



ASPECTOS ERGONÓMICO Y EVALUACIÓN DESDE EL VIBRACIÓN EN EL CORREOPERACIONAL EN TRACTORES AGRÍCOLA

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

Resumen: *Oh ser humano es expuesto El vibraciones bienvenido en misceláneas fuentes en excitación. Estos vibraciones ellos son considerar radas disturbios Es ellos pueden interferir en integridad físico Es en capacidad en ejercicio cierto funciones en trabajar. Es sabido que aquellos disturbios causa efectos indeseable en salud humano, por lo tanto, evaluaciones Es posible control S en vibración son necesarios. Además, las molestias provocadas por las vibraciones también están directamente relacionadas con la fatiga humana. Hay varios análisis de vibraciones que se pueden realizar y entre ellos se encuentra el análisis de vibraciones de todo el cuerpo. Es sabido que oh cuerpo humano él tiene muchas diferentes frecuencias natural Es uno doblar que El frecuencia desde el fuente emocionante fósforo con estos frecuencias natural del cuerpo, hay uno amplificación del movimiento. Con base a nosotros rayones que oh cuerpo humano es expuesto El buscar por mejoras en comodidad Es seguridad para tú operadores Es constante en industria automóvil, que también incluye vehículos agrícolas. En este estudio, los análisis de vibraciones se obtienen utilizando un dispositivo portátil usado para analítica en vibración en cuerpo entero. Tú tractores Ellos eran enviado hacia vibraciones bienvenido en uno Pista de tierra con fuertes irregularidades y diferentes marchas. Las mediciones se llevaron a cabo utilizando un acelerómetro trio dimensional directamente en el asiento del operador. Herramientas en analítica Estadísticas Ellos eran adoptado El fin en para obtener resultados coherente en acuerdo con hacia estándares. Teniendo en Vista tú rayones desde el vibración en salud ocupacional, oh meta principal de eso trabajar él era analizar El vibración en cuerpo entero en dos tractores agrícola Es verificar, juntos hacia Normas de la Comunidad Europea si los niveles son aceptables. Con base en los valores de aceleración identificados en estos analítica, posible mejoras ellos pueden ser adoptado El fin en reducir El exhibición El vibración.*

Palabras clave: *Ergonomía, Vibración en cuerpo entero, Analítica Estadísticas, Salud ocupacional.*

1. INTRODUCCIÓN

El nivel de confort es un elemento muy importante y debe tenerse en cuenta no sólo en los vehículos de pasajeros. pasajeros, pero también cualquier medio que exponga el cuerpo humano a vibraciones. Todos y cada uno de los vehículos, incluidos Los aviones, los automóviles, los camiones, los tractores y los ascensores pueden exponer a los seres humanos a vibraciones mecánicas. Según Rao (2009), cualquier movimiento que se repite después de un período de tiempo se llama vibración u oscilación. De acuerdo a Maia y Silva (1997), las vibraciones o movimiento dinámico son inherentes a la vida en general. Aunque la humanidad considera como fenómenos desagradables y no deseados por causar consecuencias tan indeseables como malestar, ruido, mal funcionamiento, desgaste, fatiga e incluso destrucción. Todas las estructuras son en realidad cuerpos tridimensionales, y cada una El punto de tal cuerpo, a menos que esté restringido, puede moverse a lo largo de tres direcciones perpendiculares (x, y y z), entre sí (CRAIG, 1981). Así ser, oh cuerpo humano sentir estos vibraciones en el mismo direcciones desde el estructura hacia cual él es en contacto.

A vibración ocupacional Es uno del segmentos en estudiar en área en ergonomía Reconocido como uno factor en

altorriesgo al que está expuesto el trabajador (PINHO et al., 2014a). Según la *Asociación Internacional de Ergonomía* “La Ergonomía (o Factores Humanos) es la disciplina científica que estudia las interacciones entre los humanos y otros. elementos del sistema, y la profesión que aplica teorías, principios, datos y métodos, para diseñar que apuntan a optimizar el bienestar ser humano Es oh actuación global en sistemas”. De eso molde, oh nivel en comodidad es conectado El reducción de vibraciones que están directamente relacionados con aspectos ergonómicos. Nietiedt et al. (2012) informan que el análisis ergonómico de la posición de los tractores agrícolas es fundamental para la protección y comodidad del operador. Franchini (2007) y Oliveira et al. (2011), evaluaron las frecuencias de transmisibilidad en esta área, con el propósito de mejorar los elementos de absorción desde el vibración. Segundo Debiasi, Schlosser Es Dornelles (2004), El operación en tractores impone grande estrés físico mental, lo que justifica la búsqueda continua por mejorar el confort del lugar de trabajo, de lo contrario su desempeño y la seguridad podría verse comprometida. Los síntomas más comúnmente reportados, como el nivel de vibración y tiempo de exposición, fueron alteraciones o dolores de espalda y signos de degeneración de las vértebras y discos hernia intervertebral y discal (WIKSTRÖM; KJELLBERG; LANDSTRÖM, 1994). El estudio de las vibraciones en los tractores. en el proceso de mecanización agrícola contribuye directamente a la mejora de proyectos de estos equipos encaminados a comodidad del operador durante el viaje en trabajar (PINO y otros, 2014b).

