

MARCELO TAVARES VIEIRA

Versão original

LEVANTAMENTO DE VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO (VCI) NAS ATIVIDADES
DE PREPARO DE UM SOLO DA SILVICULTURA

São Paulo

2019

MARCELO TAVARES VIEIRA

LEVANTAMENTO DE VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO (VCI) NAS ATIVIDADES
DE PREPARO DE UM SOLO DA SILVICULTURA

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para obtenção
de título de Especialista em Higiene
Ocupacional

São Paulo

2019

Dedico este trabalho à minha família que sempre acreditou em mim e me deu forças e à minha namorada, amiga, companheira que está sempre ao meu lado em todas as minhas escolhas.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de transmitir meus sinceros agradecimentos pela realização deste trabalho:

À minha mãe Irene, meu pai Sebastião, meu irmão Willian, minha namorada Gabriela, minha cunhada Cristina e minha sogra Iracema.

A todos meus companheiros e companheiras de trabalho, Anison, Rafael, André, Fernanda, Camila, Juliani, Bruna e Marcos.

Meu agradecimento especial ao meu incentivador, amigo Engenheiro e Higienista José Luis Lopes.

Todos os professores e funcionários da USP pelos ensinamentos e acolhimentos nas aulas presenciais.

“O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso, existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis”.

(Fernando Pessoa)

RESUMO

VIEIRA, Marcelo Tavares. Levantamento de vibração de corpo inteiro (VCI) nas atividades de preparo de um solo da silvicultura. 2019. 53f. Monografia (Especialização em Higiene Ocupacional) – Programa de Educação Continuada, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

O trator agrícola é uma das principais fontes de potência no meio rural. Uma das principais variáveis que afetam o rendimento produtivo dos operadores de tratores agrícolas que podem causar sérios problemas de saúde é a vibração gerada durante o funcionamento dessa máquina. Este trabalho teve como objetivo quantificar os níveis de vibrações mecânicas de um trator agrícola em diferentes velocidades de deslocamento durante atividade de preparo de solo na área florestal no processo de silvicultura, procurando reconhecer se o trabalho executado expõe os colaboradores a vibrações acima do limite estabelecido pela NR 15, anexo 08 e ainda, propor medidas preventivas de caráter operacional, de manutenção e pessoal. Para realização deste trabalho utilizou-se um conjunto de trator agrícola mais subsolador em 3 momentos distintos durante a atividade em terreno plano na cidade Três Lagoas-MS. A coleta de dados foi realizada em 3 momentos nas velocidades de deslocamento 9, 7 e 5 km/h utilizando um analisador de vibrações Marca Larson Davis modelo HVN 100. Na primeira amostra a uma velocidade de 9 km/h obtivemos os seguintes resultados: (AREN) de 1,90 m/s², e um valor de dose de vibração resultante (VDVR) de 32,90 m/ s^{1,75}, no segundo momento trabalhando no mesmo cenário a uma velocidade de 7 km/h, se obteve os seguintes dados: AREN 1,50 m/s², e VDVR 25,10 m/ s^{1,75}, e por último, com o trator operando a 5 km/h os valores ficaram dentro do preconizado pela Legislação Brasileira atual, apresentando um AREN 1,10 m/s² e VDVR 18 m/ s^{1,75}. Evidenciou-se, portanto, que os operadores foram expostos aos impactos causados pelas vibrações mecânicas de corpo inteiro, haja vista que nas velocidades 9km/h e 7km/h as vibrações ultrapassaram os limites de estabelecidos pela Legislação Brasileira. Conclui-se que seja de extrema importância a aplicação imediata das medidas corretivas e preventivas contribuindo para a proteção e saúde dos operadores de máquinas agrícolas.

Palavras Chaves: Ergonomia. Vibrações de Corpo Inteiro. Operador de Trator Agrícola. Segurança. Mecanização Agrícola.

ABSTRACT

VIEIRA, Marcelo Tavares. Whole-Body Vibration survey (WBV) in the preparation activities of a forestry soil. 2019. 53 f. Thesis (Specialization in Occupational Hygiene) – Continuing Education Program, Polytechnic School of the University of São Paulo, São Paulo, 2019.

The agricultural tractor is one of the main power sources in the rural environment. One of the main variables that affects the productive performance of agricultural tractor operators, which can cause serious health problems, is the vibration generated during the operation of this machine. The objective of this analysis was to quantify the mechanical vibration levels of an agricultural tractor at different displacement speeds during soil tillage activity in the forestry process, seeking to recognize whether the work executed by those employees exposes them to vibrations above the limit established by NR 15, attached document 08, and also proposes preventive measures of operational, maintenance and personnel natures. To accomplish this research a set of agricultural tractors was used, apart from a subsoiler, in 3 different moments during the activity on flat ground in the rural area in the city of Três Lagoas-MS. The data collection was performed at 3 points at the displacement speeds of 9, 7 and 5 km/h, using a Larson Davis vibration meter Model HVM 100. In the first sample, at a speed of 9 km/h, the following results were obtained: AREN (Acceleration Resulting from Normalized Exposure) of 1.90 m/s^2 , and a resultant vibration dose value (VDV) of $32.90 \text{ m/s}^{1.75}$, in the second sample, working at the same scenario at a speed of 7 km/h, the following data was obtained: AREN 1.50 m/s^2 , and VDV $25.10 \text{ m/s}^{1.75}$, and finally, with the tractor operating at 5 km/h the values were within the recommended by the current Brazilian law, presenting an AREN 1.10 m/s^2 and VDV $18 \text{ m/s}^{1.75}$. It was pointed, therefore, that the operators were exposed to the impacts caused by the mechanical whole-body vibrations, considering that, at the speeds of 9km/h and 7km/h the vibrations exceeded the limits established by the Brazilian legislation. It can be concluded that it is extremely important the immediate enforcement of corrective and preventive measures, therefore contributing for the health and protection of the agricultural machinery workers.

Keywords: Ergonomics. Whole-Body Vibrations. Agricultural Tractor Operator. Security. Agricultural Mechanization.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

| | |
|---|----|
| Figura 01 - Frequência de ressonância de diversas regiões do corpo humano | 20 |
| Figura 02 - Sistema de coordenadas dos três eixos corporais..... | 24 |
| Figura 03 - Modelo de acelerômetro | 25 |
| Figura 04 - Acelerômetro posicionado em medição de vibração de corpo inteiro..... | 25 |
| Figura 05 - Zonas de precaução em relação à saúde | 26 |
| Figura 06 - Mapa da fazenda do estudo..... | 35 |
| Figura 07 - Acelerômetro hvm 10 | 36 |
| Figura 08 - Trator john deere modelo 7230 e subsolador | 36 |
| Figura 09 - Máquina realizando atividade | 37 |
| Figura 10 - Local de realização da atividade | 38 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|--------------------------------------|----|
| Gráfico 01 - 1° amostra eixo x | 39 |
| Gráfico 02 - 1° amostra eixo y | 40 |
| Gráfico 03 - 1° amostra eixo z | 40 |
| Gráfico 04 - 2° amostra eixo x | 41 |
| Gráfico 05 - 2° amostra eixo y | 42 |
| Gráfico 06 - 2° amostra eixo z | 42 |
| Gráfico 07 - 3° amostra eixo x | 43 |
| Gráfico 08 - 3° amostra eixo y | 44 |
| Gráfico 09 - 3° amostra eixo z | 44 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| Tabela 01 - Valores obtidos da avaliação ambiental amostra 1 | 39 |
| Tabela 02 - Valores obtidos da avaliação ambiental amostra 2 | 41 |
| Tabela 03 - Valores obtidos da avaliação ambiental amostra 3 | 43 |
| Tabela 04 - Critério de julgamento | 46 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|----------|--|
| ACGIH | <i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i> |
| AMJ | Aceleração média |
| AMR | Aceleração média resultante |
| ARE | Aceleração resultante de exposição |
| AREN | Aceleração resultante equivalente normalizada |
| AREP | Aceleração resultante de exposição parcial |
| CV | Cavalo vapor |
| GPS | <i>Global Positioning System</i> |
| ISO | <i>International Organization for Standardization</i> |
| Ha | Hectares |
| HZ | Hertz |
| KPA | Kilopascal |
| KW | Quilowatt |
| m/s | Metros por segundo |
| NA | Nível de ação |
| NHO | Norma de Higiene Ocupacional |
| NR | Normas Regulamentadoras |
| PIB | Produto Interno Bruto |
| PPRA | Programas de Prevenção de Riscos Ambientais |
| VCI | Vibração de Corpo Inteiro |
| VDV | Valor da Dose de Vibração |
| VDVEXPJI | Valor da Dose de Vibração de Exposição Parcial |
| VDVR | Valor de Dose de Vibração Resultante |
| VLE | Valor Limite de Exposição |

VMB Vibração de mãos e braços

SUMÁRIO

| | |
|---|----|
| 1 INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 OBJETIVO | 16 |
| 1.2 JUSTIFICATIVA..... | 17 |
| 2 REVISÃO DA LITERATURA..... | 18 |
| 2.1 ERGONOMIA..... | 18 |
| 2.1.1 Vibração | 19 |
| 2.1.2 Normatização da exposição humana a vibração | 22 |
| 2.1.3 Norma ISO 2631:1 Vibração corpo inteiro..... | 23 |
| 2.1.4 Norma de Higiene Ocupacional (NHO 09) Procedimento Técnico..... | 26 |
| 2.1.5 Vibração em tratores agrícolas..... | 31 |
| 3 MATERIAIS E MÉTODOS | 35 |
| 3.1 Instrumentos para aquisição de dados | 35 |
| 3.2 Máquina agrícola avaliada | 36 |
| 3.3 Atividade avaliada | 37 |
| 3.4 Critérios de medição | 37 |
| 3.5 Coleta de dados | 38 |
| 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO | 39 |
| 4.1 MEDIDAS PROPOSTAS | 46 |
| 5 CONCLUSÃO | 48 |
| REFERÊNCIAS..... | 49 |
| ANEXO 1..... | 53 |

1 INTRODUÇÃO

Em um país emergente como o Brasil as atividades rurais são extremamente importantes, apenas o setor de árvores plantadas tem impacto relevante na economia com representatividade de 6,1% no Produto Interno Bruto (PIB) Industrial do Brasil segundo a Industria Brasileira de Árvores (2019).

Algumas particularidades do ambiente agrícola expõem os trabalhadores rurais à vários riscos ocupacionais durante sua jornada de trabalho, tais como aos riscos físicos decorrentes das vibrações presentes em máquinas agrícolas, radiação solar, frio, calor e o ruído. Aos riscos químicos com a presença de produtos tóxicos utilizados em defensivos agrícolas, além de gases, poeira e fuligem e à riscos biológicos uma vez que estão vulneráveis à animais peçonhentos e microrganismos do ambiente (ANDRADE, 2016)

E ainda, os trabalhadores ficam expostos ao risco ergonômico, caracterizado pelo desgaste musculoesquelético do corpo do trabalhador ao executar uma atividade que exija um grande esforço físico como durante a aplicação manual de herbicidas e o risco de acidente, caracterizado pelo fato do indivíduo pode sofrer quedas ou torções, escoriações e cortes com a própria ferramenta de trabalho (MORAES, 2015).

Segundo Rozin (2004) no processo produtivo do agronegócio o uso de maquinários agrícolas como os tratores tem sido essencial para alavancar o desenvolvimento da agricultura brasileira devido à sua versatilidade na execução de inúmeras tarefas no meio rural, servindo como fonte de potência e tração para diversos equipamentos e implementos agrícolas.

