



INFLUÊNCIA DA PRESSÃO DOS PNEUS E COBERTURA DO SOLO NAS VIBRAÇÕES OCUPACIONAIS EM TRATORES CAFEEIROS

Rafael G. ALVES¹; Geraldo G. de OLIVEIRA JUNIOR²; Larissa S. M. BAQUIAO³; Milene D. F. MAGRI⁴; Januária A. S. REZENDE⁵; Evane da SILVA⁶

RESUMO

A vibração de corpo inteiro (VCI) é um agente de risco ocupacional presente na operação de máquinas agrícolas. Este estudo teve como objetivo avaliar a influência da pressão dos pneus e da cobertura do solo nas vibrações ocupacionais em operações de tratores cafeeiros. Os ensaios foram realizados entre julho de 2024 e março de 2025, na Fazenda Escola do IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho, utilizando trator Yanmar Agritech 1155 sem implemento. Foram avaliadas quatro pressões dos pneus (15, 19, 25 e 30 psi) em dois tipos de solo (com e sem cobertura vegetal). As vibrações foram medidas por meio de acelerômetro triaxial (VIB 008), com base nos parâmetros de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) e Valor da Dose de Vibração Resultante (VDVR). Os resultados indicaram aumento dos níveis de VCI com o incremento da pressão dos pneus e redução na presença de cobertura vegetal. Conclui-se que a cobertura do solo atua como amortecedor natural, atenuando a transmissão de vibrações ao operador.

Palavras-chave: Agente de risco ocupacional; Cafeicultura; Conjuntos mecanizados.

1. INTRODUÇÃO

Os tratores agrícolas e seus respectivos implementos desempenham um papel fundamental no aumento da produtividade, na eficiência do uso de insumos e na redução dos custos de produção (SANTOS et al., 2016). No entanto, a utilização desses dispositivos mecanizados pode expor os operadores a agentes de risco ocupacional com potencial para prejudicar a saúde, como os níveis elevados de vibração de corpo inteiro (VCI).

Destaca-se que a exposição a VCI pode acarretar uma série de danos físicos e distúrbios ao organismo dos trabalhadores, incluindo danos na coluna vertebral, distúrbios musculoesqueléticos, problemas circulatórios e distúrbios nervosos (SALIBA, 2019). Além disso, as vibrações excessivas podem provocar a fadiga, resultando em redução da produtividade (SANDI et al., 2018).

No Brasil, a Norma Regulamentadora NR 15 estabelece como limite de exposição ocupacional para vibração de corpo inteiro (VCI) o valor de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) de $1,1 \text{ m/s}^2$ e o valor da dose de vibração resultante (VDVR) de $21 \text{ ms}^{1.75}$ (BRASIL, 2014). Segundo a Norma de Higiene Ocupacional (NHO 09), o limite de exposição pode

¹Discente, curso de Engenharia Agrônoma - Campus Muzambinho. E-mail: rafaelgalves16@gmail.com

^{2, 4, 5, 6, 7} Orientadores, IFSULDEMINAS - Campus Muzambinho. E-mail: geraldo.junior@muz.ifsuldeminas.edu.br; larissa.martins@muz.ifsuldeminas.edu.br; milene.magri@muz.ifsuldeminas.edu.br; januaria.rezende@ifsuldeminas.edu.br; evane.silva@muz.ifsuldeminas.edu.br

ser entendido como as condições nas quais se acredita que a maioria das pessoas possa estar exposta repetidamente sem sofrer efeitos adversos à saúde (FUNDACENTRO, 2013).

Na cafeicultura brasileira, são escassos os estudos acadêmicos que quantificam os níveis de VCI em conjuntos tratorizados, especialmente considerando a influência da pressão interna dos pneus e do tipo de superfície de trabalho. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da pressão dos pneus e da cobertura do solo nos níveis de vibração ocupacional nos postos de operação de tratores cafeeiros.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido entre julho de 2024 e março de 2025, na Fazenda Escola do IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho, na gleba E-14, implantada em 2016, com a variedade Acauã, espaçamento de $3,5 \times 0,7$ m e altitude de 1.000 m. Foram realizados ensaios de campo com trator sem implemento.

