

AVALIAÇÃO DA VIBRAÇÃO INCIDENTE SOBRE O OPERADOR DE TRATOR AGRÍCOLA EM DIFERENTES CONDIÇÕES SUPERFICIAIS

JEFFERSON SANDI¹, MURILO BATTISTUZZI MARTINS², DEOCLECIO JARDIM AMORIM³, JOÃO EDUARDO GUARNETTI DOS SANTOS⁴, KLÉBER PEREIRA LANÇAS⁵

¹ Professor Universitário. Universidade La Salle de Lucas do Rio Verde.: Av. Universitária, 1000, Parque das Emas - 78455-000, Lucas do Rio Verde, MT, Brasil. E-mail: jffsandi@gmail.com.

² Professor na Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – Unidade de Cassilândia. Rodovia MS 306 - km 6,4; 79540-000, Cassilândia, MS, Brasil. E-mail: mbm_martins@hotmail.com.

³ Doutorando do programa de Pós-Graduação em Estatística e Experimentação Agronômica da ESALQ/US. Avenida Pádua Dias, nº 11, 13418-900, Piracicaba, SP, Brasil. E-mail: deocleciojardim@hotmail.com.

⁴ Professor Titular do Departamento de Engenharia Mecânica da Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Federal Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Campus de Bauru. Av. Eng. Luiz Edmundo C. Coube 14-01 - Vargem Limpa 17033-360, Bauru, SP, Brasil. E-mail: joao.guarneti@unesp.br

⁵ Professor Titular do Departamento de Engenharia Rural na FCA/UNESP, Av. Universitária, 3780 - Altos do Paraíso, 18610-034, Botucatu, SP, Brasil. E-mail: kp.lancas@unesp.br

RESUMO: Este trabalho teve como objetivo determinar e comparar os níveis de vibração mecânica incidente sobre o corpo inteiro do operador de um trator agrícola ensaiado em pistas padronizadas e de solo. Os dados foram coletados em pista de ensaio de vibração padronizada, pista padronizada de concreto e pista de solo durante operação de roçada. Foram adotadas quatro velocidades de deslocamento e duas combinações de pressões de inflação dos pneus. A aquisição de dados foi feita com um acelerômetro fixado no assento do operador. Os parâmetros avaliados foram os valores de soma dos eixos para aceleração média, valor da dose de vibração (nível de alerta) e a projeção de dose para 8 horas de trabalho. Os dados obtidos foram submetidos ao teste de Tukey ($p \leq 0,05$). A condição superficial foi determinante para definir o comportamento dos dados e ocasionar os cenários de insalubridade. Nos parâmetros operacionais ensaiados não foram encontradas condições insalubres na execução da operação de roçada em solo firme não mobilizado coberto por *Brachiaria brizantha* (brachiaria). A pista padronizada para ensaio de vibração apresentou níveis vibracionais mais elevados que as demais superfícies. A velocidade foi mais importante que a pressão interna dos pneus em todas as condições avaliadas.

Palavras-chaves: Coluna Vertebral, Ergonomia; Insalubridade; Segurança no Trabalho.

EVALUATION OF VIBRATION INCIDENT ON AGRICULTURAL TRACTOR OPERATOR IN DIFFERENT SURFACE CONDITIONS

ABSTRACT: This work aimed to determine and compare the levels of mechanical vibration incident on the entire body operator of an agricultural tractor tested on standardized track and soil. The data were collected in a standardized vibration test track, standardized concrete track and soil track during mowing operation. Four travel speeds and two combinations of tire inflation pressures were adopted. Data acquisition was done with an accelerometer attached to the operator's seat. The parameters evaluated were the sum values of the axes for average acceleration, the value of vibration dose (alert level) and dose projection for 8 works hours. The data obtained were submitted to the Tukey test ($p \leq 0.05$). The superficial condition was decisive for defining the behavior of the data and causing unsanitary scenarios. In the tested operational parameters, unhealthy conditions were found in the operation of mowing operations on firm non-mobilized soil covered by *Brachiaria brizantha* (brachiaria). The standardized vibration test track showed higher vibrational levels than the other surfaces. Speed was more important than internal tire pressure in all conditions evaluated.

