cartesianas que foram obedecidas na fixação do acelerômetro foram: eixo x-frente/trás, eixo y-direita/esquerda, eixo z-para cima/para baixo.

Para evitar a movimentação do Seat Pad, o mesmo foi fixado no assento do operador por meio de uma fita adesiva.

Já os dados de ruído foram coletados com um medidor de pressão sonora, digital portátil, da marca Instrutherm, modelo DEC 300, com escala de 40 a 300 dB (Figura 5). O posicionamento do aparelho foi sempre próximo ao ouvido do operador.

O mesmo operador foi utilizado durante a coleta dos dados.

**Figura 4: Acelerômetro
modelo HVM-100**



**Figura 5: Decibelímetro
modelo DEC 300**



3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios da aceleração (Aeq), do valor de dose de vibração resultante (VDVR) e da aceleração resultante de exposição normalizada (Aren).

Tabela 1: Valores médios da aceleração, VDVR e Aren nos três tipos de pista				
Trator	Pista	Aeq (m/s ²)	VDVR (m/s ^{1,75})	Aren(m/s ²)
1	Concreto	4,69	1,26	0,09
	Solo Preparado	1,12	2,93	0,23
	Vibração	3,97	10,63	0,84
2	Concreto	5,98	1,66	0,14
	Solo Preparado	1,19	3,05	0,25
	Vibração	3,49	9,13	0,64

Na condição da pista de vibração, para ambos os tratores, de acordo com a norma NHO 09 (2013) os valores de VDVR e Aren estão acima do nível de ação, sendo necessária no mínimo a adoção de medidas preventivas.

A redução da jornada de trabalho ou adoção de intervalos durante a operação e até mesmo o rodizio de operadores são algumas práticas a serem adotadas.

Para os tratores 1 e 2, nas condições de pistas de concreto e solo, a consideração técnica é aceitável, sendo necessário no mínimo a manutenção da condição existente

Em experimento realizado por Balbinot (2001), quando o valor do VDVR é excedido a 8,5m s-1,75, existe a possibilidade de desconforto médio, sendo um parâmetro de avaliação que indica a severidade da exposição a vibração.

Segundo Metha et al. (2000), encontraram variação nos valores de dose de vibração, durante o deslocamento do trator com arado e grade em modo de transporte em estrada de asfalto tipo tarmacadam, estrada de fazenda e de campo. Já Ribas et al. (2014), evidenciaram valores de dose de vibração superiores a 8,5m s-1,75 no assento e no seu suporte.

Os resultados encontrados evidenciaram que em todas as condições de pista e para os dois tratores, os valores da aceleração encontram-se acima do nível adequado para permitir que o operador possa conduzir o trator com segurança. O mesmo fato foi constatado por Kroemer e Grandjean (2005) e Sandi (2015).

O tipo de cabine entre os dois tratores pode explicar a diferença nos valores do VDVR e do Aren para os dois tratores. A cabine do trator 1 tem como característica, a sua suspensão em relação a estrutura do seu chassi, não sendo integrada diretamente, como no trator 2. Além do fato, que o trator 1 tem como característica um assento com suspensão pneumática e o trator verde um assento com suspensão de molas.

No entanto, para a condição da pista de vibração, o trator 1 apresentou valores de VDVR e Aren superiores ao trator 2, o fato pode ser explicado devido a sua cabine ser suspensa a amplitude dos movimentos acaba sendo maior.

Os valores médios do ruído interno mínimo e máximo medido próximo ao ouvido do operador com a cabine do trator fechada durante o estudo nos três tipos de pista é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Valores médios do ruído mínimo e máximo do operador nas três condições de pista.

Trator	Pista	Ruído Mínimo (dBa)	Ruído Máximo (dBa)
1	Concreto	73,03	76,93
	Solo Preparado	57,87	79,23
	Vibração	71,33	83,30
2	Concreto	80,80	87,37
	Solo Preparado	83,20	89,90
	Vibração	81,07	87,27

Para o trator 1, os maiores valores médios de ruídos foram constatados para a condição de pista de vibração, no entanto de acordo com a NR-15, a máxima exposição diária permissível é de 8 horas. A mesma recomendação é permissível para as pistas de concreto e solo, pois os valores do ruído máximo não ultrapassam o valor limite de 85 dB(A).