Neste ensaio, utilizou-se um trator Yanmar Agritech 1155, 4x4 TDA, cabinado, com potência de 44 cv, peso total de 2.280 kg, pneus dianteiros 7.00-18 e traseiros 14.9-24, também com 70% de água nos rodados traseiros e lastro dianteiro de 160 kg. A rotação foi mantida constante em 2.250 rpm. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2×4 , combinando dois tipos de solo (com e sem cobertura vegetal) e quatro níveis de pressão dos pneus (15, 19, 25 e 30 psi), com seis repetições por combinação. O tempo de coleta correspondeu ao período necessário para o deslocamento do conjunto ao longo da faixa de operação (~100 m).

As vibrações de corpo inteiro (VCI) foram avaliadas por meio de acelerômetro triaxial (marca 01 dB, nº 10.648), calibrado segundo os requisitos da RBC e normas ISO 8041, ISO 2631-1 e NHO 09. O transdutor foi fixado ao banco do operador, avaliando simultaneamente os eixos “x”, “y” e “z”, com processamento realizado pelo software dBMaestro 5.5. Foram determinados os seguintes parâmetros: aceleração resultante de exposição normalizada (aren, em $m \cdot s^{-2}$) e valor da dose de vibração resultante (VDVR, em $m \cdot s^{-1,75}$).

Os resultados foram comparados aos limites estabelecidos pela NR 15, nível de ação da NR 9 e critérios de julgamento da NHO 09. A análise estatística foi realizada por meio de ANOVA (teste F), seguida de teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando-se o software Sisvar (Ferreira, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são apresentados os valores médios de vibração ocupacional de corpo inteiro (aren e VDVR), gerados por um trator cafeeiro sem implemento.

Tabela 1: Valores médios de vibração ocupacional de corpo inteiro (aren); VDVR) (\pm desvio padrão) (\pm desvio padrão) gerada por trator cafeeiro sem implemento em função da pressão e da cobertura da

cobertura do solo com e sem vegetação

Pressão (psi)	Solo - Sem Vegetação	Solo - Com Vegetação aren (m s ⁻²)	Diferença	Dif. %
15	1,1 ± 0,1 aA	0,8 ± 0,1 aB	0,3	27,3
19	1,2 ± 0,1 abA	0,9 ± 0,1 bB	0,3	25,0
25	1,3 ± 0,1 bcA	0,9 ± 0,2 bcB	0,4	30,7
30	1,3 ± 0,1cA	0,8 ± 0,1 acB	0,5	38,5
Interação: Pressão x solo ⁽²⁾		0,001	-	-
C.V (%) ⁽¹⁾		6,37	-	-

Pressão (psi)	Solo - Sem Vegetação	Solo - Com Vegetação VDVR (m s ^{-1,75})	Diferença	Dif. %
15	17,0 ± 2,2 aA	10,6 ± 1,2 aB	6,4	37,6
19	17,6 ± 1,5 aA	13,2 ± 0,5 bB	4,4	25,0
25	19,7 ± 1,1 bA	12,2 ± 0,5 abB	7,5	38,0
30	19,7 ± 1,0 bA	10,7 ± 0,9 aB	9	45,7
Interação Pressão x solo ⁽²⁾		0,001	-	-
C.V (%) ⁽¹⁾		8,86	-	-

Legenda: *Aceleração resultante de exposição normalizada; **Valor da dose de vibração resultante; ⁽¹⁾ Coeficiente de variação em porcentagem; ⁽²⁾ Solo com e sem cobertura. Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. **Fonte:** Elaborado pelos autores (2025).

Os resultados obtidos indicaram uma interação estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os fatores pressão dos pneus e presença ou ausência de cobertura do solo nos níveis de vibração ocupacional, tanto para a aceleração resultante (aren) quanto para o valor da dose de vibração resultante (VDVR) (Tabela 1).

