



ASPECTOS ERGONÔMICOS E AVALIAÇÃO DA VIBRAÇÃO NO POSTO OPERACIONAL DE TRATORES AGRÍCOLAS

Júlio César de Moraes Fernandes, eng.juliofernandes@hotmail.com¹

Lucas de Haro Silva, lucasharo193@hotmail.com¹

Victor Manieri Schutzer, victor_schutzer@hotmail.com¹

Jonny Max Catarino, jonny.unesp@gmail.com¹

Rafael Luiz Panini, rl_panini@hotmail.com¹

Guilherme Besse Garnica, guilhermehesse@gmail.com²

Daniel Meneguetti, meneguetti-tati@hotmail.com³

João Eduardo Guarnetti dos Santos, guarneti@feb.unesp.br¹

¹ Pós-Graduação - Departamento de Engenharia Mecânica - UNESP - Bauru/SP, Avenida Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube 14-01, CEP. 17033-360, TEL. - 55 (14) 3103-6108

² Pós-Graduação - Departamento de Engenharia de Produção - UNESP - Bauru/SP, Avenida Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube 14-01, CEP. 17033-360, TEL. - 55 (14) 3103-6000

³ Pós-Graduação - Departamento de Engenharia Elétrica - UNESP - Bauru/SP, Avenida Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube 14-01, CEP. 17033-360, TEL. - 55 (14) 3103-6000

Resumo: *O ser humano está exposto a vibrações advindas de diversas fontes de excitação. Essas vibrações são consideradas distúrbios e podem interferir na integridade física e na capacidade de exercer certas funções de trabalho. Sabe-se que esses distúrbios causam efeitos indesejáveis na saúde humana, portanto, avaliações e possíveis controles de vibração são necessários. Além disso, o desconforto causado pelas vibrações também está diretamente ligado à fadiga humana. Existem diversas análises de vibração que podem ser feitas e dentre elas está a análise de vibração de corpo inteiro. Sabe-se que o corpo humano tem diferentes frequências naturais e uma vez que a frequência da fonte excitadora coincide com essas frequências naturais do corpo, há uma amplificação do movimento. Com base nos riscos que o corpo humano está exposto a busca por melhorias em conforto e segurança para os operadores é constante na indústria automobilística, que inclui também os veículos agrícolas. Nesse estudo, as análises de vibração são obtidas através de um dispositivo portátil utilizado para análises de vibração de corpo inteiro. Os tratores foram submetidos às vibrações advindas de uma pista não pavimentada com severas irregularidades e diferentes marchas. As medições foram efetuadas utilizando um acelerômetro tri dimensional diretamente no assento do operador. Ferramentas de análises estatísticas foram adotadas a fim de obter resultados coerentes de acordo com as normas. Tendo em vista os riscos da vibração na saúde ocupacional, o objetivo principal desse trabalho foi analisar a vibração de corpo inteiro de dois tratores agrícolas e verificar, junto às normas da Comunidade Europeia se os níveis são aceitáveis. Com base nos valores de aceleração identificadas nessas análises, possíveis melhorias podem ser adotadas a fim de reduzir a exposição à vibração.*

Palavras-chave: *Ergonomia, Vibração de corpo inteiro, Análises estatísticas, Saúde ocupacional*

1. INTRODUÇÃO

O nível de conforto é um item muito importante e deve ser considerado quando se trata não apenas de veículos de passageiros, mas também qualquer meio que exponha o corpo humano às vibrações. Todo e qualquer veículo incluindo aeronaves, carros, caminhões, tratores e elevadores podem expor o homem às vibrações mecânicas. De acordo com Rao (2009), qualquer movimento que se repita após um intervalo de tempo é denominado vibração ou oscilação. Conforme Maia e Silva (1997), vibrações ou movimento dinâmico são inerentes à vida em geral. Embora a humanidade considere como fenômenos desagradáveis e indesejados por causar tais consequências indesejáveis como desconforto, ruído, mau funcionamento, desgaste, fadiga e até mesmo destruição. Todas as estruturas são de fato corpos tridimensionais, e cada ponto de tal corpo, a não ser contido, pode deslocar ao longo de três direções perpendiculares (x, y e z), entre si (CRAIG, 1981). Assim sendo, o corpo humano sente essas vibrações nas mesmas direções da estrutura ao qual ele está em contato.