Keywords: Spine, Ergonomics, Unhealthy, Safety at work.

Recebido em 24/01/2019 e aprovado para publicação em 14/08/2020

DOI: <http://dx.doi.org/10.17224/EnergAgric.2020v35n3p308-316>

1 INTRODUÇÃO

Operadores profissionais de veículos de trabalho apresentam alta incidência de desordem musculoesqueléticas relacionadas à sua atividade profissional, sendo as dores lombares os relatos mais comuns (Kim et al., 2016). Esse cenário é comum entre as máquinas agrícolas, uma vez que esses equipamentos geram vibrações de baixa frequência, transmitidas até o posto de operação por diferentes componentes, com intensidades indesejadas e por períodos maiores que o recomendado, podendo levar à ocorrência de problemas na visão, irritabilidade, deformações lombares e problemas digestivos no operador (MÁRQUEZ, 1990).

Apesar da natureza multiaxial das vibrações ocorrentes em máquinas agrícolas, Kim, Dennerlein e Johnson (2018) mostraram que os assentos utilizados nessas máquinas são mais comumente equipados com um sistema de suspensão passiva uniaxial para amortecer impactos e acelerações verticais. Isso pode explicar a incidência até 13 vezes mais elevada de problemas na região lombar entre operadores de máquinas fora de estrada quando comparados a trabalhadores que desempenham atividades de escritório (MARIN et al., 2017).

Devido à existência de diferentes padrões de assentos, estes são selecionados e oferecidos pelos fabricantes de máquinas em função do projeto e de acordo com a classe espectral de vibrações a qual o banco será submetido, o que resulta em uma decisão complexa com relação ao melhor a ser utilizado (LANGER; EBBESEN; KORDESTANI, 2015). Porém, ainda em comparação aos avanços alcançados no desempenho dos tratores, a proteção e o conforto do operador em relação à vibração continuam insatisfatórios (THORAT e MHASKE, 2016).

Gialamas et al. (2016) sugeriram a utilização de assentos inteligentes munidos com sistemas eletro-hidráulicos e de suspensão a ar com controle eletrônico da altura de deslocamento e ajuste dinâmico da rigidez da suspensão.

A vibração que incide sobre o corpo inteiro do operador não é a mesma que chega ao

posto de operação, pois a transmissibilidade é uma relação não-dimensional em função da frequência da vibração resultante na superfície do assento com a vibração que chega à base do assento, sendo considerada uma componente muito importante a ser utilizada para quantificar o desempenho do assento quando submetido a diferentes situações e máquinas (ADAM; JALIL, 2017).

A severidade das vibrações fica mais evidente quando se comparam os projetos antigos de tratores com os atuais, pois os mesmos não eram equipados com sistemas apropriados de absorção de choques e vibrações; porém, hoje ainda existe uma grande necessidade de melhorar a proteção dos operadores com relação às vibrações (CVETANOVIĆ; CVETKOVIĆ; CVETKOVIĆ, 2015).

Em trabalho avaliando a vibração incidente sobre o operador em ensaio realizado em pista padronizada e em campo, Giordano, Facchinetti e Pessina (2015) obtiveram resultados onde o limite inferior fornecido pela Diretiva 2002/44 CE (“valor de ação” de $0,5 \text{ m s}^{-2}$ e valor limite de $1,0 \text{ m s}^{-2}$) só não foi excedido quando empregada a velocidade mais baixa, porém os níveis de vibração excederam o limite superior estabelecido pela diretiva quando os valores RMS globais foram considerados.

Santos et al. (2014), ao avaliar a vibração incidente sobre o operador de trator agrícola durante a operação de pulverização, concluíram que o aumento da velocidade fez com que os valores de vibração aumentassem de maneira constante, e que estes resultados podem ser consequência das boas condições do solo (que se encontrava arado sem pedras e tocos), pela rotação constante do motor e devido às velocidades escolhidas propiciarem estabilidade à barra de pulverização.