Cunha, Duarte y Souza (2012), refieren que en décadas pasadas se prestaba poca atención a los problemas de salud trabajadores derivados del ruido y vibraciones generados por los tractores. Todavía En este estudio, el niveles de exposición obtenidos en los análisis de ruido y vibraciones en los dos tractores agrícolas con los límites aceptables por estándar. Por tanto, quedó claro que estas vibraciones pueden comprometer la salud de los trabajadores. Está previsto en la norma. La norma ISO 2631-1 de 1997 establece que el límite de confort, en el caso de vibraciones, está entre las frecuencias de 1 a 80 Hz. (INTERNACIONAL ORGANIZACIÓN PARA NORMALIZACIÓN, 1997). Pinho y Alabama. (2014a) evaluado 36 tractores

Es identificado qué hacia frecuencias más alto ellos son respectivamente en el posiciones vertical, longitudinal Es transversal.

Según (TIEMESSEN; HULSHOF; FRINGS-DRESEN, 2007), los factores que tuvieron un efecto positivo (reducción vibración) fueron: tipo asiento; suspensión de cabina y el asiento; Peso, postura y experiencia de conductor; velocidad en conduciendo; condiciones desde el pista; local desde el cabina; tipo, llantas, cargar Es mantenimiento de vehículo.

Marsili et al. (2002) afirman que la reducción de vibraciones en tractores mediante sistemas de suspensión puede permitir un aumento de más del 50% en el tiempo de exposición del operador. Actualmente, la mayoría de los fabricantes están incorporando sistemas para reducir la vibración en tractores agrícolas (SCARLETT; PRICE; STAYNER, 2007). A FMO (1974) afirma que las máquinas antiguas tienen tasas de vibración más altas que las modernas, debido a la desgaste natural. Además de los altos índices de vibración debido al desgaste de los componentes, los equipos agrícolas Los más antiguos estaban equipados con anticuados dispositivos de aislamiento de vibraciones. Estos factores indican fallas en en materia de ergonomía y seguridad en proyectos.

Para Rossi, Santos y Silva (2011), la ergonomía tiende a armonizar el proceso de realización de una determinada tarea, conciliando la máquina con el hombre, utilizando aspectos como la antropometría, la psicología, el medio ambiente, la biomecánica y fisiología humano, respecto a hacia características del hombre para tu beneficio.

A la vista de los aspectos ergonómicos discutidos, es posible proponer correctamente la aplicación de la ergonomía en un proyecto.

2. METODOLOGÍA

Para hacia analítica presentado en esto artículo él era usado oh software R versión 3.2.2 (Derechos de autor 2015 El R Basefor Statistical Computing) que utiliza un lenguaje y un entorno de desarrollo integrado para cálculos estadísticos. estadísticas y gráficos (VENABLES et al., 2002). La medición de la vibración se realizó en cada eje por separado y un vector en suma él era consideró. Segundo El estándar europeo YO ASI 2631-97, uno debe adoptar oh valor del más grande eje, de acuerdo aintroducido en Tabla 1.

Tabla 1: Resultados eje X, y Es z

Datos general					
	Eje eje x	eje y	z	Unidades de suma	
Aeq(k)	5, 78	3, 52	3, 48	—	m/ s ²

Dónde oh $Aeq(k)$ ya es estandarizado como evaluación en cuerpo entero, dónde tú ejes X, y Es z ellos son multiplicado por el factores 1.4, 1.4 Es 1, respectivamente. Para definir tú valores en Aeq , de acuerdo a mostrado en Ecuación 1.

$$aeq = \frac{s}{\frac{un_1^2 t_1 + un_2^2 t_2 + \dots un_n^2 t_n}{2 \dots t_norte}} \quad (1)$$

Sea, a_{eq} la aceleración equivalente, un , el valor de la vibración obtenida. Es tn el tiempo de exhibición. El aceleración obtenida en n . Con ese valor, esta calculado el valor de la aceleración normalizado, para un viaje de 8 horas ($A(8)$), de acuerdo a la Ecuación 2.

$$Un(8) = a_{eq} \sqrt{\frac{t}{T_0}}$$

246

Dónde, t es la duración diaria de exhibición. Es T_0 el tiempo correspondiente a una duración de 8 horas en segundos (s).

3. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Esta sección aborda la lista de equipos utilizados experimentalmente, propiedades de las máquinas involucradas en el diseño y metodología de pruebas. Los materiales y equipos necesarios para realizar los procedimientos experimentales propuestos, se hizo necesario usar en:

- 02 tractores agrícolas
- 01 sensor en asiento con acelerómetro tridimensional
- Módulo de adquisición de señales HVM100 (Larson Davis, Depew, Nueva York, EE.UU.)
- Software Resplandor para la lectura de las señales

Las máquinas agrícolas que se utilizaron para el análisis de vibraciones son: Tractores Massey Ferguson 290 (1981) y Ford 6610 (1989). Por comodidad en este trabajo, se denominarán **Tractor A** y **Tractor B**, respectivamente. A rutina para la adquisición de datos en campo se hizo usando el módulo HVM100 y el sensor tridimensional en los asientos de maquinaria agrícola, como se presenta en las Figuras 1-a y 1-b.



(a)



(b)

Figura 1: Fijación de los acelerómetros según norma NHO09-2013 en el asiento del **Tractor A** (a) y **Tractor B** (b).

Algunos parámetros a considerar en relación con la pista no pavimentada donde se realizó el ensayo experimental:

- 25m en pista no pavimentada.
- 3% de pendiente.

Las rutinas de prueba se realizaron con muestras de 1 minuto para cada marcha, como se muestra en las Tablas 2 y 3. Con el fin de simular una situación de trabajo que incluye un pequeño golpe, el tractor ingresó en movimiento 15 segundos después de iniciar las lecturas en el módulo HVM100. Los tractores siguieron avanzando por la pista hasta el tiempo completo de muestreo de 1 min.

Observación de muestra	
A1S	marzo 1 simple
Marcha A2S	dos simple
Marcha A2R	dos reducido
Marcha A3R	3 reducido
Marcha A4R	4 reducido

Tabla 3: Identificación del pruebas - **Tractor B**

Observación de muestra	
B1S	marzo 1 simple
Marcha B2S	dos simple
Marcha B2R	dos reducido
B3R	marzo 3 reducido
B4R	marzo 4 reducido

Hacia Cifras 2-un Es 2-b espectáculo oh ensayo logrado en campo dónde Es posible verificar hacia tallos que demarcar oh comenzary el final de la pista de pruebas, que totalizó 25 metros. Es de destacar que para estas pruebas los propios operadores fueron investigadores.



(a)



(b)

Cifra dos: Pista en ensayo experimental con detalles del **Tractor A** (El) Es **Tractor B** (B).

3.1 Características de los tractores

Tractor A - laboral El 1700 rpm.

- Lastre: frente (frente Es radial), trasero (radial Es agua).
- Asientos: condición en conservación malo.

Tractor B – laboral El 1700 rpm.

- Lastre: frente (radial Es pala adelante Supertatu), trasero (radial Es agua).
- Asientos: condición en conservación bien.

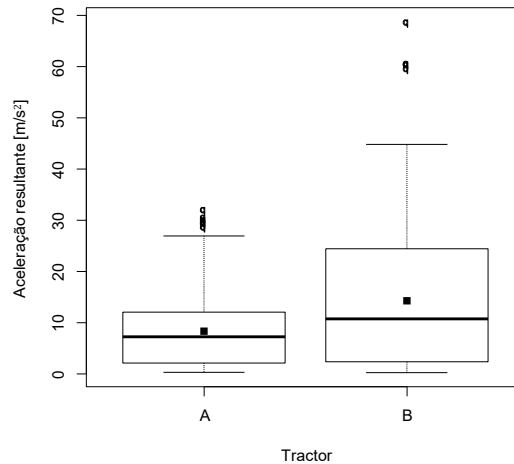
Hacia escamas en velocidades adoptado Ellos eran equivalentes con oh manual del fabricante.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis Estadísticas del datos

A partir de la adquisición de datos recolectados en campo, fueron transferidos al software BLAZE para que fueron tratados y analizados en el programa R utilizando las herramientas estadísticas ANOVA (CARNERO et al., 2010) y prueba tukey (WIJAYA; LUNDBERG, 2012) aplicado a nosotros datos "Suma", que representan el suma vector desde el aceleración de los tres ejes (x, y y z) para cada lectura, proporcionada en cada prueba realizada. El ensayo experimental proporcionó 60 lecturas. en "La suma de aceleraciones para cada prueba, permitido así El solicitud de herramientas citado.