O trator agrícola é amplamente utilizado para desempenho das atividades agrícolas como uma das principais fontes de potência da agricultura moderna devido à maximização da capacidade de trabalho da mão de obra, redução dos custos econômicos, do tempo gasto nas atividades rurais e pela versatilidade para uso em diversas operações e atividades (MARCON, 2013; SANDI, 2015).

No que tange a silvicultura percebe-se a inserção da mecanização agrícola em atividades que vão desde a limpeza de área, o preparo de solo, adubação, controle às pragas e mato-competição, implantação de culturas, combate à formiga em fase pré corte.

O preparo do solo se constitui um conjunto de operações usadas na busca por elevação ou manutenção da produtividade de florestas, caracterizado pelo uso de determinadas máquinas e equipamentos adaptados às condições pedológicas e manejo de resíduos. Estas operações podem influenciar positivamente o crescimento inicial das plantas como resultado de melhorias na qualidade produtiva do sítio, através da minimização de perdas por erosão, otimização da utilização dos recursos e melhorias na relação custo/benefício (SIXEL, 2009).

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (2019) o Brasil possui área superior a 7,8 milhões de hectares de árvores plantadas de eucalipto, pinus, acácia, araucária, paricá e teca sendo 35% destinado para a produção de celulose e papel.

O Estado Mato Grosso do Sul tem se destacado no cenário nacional da silvicultura nos últimos 13 anos e atualmente o Estado é o terceiro maior produtor em volume de área de eucalipto no Brasil, perdendo apenas para Minas Gerais e São Paulo e emprega cerca de 80 mil pessoas com expectativa de continuar pelo caminho de plena ascensão (MENDES, 2016).

Reconhece-se que o Brasil detenha as mais modernas tecnologias para as florestas plantadas em todo o mundo, com destaque para o plantio e para o manejo do eucalipto, porém, destaca-se que embora existam no mercado modelos de tratores controlados por softwares e GPS (*Global Positioning System*) que atuam de forma autônoma, a maioria ainda necessita de um operador para o seu funcionamento. (MENDES, 2016).

Neste cenário, a ergonomia vem contribuindo consideravelmente na relação máquina-homem analisando e propondo melhorias nas condições de trabalho dos operadores de máquinas agrícolas considerando que esses veículos expõem o trabalhador a uma série de riscos, dentre os quais, as vibrações mecânicas do próprio equipamento que são transmitidas por toda a sua estrutura e para o ambiente que aos rodeia (GRANDJEAN, 1998).

Quando o operador de tratores agrícolas é submetido a uma jornada de trabalho em torno de 8 (oito) horas diárias ele pode estar exposto em tempo integral às vibrações transmitidas ao corpo como um todo acima do nível limite de conforto estabelecido pelos órgãos regulamentadores do trabalho (RIBAS, 2013).

Estudos de Ribas (2013) afirmam que mesmo que a maior parte da vibração seja transmitida ao operador através do assento, outros mecanismos a influenciam, como é o caso dos pneus, coxins, plataforma, tipo de equipamento que está sendo tracionado e quando estas ocorrem em níveis indesejados e por períodos de exposição mais longos que o suportável, podem causar problemas de saúde aos indivíduos expostos às mesmas.

Rozin, et.al. (2010) inferem que a utilização de tratores agrícolas ergonomicamente mal projetados podem repercutir em desgaste físico e à inúmeros problemas de saúde aos operadores de máquinas agrícolas.

Do mesmo modo, estudos de Iida (2005) inferem que parte dos tratores são projetados visando a otimização dos parâmetros operacionais e desempenho em detrimento de uma adequada relação homem-máquina (conforto, segurança, facilidade de acessos) resultando em máquinas que podem expor o operador às condições climáticas, ao ruído e a vibração excessiva.

A atividade de silvicultura no Brasil sofre com a falta de maquinário específico na atividade florestal, diante disso se faz necessário utilizar tratores fabricados para agricultura e adequá-los para realidade florestal, com isso existe um agravante que o solo no qual este trator terá que transitar, um solo com presença de tocos e resíduos de madeira que potencializa e aumenta o risco de vibrações mecânica destas máquinas.

Disso, decorre a importância de estudos sobre aspectos ergonômicos das máquinas agrícolas considerando que correções das deficiências existentes no posto de operação das mesmas serão imprescindíveis para reduzir os danos à saúde dos trabalhadores no meio rural.

1.1 OBJETIVO

Quantificar os níveis de vibrações de corpo inteiro de um trator agrícola em diferentes velocidades de deslocamento durante a fase de preparo de solo para silvicultura com base nos limites preconizados pelas normas regulamentadoras nacionais e internacionais.

1.2 JUSTIFICATIVA

Por atuar como Engenheiro de Segurança do Trabalho na área florestal de silvicultura há dois anos e acreditar que a atividade de preparo de solo é a mais prejudicial aos operadores de máquinas devido aos impactos causados pelas vibrações mecânicas, acredito que o registro e acompanhamento dos níveis de vibração a que o operador está exposto ao longo de uma jornada de trabalho certamente trará benefícios na área de segurança dentro da mecanização agrícola, pois, permitirá aferir se a atividade está sendo desenvolvida dentro dos limites que as normas de segurança preconizam e ainda propor medidas preventivas de caráter operacional, manutenção e pessoal, afim de tornar o ambiente de trabalho nesta atividade salubre.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 ERGONOMIA

A palavra “ergonomia” proveniente da língua grega *ergon* = trabalho e *nomos* = legislação, normas” pode ser definida como a ciência da configuração de trabalho adaptada ao homem que tem como objetivo o desenvolvimento de bases para a adequação das condições de trabalho às capacidades e realidades da pessoa que desempenham suas atividades laborais (GRANDJEAN, 1988).

No Brasil, a Associação Brasileira de Ergonomia (IIDA, 2005, p. 2) a define como:

Estudo das interações das pessoas com a tecnologia, a organização e o ambiente objetivando intervenções e projetos que visem melhorar, de forma integrada e não-dissociada, a segurança, o conforto, o bem-estar e a eficácia das atividades humanas.

Assim, a ergonomia visa a redução da “fadiga, estresse, erros e acidentes proporcionando segurança, satisfação e saúde aos trabalhadores durante o seu relacionamento com o sistema produtivo” (IIDA, 2005).

O caráter interdisciplinar da ergonomia utiliza os saberes científicos de diversas áreas como a engenharia, medicina, física e biologia a fim de adaptar o local de trabalho e ambiente às características e necessidades do trabalhador prezando por segurança, saúde, conforto, bem-estar e eficiência do ser humano (FIEDLER E SOUZA, 2007).

Desde 2007, Fiedler e Souza destacavam que embora as contribuições da ergonomia no setor da indústria madeireira fossem modestas visto que, as pesquisas eram voltadas para otimização do trabalho, redução de custos e produtividade das máquinas e equipamentos do trabalho, elas contribuem significativamente na melhora das condições de trabalho do ser humano.

Ainda assim, Fonseca e Sá (2005) salientam que o trabalho de tratoristas é considerado muito sacrificante visto que os trabalhadores rurais podem estar sujeitos a locais de trabalho com fatores ambientes desfavoráveis à sua saúde tais como com elevados níveis de ruído e vibração no posto de trabalho, iluminação do campo de

trabalho insuficiente durante o trabalho noturno, condições climáticas inadequadas, calor, intemperismo e poeira.

Vale ressaltar que de acordo com a Norma Regulamentadora (NR 17) as características psicofisiológicas dos trabalhadores e à natureza do trabalho a ser executado devem ser relevados quanto se trata da adequação de todos os equipamentos que compõem um posto de trabalho (BRASIL, 2016).

2.1.1 Vibração

As vibrações são movimentos oscilatórios que acontecem em qualquer corpo dotado de massa e elasticidade. Assim, máquinas, equipamentos e pessoas podem sofrer vibrações (Thompson, 1978).

De acordo com Iida (2005) o termo “vibração” pode ser conceituado como “qualquer movimento que o corpo ou parte dele executa em torno de um ponto fixo” e é definida por três variáveis: frequência (medida em ciclos por segundo ou hertz (Hz)), a intensidade do deslocamento (em cm ou mm) ou aceleração máxima sofrida pelo corpo, medida em g ($1g=9,8m/s^2$) e pela direção do movimento, definida por três eixos triortogonais: x (das costas para frente), y (da direita para esquerda) e z (dos pés à cabeça).

Segundo Griffin (1996) o agente físico vibração é um movimento que provoca oscilações ou tremores no corpo humano, ocasionando efeitos complexos e muitas vezes de difícil previsão.

Diversos mecanismos fisiológicos do corpo humano envolvem alguma forma de vibração, como por exemplo a fisiologia cardíaca, respiratória, musculatória e da audição, assim, o corpo como um todo e cada órgão individual tem frequências orgânicas e, quando expostos de forma prolongadas às vibrações externas, podem de causar efeitos adversos à saúde (CANIELLO, 2016).

De acordo com Kroemer (2015, p. 272):

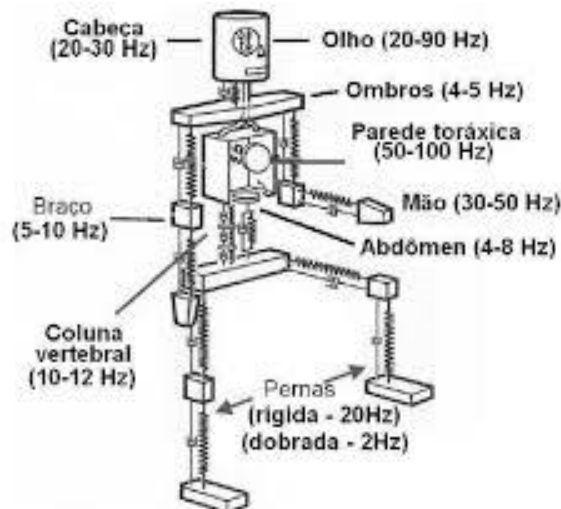
Se o corpo humano fosse uma estrutura de massa rígida em translação, todas as partes teriam o mesmo movimento em rotação, e diferentes partes mover-se-iam em deslocamentos angulares diferentes. No

entanto, o corpo não é rígido e diferentes segmentos do corpo oscilam de maneira diferente.

Quando uma frequência externa é confrontada com a frequência natural do sistema, ocorre a ressonância, ocasionando uma amplificação do movimento. Desta forma, o corpo humano pode ser considerado como um sistema mecânico complexo de muitos graus de liberdade, que pode ser representado pelo sistema mola-amortecedor (ANFLOR, 2003)

A Figura 01, apresenta um modelo amplamente utilizado para ilustrar a faixa de ressonância de cada região do corpo humano.

Figura 01. Frequência de ressonância de diversas regiões do corpo humano



Fonte: Brüel & Kjaer, 1988

Como indicado neste modelo, a ressonância ocorre em diferentes frequências para diferentes pontos do sistema. Exposição à vibração vertical, na faixa de 50-100Hz geralmente causam ressonância no sistema torácico e na faixa de 20- 30Hz no sistema cabeça-pescoço.