Villibor et al. (2014) encontraram maiores níveis vibracionais durante a operação de aração quando comparada à gradagem, sendo que os maiores valores ocorreram nas maiores velocidades de operação em ambas operações e, ao ser conectada a tração dianteira auxiliar, houve uma redução nos níveis de vibração vertical. Esses autores encontraram os

maiores níveis de vibração na faixa de frequência de 2 a 4 Hz, sendo que os resultados apontam a necessidade de um projeto de assento direcionado ao conforto do operador.

Gialamas et al. (2016) em seus ensaios de campo, determinaram que o trator foi o principal componente que determinou a variação das acelerações que ocorrem no eixo Y no assento do operador, enquanto os equipamentos afetaram principalmente as vibrações ocorrentes no eixo X. Esses autores recomendaram uma seleção adequada de cada equipamento agrícola ao trator empregado para minimizar a vibração criada durante o preparo do solo.

Cvetanović, Cvetković e Cvetković (2015) sugeriram que medidas organizacionais adotadas durante as operações, como redução dos turnos de trabalho e alternância de operadores, contribuem para reduzir o nível diário de exposição diária; porém não influenciam a intensidade ou redução das vibrações.

Assim, este estudo busca avaliar e comparar as vibrações de corpo inteiro

incidentes sobre o operador de trator agrícola durante o uso de roçadora acoplada ao trator operando em diferentes condições superficiais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Texto O experimento foi realizado em diferentes pistas de testes pertencentes ao Núcleo de Ensaio de Máquinas e Pneus Agroflorestais do Departamento de Engenharia Rural da Faculdade de Ciências Agronômicas da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, em Botucatu, São Paulo, localizadas nas coordenadas 22°83’80”S e 48°42’18”W.

Os dados foram coletados em três pistas de ensaio: pista padronizada de 35 m para ensaio de vibração, pista de concreto de 200 m e em pista de solo firme (compactado), classificado como nitossolo vermelho distroférico (EMBRAPA, 2013), não mobilizado e coberto por *Brachiaria brizantha* (brachiaria) sendo esta empregada para execução da operação de roçada (Figura 1).

Figura 1. Pista de solo firme não mobilizado coberto por brachiaria.



A coleta dos dados foi realizada empregando-se um trator agrícola 4x2 TDA com 77 kW de potência no motor e com um conjunto de pneus diagonais TM95 (dianteiros 14.9-26 e traseiros 23.1-30). Empregou-se uma roçadora modelo RO2, com largura de corte de

1500 mm, acoplada ao sistema de três pontos do trator e acionada pela tomada de potência durante todas as coletas de dados. O trator foi ensaiado totalmente sem lastros, resultando em uma massa de 1865 kg no eixo dianteiro, 2565 kg no eixo traseiro, totalizando 4430 kg. Em

todos os tratamentos, o trator foi operado com o motor em rotação nominal (2300 rpm) e com a tração dianteira auxiliar acionada.

O assento presente no trator pertence à família de assentos DS 44/47. O assento foi regulado para receber um operador de 62 Kg. Empregou-se o mesmo operador e regulagem do assento em todas as coletas de dados. Para fixação do acelerômetro de corpo inteiro foi utilizado o Ponto de Referência do Assento – PRA (*Seat Index Point* - SIP) apontado pelo próprio fabricante do assento.

A aquisição dos dados foi realizada utilizando-se um aquisitor HVM 100 em conjunto com um acelerômetro SEN027 - Seat Pad (capaz de realizar as leituras nos eixos X, Y e Z simultaneamente) e software Blaze 6.1.1, todos produzidos pela Larson Davis. Também foi utilizado um tacômetro digital modelo DT6234B para aferição da rotação do motor. Todo o sistema de aquisição foi calibrado previamente antes da coleta dos dados.

O acelerômetro para medição da vibração incidente sobre corpo inteiro foi fixado (com auxílio de fita adesiva para evitar sua movimentação) ao assento do operador seguindo a recomendação da Norma de Higiene Ocupacional (NHO) 09 (CUNHA; GIAMPAOLI, 2013): eixo X – frente/atrás; eixo Y – direita/esquerda; eixo Z – para cima/para baixo. Em seguida, o aparelho de aquisição foi ajustado para os parâmetros

referentes à vibração no corpo todo, a medição nos três eixos cartesianos e o intervalo de aquisição dos dados. A aquisição dos valores de aceleração nos 3 eixos (X-Y-Z) foi ajustada para a frequência de 1 Hz.