A vibração ocupacional é um dos segmentos de estudo na área de ergonomia reconhecida como um fator de alto risco a qual o trabalhador está exposto (PINHO et al., 2014a). De acordo com a *International Ergonomics Association* “ergonomia (ou Fatores Humanos) é a disciplina científica, que estuda as interações entre os seres humanos e outros elementos do sistema, e a profissão que aplica teorias, princípios, dados e métodos, a projetar que visem otimizar o bem-estar humano e o desempenho global de sistemas”. Dessa forma, o nível de conforto está ligado à redução das vibrações

que estão diretamente ligados aos aspectos ergonômicos. Nietiedt et al. (2012) relatam que a análise ergonômica do posto de operação de tratores agrícolas é preponderante para proteção e conforto do operador. Franchini (2007) e Oliveira et al. (2011), avaliaram as frequências de transmissibilidade nesta área, com a finalidade de aperfeiçoar os elementos de absorção da vibração. Segundo Debiasi, Schlosser e Dornelles (2004), a operação de tratores impõe grande estresse físico e mental, o que justifica a busca contínua pela melhoria do conforto do posto de trabalho, de outra forma seu desempenho e segurança poderiam ser comprometidos. Os sintomas mais comumente relatados, conforme o aumento do nível de vibração e do tempo de exposição, foram distúrbios ou dor nas costas e sinais de degeneração das vértebras e discos intervertebrais e hérnia de disco (WIKSTRÖM; KJELLBERG; LANDSTRÖM, 1994). O estudo da vibração em tratores no processo de mecanização agrícola contribui diretamente no aperfeiçoamento de projetos destes equipamentos visando o conforto do operador durante a jornada de trabalho (PINHO et al., 2014b).

Cunha, Duarte e Souza (2012), relatam que nas décadas passadas pouca atenção foi dispensada aos problemas de saúde dos trabalhadores advindos de ruídos e vibrações gerados pelos tratores. Ainda nesse estudo, foram comparados os níveis de exposição obtidos nas análises de ruído e vibração nos dois tratores agrícolas com os limites aceitáveis pela norma. Dessa forma, ficou claro que estas vibrações podem comprometer a saúde do trabalhador. É previsto na norma ISO 2631-1 de 1997 que o limite de conforto, se tratando de vibrações, está entre as frequências de 1 a 80 Hz (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 1997). Pinho et al. (2014a) avaliaram 36 tratores e identificaram que as frequências mais altas estão respectivamente nas posições vertical, longitudinal e transversal.

De acordo com (TIEMESSEN; HULSHOF; FRINGS-DRESEN, 2007), os fatores que tiveram um efeito positivo (redução de vibração) foram: tipo de assento; suspensão da cabine e do assento; peso, postura e experiência do motorista; velocidade de condução; condições da pista; local da cabine; tipo, pneus, carga e manutenção do veículo.

Marsili et al. (2002) afirmam que a redução da vibração em tratores por meio de sistemas de suspensão pode permitir um incremento superior a 50 % do tempo de exposição do operador. Atualmente, a maioria dos fabricantes estão incorporando sistemas para redução da vibração em tratores agrícolas (SCARLETT; PRICE; STAYNER, 2007). A FMO (1974) expõe que máquinas antigas apresentam maiores índices de vibração que as modernas, devido ao fator de desgaste natural. Além dos altos índices de vibração devido ao desgaste dos componentes, os equipamentos agrícolas mais antigos eram equipados com dispositivos antiquados para isolamento de vibração. Esses fatores indicam falhas em relação à ergonomia e de segurança nos projetos.

