



VIBRAÇÃO OCUPACIONAL EM TRATOR CAFEIEIRO ACOPLADO A UM TURBO PULVERIZADOR COM DIFERENTES VOLUMES DE ÁGUA

Rafael G. ALVES¹; Geraldo G. de OLIVEIRA JUNIOR²; Daniel da SILVA³; Larissa S. M. BAQUIAO⁴; Milene D. F. MAGRI⁵; Januária A. S. REZENDE⁶; Evane da SILVA⁷

RESUMO

Os conjuntos mecanizados são essenciais para o aumento da produtividade e eficiência no uso de insumos, além de contribuírem para a redução dos custos de produção. No entanto, a exposição prolongada à vibração de corpo inteiro (VCI) pode causar problemas de saúde nos trabalhadores. Este estudo buscou avaliar os níveis de VCI no posto de operação de um trator cafeeiro acoplado a um turbopulverizador, considerando diferentes volumes de água no tanque. O ensaio foi realizado no campus Muzambinho, utilizando um trator Yanmar YM 347A[®] com turbopulverizador Adventure[®] 400 L. Os níveis de vibração foram medidos com o tanque cheio e vazio, e os dados coletados com um medidor de vibração 01 dB, acelerômetro triaxial (x, y e z) n° série 10.648. Os menores níveis de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) de 5,6 m/s² e o valor da dose de vibração resultante (VDVR) de 80,2 m/s^{1,75} foram quantificados com o tanque cheio. No entanto, em ambas as condições avaliadas, os valores excederam os limites estabelecidos pela NR 15.

Palavras-chave: Limite de exposição; Vibração de corpo inteiro; Volume de água.

1. INTRODUÇÃO

Os tratores são essenciais para o aumento da produtividade e eficiência no uso de insumos, além de contribuírem para a redução dos custos de produção (SANTOS et al., 2016). No entanto, o uso desses equipamentos mecanizados exige que cafeicultores e profissionais das ciências agrárias considerem os riscos ocupacionais aos quais os operadores estão expostos, especialmente os níveis de vibração de corpo inteiro (VCI), que podem prejudicar sua saúde.

A exposição prolongada a VCI pode causar uma série de problemas físicos e desordem no organismo dos trabalhadores, como lesões na coluna vertebral, danos musculoesqueléticos, problemas circulatórios e disfunções no sistema nervoso (SALIBA, 2019). Além disso, vibrações acima dos níveis de ação e dos limites de exposição podem causar fadiga nos operadores, resultando em uma queda de produtividade, o que exige a adoção de medidas preventivas e/ou corretivas.

No Brasil, a Norma Regulamentadora NR 15 estabelece um limite de exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro (VCI), definindo o valor de aceleração resultante de exposição

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; januarria.rezende@ifsuldeminas.edu.br; evane.silva@muz.ifsuldeminas.edu.br

³Discentes, curso Técnico em Segurança do Trabalho IFSULDEMINAS - *Campus Muzambinho*. E-mail: daniel.da.silva.muz@gmail.com

normalizada (aren) em $1,1 \text{ m/s}^2$ e o valor da dose de vibração resultante (VDVR) em 21 m/s^1 .⁷⁵ (BRASIL, 2014). De acordo com a Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO (2013), esses limites representam as condições em que se acredita que a maioria das pessoas possa ser exposta repetidamente sem sofrer efeitos adversos à saúde.

Ressalta-se que durante a aplicação de agrotóxicos, os tratores são acoplados a turbopulverizadores, utilizando o volume de calda necessário para a operação. No entanto, a variação do volume de água no tanque pode alterar o comportamento dinâmico do trator e do pulverizador, impactando nos níveis de vibração transmitidos ao operador. Por este motivo a compreensão desses dados pode contribuir para a otimização do uso de máquinas na aplicação de defensivos, promovendo maior eficiência operacional e melhorando a proteção à saúde dos trabalhadores.

Assim, o objetivo deste estudo foi determinar o nível de vibração ocupacional em um trator cafeeiro acoplado a um turbopulverizador com diferentes volumes de água no tanque.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio de campo foi conduzido em lavoura cafeeira do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS) - Campus Muzambinho - MG no mês de Agosto de 2024. A atividade foi desenvolvida em talhão cafeeiro, espaçamento $3,5 \times 0,9 \text{ m}$, cultivar Acaia IAC 474-19 altitude $\pm 1.030 \text{ m}$, apresentando, no momento da avaliação, o solo descoberto de vegetação.

O conjunto mecanizado cafeeiro utilizado foi composto de um trator Yanmar YM 347A[®], ano 2023, tração dianteira auxiliar 4x4, potência 47,6 (cv), peso total 1.760 (Kg) utilizando pneus (dianteiros 8.00-18 e traseiros 12.4-28), acoplado ao implemento turbo pulverizador adventure 400[®], com capacidade do reservatório de 400 L.