O equipamento HVM100 foi configurado para operar no modo de corpo inteiro, média lenta, empregando acelerômetro ICP, com referência de exposição de $2,8 \text{ m s}^{-2}$, sem integração, ponderação de frequência Wm Prédios, fatores multiplicativos de 1,4 (para os eixos X e Y) e 1 (para o eixo Z), sem ganho e saída com AC ponderado.

O sistema de aquisição dos dados foi acionado no momento em que o rodado traseiro se encontrou sobre a pista de vibração e seu desligamento ocorreu quando o rodado dianteiro iria sair da pista e, nas demais pistas, os dados foram coletados em trechos de 100 m. Os parâmetros avaliados foram: valores de soma dos eixos para aceleração média, valor da dose de vibração e a projeção de dose para 8 horas de trabalho.

Na Tabela 1 estão os critérios de julgamento e tomada de decisão com base na aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e valor de dose de vibração resultante (VDVr), além do conjunto de medidas preventivas e corretivas que devem ser adotados pelo responsável técnico quando constadas as condições com níveis de vibrações prejudiciais (CUNHA; GIAMPAOLI, 2013).

Tabela 1. Critério de julgamento e tomada de decisão.

aren (m s^{-2})	VDVr ($\text{m s}^{-1,75}$)	Consideração Técnica	Atuação Recomendada
0 a 0,5	0 a 9,1	Aceitável	No mínimo manutenção da condição existente.
0,5 a 0,9	9,1 a 16,4	Acima do nível de ação	No mínimo adoção de medidas preventivas.
0,9 a 1,1	16,4 a 21	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando à redução da exposição diária.
Acima de 1,1	Acima de 21	Acima do limite de exposição	Adoção imediata de medidas corretivas.

Fonte: Norma de Higiene Ocupacional 09 – NHO 09 (CUNHA; GIAMPAOLI, 2013, p. 39).

As condições superficiais utilizadas para coleta de dados foram: pista padronizada de 35 m para ensaio vibracional (PV); pista padronizada de concreto (PC); pista de solo

firme, não mobilizado e coberto por braquiária (PS - R) para execução da operação de roçada.

Foram selecionadas as velocidades de deslocamento de: $0,75 \text{ m s}^{-1}$ (V1); $0,94 \text{ m s}^{-1}$ (V2) e $1,36 \text{ m s}^{-1}$ (V3). Foram empregadas duas

pressões internas dos pneus, P1: 110,3 kPa nos pneus dianteiros e 137,9 kPa nos pneus traseiros e P2: 137,9 kPa nos pneus dianteiros e 165,5 kPa nos pneus traseiros.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado em esquema fatorial com cinco repetições para cada combinação de tratamentos. Os resultados avaliados ao final do experimento foram os valores de soma da aceleração média (Aeq), valor da dose de vibração (VDVr) e projeção de dose para 8 horas (A(8)), tendo como base para avaliação os critérios de julgamento e tomada de decisão apresentados na NHO 09 (CUNHA; GIAMPAOLI, 2013).

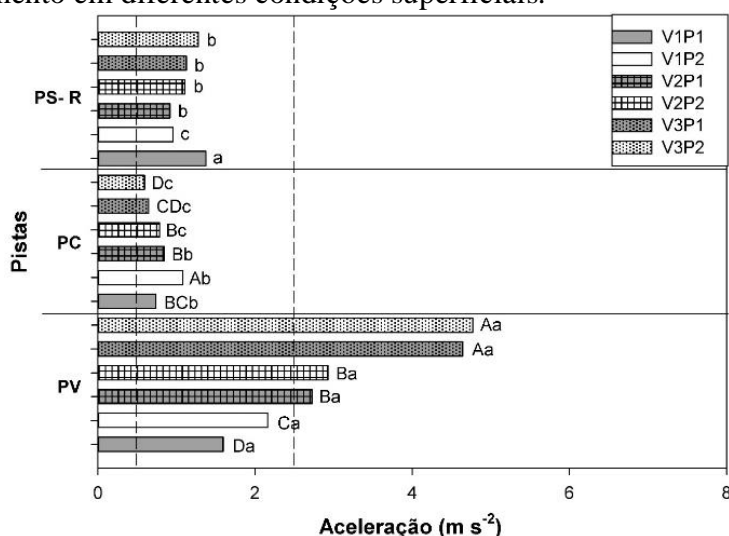
Os dados obtidos foram submetidos ao teste de normalidade e homogeneidade. Para os dados que seguiram a distribuição normal, foi aplicada a análise de variância, sendo complementada pelo teste de Tukey. A significância estatística foi considerada quando $p \leq 0,05$. Durante a análise dos dados, também