Para Rossi, Santos e Silva (2011), a ergonomia tende harmonizar o processo da execução de uma determinada tarefa, conciliando a máquina com o homem, utilizando aspectos como a antropometria, psicologia, ambiente, biomecânica e a fisiologia humana, respeitando as características do homem para seu benefício.

A vista dos aspectos ergonômicos discutidos, pode-se propor de maneira correta, a aplicação da ergonomia em um projeto.

2. METODOLOGIA

Para as análises apresentadas neste artigo foi utilizado o software R version 3.2.2 (Copyright 2015 The R Foundation for Statistical Computing) que utiliza uma linguagem e um ambiente de desenvolvimento integrado, para cálculos estatísticos e gráficos (VENABLES et al., 2002). A medição da vibração foi realizada em cada eixo separadamente e um vetor de soma foi considerado. Segundo a norma Europeia ISO 2631-97, deve-se adotar o valor do maior eixo, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1: Resultados eixo x, y e z

Dados Gerais					
	Eixo x	Eixo y	Eixo z	Soma	Unidades
Aeq(k)	5,78	3,52	3,48	—	m/s ²

Onde o $Aeq(k)$ já está padronizado como avaliação de corpo inteiro, onde os eixos x, y e z são multiplicados pelos fatores 1,4, 1,4 e 1, respectivamente. Para definir os valores de Aeq , conforme mostrado na Equação 1.

$$Aeq = \frac{s}{t_1 + t_2 \dots t_n} \sqrt{a_1^2 t_1 + a_2^2 t_2 + \dots a_n^2 t_n} \quad (1)$$

Sendo, Aeq a aceleração equivalente, a_n , o valor da vibração obtida e t_n o tempo de exposição à aceleração obtida em a_n . Com esse valor, calcula-se o valor da aceleração normalizada, para jornada de trabalho de 8 horas ($A(8)$), conforme a Equação 2.

$$A(8) = Aeq \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

Onde, T é a duração diária à exposição e T_0 é o tempo correspondente à duração de 8 horas em segundos(s).

3. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Esta seção aborda a relação dos equipamentos utilizados experimentalmente, propriedades das máquinas envolvidas no projeto e metodologia dos ensaios. Os materiais e equipamentos necessários à realização dos procedimentos experimentais propostos, fez-se necessária utilização de:

- 02 tratores agrícolas
- 01 sensor de assento com acelerômetro tri dimensional
- Módulo de aquisição de sinais HVM100 (Larson Davis, Depew, NY, USA)
- Software Blaze para a leitura dos sinais

As máquinas agrícolas que foram utilizadas para as análises de vibração são: Tratores Massey Ferguson 290 (1981) e Ford 6610 (1989). Por conveniência nesse trabalho serão denominados por **Trator A** e **Trator B**, respectivamente. A rotina para a aquisição dos dados em campo foi feita utilizando o módulo HVM100 e o sensor tri dimensional nos assentos das máquinas agrícolas, conforme apresentado nas Figuras 1-a e 1-b.



(a)



(b)

Figura 1: Fixação dos acelerômetros conforme a norma NHO09-2013 no assento do **Trator A** (a) e **Trator B** (b).

Alguns parâmetros a considerar em relação a pista não pavimentada onde foram realizados os ensaios experimentais:

- 25m de pista não pavimentada.
- 3% de declividade.

As rotinas de ensaio ocorreram com amostras de 1 min para cada marcha, conforme mostrado nas Tabelas 2 e 3. Com o objetivo de simular uma situação de trabalho que inclui pequenas pausas, os tratores entravam em movimento 15 segundos após iniciar as leituras no módulo HVM100. Os tratores permaneciam em movimento pela pista até que completasse o tempo de amostragem de 1 min.