Estudos de Kroemer (2015) afirmam que ao atingirem o ser humano, as vibrações podem afetar seriamente o desempenho psicomotor e musculatura e a percepção visual bem como os sistemas circulatório, respiratório e nervoso com efeitos de menores proporções

A exposição ocupacional sujeita os trabalhadores à dois tipos de vibração de acordo com a região do corpo atingida (SOEIRO, 2011, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2018)

- a) Vibrações de corpo inteiro (VCI) – transmitidas por meio de máquinas/estruturas móveis ou fixas nas quais os trabalhadores permanecem de pé, deitados ou sentados (reclinados ou não) a depender da via de entrada da fonte de vibração. Estão presentes em atividades com máquinas pesadas tais como: tratores, caminhões, máquinas de terraplanagem, ônibus, aeronaves e outras. São geralmente de baixa frequência e alta amplitude variando na faixa de 1 a 80Hz (mais especificamente na faixa de 1 a 20Hz).
- b) Vibrações em mãos e braços (VMB) – Também conhecidas como vibrações de extremidades, são vibrações que atingem mãos e braços e geralmente são transmitidas através do manuseio de ferramentas manuais vibratórias como: britadeiras, compactadores, motosserras, lixadeiras, entre outros. Estas vibrações situam-se na faixa de 6,5 a 1250 Hz.

A vibração de corpo inteiro (VCI) ocorre quando alguma parte do corpo se encontra apoiada em uma superfície vibratória: sentado em um assento vibratório, de pé em uma plataforma vibratória ou deitado em uma superfície vibratória. Portanto, é notório que as exposições VCI existem em muitas configurações ocupacionais e evidentemente, em trabalhadores em plataformas de perfuração, em operadores de transporte terrestres, tais como como caminhões tratores, empilhadeiras, ônibus, e demais meio de transporte aéreos e marítimos.

A faixa de frequência mais frequentemente relacionada a efeitos à saúde e a níveis de conforto humano varia de 0,5Hz a 100Hz. Para frequências mais baixas (abaixo de 1 Hz) o principal efeito à saúde é o mal do movimento (cinetose) e o desconforto. A exposição às VCI na maioria dos veículos, no entanto, ocorre na faixa de até 20Hz (CANIELLO, 2016).

De acordo com Breviglieri, Possebon e Spinelli (2006) as vibrações de corpo inteiro ocasionadas pela baixa frequência podem causar dores abdominais, dor no peito, náuseas e contrações musculares e, no entretanto, exposições de longa duração podem causar efeitos debilitantes ao sistema nervoso central autônomo, desordem osteomuscular sobretudo na coluna vertebral.

Segundo os mesmos autores as vibrações de longa duração podem causar efeitos debilitantes no sistema nervoso central, causando irritabilidade, fadiga, dores

de cabeça, impotência sexual e distúrbios cardiovasculares, já as de curta duração provoca efeitos fisiológicos, aumenta os batimentos cardíacos ocasionada pelo estresse geral e leve hiperventilação.

Além disso, Kroemer (2015) salienta que a diminuição da acuidade visual é um dos efeitos adversos mais importante quando a vibração ultrapassa 4Hz pois aumenta significativamente o risco de acidentes de motoristas de tratores, caminhões, máquinas de construção e outros veículos haja vista que interfere também no processamento mental da informação e o desempenho em testes de motricidade e de precisão.

De acordo com Griffin (1996) os efeitos da exposição às VCI também podem ser discernidos em cinco grandes grupos: desconforto, interferência nas atividades, agravos à saúde, percepção de frequências da baixa magnitude e mal do movimento, sendo que tais efeitos podem ocorrer de forma isolada ou simultaneamente.

2.1.2 Normatização da exposição humana à vibração

No Brasil, os aspectos relacionados à insalubridade das atividades trabalhistas são regulamentados por meio de Normas Regulamentadoras – NR através da Portaria 3.214/78.

A Norma Regulamentadora nº 15 (NR 15) trata das atividades e operações insalubres e estabelece os limites de tolerância para cada atividade de acordo com a concentração ou intensidade de exposição do trabalhador ao agente nocivo. Esta Norma ressalta que atividades e operações que exponham os trabalhadores às vibrações localizadas ou de corpo inteiro, sem a proteção adequada, devem ser caracterizadas como insalubres.

Em seu anexo 8, a NR 15 faz referência à necessidade de medição da exposição às vibrações nos trabalhadores e indicando duas normas internacionais como critério de medição: ISO 2631-1 – vibração transmitida para o corpo inteiro e ISO 5349 – vibrações localizadas em mãos e braços.

A edição de 1985 da ISO 2631-1 estabelecia limites de exposição e se constituiu a base dos limites de tolerância da legislação brasileira (Anexo 8 da NR 15)

até 1997. A edição da ISO 2631:1997 além de cancelar e substituir a edição anterior suprimiu os limites de exposição (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2018).

Além desta, a ISO 2631: 1985 embasou também a ACGIH (*American Conference of Governmental Industrial Hygienists*) que constitui outra importante referência no âmbito da legislação brasileira, sendo referendada na Norma Regulamentadora NR 09 que trata dos Programas de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA).

Além de todas as normas citadas anteriormente, a Norma de Higiene Ocupacional (NHO 09), publicada pela Coordenação de Higiene do Trabalho da (FUNDACENTRO, 2012), tem como objetivo estabelecer os aspectos técnicos das definições dos parâmetros, critérios e procedimentos e formas de avaliação, sistemas de medição, determinação dos valores, interpretação dos resultados que implique possibilidade de ocorrência de problemas diversos à saúde do trabalhador.

2.1.3 A Norma ISO 2631:1 – Vibração de corpo inteiro

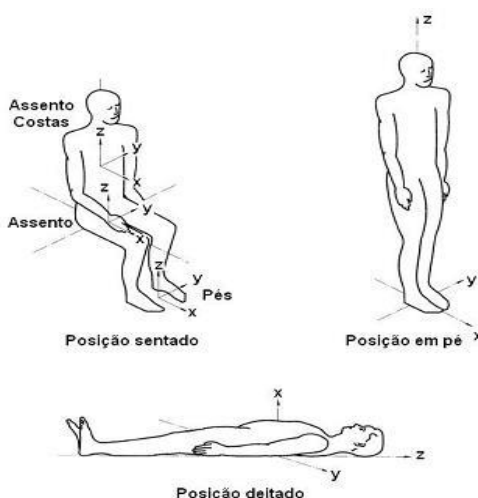
A norma ISO 2631-1 (1997) refere que as vibrações são periódicas, causais e transientes. Embora não apresente limites de exposição à vibração, sua finalidade é definir os métodos que quantificam os níveis de vibração de corpo inteiro com relação à saúde humana e conforto, à probabilidade de percepção e à prevalência de doenças ocupacionais e também indicar os principais fatores relacionados a fim de determinar os níveis aceitáveis de exposição à vibração (LOPES, 2012; PORTELA, 2014).

De acordo com ISO 2631 (1997), existem quatro fatores físicos imprescindíveis para a determinação da vibração no corpo humano tais como: a intensidade, a frequência, a direção e a duração (tempo de exposição) da vibração.

A vibração transmitida ao corpo humano deve ser medida no local entre o corpo e a superfície que emite a vibração. A Norma ISO 2631-1(1997) adota três áreas principais para pessoas sentadas: a superfície de assento, o encosto e os pés. As medidas na superfície do assento devem ser feitas abaixo do osso cóccix, as medidas sobre o encosto são feitas nas costas, na área de sustentação principal, nos pés devem ser feitas na superfície mais próxima em que são apoiados (PORTELA, 2014; CANIELLO, 2016)

As medições de vibração de corpo inteiro devem ser realizadas de acordo com um sistema de coordenadas que se origina no ponto em que a vibração se incorpora ao corpo humano. No caso de pessoas sentadas, em pé ou deitadas são avaliados os três eixos anatômicos, designados como eixo x (direção antero-posterior, coronal ou frontal), eixo y (direção lateral ou denominado eixo sagital, da direita para esquerda) e eixo z (direção longitudinal ou seja, dos pés à cabeça) como demonstrado na figura 02 (ISO 2631-1, 1997).

Figura 02- Sistema de coordenadas dos três eixos corporais.



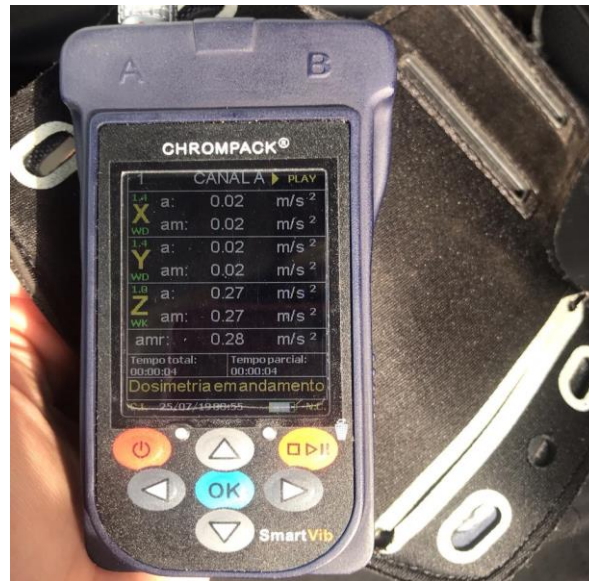
Fonte: ISO 2631-1 (1997).

A medição da vibração é realizada através de um conjunto de instrumentos conectados, sendo o acelerômetro, que se constitui um transdutor de aceleração, responsável por captar o movimento vibratório transformando-o em sinal elétrico proporcional à aceleração e um medidor de vibração que irá processar os dados captados pelo acelerômetro, sendo usado nas avaliações ocupacionais como um instrumento portátil dentro das especificações da norma ISO 8041 (SOEIRO, 2008).

O acelerômetro deve ser posicionado entre a pessoa e as principais áreas de contato da superfície. Para isso, o acelerômetro deve ser preso a uma base circular semirrígida, a qual tem a função de adaptar-se a interface do assento e a região de contato do corpo humano a fim de garantir que o movimento do acelerômetro seja exatamente o movimento do corpo (BRASIL, 2013).

A seguir nas figuras 03 e 04 são exemplificados os modelos de acelerômetro para medição de vibração de corpo inteiro com especial foco na posição sentada.

Figura 03 – Modelo de acelerômetro



Fonte: Autor (2019)

Figura 04 - Acelerômetro posicionado em medição de vibração de corpo inteiro

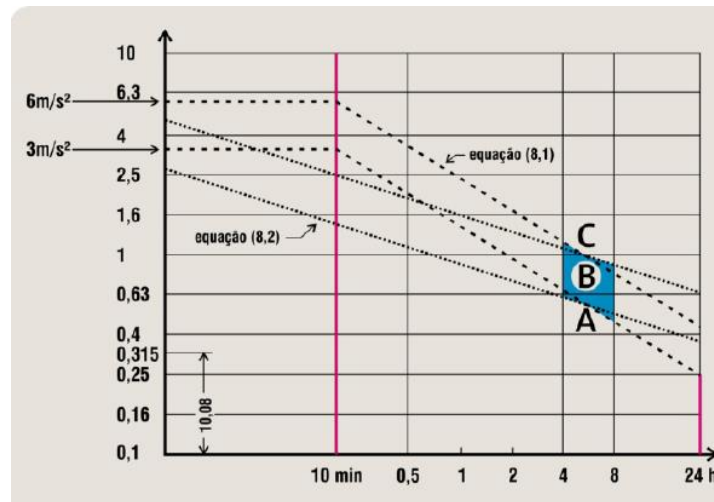


Fonte: Autor (2019)

O equipamento acelerômetro utilizado para fazer a medição descreve valores de aceleração em m/s^2 , autores destacam que o corpo humano é capaz de perceber movimentos com acelerações próximas de $0,01 \text{ m/s}^2$ (GRIFFIN, 1998).