foram gerados os coeficientes de correlação de Pearson (r). Todas as análises foram realizadas empregando-se o software Minitab® (MINITAB, 2010).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 observa-se que, ao se comparar as diferentes condições superficiais, é possível notar que estas apresentam influência direta nos resultados de aceleração média que atingem o corpo inteiro do operador, com os maiores valores ocorrendo na pista padronizada para ensaio de vibração (PV) devido à maior severidade apresentada pela mesma, uma vez que simula uma situação de acentuada irregularidade superficial, condição esta que não está presente na pista de concreto (PC) ou na pista de solo firme coberta por brachiaria empregada para execução da operação de roçada (PS - R).

Figura 2. Valores de aceleração média incidente sobre o corpo inteiro do operador durante deslocamento em diferentes condições superficiais.



Letras maiúsculas comparam os tratamentos dentro de cada pista (PV, PC e PS - R). Letras minúsculas comparam o mesmo tratamento nas diferentes pistas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). As linhas horizontais tracejadas indicam os valores 0,5 e 2,5 m s⁻². V = velocidade de deslocamento. P = pressão de inflação dos pneus.

Ao se avaliar os resultados dos tratamentos na pista padronizada para ensaio de vibração, a velocidade foi o fator que apresentou maior influência no aumento das acelerações incidentes sobre o corpo inteiro do operador em todos os tratamentos. A pressão de inflação dos pneus somente foi representativa na velocidade de deslocamento mais lenta (V1).

Não ocorreram diferenças significativas entre os tratamentos quando o trator operou em pista de solo firme, não mobilizado e coberto por brachiaria para efetuar a operação de roçada. A execução da operação nas condições operacionais avaliadas neste trabalho não gerou acelerações médias com valores acima de 2,5 m s⁻² durante a operação de roçada em pista de solo firme com presença de brachiaria, valor

este indicado como limiar de segurança por Kroemer e Grandjean (2005), porém o mesmo está sujeito a cometer erros de direção devido a valores de aceleração média maiores que $0,5 \text{ m s}^{-2}$.

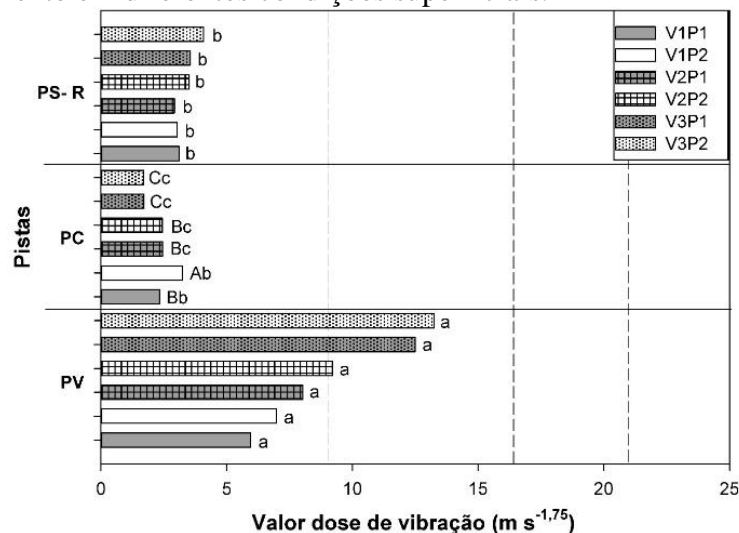
O deslocamento do trator em pista de solo firme, não mobilizado e coberto por brachiaria, durante o desempenho de operação de roçada, apresentou valores maiores de aceleração média que a pista de concreto (PC) nas combinações de tratamentos V1P1 (apresentando valor semelhante a encontrado na pista de vibração), V2P2 e V3P1 e V3P2. As diferenças encontradas entre a pista de solo e de concreto também são influenciadas principalmente pela velocidade de deslocamento, sendo a pressão de inflação dos pneus um fator secundário.