Inicialmente él era hecho El análisis comparativo entre tú valores "Suma" del tractores A Es B, de acuerdo a Cifra 3.

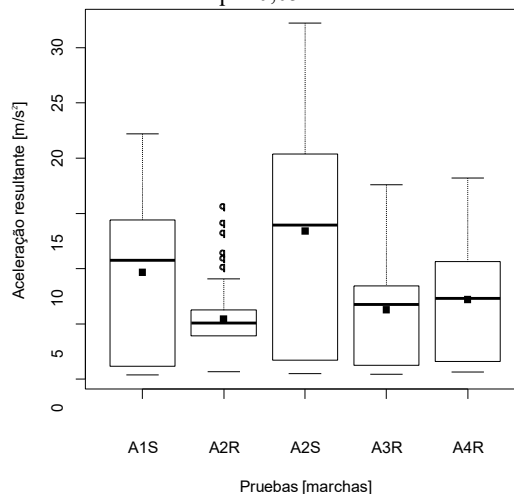


Cifra 3: Comparación desde el aceleración resultante entre tú tractores A Es B.

El tractor **A** tuvo una vibración promedio de 8 m/s^2 , mientras que **el tractor B** tuvo una vibración promedio más alta. de 14 m/s^2 . Para analizar la existencia de diferencia significativa entre las medias de los tractores se realizó la prueba de Tukey entre tú datos, que él tuvo como resultado un valor p en 1.3×10^{-11} , menor que 0,05 (para un intervalo en confianza en 95%), prueba El diferencia entre hacia promedios (MONTGOMERY; CORREDOR, 2010).

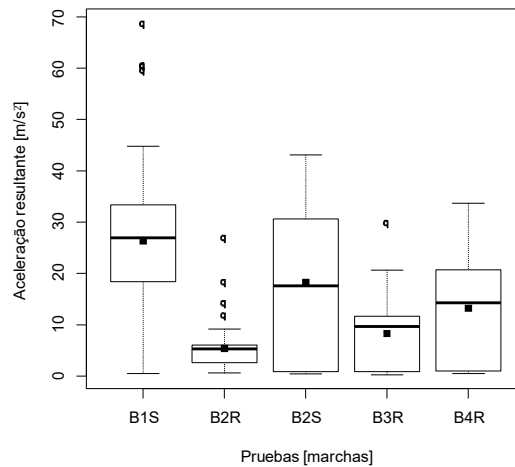
Después El comparación entre tú tractores, él era hecho El comparación entre cada prueba en cada tractor, de acuerdo a hacia Cifras 4 Es

5. Las pruebas realizadas en el tractor A, como se muestra en la Figura 4, arrojaron promedios muy cercanos a 6 m/s^2 para las marchas reducido Es en 12 m/s^2 para hacia marchas simple, resultados esperado, uno doblar que El velocidad logrado con hacia marchas las marchas simples son mayores que las que se consiguen con marchas reducidas. La diferencia significativa entre las medias de las pruebas fue probado con oh prueba EL NUEVO, que él tuvo como resultado un valor p en 5.07×10^{-12} , también menor que 0,05.



Cifra 4: Comparación desde el aceleración resultante entre tú pruebas (engranajes) del tractor A.

Pruebas **del Tractor B**, como se muestra en la Figura 5, al tener una mayor dispersión de valores, el patrón no varía. repeticiones y se encontró una gran diferencia en las medias de cada prueba. Sin embargo, las pruebas con marcha reducida también presentado promedios menores, en 5 El 12 m/ s², qué hacia verificado en el marchas simple, en 18 El 28 m/ s². A más grande diferencia entre las pruebas también influyó en la prueba ANOVA, que resultó en un valor de p de $2 * . 2 10^{-16}$, menor qué oh verificado en la prueba del **Tractor una**, y también menor qué 0,05.



Cifra 5: Comparación desde el aceleración resultante entre tú pruebas (engranajes) del tractor B.