O gráfico proposto pela ISO 2631, denominado “Guia para efeitos da vibração à saúde” (Figura 05) analisa a aceleração ponderada em relação à duração de exposição destacando uma zona de cuidado em relação à saúde para pessoas sentadas (eixo z) no intervalo de tempo entre 4 e 8 horas, quando ocorre a maioria das exposições ocupacionais.

Figura 05. Zonas de precaução em relação à saúde



Fonte: ISO 2631-1 (1997).

De acordo com a norma ISO 2631-1 (1997), a leitura do gráfico deve ser feita da seguinte maneira:

- a região A (até $0,43 \text{ m/s}^2$) da curva significa que os efeitos à saúde não tem sido claramente documentados ou observados objetivamente;
- a região B (área hachurada da curva $0,43 \text{ m.s-2}$ a $0,78 \text{ m/s}^2$) significa precauções em relação aos riscos potenciais a saúde;
- a região C (acima de $0,78 \text{ m/s}^2$) significa riscos prováveis à saúde.

Ainda segundo a ISO 2631, a avaliação do efeito à saúde deve ser feita de forma independente para cada eixo devendo ser considerada para comparação ao gráfico acima, a maior intensidade de aceleração ponderada em qualquer um dos eixos. (SOEIRO, 2011).

Lopes (2012) destaca que a experiência para aplicação desta parte da norma é limitada para os eixos X e Y (pessoas sentadas) e para todos os eixos nas posições em pé, deitado ou reclinado.

2.1.4 A Norma de Higiene Ocupacional (NHO 09) - Procedimento Técnico

Citada pela NR 15 a NHO 09, estabelece os procedimentos técnicos para avaliação de vibração de corpo, e os dados obtidos devem ser comparados de acordo com as metodologias apresentadas abaixo.

Conforme NHO 09 (2013, pag 11) aceleração instantânea [$a_j(t)$]: valor da aceleração ponderada em frequência, no instante de tempo “t”, expressa em m/s^2 , segundo um determinado eixo de direção “j”, sendo que “j” corresponde aos eixos ortogonais “x”, “y” ou “z”

Conforme NHO 09 (2013, pag. 11) aceleração média (am_j): raiz média quadrática dos diversos valores da aceleração instantânea ocorridos em um período de medição, expressa em m/s^2 , na direção “j”, definida pela expressão que segue:

$$am_j = \left\{ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a_j^2(t) dt \right\}^{1/2} \quad [m/s^2]$$

Sendo que $a_j(t)$ corresponde aos valores $a_x(t)$, $a_y(t)$ ou $a_z(t)$, em m/s^2 , segundo os eixos ortogonais x, y e z, respectivamente, e $t_2 - t_1$ ao intervalo de medição.

Conforme NHO 09 (2013, pag 12) aceleração média resultante (am_r)¹: corresponde à raiz quadrada da soma dos quadrados das acelerações médias, medidas segundo os três eixos ortogonais “x”, “y” e “z”, definida pela expressão que segue:

$$am_r = \sqrt{(f_x am_x)^2 + (f_y am_y)^2 + (f_z am_z)^2} \quad [m/s^2]$$

Sendo:

am_j = aceleração média;

f_j = fator de multiplicação em função do eixo considerado ($f = 1,4$ para os eixos “x” e “y” e $f = 1,0$ para o eixo z).

Conforme NHO 09 (2013, pag. 12) aceleração resultante de exposição parcial ($arep_i$): corresponde à aceleração média resultante representativa da exposição ocupacional relativa à componente de exposição “i”, ocorrida em uma parcela de tempo da jornada diária, considerando os três eixos ortogonais. Este parâmetro poderá ser resultado de uma média aritmética das acelerações obtidas cada vez que a componente de exposição é repetida, conforme expressão que segue:

$$arep_i = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s amr_{ik} \quad [m/s^2]$$

Sendo:

amr_{ik} = aceleração média resultante relativa à k ésima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição “ i ”;

s = número de amostras da componente de exposição “ i ” que foram mensuradas.

Conforme NHO 09 (2013, pág. 13) aceleração resultante de exposição (are): corresponde à aceleração média resultante representativa da exposição ocupacional diária, considerando os três eixos ortogonais e as diversas componentes de exposição identificadas, definida pela expressão que segue:

$$are = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^m n_i arep_i^2 T_i} \quad [m/s^2]$$

Sendo:

$arep_i$ = aceleração resultante de exposição parcial;

n_i = número de repetições da componente de exposição “ i ” ao longo da jornada de trabalho;

T = tempo² de duração da componente de exposição “ i ”;

m = número de componentes de exposição que compõem a exposição diária;

T = tempo de duração da jornada diária de trabalho.

Conforme NHO 09 (2013, pag. 13) aceleração resultante de exposição normalizada ($aren$): corresponde à aceleração resultante de exposição (are) convertida para uma jornada diária padrão de 8 horas, determinada pela seguinte expressão:

$$aren = are \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad [m/s^2]$$

Sendo:

are = aceleração resultante de exposição;

T = tempo de duração da jornada diária de trabalho expresso em horas ou minutos;

T₀ = 8 horas ou 480 minutos

Conforme NHO 09 (2013, pag. 15) valor da dose de vibração (VDV_j): corresponde ao valor obtido a partir do método de dose de vibração à quarta potência³ determinado na direção “j”, sendo que “j” corresponde aos eixos ortogonais “x”, “y” ou “z”, expresso em m/s^{1,75}, definido pela expressão que segue:

$$VDV_j = \sqrt[4]{\int_0^t [a_j(t)]^4 dt} \quad [m / s^{1,75}]$$

3

Sendo:

a_j(t) = *aceleração instantânea* ponderada em frequência;

t = tempo de duração da medição.

Conforme NHO 09 (2013, pag. 15) valor da dose de vibração (VDV_{ji}): corresponde ao valor de dose de vibração, determinado na direção “j”, relativo às “s” amostras da componente de exposição “i” que foram mensuradas, definido pela expressão que segue:

$$VDV_{ji} = \left[\sum_{k=1}^s (VDV_{jik})^4 \right]^{1/4} \quad [m / s^{1,75}]$$

Sendo:

VDV_{jik} = valor de dose de vibração relativa à késima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição “i”;

s = número de amostras da componente de exposição “i” que foram mensuradas.

Conforme NHO 09 (2013, pag. 15) valor da dose de vibração da exposição parcial (VDV_{expji}): corresponde ao valor de dose de vibração representativo da

exposição ocupacional diária no eixo “j”, relativo à componente de exposição “i”, que pode ser obtido por meio da expressão que segue:

$$VDV \exp_{ji} = f_j \times VDV_{ji} \times \left(\frac{T_{exp}}{T_{amos}} \right)^{1/4} \quad [m / s^{1,75}]$$

Sendo:

VDV_{ji} = valor da dose de vibração medido no eixo “j”, relativo à componente de exposição “i”;

T_{exp} = tempo total de exposição à vibração, ao longo de toda a jornada de trabalho, decorrente da componente de exposição “i” em estudo. Corresponde ao número de repetições da componente vezes o seu tempo de duração;

T_{amos} = tempo total utilizado para a medição das “s” amostras representativas da componente de exposição “i”, em estudo:

$$T_{amos} = \sum_{k=1}^s T_k$$

T_k = tempo de medição relativo à késima amostra selecionada dentre as repetições da *componente de exposição* “i”;

s = número de amostras da componente de exposição “i” que foram mensuradas;

f_j = fator de multiplicação em função do eixo considerado ($f = 1,4$ para os eixos “x” e “y” e $f = 1,0$ para o eixo “z”).

Conforme NHO 09 (2013, pag. 16) valor da dose de vibração da exposição (VDV_{expj}): corresponde ao valor de dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária em cada eixo de medição, que pode ser obtido por meio da expressão que segue:

$$VDV \exp_j = \left[\sum_{i=1}^m (VDV \exp_{ji})^4 \right]^{1/4} \quad [m / s^{1,75}]$$

Sendo:

VDV_{expj} = valor da dose de vibração da exposição representativo da exposição ocupacional diária no eixo “j”, relativo à componente de exposição “i”;

m = número de componentes de exposição que compõem a exposição diária.

Conforme NHO 09 (2013, pag. 17) valor da dose de vibração resultante (VDVR): corresponde ao valor da dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária, considerando a resultante dos três eixos de medição, que pode ser obtido por meio da expressão que segue:

$$VDVR = \left[\sum_j (VDV_{exp_j})^4 \right]^{1/4} \quad [m / s^{1,75}]$$

Sendo:

VDV_{exp_j} = valor da dose de vibração da exposição, representativo da exposição ocupacional diária no eixo “j”, sendo “j” igual a “x”, “y” ou “z”.

2.1.5 Vibração em tratores agrícolas

A abordagem ergonômica em postos de trabalhos conduz à uma análise da tarefa, da postura e dos movimentos do trabalhador como também das suas exigências físicas e cognitivas, portanto para uma análise do posto onde o homem opera apenas uma máquina, deve-se considerar o estudo das interações entre o homem, a máquina e o ambiente (IIDA, 2005).

O mesmo autor afirma que o trabalho com máquinas agrícolas é muito árduo visto que além das condições ambientais desfavoráveis anteriormente citadas, o tratorista deve tentar se manter em postura estável apesar de vibrar e ser movimentado o tempo todo e ainda controlar a direção do trator para frente em mesmo tempo que o trabalho é executado na parte de trás.

A respeito da necessidade de se buscar conforto e segurança para operadores de tratores agrícolas Monteiro (2011) e Sandi (2015) revelam que os contínuos avanços científicos nos últimos anos modificam constantemente a estrutura, capacidade, funções e ergonomia dos tratores agrícolas bem como disponibilizam novas tecnologias de gerenciamento e de controle de desempenho aos operadores.

Assim, entende-se que muito já se avançou a respeito da elaboração de projetos de máquinas agrícolas mais adequadas na minimização do desgaste físico e psíquico do condutor, sustentado pela tecnologia e legislação tornando notória a atenção de profissionais de diversas áreas quanto à preocupação com o conforto e a segurança do operador de tratores agrícolas em razão da periculosidade que essas máquinas apresentam em relação aos acidentes envolvidos neste contexto (ROZIN, 2004).

Neste sentido Schlosser et. al (2002), revelam que a adequação do posto de trabalho do operador de máquina agrícola é possível com incorporação de itens qualitativos de conforto, como cabinas, dispositivos eletrônicos de controle e dispositivos absorvedores de vibrações.

É notório o crescente número de estudos nacionais especificamente sobre a relação entre vibrações de corpo inteiro incidentes em motoristas de máquinas agrícolas com o intuito de quantificá-las para que possam ocorrer adaptações dos maquinários ou legislações.

Lopes (2012) desenvolveu uma pesquisa comparativa sobre o nível de vibração de corpo inteiro gerado por três modelos de colhedoras de cana-de-açúcar durante o corte mecanizado e concluíram que as variáveis que influenciaram foram o tipo de terreno, ondulações, depressões, esteira metálica das máquinas, amortecedores uso do cinto de segurança pelo operador e o tempo de exposição no interior da máquina.

Moraes (2015) comparou os níveis de vibração em um trator agrícola ensaiado em pista normatizada em quatro velocidades de deslocamento ($V_1=2,5$ km/h, $V_2=3,0$ km/h, $V_3=3,6$ km/h e $V_4=4,4$ km/h) constatando que os valores de dose de vibração foram crescentes com o aumento da velocidade de deslocamento sendo que o eixo x foi aquele que apresentou os maiores valores de dose de vibração.