Ocorreram diferenças entre os tratamentos durante o deslocamento em pista de concreto, onde a combinação da velocidade reduzida com a maior pressão de inflação (V1P2) gerou os valores mais elevados. Esse resultado pode ser explicado pela ressonância gerada no contato das garras dos pneus (que se

encontrava rígido pela maior pressão de inflação) e a superfície dura do concreto dentro de um intervalo cíclico e harmônico. Giordano, Facchinetti e Pessina (2015) apontaram que o emprego de equipamento agrícola acoplado ao trator reduziu as vibrações no eixo x e z em 11 e 6,5% respectivamente, o que pode indicar um possível efeito de ressonância quando o trator se desloca sem equipamentos acoplados.

Na Figura 3, são apresentados os valores de VDV_r para as diferentes condições superficiais avaliadas. Os maiores valores ocorreram na pista padronizada para ensaio de vibração. Mesmo não ocorrendo diferença estatística significativa, as combinações V2P2 e V3P1 e V3P2 atingiram o nível de ação quando o trator se deslocou sobre a pista de vibração, indicando a necessidade de medidas preventivas para resguardar a saúde do operador, como o acompanhamento periódico da exposição, a informação e orientação aos trabalhadores sobre os riscos e cuidados que devem ser adotados, além do controle médico através de exames e registro de exposições anteriores.

Figura 3. Valor de dose de vibração incidente sobre o corpo inteiro do operador durante deslocamento em diferentes condições superficiais.



Letras maiúsculas comparam os tratamentos dentro de cada pista (PV, PC e PS - R). Letras minúsculas comparam o mesmo tratamento nas diferentes pistas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). As linhas horizontais tracejadas indicam os limiares das faixas de valores (aceitável, nível de ação, região de incerteza e limite de exposição) descritas na Norma de Higiene Ocupacional 09 – NHO 09 (CUNHA; GIAMPAOLI, 2013, p. 39). V = velocidade de deslocamento. P = pressão de inflação dos pneus.

Não foram encontradas diferenças entre os tratamentos aplicados na pista de solo, estando todos apresentando valores dentro da faixa aceitável. Adam e Jalil (2017) concluíram

que a vibração vertical transmitida ao operador durante o desempenho de roçada foi maior quando essa operação foi executada em condições fora de estrada.

Pode-se sugerir que a roçada também seja conduzida seguindo as curvas de nível do solo pois, segundo Langer, Ebbesen e Kordestani (2015), o nível e valor das vibrações que atingem o operador são maiores quando este está operando o trator em descidas e a tração dianteira auxiliar (TDA) encontra-se acionada. Estes mesmos autores sugeriram, como medidas preventivas e corretivas, a redução da velocidade operacional e desativação da TDA sempre que possível.

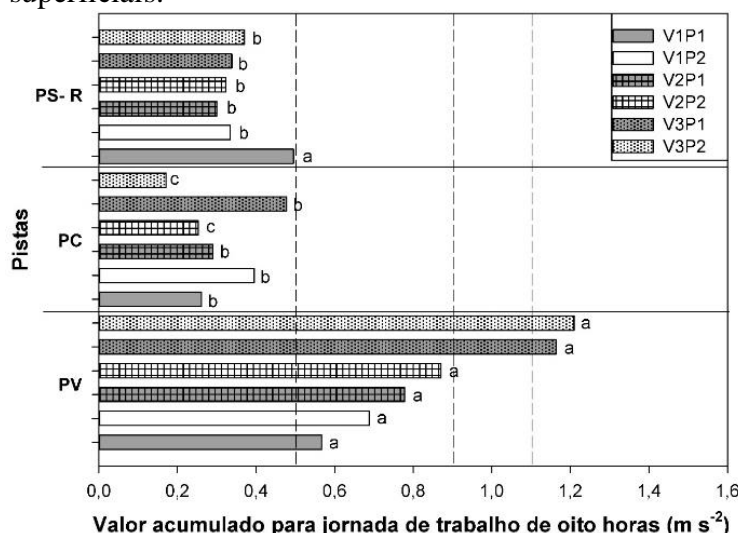
A pista de solo apenas apresentou valores maiores que a pista de concreto nas combinações entre os tratamentos V2P2, V3P1 e V3P2, enquanto que para o tratamento V1P2 ocorreu o inverso, os valores de VDVr foram

menores do que os encontrados na pista de concreto.