Em experimento realizado por Baesso et al. (2015), para os tratores com cabine fechada original, os valores do ruído encontraram-se dentro do limite de 85 dB(A).

Segundo Baesso et al. (2015), analisando tratores que não apresentaram cabine fechada e tratores com cabine fechada não original de fábrica, os valores médios do ruído ultrapassam o valor de 85 dB(A).

O mesmo pode ser constatado para o presente trabalho, na situação de pista de concreto e de vibração, para o trator 2, o ruído máximo foi de 87 dB(A), desta maneira, a máxima exposição diária permissível do operador é de 6 horas. Já na condição da pista de solo a exposição permissível é de 4 horas. Embora a cabine seja original de fabrica, o fato do ruído ultrapassar os 85 dB(a), pode ser devido ao projeto da cabine, problema de isolamento ou até mesmo a vibração sendo excessiva estar gerando o ruído.

Algumas medidas como a redução no tempo de exposição são essenciais para minimizar o risco da vibração na saúde do operador.

A utilização de dispositivos de proteção auricular permitem uma atenuação do nível de ruído na ordem de 10 dB(A) (PESSINA e GUERRETTI, 2000).

4. CONCLUSÃO

Para as condições superficiais uniformes ou com pouca irregularidade (pista de concreto e solo) o trator 1 apresentou as melhores condições para a saúde e segurança do operador.

Porém com grande irregularidade (pista de vibração) o trator 1 apresentou uma pior condição para o operador.

Para o trator 2, os valores médios do ruído próximo ao ouvido do operador excede os 85 dB(A) permitido pelo Norma Regulamentadora (NR 15).

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAESSO, M. M.; GAZZOLA, M.; BERNARDES, S.; BRANDELERO, E.; MODULO, A. Avaliação do nível de ruído, itens de segurança e ergonomia em tratores agrícolas. **Brazilian Journal of Biosystems Engineering**, v.9, n.4, p.368-380, 2015.

BALBINOT, A. **Caracterização dos níveis de vibração em motoristas de ônibus: Um enfoque no conforto e na saúde**. 281 f. Tese (Doutorado em Biomecânica) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

DEBIASI, H., SCHLOSSER, J. F., PINHEIRO, E. D. 2004 Desenvolvimento do coeficiente parcial de ergonomia e segurança em tratores agrícolas. **Engenharia Agrícola**: 727-735.

DEWANGAN, K. N., PRASANNA KUMAR, G. V., TEWARI, V. K. 2005 Noise characteristics of tractors and health effect on farmers. **Applied Acoustics**: 1049-1062.

JAIN, K. K., SHRIVASTAVA, A. K., MEHTA, C. R. 2008 Analysis of selected tractor seats for seating dimensions in laboratory. **Agricultural Engineering International**: 1-10.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E.. Manual de Ergonomia: Adaptação do Trabalho ao Homem. 5ª Ed. Artmed Editora. Porto Alegre. 2005. 327 p.

MEHTA, C. R.; TEWARI, V. K.. Seating discomfort for tractor operators: a critical review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Silsoe - UK, p. 661-674. 2000.

PESSINA, D.; GUERRETTI, M. Effectiveness of hearing protection devices in the hazard reduction of noise from used tractors. **Journal of Agricultural Engineering Research**, Silsoe, v.75, n.1, p.73-80, 2000.

RIBAS, R. L.; et al. Exposição humana à vibrações de corpo inteiro em um trator agrícola com pneus radiais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.9, p.1589-1595, set, 2014. ISSN0103-8478.

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**. Dissertação (Mestrado) UNESP. Botucatu. 2015. 101p.

SIMONE, M. et al. El tractor agrícola: fundamentos para su selección y uso. Mendoza: INTA, 2006.

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.

6. AGRADEDIMENTOS

Agradecemos ao CNPQ pela oportunidade de aquisição dos aparelhos Acelerômetro modelo HVM-100 e Decibelímetro modelo DEC 300 que foram utilizados nesse estudo.