Ribas (2014) avaliou as vibrações de corpo inteiro incidentes em operador de trator agrícola utilizando pneus radiais, com três diferentes pressões de insuflagem (41,69 e 96kPa) durante a operação de semeadura. Segundo o autor todos os tratamentos apresentaram resultados que ficaram na faixa de extremamente desconfortável, segundo os limites considerados pela Norma ISO 2631. Não foi identificada diferenças significativas quando a pressão de insuflagem do pneu foi alterada. Corroborando com estudo de Moraes (2015) o eixo X, horizontal frontal, apresentou os maiores valores de vibração incidentes no operador.

Tosin (2009) desenvolveu uma pesquisa bastante complexa, visando avaliar os efeitos ocupacionais tanto do ruído quanto da vibração (VCI e VMB), em dois tratores um sem cabine de 55,2 kW e um cabinado de 80,9 Kw), em três diferentes tipos de pistas (asfalto, concreto e solo firme) e em quatro diferentes pressões de inflação dos pneus (103,4; 137,9; 172,4 e 206,8 kPa) e em três diferentes velocidades médias de deslocamento (1,0; 1,4 e 1,9 m/s). O estudo permitiu algumas constatações tais como: o aumento da vibração é diretamente proporcional ao aumento da potência no trator; o tempo levado para entrar no nível de alerta vibracional, assim como no nível limite, é inversamente proporcional a velocidade de deslocamento do trator. Além disso, as pistas de asfalto e solo firme absorveram mais as vibrações geradas pelo trator do que a pista de concreto. Sobre a pressão de inflação, notou-se que o pneu com 206,8 kPa pode absorver em maior quantidade a vibração gerada pelo trator.

Andrade (2016) analisou vibração e ruído em um trator com e sem implemento acoplado ao trator, deslocando-se em três diferentes superfícies de rolamento (pista de vibração normatizada, de concreto e de solo mobilizado). A autora observou que apenas os valores encontrados na pista padronizada de ensaio de vibração ficaram acima do nível de ação (faixa entre 0,5 e 0,9 m/s²) e destacou que a cooperação benéfica do implemento na atenuação dos valores de vibração foi observada quando o trator se deslocou sobre as pistas com superfícies irregulares.

Sandi (2015) realizou avaliação da vibração que incide sobre o corpo inteiro do operador através do assento de um trator agrícola em uma pista de vibração padronizada considerando três variáveis: condições de lastragem (completamente lastrado, empregando somente lastro sólido, somente lastro líquido e completamente sem lastros), velocidades de deslocamento (1,19 m/s; 1,47 m/s; 1,75 m/s e 2,08 m/s), e diferentes combinações de pressões de inflação nos pneus dianteiros e traseiros. Entre outros achados, a pesquisa apontou que a lastragem completa da máquina ocasionou as condições menos prejudiciais ao operador quando combinada com as menores velocidades de deslocamento. Estas últimas resultaram nas melhores condições de conforto em relação a vibração do corpo do operador enquanto as maiores velocidades geraram as piores condições de trabalho em todos os parâmetros avaliados, exceto para a aceleração mínima resultante. Concordando com estudos de Ribas (2012) o autor afirma que as combinações de pressões de inflação utilizadas nos ensaios não apresentaram influência nos resultados encontrados

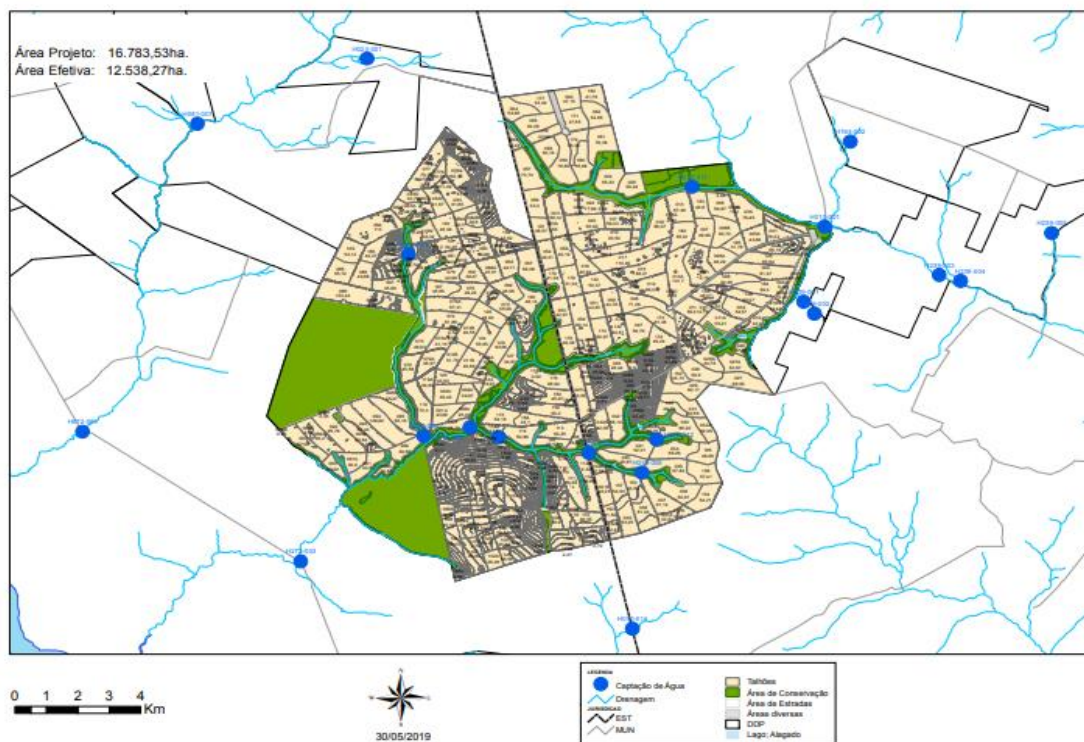
Almeida (2011) quantificou os níveis de vibração linear a que 48 operadores de máquinas de colheita florestal do segmento de papel e celulose eram expostos durante a jornada de trabalho por meio da Análise Ergonômica do Trabalho. As medições dos níveis de vibração apresentaram níveis acima das recomendações da norma ISO e o Nível da Ação do Valor Limite de Exposição (NA/VLE) para as máquinas se mostraram acima das recomendações da diretiva europeia 2002/44. A autora adverte ainda que a tarefa do operador de máquina de colheita florestal é bastante complexa e de alta exigência cognitiva e motora, e que apesar da sofisticação tecnológica das referidas máquinas ainda há muito o que melhorar quanto às vibrações mecânicas a que estão sujeitos os operadores.

Acompanhando os estudos sobre a ergonomia do trabalho em máquinas agrícolas nota-se uma lacuna no que tange especificamente estudos voltados ao âmbito da silvicultura.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A coleta de dados foi realizada em uma fazenda do município de Três Lagoas, Mato Grosso do Sul, com área de total de 12.538,27ha, conforme figura 6, com solo predominante latossolo e relevo plano, onde foram coletadas 3 amostras, sendo a 1ª amostra realizada no talhão 011B, com área de 49,69ha, coordenadas geográficas latitude 20.42040 S e longitude 51.82354 W, a 2ª amostra foi realizada no talhão 068ª, com área de 43,01ha, coordenada geográfica latitude 20.39318 S e longitude 51.81708 W, a 3ª amostra foi realizada no talhão 020, com área de 65,83 ha, coordenada geográfica latitude 20.37956 S e longitude 51.79254 W

Figura 06 – Mapa da fazenda do estudo



Fonte: Autor (2019)

3.1 Instrumentos para aquisição de dados

Para aquisição dos dados foi utilizado o analisador de vibrações Marca Larson Davis modelo HVN 100, conforme apresentado na figura 07 que possibilita realizar medições das vibrações de corpo inteiro situadas na faixa de 01 a 80 Hz.

O acelerômetro utilizado encontrava-se com sua calibração dentro do período estabelecido, sendo anexado o seu laudo de calibração neste trabalho (ANEXO 1).

Figura 07 – Acelerômetro HVN 100



Fonte: Autor (2019)

3.2 Máquina agrícola avaliada

O equipamento avaliado na atividade de preparo de solo na área de silvicultura, foi o trator da Marca Jhon Deere modelo 7230 conforme figura 08, que possui 230 CV e 169 kW em potência do motor em rotação nominal, possui pneus com câmara com 50 % de lastro de água em ambos, sendo calibrados com 25 libras na traseira e 24 libras na dianteira.

O equipamento avaliado nesta atividade de preparo de solo é responsável por arrastar um implemento conhecido no meio florestal como subsolador, que transporta adubo fertilizante em uma caixa conforme figura 08.

Figura 08 – Trator Jhon Deere modelo 7230 e subsolador



Fonte: Autor (2019)

3.3 Atividade avaliada

Atividade de preparo de solo para realização de plantio avaliada, consiste na abertura do solo a uma profundidade de aproximadamente 40 cm e largura de 1,20 m, utilizando trator agrícola e subsolador que transporta adubo fertilizante, conforme a figura 09.

Figura 09 – Máquina realizando atividade



Fonte: Autor (2019)

3.4 Critérios de medição

As avaliações de corpo inteiro na atividade de preparo de solo foram realizadas durante o período diurno, solo seco, com presença de resíduos e tocos de eucalipto conforme figura 10.

Figura 10 - Local de realização da atividade



Fonte: Autor (2019)

3.5 Coleta de dados

A coleta de dados foi realizada em 3 momentos, sendo a 1° amostra em 14/03/2018, com total de 60 minutos de tempo de medição, 2° amostra em 18/04/2018, com total de 97 minutos de tempo de medição e a 3° amostra em 09/07/2018, como total de 53 minutos de tempo de medição, onde foram obtidos os seguintes resultados apresentados nas tabelas 1, 2 e 3, para aceleração resultante normalizada (AREN) e valor de dose de vibração resultante (VDVR).

Após a realização das 3 medições os dados foram exportados para o software Blaze para tabulação e análise segundo a Norma ISO 2631:1/ 1997. Sendo demonstrados os gráficos de acordo com as amostras 1, 2 e 3, representados pelos 3 eixos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação na 1ª amostra, foi realizada em solo com presença de resíduos de eucalipto a uma velocidade de trabalho 9 km/h, tendo os resultados demonstrados na tabela 01.