Ocorreram diferenças entre as combinações de velocidades e pressões na pista de concreto, onde o maior VDVr foi encontrado na menor velocidade de deslocamento em conjunto com a maior pressão de inflação dos pneus, possivelmente devido à ocorrência de ressonância durante o deslocamento do trator.

Na Figura 4, são apresentados os valores acumulados para uma jornada de oito horas de trabalho (A(8)). Não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos quando estes são comparados somente dentro de cada condição superficial.

Figura 4. Valor acumulado de vibração para uma jornada de oito horas (A(8)) incidente sobre o corpo inteiro do operador para jornadas de oito hora durante deslocamento em diferentes condições superficiais.



Letras maiúsculas comparam os tratamentos dentro de cada pista (PV, PC e PS - R). Letras minúsculas comparam o mesmo tratamento nas diferentes pistas pelo teste Tukey ($p \leq 0,05$). As linhas horizontais tracejadas indicam os limites das faixas de valores (aceitável, nível de ação, região de incerteza e limite de exposição) descritas na Norma de Higiene Ocupacional 09 – NHO 09 (CUNHA; GIAMPAOLI, 2013, p. 39). V = velocidade de deslocamento. P = pressão de inflação dos pneus.

A operação de roçada em pista de solo apresentou uma única condição próxima a atingir o nível de ação (sendo seu valor semelhante ao encontrado na pista padronizada de ensaio de vibração), ao empregar-se a menor velocidade de deslocamento em combinação com a pressão de inflação mais baixa.

A maior velocidade de operação sobre a pista padronizada de ensaio de vibração ocasionou a condição de maior insalubridade entre todos os tratamentos. As combinações V3P1 e V3P2, atingiram o limite de exposição,

indicando a necessidade de adoção imediata de ações preventivas e corretivas (como redução da velocidade de trabalho, emprego de pneus radiais, conscientização dos operadores, etc.), caso fossem atividades laborais realizadas durante um turno completo de trabalho. Nas demais combinações de velocidades e pressões o nível de ação foi alcançado, indicando também a necessidade de adoção de medidas preventivas (como monitoramento periódico da exposição, cursos e treinamentos aos trabalhadores, exames e registro de exposições

anteriores), caso se tratassem de operações de trabalho que demandassem um turno completo para sua realização.

Nas condições avaliadas, a pista de vibração apresentou condições de maior severidade em relação às condições encontradas durante a condução de operação de roçada em solo firme com brachiaria. Adam e Jalil (2017) apontaram que as condições superficiais do solo em que cada operação é conduzida são diferentes das especificadas e reproduzidas pela pista padronizada, além disso, em algumas operações, como a aração, o operador pode fazer uso do sistema de giro do assento ou de movimentação do próprio corpo para acompanhar o trabalho do equipamento, o que muda sua postura e, portanto, o efeito das vibrações sobre o seu corpo também se altera, indicando a necessidade de estudos mais aprofundados e específicos.

Através de uma avaliação geral dos parâmetros, pode-se inferir que a operação de roçada, nas condições operacionais avaliadas no trabalho, não gera condições insalubres ao operador, podendo o mesmo trabalhar em regime normal de trabalho sem a necessidade de adoção de medidas preventivas e corretivas. Isso é corroborado por Adam e Jalil (2017), que obtiveram o valor acumulado para jornada de oito horas de trabalho máximo de 0,352 m s⁻² no assento do operador durante o desempenho

de operação de roçada em condição fora de estrada. resultados e discussão.

4 CONCLUSÕES

A condição superficial foi determinante para definir o comportamento dos dados e ocasionar os cenários de insalubridade.