Um único operador fez a operação do conjunto mecanizado. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), com o conjunto tratorizado funcionando com rotação do motor em 2.100 rpm, deslocando em 3ª reduzida com dois tratamentos: T1 - tanque cheio (400 Lts) de água; T2 - tanque vazio.

Para cada condição de trabalho foram realizadas 6 repetições, sendo que o tempo de coleta, foi aquele necessário para o conjunto tratorizado se deslocar na faixa de operação de aproximadamente 100 m na entrelinha de cafeeiros. Em cada avaliação foram determinados o nível Vibração de corpo inteiro (VCI) no posto de trabalho.

A aquisição dos dados de VCI, ocorreu com medidor de vibração, marca 01 dB, nº série 10.648, calibrado com certificado Rede Brasileira de Calibração (RBC), atendendo-se aos requisitos de ponderação (W_k) para o eixo longitudinal “z” e (W_d) para os eixos transversais “x” e “y” e as características previstas nas normas internacionais ISO 8041 (2005), ISO 2631-1 (1997) e norma de

higiene ocupacional NHO 09 (FUNDACENTRO, 2013).

Após realização das avaliações, os dados coletados foram descarregados e processados utilizando-se o software dBMaestro 5.5. Os valores obtidos foram comparados tanto com o limite de exposição (LE) da NR 15 e nível de ação da NR 9 quanto com os critérios de julgamento e tomada de decisão da NHO 09.

O conjunto de dados coletados foi submetido à análise de variância, por meio do teste F. Nos casos em que o valor do teste F for significativo, foram realizados testes de comparação de médias de Tukey, ao nível de 5% de significância de erro. Para tanto, foi empregado o software estatístico computacional “Sisvar” de Ferreira (2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios de vibração de corpo inteiro (VCI) obtidos em ensaio padronizado com um conjunto tratorizado utilizado na aplicação de defensivos agrícolas na cafeicultura, comparando as condições de tanque cheio e tanque vazio estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Valores médios de vibração ocupacional de corpo inteiro (aren; VDVR) (\pm desvio padrão) gerados por conjunto tratorizado empregado na aplicação de defensivos na cafeicultura, com tanque cheio e vazio

Tratamento	aren*	VDVR**
Tanque de Pulverização	(m/s ²)	(m/s ^{1,75})
T1 - Cheio	5,6 \pm 0,2 a	80,2 \pm 3,7 a
T2 - Vazio	6,4 \pm 0,2 b	92,3 \pm 2,9 b
C.V (%) ⁽¹⁾	2,87	3,87

Legenda: *Aceleração resultante de exposição normalizada; **Valor da dose de vibração resultante; ⁽¹⁾ Coeficiente de variação em porcentagem; Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. **Fonte:** Elaborado pelos autores (2024).

Os resultados mostram que o nível de vibração (aren) foi significativamente menor quando o tanque do pulverizador estava cheio, com um valor médio de 5,6 m/s², em comparação com o valor de 6,4 m/s² quando o tanque estava vazio (Tabela 1).

Está diferença sugere que a variação no volume de água no tanque afeta diretamente os níveis de vibração. O menor nível de vibração com o tanque cheio pode estar relacionado ao maior peso do equipamento, que proporciona maior estabilidade ao sistema, reduzindo as vibrações transmitidas ao operador. De acordo com Sandi et al. (2018), o aumento do peso e a redução da velocidade do trator são fatores que contribuem para uma menor energia inercial e uma maior estabilidade da máquina. Esses fatores, por sua vez, reduzem tanto a energia quanto a intensidade das vibrações transmitidas ao operador.

No que diz respeito à dose de vibração resultante (VDVR), os valores seguem a mesma

tendência. Com o tanque cheio, o valor médio de VDVR foi de 80,2 m/s^{1.75}, enquanto com o tanque vazio o valor aumentou para 92,3 m/s^{1.75}. Esse aumento também foi estatisticamente significativo, indicando que a condição de tanque vazio gera maior exposição do operador à vibração.

Além disso, o fato de os valores de vibração excederem os limites estabelecidos pela NR 15 (1,1 m/s² para aren e 21 m/s^{1.75} para VDVR) em ambas as condições ressalta a importância de medidas adicionais de controle e monitoramento da vibração no ambiente de trabalho.

5. CONCLUSÃO

O menor nível de vibração (aren) de 5,6 m/s² e o VDVR de 80,2 m/s^{1.75} foram obtidos quando o tanque do pulverizador estava cheio, sugerindo que a variação no volume de água no tanque afeta diretamente os níveis de vibração.

Para ambas as condições avaliadas o valor do nível de vibração foi superior aos Limites de Exposição da NR 15.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Grupo de Estudos em Segurança do Trabalho Rural (GESTR) pelo apoio na realização do estudo.

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** (UFLA), Lavras - MG, 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.

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.