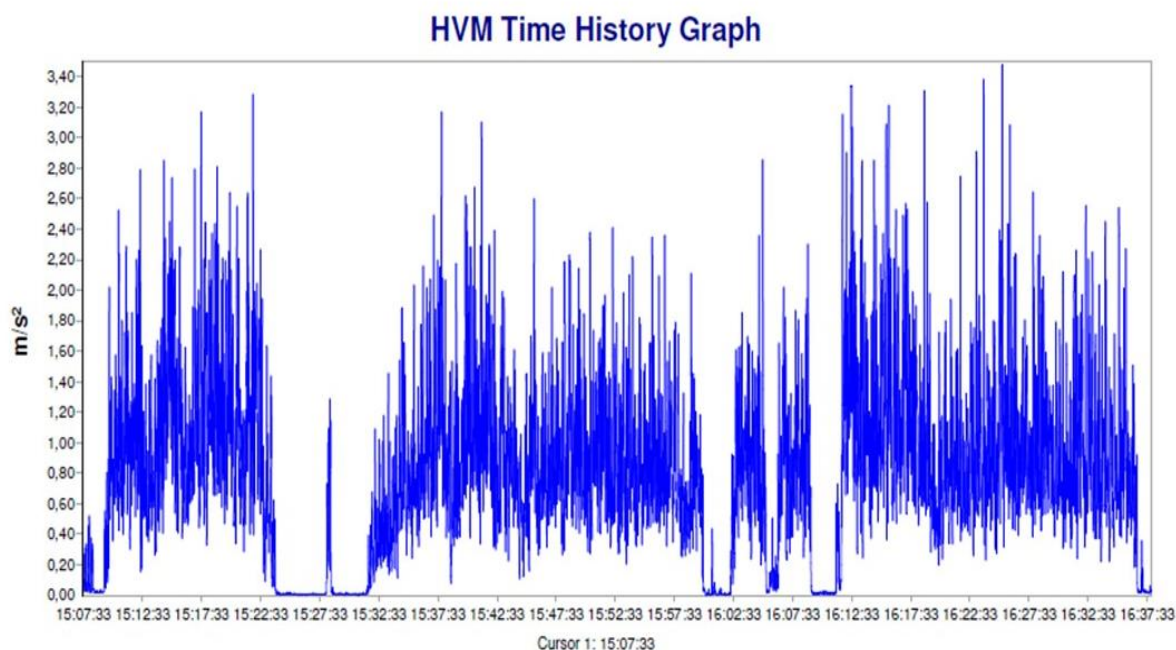
Tabela 01 – Valores obtidos da avaliação ambiental amostra 1

| Valores de Aceleração Obtidos na Avaliação Total (Aeq Total) | | | | | Tempo Total da Jornada de Trabalho (min.) | Tempo Total de Exposição na Atividade (min.) | Resultados Normalizados | |
|--|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|---|--|--------------------------|-----------------------------|
| Eixo X (m/s ²) | Eixo Y (m/s ²) | Eixo Z (m/s ²) | Sum (Are)(m/s ²) | VDV (m/s ^{1,75}) | | | Aren (m/s ²) | VDVR (m/s ^{1,75}) |
| 0,95 | 1,06 | 0,77 | 2,14 | - | 645 | 330 | 1,9 | 32,9 |

Fonte: Autor (2019)

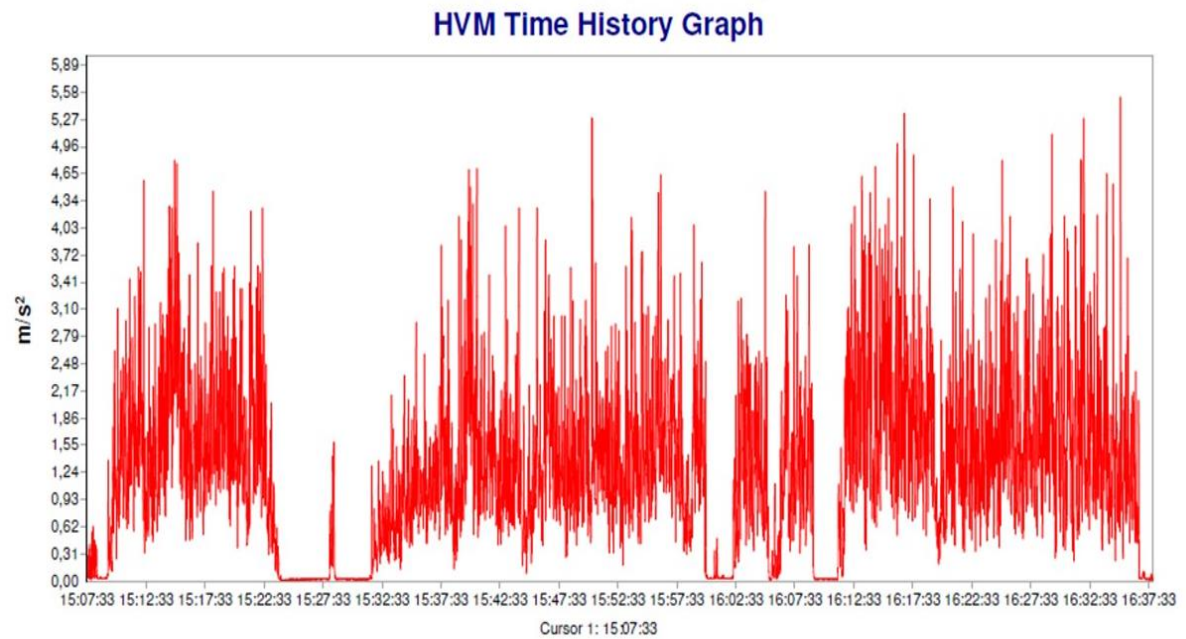
1ª Amostra - gráficos dos eixos x, y e z.

Gráfico 01 – 1ª amostra Eixo x



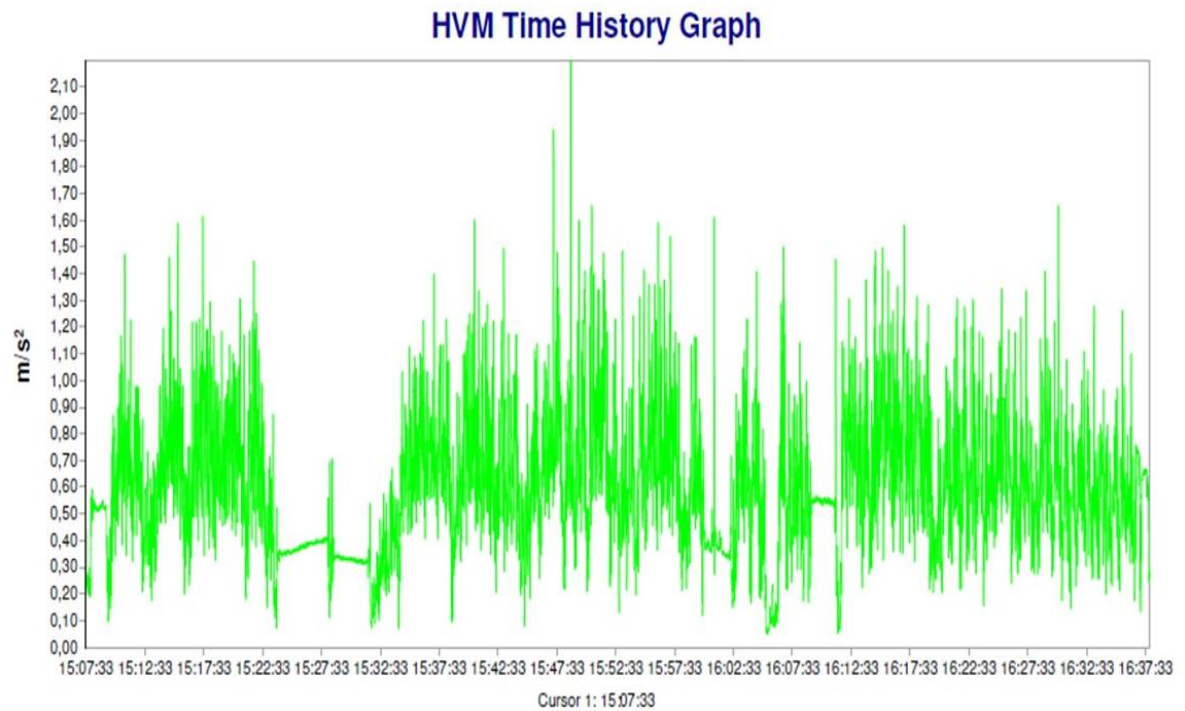
Fonte: Autor (2019)

Gráfico 02- 1º amostra eixo y



Fonte: Autor (2019)

Gráfico 03 – 1º amostra eixo z



Fonte: Autor (2019)

A avaliação na 2ª amostra, foi realizada em solo com presença de resíduos de eucalipto a uma velocidade de trabalho 7 km/h, tendo os resultados demonstrados na tabela 02

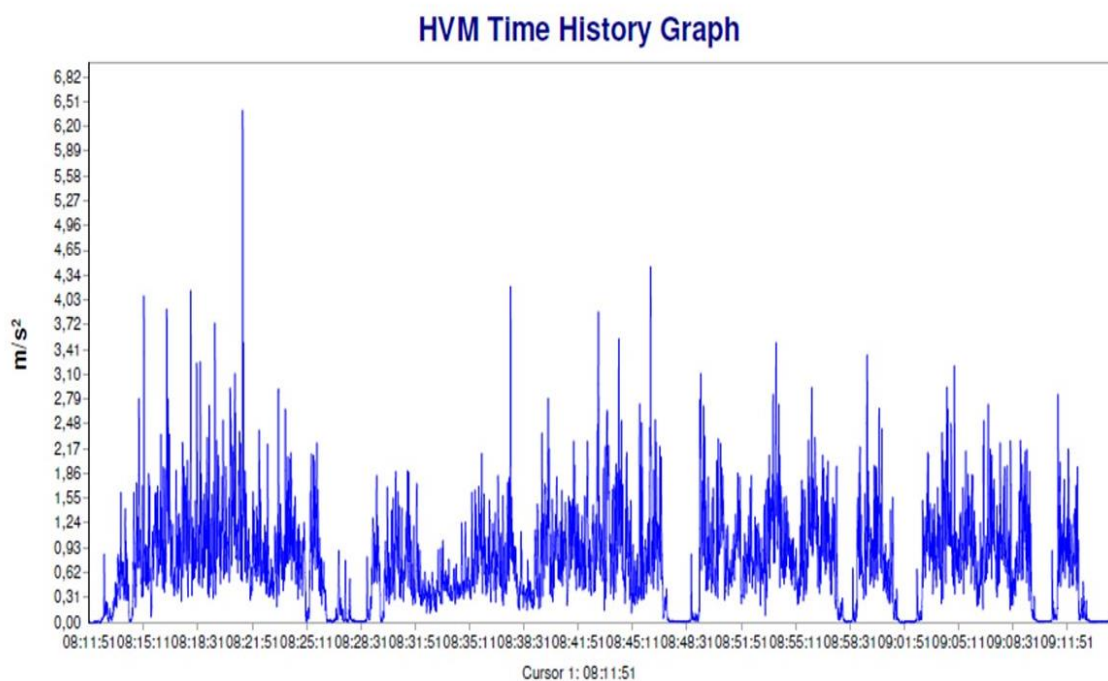
Tabela 02 – Valores obtidos da avaliação ambiental amostra 2

| Valores de Aceleração Obtidos na Avaliação Total (Aeq Total) | | | | | Tempo Total da Jornada de Trabalho (min.) | Tempo Total de Exposição na Atividade (min.) | Resultados Normalizados | |
|--|---------------|---------------|-----------------|---------------|---|--|-------------------------|----------------|
| Eixo X (m/s²) | Eixo Y (m/s²) | Eixo Z (m/s²) | Sum (Aeq)(m/s²) | VDV (m/s1,75) | | | Aren (m/s²) | VDVR (m/s1,75) |
| 0,97 | 1,56 | 0,64 | 2,66 | - | 645 | 330 | 1,5 | 25,1 |

Fonte: Autor (2019)