Tabela 2: Resultados **Trator A**

Amostra	Observação
A1S	Marcha 1 simples
A2S	Marcha 2 simples
A2R	Marcha 2 reduzida
A3R	Marcha 3 reduzida
A4R	Marcha 4 reduzida

Tabela 3: Identificação dos testes - **Trator B**

Amostra	Observação
B1S	Marcha 1 simples
B2S	Marcha 2 simples
B2R	Marcha 2 reduzida
B3R	Marcha 3 reduzida
B4R	Marcha 4 reduzida

As Figuras 2-a e 2-b mostram o ensaio realizado em campo onde é possível verificar as hastes que demarcam o início e o fim da pista de teste, que totalizava 25 metros. Destaca-se que para estes testes os operadores foram os próprios pesquisadores.



Figura 2: Pista de ensaio experimental com detalhes do **Trator A** (a) e **Trator B** (b).

3.1 Característica dos Tratores

Trator A - trabalhando a 1700 rpm.

- Lastro: dianteiro (frontal e radial), traseiro (radial e água).
- Assentos: condição de conservação ruim.

Trator B – trabalhando a 1700 rpm.

- Lastro: dianteiro (radial e pá dianteira Supertatu), traseiro (radial e água).
- Assentos: condição de conservação boa.

As escalas de velocidades adotadas foram equivalentes com o manual do fabricante.

4. RESULTADOS

4.1 Análises estatísticas dos dados

A partir da aquisição dos dados colhidos em campo, os mesmos foram transferidos para o software BLAZE para que fossem tratados e analisados no programa R. A partir das ferramentas estatísticas ANOVA (CARNERO et al., 2010) e teste Tukey (WIJAYA; LUNDBERG, 2012) aplicadas nos dados “Soma”, que representam a soma vetorial da aceleração dos três eixos (x, y e z) para cada leitura, fornecidos em cada teste realizado. O ensaio experimental forneceu 60 leituras de “Soma” das acelerações para cada teste, permitindo assim a aplicação das ferramentas citadas.

Inicialmente foi feita a análise comparativa entre os valores “Soma” dos tratores A e B, conforme Figura 3.

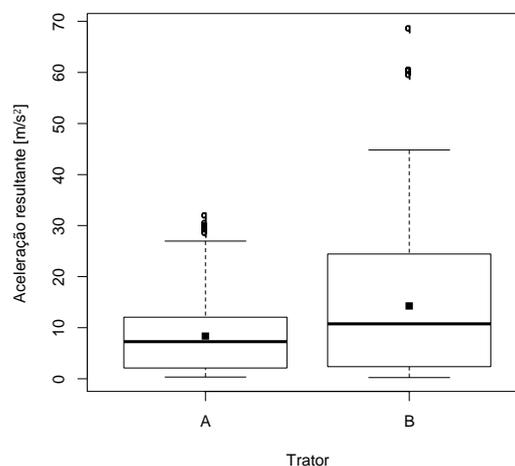


Figura 3: Comparação da aceleração resultante entre os tratores A e B.

O **Trator A** apresentou uma vibração média de 8 m/s^2 , enquanto o **Trator B** apresentou uma vibração média maior, de 14 m/s^2 . Para analisar a existência de diferença significativa entre as médias dos tratores, foi realizado o teste Tukey entre os dados, que teve como resultado um p-value de $1,3 \cdot 10^{-11}$, menor que 0,05 (para um intervalo de confiança de 95%), comprovando a diferença entre as médias (MONTGOMERY; RUNGER, 2010).

Após a comparação entre os tratores, foi feita a comparação entre cada teste de cada trator, conforme as Figuras 4 e 5. Os testes realizados no trator A, conforme Figura 4, apresentaram médias muito próximas de 6 m/s^2 para as marchas reduzidas e de 12 m/s^2 para as marchas simples, resultados esperados, uma vez que a velocidade atingida com as marchas simples são maiores que as atingidas com as marchas reduzidas. A diferença significativa entre as médias dos testes foi comprovada com o teste ANOVA, que teve como resultado um p-value de $5,07 \cdot 10^{-12}$, também menor que 0,05.