Verificou-se uma tendência de aumento dos níveis de vibração à medida que a pressão dos pneus foi elevada de 15 psi para 30 psi, especialmente no solo sem cobertura vegetal, com destaque para os valores de aceleração resultante (aren) (Tabela 1). Nos estudos de Leite et al. (2020), os autores observaram que o aumento da pressão interna dos pneus resultou em elevação dos níveis de vibração tanto no sentido horizontal quanto no vertical.

Por outro lado, no solo com cobertura vegetal, observou-se uma redução significativa nos níveis de vibração de corpo inteiro: 27,3% a 15 psi e 38,5% a 30 psi, em comparação ao solo descoberto (Tabela 1). Em relação à VDVR, o comportamento foi semelhante, com reduções de 37,6% a 15 psi e de 45,0% a 30 psi. Esses achados evidenciam o papel da cobertura vegetal como amortecedor natural, contribuindo para a atenuação das vibrações transmitidas ao operador.

Entretanto, em todas as condições avaliadas, o trator operando sobre solo sem cobertura vegetal apresentou valores de aceleração resultante (aren) que atingiram ou superaram o limite de exposição ocupacional de $1,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, conforme recomendação da Norma Regulamentadora NR 15. Já

no solo com vegetação, os valores de a_{ren} foram inferiores, mas ainda assim ultrapassaram o nível de ação de $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Em relação à dose de vibração resultante (VDVR), os resultados também excederam os níveis de ação estabelecidos, que correspondem a $9,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}\cdot 75$, indicando a necessidade de medidas preventivas para mitigação da exposição ocupacional (FUNDACENTRO, 2013).

5. CONCLUSÃO

A pressão dos pneus e o tipo de superfície de trabalho influenciam nos níveis de vibração ocupacional de corpo inteiro.

Pressões mais elevadas aumentam a exposição do operador, enquanto a cobertura do solo atua como amortecedor natural. Assim, o ajuste da pressão dos pneus e o manejo adequado da cobertura vegetal são estratégias eficazes para mitigar os riscos relacionados à vibração em operações mecanizadas na cafeicultura.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Grupo de Estudos em Segurança do Trabalho Rural (GESTR) e ao IFSULDEMINAS campus Muzambinho pelo apoio na realização do estudo edital nº 14/2024.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Portaria nº 1297 de 13 de Agosto de 2014. Aprova o Anexo I - Vibração da Norma Regulamentadora nº 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), altera o anexo 8 - Vibração da Norma Regulamentadora nº 15 - Atividades e Operações Insalubres, e da outras providencias.** Diário Oficial da União. Brasília, 2014.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFPA)**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional - Procedimento Técnico. Avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro. NHO 09.** São Paulo, 2013. 63 p.

LEITE, D. M.; FERNANDES, H. C.; FURTADO JUNIOR, M. R.; FEITOSA, J. R.; SANTOS, D. W. F. do. N. Caracterização das vibrações dos postos de operação de um trator agrícola em condição de tração. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**. Curitiba, v. 3, n. 4, p. 3808-3821, 2020.

SALIBA, T. M. **Manual Prático de Avaliação e Controle de Vibração - PPRA**. 6ª. Ed. São Paulo: LTr, 2019, 119 p.

SANDI, J.; TESTA, J. V. P.; MARTINS, M. B.; FIORESE, D. A.; LANÇAS, K. P. Vibração ocorrente sobre o corpo inteiro do operador de trator agrícola em ensaio padronizado. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 5, n. 2, p. 54-60, abr./jun. 2018.

SANTOS, V. C. dos.; MONTEIRO, L. de. A.; MACEDO, D. X. S.; MELO, R. P.; QUEIROZ, M. L. de. V. Avaliação da Exposição do Operador à Vibração na Operação de Gradagem. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 31, n. 4, p. 312-316, 2016.