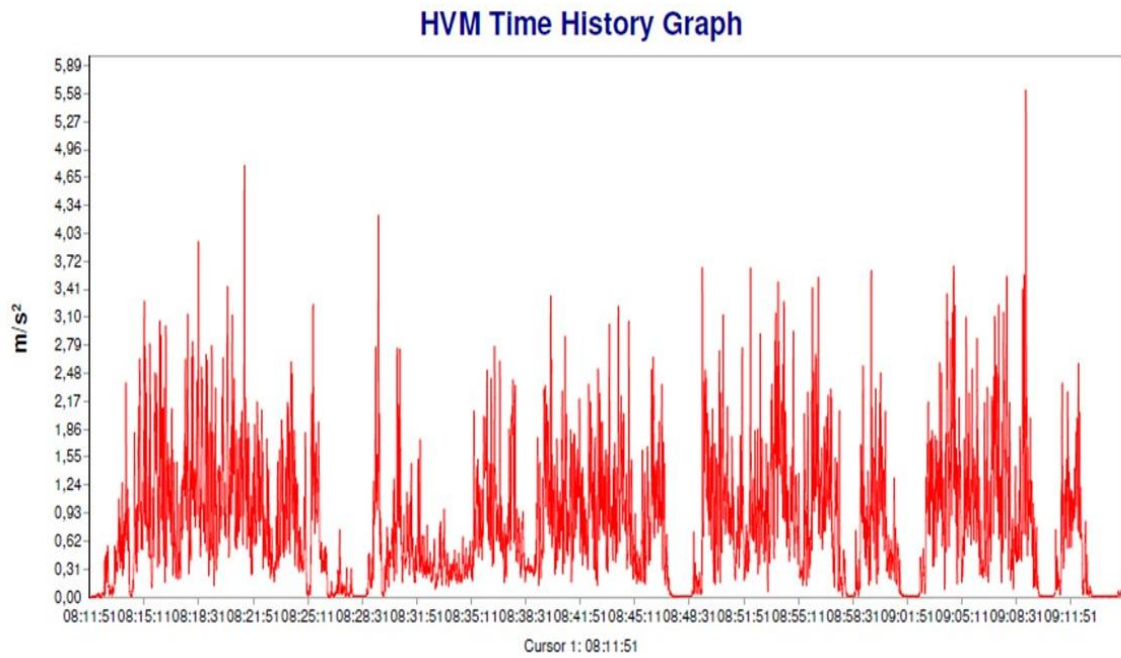
2ª Amostra - gráficos dos eixos x, y e z.

Gráfico 04 – 2ª amostra eixo x



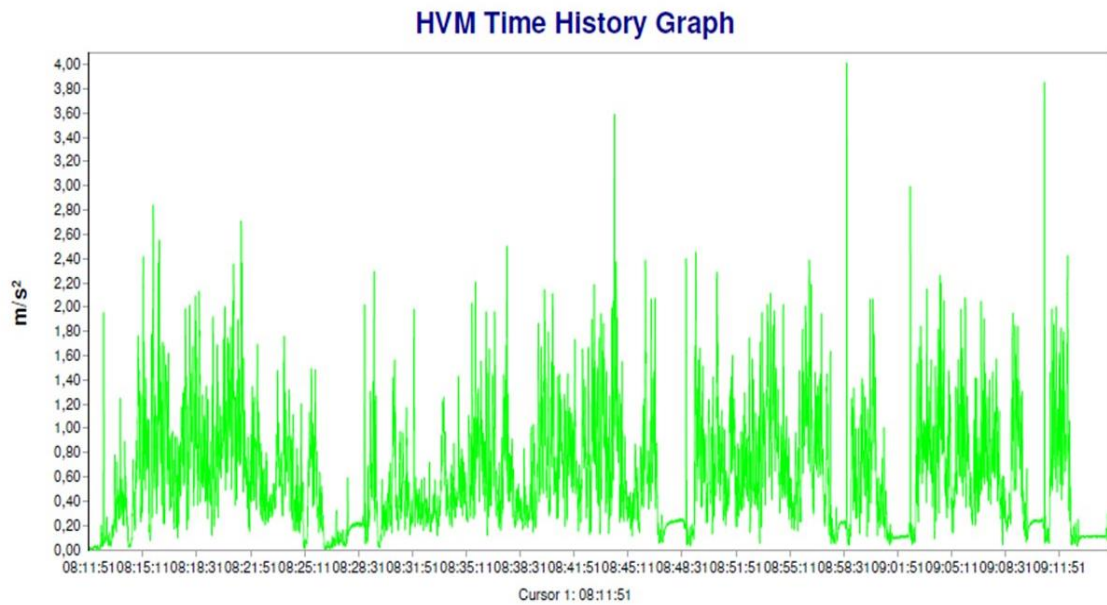
Fonte: Autor (2019)

Gráfico 05 – 2° amostra eixo y



Fonte: Autor (2019)

Gráfico 06 – 2° amostra eixo z



Fonte: Autor (2019)

A avaliação na 3° amostra, foi realizada em solo com presença de resíduos de eucalipto a uma velocidade de trabalho 6 km/h, tendo os resultados demonstrados na tabela 03.

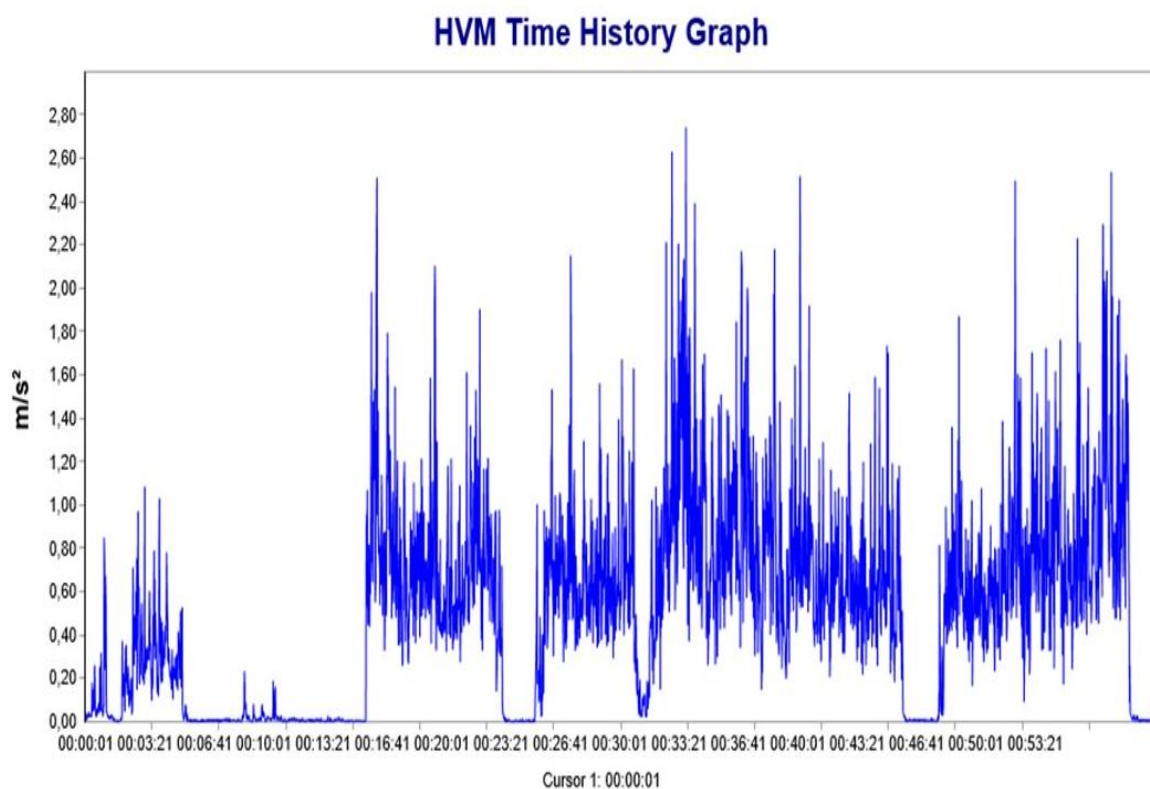
Tabela 03 – Valores obtidos da avaliação ambiental amostra 3

| Valores de Aceleração Obtidos na Avaliação Total (Aeq Total) | | | | | Tempo Total da Jornada de Trabalho (min.) | Tempo Total de Exposição na Atividade (min.) | Resultados Normalizados | |
|--|----------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|---|--|--------------------------|-----------------------------|
| Eixo X (m/s ²) | Eixo Y (m/s ²) | Eixo Z (m/s ²) | Sum (Are)(m/s ²) | VDV (m/s ^{1,75}) | | | Aren (m/s ²) | VDVR (m/s ^{1,75}) |
| 0,68 | 0,7 | 0,82 | 1,6 | 78 | 645 | 330 | 1,1 | 18 |

Fonte: Autor (2019)

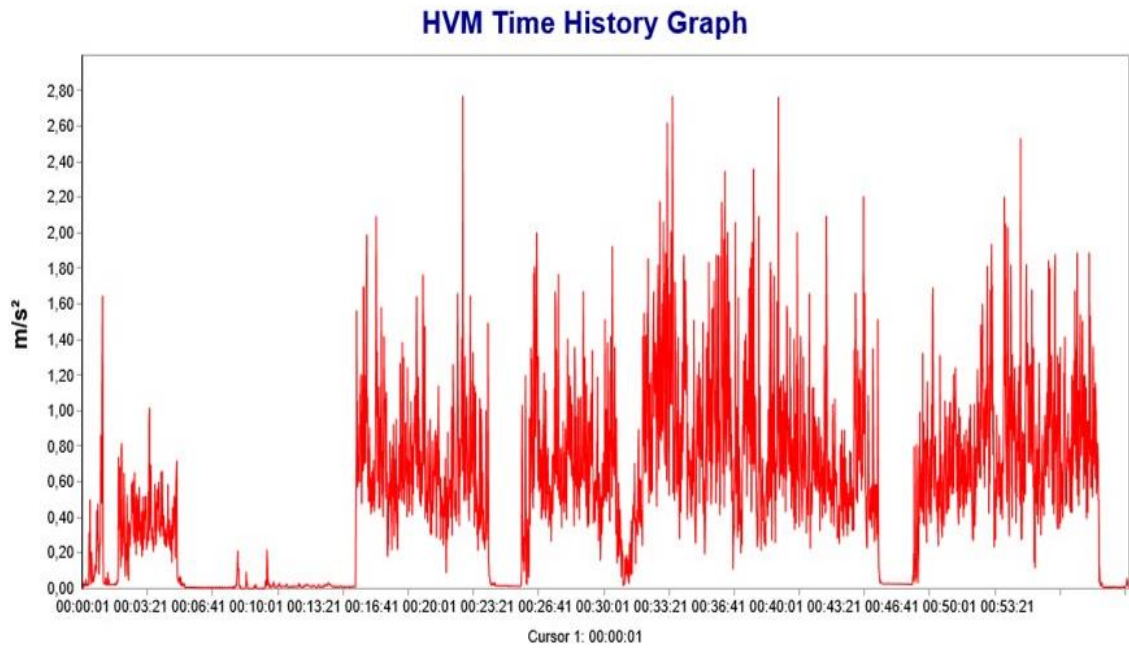
3ª Amostra - gráficos dos eixos x, y e z.