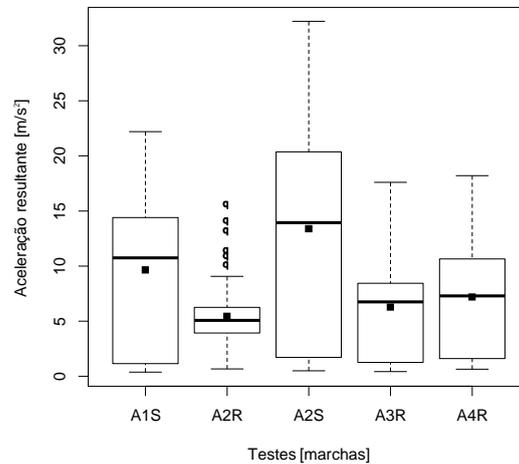


Figura 4: Comparação da aceleração resultante entre os testes (marchas) do trator A.

Quanto aos testes do **Trator B**, conforme Figura 5, por terem uma maior dispersão dos valores, o padrão não se repete e foi verificada uma grande diferença nas médias de cada teste. Porém, os testes com marcha reduzida também apresentaram médias menores, de 5 a 12 m/s^2 , que as verificadas nas marchas simples, de 18 a 28 m/s^2 . A maior diferença entre os testes apresentou uma influência também no teste ANOVA, que teve como resultado um p-value de $2,2 \cdot 10^{-16}$, menor que o verificado no teste do **Trator A**, e também menor que 0,05.

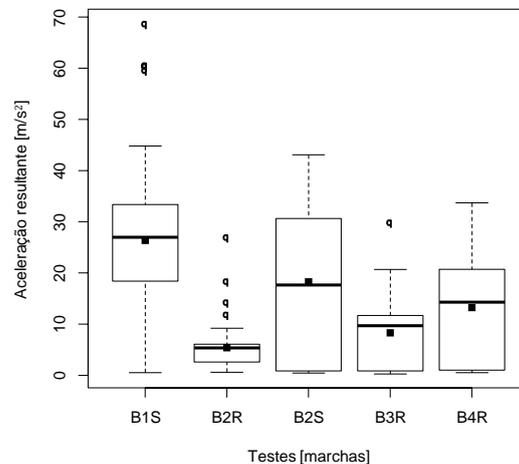


Figura 5: Comparação da aceleração resultante entre os testes (marchas) do trator B.

As avaliações feitas nesse trabalho foram baseadas na avaliação da vibração de corpo inteiro, de acordo com o critério da Comunidade Europeia. O valor de VDV representa o valor de dose de vibração e o valor A(8) define o limite de exposição para jornada de 8 horas. A Diretiva 2002/44/CE 25.6.02 - anexo B, estabelece os que os critérios para exposição à vibração são:

- $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$ ou 9,1 VDV - (Nível de ação)
- $A(8) = 1,15 \text{ m/s}^2$ ou 21,0 VDV - (Limite de exposição)

De acordo com a norma ISO 2631-1 (1997) o valor de dose de vibração (VDV) foi utilizado pois há presença de picos ou choques significativos. A Tabela 4 apresenta os valores de VDV para os tratores A e B de acordo com cada marcha, sendo que o valor F representa o teste de Tukey para um intervalo de confiança de 95%. Nessa análise verifica-se que os valores de dose de vibração do **Trator B** são maiores que os do **Trator A** em todas as marchas. Apesar dos valores elevados, as marchas 2R, 3R e 4R do **Trator A** apresentam valores que estão dentro do limite de exposição.

Considerando os valores A(8) apresentados na Tabela 5, nota-se que todos os valores de aceleração estão acima do limite de exposição aceito, contrariando alguns dos resultados do VDV. Dessa forma, nesses casos serão considerados os

valores de VDV, devido a presença de picos ou choques significativos.