Nos parâmetros operacionais ensaiados não foram encontradas condições insalubres na execução da operação de roçada em solo firme não mobilizado coberto por brachiaria.

A pista padronizada para ensaio de vibração apresentou níveis vibracionais mais elevados que as demais condições superficiais.

A velocidade foi mais importante que a pressão interna dos pneus para determinar os valores de acelerações, VDVR e valor acumulado para jornada de oito horas de trabalho.

5 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela verba de aquisição dos equipamentos de coleta de dados. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro à pesquisa.

6 REFERÊNCIAS

- ADAM, S. A.; JALIL, N. A. A. Vertical Suspension Seat Transmissibility And Seat Values For Seated Person Exposed To Whole-Body Vibration In Agricultural Tractor Preliminary Study. **Procedia Engineering**, Maryland Heights, v. 170, p. 435-442, 2017.
- CUNHA, I. A.; GIAMPAOLI, E. **NHO 09: Procedimento Técnico: Avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro: procedimento técnico**. São Paulo: Fundacentro, 2013.
- CVETANOVIĆ, B.; CVETKOVIĆ, D.; CVETKOVIĆ, D. The Experience of drivers and the performance of driving as impact factors of vibration levels in agricultural tractors. **Working and Living Environmental Protection**, Nis, v. 12, n. 1, p. 73-81, 2015.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2013.
- GIALAMAS, T.; GRAVALOS, I.; KATERIS, D.; XYRADAKIS, P.; DIMITRIADIS, C. Vibration Analysis On Driver's Seat Of Agricultural Tractors During Tillage Tests. **Spanish Journal of Agricultural Research**, Madrid, v. 14, n. 4, p. 1-10, 2016.

GIORDANO, D. M.; FACCHINETTI, D.; PESSINA, D. Comfort Efficiency Of The Front Axle Suspension In Off-Road Operations Of A Medium-Powered Agricultural Tractor. **Contemporary Engineering Sciences**, Sófia, v. 8, n. 28, p. 1311-1325, 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. **The Annals of occupational hygiene**, Oxford, v. 60, n. 8, p. 936-948, 2016.

KIM, J. H.; DENNERLEIN, J. T.; JOHNSON, P. W. The Effect Of A Multi-Axis Suspension On Whole Body Vibration Exposures And Physical Stress In The Neck And Low Back In Agricultural Tractor Applications. **Applied Ergonomics**, Oxford, v. 68, p. 80-89, 2018.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia: Adaptando o Trabalho ao Homem**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2005.

LANGER, T. H.; EBBESEN, M. K.; KORDESTANI, A. Experimental Analysis Of Occupational Whole Body Vibration Exposure Of Agricultural Tractor With Large Square Baler. **International Journal of Industrial Ergonomics**, Amsterdam, v. 47, p. 79-83, 2015.

MARIN, L. S.; RODRIGUEZ, A. C.; REY-BECERRA, E.; PIEDRAHITA, H.; BARRERO, L. H.; DENNERLEIN, J. T.; JOHNSON, P. W. Assessment Of Whole-Body Vibration In Heavy Equipment Mining Vehicles. **Annals of Work Exposures and Health**, Oxford, v. 61, n. 6, p. 669-680, 2017.

MÁRQUEZ, L. **Solo Tractor'90: Ergonomia Y Seguridad En Los Tractores**. Madri: Labore, 1990.

MINITAB. **Statistical Software**. Version 16. State College: Minitab, 2010.

SANTOS, L. N.; FERNANDES, H. C.; SOUZA, A. P.; FURTADO JÚNIOR, 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.

THORAT, A. S.; MHASKE, V. M. Vibration Measurement And Analysis Of Tractor Driver Seat Vibration In Agricultural Field. **International Journal of Engineering Sciences e Research Technology**, Indore, v. 5, n. 2, p. 155-160, 2016.

VILLIBOR, G. P.; MODOLO, A. J.; MARTINS, G. A.; TROGELLO, E.; FISCHER, C. Vibration Levels On Rear And Front Axles Of A Tractor In Agricultural Operations. **Acta Scientiarum: Technology**, Maringá, v. 36, n. 1, p. 7-14, 2014.