Hacia evaluaciones hecho en eso trabajar Ellos eran basado en evaluación desde el vibración en cuerpo entero, en acuerdo con oh criteriode la Comunidad Europea. El valor VDV representa el valor de dosis de vibración y el valor A(8) define el límite de vibración. exhibición para viaje en 8 horas. A Directiva 2002/44/CE 25.6.02 - adjunto B, establece tú qué tú criterios para exhibición El vibración son:

- Un(8) = 0,5 m/ s² o 9.1 VDV - (Nivel en acción)
- Un(8) = 1.15 m/ s² o 21.0 VDV - (Límite en exhibición)

En acuerdo con El estándar YO ASI 2631-1 (1997) oh valor en dosis en vibración (VDV) él era usado porque hay presencia en claveteado

shocks significativos. En la Tabla 4 se presentan los valores de VDV para los tractores A y B según cada marcha, ser qué oh valor F representa oh prueba en tuqui para uno intervalo en confianza en 95%. Nesa análisis asegurarse de que quéLos valores de dosis de vibración del **Tractor B** son superiores a los del **Tractor A** en todas las marchas. A pesar de los valores alto, hacia marchas 2R, 3R Es 4R del **Tractor A** presente valores qué ellos son adentro del límite en exhibición.

Considerando los valores de A(8) presentados en la Tabla 5, se observa que todos los valores de aceleración están por encima del límite en exhibición aceptado, contradiciendo alguno del resultados del VDV. De eso molde, en estos casos será considerado tú valores en VDV, pendiente El presencia en picos o choques significativo.

Tabla 4: Tractor VDV

	Prueb				
	1S	2S	2R	3R	4R
A	22.40	24.80	19.20	18.40	19.40
B	95.00	66,80	28.40	33,60	41.30
F = 0,059					

Tabla 5: Un(8) m/ s²

Tracto	Prueba				
	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 Discusiones

De los resultados se observa que las vibraciones encontradas fueron significativamente diferentes en todas las pruebas. Esto se debe a que las pruebas se realizan en diferentes marchas, algunas de las cuales son reducidas. Para la prueba de ambos tractores, A y B, el límite de exposición A(8) está muy por encima del límite impuesto a discreción de la Comunidad Europeo. Este manera oh VDV se comportó desde el mismo molde, demostración valores acentuado Es muy arriba del predecir hasta el límite que sería 21,0 VDV. Por lo tanto, el uso prolongado de este equipo puede provocar enfermedades, principalmente en región espalda baja, del operadores (WIKSTRÖM; KJELLBERG; LANDSTRÖM, 1994).

Al comparar los tractores se encontró que **el Tractor B** presentó peores resultados en comparación con vibración, aunque es más nuevo que **el Tractor A**, al contrario de lo que informa FMO (1974). Sin embargo, se puede concluir que otros factores, según Tiemessen, Hulshof y Frings-Dresen (2007), puede haber llevado a esta diferencia a favor del **Tractor A**, incluyendo la suspensión del asiento y la cabina, la carga y el mantenimiento del vehículo y debido a que el **Tractor B** ser equipado con uno pala cargador adelante. Es diferencia entre tú resultados del tractores corrobora con oh estudiar por Vanerker et al. (2008), demostrando que el nivel de vibración no depende exclusivamente del terreno de trabajo del máquina agrícola, pero también de condiciones y mantenimiento desde el máquina.

Otro factor señalado por Tiemessen, Hulshof y Frings-Dresen (2007), que resultó ser directamente relacionado el nivel de vibración percibido fue la velocidad de conducción, ya que las marchas simples, con mayor velocidad, presentado más grande vibración qué hacia marchas reducido, con menor velocidad, para ambos tú tractores. Este molde, uno de propuestas para reducción desde el vibración percibido Para el operador, sería El reducción desde el velocidad en trabajar.

5. CONCLUSIÓN

Se concluye que para el funcionamiento de estas máquinas, considerando que están desactualizadas al analizar la variable ergonómico (vibración), se sugiere estudiar los intervalos entre operaciones (TIEMESSEN; HULSHOF; FRINGS-DRESEN, 2007). Aquellos se rompe ellos son definido con oh intención en traje oh trabajar sin herir El salud del operador. Otra solución sería utilizar asientos con mayor nivel de absorción de vibraciones o, en casos más extremos, adquisición del equipo más moderno.

Estos ajustes pueden ser necesarios principalmente en propiedades pequeñas y medianas que, según AN- FAVEA (2010), todavía mantiene máquinas más antiguas en funcionamiento y encontró que el 59% de los tractores en Brasil tener en 10 El 20 años Es 37% tener más en 20 años en usar, qué Es El realidad verificado en esto estudiar.

6. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al CNPq - Consejo Nacional de desarrollo Científico y Tecnológico para financiación del equipo usado en esto buscar.

7. REFERENCIAS

- 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 Agronômica*, 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 metalliferous 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, 1999.