Tabela 4: VDV

Trator	Teste				
	1S	2S	2R	3R	4R
A	22,40	34,60	19,20	18,40	19,40
B	95,00	66,80	28,40	33,60	41,30
F = 0,059					

Tabela 5: A(8) m/s²

Trator	Teste				
	1S	2S	2R	3R	4R
A	7,42	10,60	4,53	4,94	5,96
B	27,10	14,30	5,40	8,51	12,40
F = 0,129					

4.2 Discussões

A partir dos resultados observa-se que as vibrações encontradas foram significativamente diferentes em todos os testes. Isso deve-se ao fato dos testes serem realizados em marchas distintas, sendo algumas delas reduzidas. Para o teste de ambos os tratores, A e B, o limite de exposição A(8) está muito acima do limite imposto a critério da Comunidade Europeia. Desta maneira o VDV comportou-se da mesma forma, mostrando valores acentuados e muito acima dos previstos para o limite que seria 21,0 VDV. Desta forma o uso prolongado destes equipamentos pode acarretar o adoecimento, principalmente na região lombar, dos operadores (WIKSTRÖM; KJELLBERG; LANDSTRÖM, 1994).

Quando é feita a comparação entre os tratores, ficou constatado que o **Trator B** apresentou resultados piores quanto à vibração, mesmo sendo mais novo que o **Trator A**, ao contrário do que relata a FMO (1974). Porém, pode-se concluir que outros fatores, conforme Tiemessen, Hulshof e Frings-Dresen (2007), podem ter levado a esta diferença em favor do **Trator A**, entre elas a suspensão do assento e da cabine, a carga e manutenção do veículo e pelo fato do **Trator B** estar equipado com uma pá carregadeira dianteira. Esta diferença entre os resultados dos tratores corrobora com o estudo de Vanerkar et al. (2008), demonstrando que o nível de vibração não depende exclusivamente do terreno de trabalho da máquina agrícola, mas também das condições e manutenção da máquina.

Outro fator apontado por Tiemessen, Hulshof e Frings-Dresen (2007) que foi constatado como diretamente relacionado ao nível de vibração percebido foi a velocidade de condução, uma vez que as marchas simples, com velocidade maior, apresentaram maior vibração que as marchas reduzidas, com menor velocidade, para ambos os tratores. Desta forma, uma das propostas para redução da vibração percebida pelo operador, seria a redução da velocidade de trabalho.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que para a operação destas máquinas, tendo em vista que são antiquadas quando analisada a variável ergonômica (vibração), sugere-se que sejam estudados intervalos entre operações (TIEMESSEN; HULSHOF; FRINGS-DRESEN, 2007). Esses intervalos são definidos com o intuito de adequar o trabalho sem prejudicar a saúde do operador. Outra solução seria a utilização de assentos com maior nível de absorção da vibração, ou em casos mais extremos a aquisição de equipamentos mais modernos.

Tais adequações podem ser necessárias principalmente em pequenas e médias propriedades, que conforme a AN-FAVEA (2010), ainda mantém em operação máquinas mais antigas, sendo constatado que 59% dos tratores no Brasil possuem de 10 à 20 anos e 37% possuem mais de 20 anos de uso, que é a realidade verificada neste estudo.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo financiamento do equipamento utilizado nessa pesquisa.

7. REFERÊNCIAS

- ANFAVEA. Anuário da indústria automobilística brasileira. p. 188, 2010.
- CARNERO, M. C. et al. Statistical quality control through overall vibration analysis. *Mechanical Systems and Signal Processing*, Elsevier, v. 24, n. 4, p. 1138–1160, 2010.
- CRAIG, R. R. *Structural dynamics: an introduction to computer methods*. [S.l.]: Wiley New York, 1981. v. 40.
- CUNHA, J. P. A. R. da; DUARTE, M. A. V.; SOUZA, C. M. A. de. Vibração e ruído emitidos por dois tratores agrícolas. *Idesia (Arica)*, SciELO Chile, v. 30, n. 1, p. 25–34, 2012.
- DEBIASI, H.; SCHLOSSER, J. F.; DORNELLES, E. P. Características ergonômicas dos tratores agrícolas utilizados na região central do rio grande do sul. *Ciência Rural*, Universidade Federal de Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1807–1811, 2004.
- FMO. Seguridad en la maquinaria agrícola. *Moline: Deere e Company*, p. 326, 1974.
- FRANCHINI, D. Análise do nível de vibrações verticais no assento de um trator agrícola. *Análise do nível de vibrações verticais no assento de um trator agrícola*, 2007.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure to Whole-body Vibration - Part 1: General Requirements*. [S.l.]: The Organization, 1997. (International standard).
- MAIA, N. M. M.; SILVA, J. M. M. e. *Theoretical and experimental modal analysis*. [S.l.]: Research Studies Press Taunton, 1997.
- MARSILI, A. et al. Pm-power and machinery: Innovative systems to reduce vibrations on agricultural tractors: Comparative analysis of acceleration transmitted through the driving seat. *Biosystems Engineering*, Elsevier, v. 81, n. 1, p. 35–47, 2002.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. *Applied statistics and probability for engineers*. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2010.
- NIETIEDT, G. H. et al. Distribuição dos comandos de operação em tratores agrícolas nacionais com até 55 kw de potência. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, SciELO Brasil, v. 16, n. 6, p. 690–695, 2012.
- OLIVEIRA, P. A. et al. A implantação de políticas públicas de ergonomia na saúde do trabalhador: a experiência participativa do ministério do trabalho e emprego. In: *Saúde do trabalhador na sociedade brasileira contemporânea*. [S.l.]: Editora Fiocruz, 2011. p. 143–160.
- PINHO, M. da S. et al. Acelerações eficazes na interface assento-operador de um trator. *Ciência Rural*, SciELO Brasil, v. 44, n. 10, p. 1797–1803, 2014.
- PINHO, M. da S. et al. Efetividade de um coxim de cabina do trator agrícola na atenuação das vibrações. *Revista Ciência Agrônômica*, SciELO Brasil, v. 45, n. 3, p. 461–468, 2014.
- RAO, S. S. *Vibrações mecânicas*. [S.l.]: Pearson Prentice Hall, 2009.
- ROSSI, M. A.; SANTOS, J. E. G. dos; SILVA, A. L. da. Conformidade ergonômica dos controles no posto de trabalho do operador de trator: Estudo de caso nh 7630. *Projetica*, v. 2, n. 1, p. 37–52, 2011.
- SCARLETT, A.; PRICE, J.; STAYNER, R. Whole-body vibration: Evaluation of emission and exposure levels arising from agricultural tractors. *Journal of terramechanics*, Elsevier, v. 44, n. 1, p. 65–73, 2007.
- TIEMESSEN, I. J.; HULSHOF, C. T.; FRINGS-DRESEN, M. H. An overview of strategies to reduce whole-body vibration exposure on drivers: A systematic review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Elsevier, v. 37, n. 3, p. 245–256, 2007.
- VANERKAR, A. et al. Whole body vibration exposure in heavy earth moving machinery operators of metalliferrous mines. *Environmental monitoring and assessment*, Springer, v. 143, n. 1-3, p. 239–245, 2008.
- VENABLES, W. N. et al. *An introduction to R*. [S.l.]: Network Theory Ltd., 2002.
- WIJAYA, A. R.; LUNDBERG, J. The effect of the operator, the mine room and their interaction on the measured vibration level of a scaling machine. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, Springer, v. 3, n. 2, p. 145–152, 2012.
- WIKSTRÖM, B.-O.; KJELLBERG, A.; LANDSTRÖM, U. Health effects of long-term occupational exposure to whole-body vibration: a review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Elsevier, v. 14, n. 4, p. 273–292, 1994.