Gráfico 07 – 3ª amostra eixo x



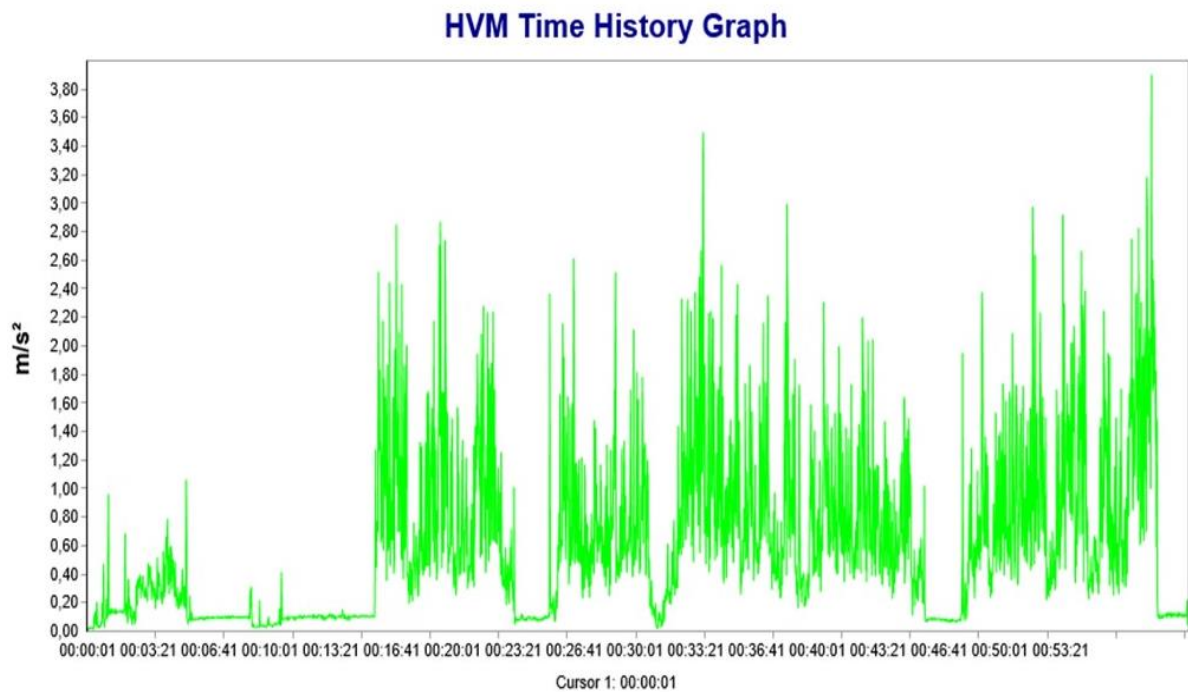
Fonte: Autor (2019)

Gráfico 08 – 3º amostra eixo y



Fonte: Autor (2019)

Gráfico 09- 3º amostra eixo z



Fonte: Autor (2019)

Comparado os três resultados os eixos que apresentaram maiores valores em cada amostra foram: eixo y que corta o corpo humano da direita para esquerda na 1ª e 2ª amostras, eixo z que corta o corpo humano dos pés à cabeça na 3ª amostra.

Nas 1ª e 2ª amostra o eixo y predominou devido as velocidades de condução do trator serem mais altas fazendo que o operador das máquinas ficasse com tronco em movimento para direita e esquerda. Na 3ª amostra, com predomínio do eixo z, a velocidade da máquina foi reduzida, porém devido ao solo contém resíduos de eucalipto os impactos sofridos pela máquina impactam diretamente o operador do trator.

Os resultados obtidos nas três amostras de avaliação de vibração de corpo inteiro na realização da atividade de preparo de solo da silvicultura foram necessários para mostrar que diante das particularidades desta atividade, se faz necessário evoluir mais estudos deste ambiente de trabalho, uma vez que foi possível obter resultados que ultrapassaram os limites de tolerância em 2 amostras, e apenas 1 amostra com resultado satisfatório.

Atribuindo o critério de julgamento para vibração de corpo inteiro proposta pela NHO 09 demonstrada na tabela 04, para 1ª e 2ª amostra, se faz necessário adoção imediata de medidas corretivas, por estar acima do limite de exposição.

Kroemer (2015) ressalta que do ponto de vista da ergonomia, tratores, veículos pesados e máquinas de construção, com frequências geralmente entre 2 e 5 Hz e operando por oito horas no dia, exigem um limite de aceleração oscilatória de 0,3 - 0,45 m/s. Porém o mesmo autor propõe que quando estes limites forem excedidos, sua redução seja possível por meio da conjugação do uso de uma melhor suspensão do eixo dos veículos e de melhores assentos para o condutor.

Além disso, recomenda-se que devam ser adotadas medidas corretivas, entre as quais: a redução do tempo e da intensidade de exposição diária à vibração, a alteração de processos, operações, rotinas ou reorganização dos postos de trabalho (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2018).

Para 3ª amostra, se faz necessário adoção de medidas preventivas e corretivas visando a redução da exposição diária devido estar em uma região de incerteza.

Tabela 04 – Critério de julgamento

| Aren (m/s²) | VDVR (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: Fundacentro, NHO 09 (2013, pág. 39)

4.1 MEDIDAS PROPOSTAS

A atividade de preparo de solo em áreas de reforma é uma atividade que exige muito esforço por parte da máquina utilizada, devido a presença de resíduos e tocos de eucaliptos, no entanto dentro do processo operacional existem meios de diminuir a exposição dos operadores de máquinas às vibrações de corpo inteiro sem causar impactos negativos na produção e qualidade da atividade.

Diante do exposto sugere-se algumas soluções de cunho operacional tais como:

1 – Atividade de colheita deve realizar o corte o mais próximo possível do solo, evitando que os tocos de eucalipto fiquem altos.

2 – O carregamento de madeira em caminhões deve deixar o mínimo de resíduos na área.

3 - Aplicar o enleiramento da madeira restante dos processos anteriores.

4 - Realizar atividade de rolo faca para quebrar os resíduos de madeira.

5 - Realizar atividade com afastador de resíduos da linha de preparação do solo.

6 - Realizar o realinhamento de linha de acordo com projeto do talhão.

7 - Manter a velocidade do trator não superior as 5,5 km/h.

Infere-se também que a manutenção da máquina agrícola para esta atividade é extremamente importante para que os impactos no operador sejam minimizados, com medidas preventivas:

- 1- Manutenção do banco da máquina conforme exigência do manual do fabricante com reaperto e lubrificação.
- 2- Manter os pneus dos tratores sempre calibrados e com nível entre 50 % de água na dianteira e 60 % de água na traseira.
- 3- Instalar cinto de segurança de 4 pontos, tornando o operador com melhor fixação com o banco da máquina.

Entre as medidas preventivas obrigatórias quando os níveis de ação são superados incluem-se: a orientação e conscientização dos trabalhadores, o controle médico, a avaliação periódica da exposição e a adoção de procedimentos e métodos de trabalho alternativos que permitam diminuir a exposição ao agente.

Caso as medidas acima não forem suficientes, sugere-se ainda a diminuição da exposição do colaborador nesta atividade com a diminuição da carga horária de trabalho ou revezamento entre operadores das máquinas e monitoramento através de exames médicos dos operadores de trator agrícola (UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, 2018).

5 CONCLUSÃO

No presente estudo evidenciou-se por meio dos resultados obtidos que os tratoristas e operadores de máquinas da atividade de preparo de solo na silvicultura merecem atenção especial no quesito vibração de corpo inteiro visto que as análises realizadas nas três amostras demonstraram que os valores de vibração às quais o operador do equipamento encontra-se sujeito foram crescentes com o aumento da velocidade de deslocamento do trator.

Ao quantificar os níveis de vibrações de corpo inteiro de um trator agrícola em diferentes velocidades de deslocamento durante a fase de preparo de solo para silvicultura com base nos limites preconizados pelas normas regulamentadoras nacionais e internacionais percebeu-se que em dois cenários os trabalhadores estão expostos a atividades e operações insalubres sendo imprescindíveis mudanças imediatas de controle e em apenas um cenário os limites estão sendo respeitados.

Diante do exposto seguir as recomendações propostas operacionais, de manutenção e controle de jornada de trabalho são fundamentais para garantir os níveis aceitáveis de exposição à vibração de corpo inteiro para realização desta atividade.

REFERÊNCIAS

ANFLOR, C.T.M. **Estudo da transmissibilidade da vibração no corpo humano na posição vertical e desenvolvimento de um modelo biodinâmico de quatro graus de liberdade**. 2003. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Curso de pós-graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS.

ALMEIDA, S. F. **Análise de fatores ergonômicos na colheita florestal mecanizada com ênfase na exposição humana às vibrações mecânicas**. 2011. 134p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas, 2011.

ANDRADE, P.A. M. et al. **Vibração e ruído em um trator agrícola submetido a diferentes superfícies de rolamento**. In: I CONGRESSO INTERNACIONAL DE ERGONOMIA APLICADA. Recife, 2016.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora NR 9: Programa de prevenção de riscos ambientais**. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF80808148EC2E5E014961B76D3533A2/NR-09%20\(atualizada%202014\)%20II.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF80808148EC2E5E014961B76D3533A2/NR-09%20(atualizada%202014)%20II.pdf)>. Acesso em Jul. 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora NR 15**, Anexo 8. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A47594D040147D14CDC9C6FC1/NR-15%20\(Anexo%20n.%C2%BA%2008\)%20Vibra%C3%A7%C3%B5es%20\(2014\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A47594D040147D14CDC9C6FC1/NR-15%20(Anexo%20n.%C2%BA%2008)%20Vibra%C3%A7%C3%B5es%20(2014).pdf)>. Acesso em jul. 2019.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora NR 17: Ergonomia**. Disponível em < <http://mte.gov.br/sit/nrs/>> Acesso em Jul. 19].

BREVIOLIERO, E.; POSSEBON, J.; SPINELLI, R. **Higiene ocupacional: agentes biológicos, químicos e físicos**. São Paulo: Editora Senac São Paulo 2006.

BRÜEL & KJAER. **Human Vibration** – Booklet, April, 1988, 32p.

CANIELLO, A. M.A. **Proposta de vigilância de trabalhadores expostos às vibrações de corpo inteiro**. 2016. 118p. Dissertação (Mestrado) 2016. 118f. Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. São Paulo, 2016.

CUNHA, R. C.; FARIAS, F. R. **Dinâmica produtiva e ordenamento territorial dos agronegócios do mato grosso do sul pós-2003**. Dossiê Agronegócio no Brasil. **Anais...**: 34. Florianópolis: 2019 Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/1982-5153.2019v34n71p130/39244>>. Acesso em: 31 jul. 2019

FONSECA, G. N.; SÁ, S.A.A. **Ergonomia- A grande aliada**. Pirapora-MG,Ed: O lutador. 2005 152p.

FIEDLER, N. C.; SOUZA, A.P. Ergonomia e segurança do trabalho na indústria madeireira. In: OLIVEIRA, J.T.; SIEDLER, N.C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro II** – Vitória: Aquárium, 2007. 302p

FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional: NHO 09: avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro: Procedimento técnico**. São Paulo: FUNDACENTRO, 2012 > Acesso em: 31 jul. 2019.

GRANDJEAN. E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem/** trad. João Pedro Stein. POрто Alegre: Artes Médicas, 1998.

GRIFFIN, M.J. **Handbook of Human Vibration Academic**. 1.ed. London: Press London, 1996. ISBN 0123030412.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. São Paulo: Edgard Blücher,2005.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Dados estatísticos**. Disponível em:< <https://www.iba.org/dados-estatisticos>>. Acesso em 27 jul. 2019.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, Geneva. **ISO 2631/1 – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements**. Geneva, 1985, 17p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANOARDIZATION. **ISO 2631: Mechanical Vibration and Shock** - Evaluation of Human Exposure of Who/e -Body Vibration: General requirements. Geneva, 1997. 31 p.

KROEMER, K. H. E. **Manual de ergonomia**. 5. Porto Alegre Bookman 2015, 1 recurso online ISBN 9788560031290.

LOPES, J. L. **Análise de vibração ocupacional de corpo inteiro em máquinas colhedoras de cana-de-açúcar**. Revista ABHO , São Paulo, v. 26 . p. 6-11, março 2012.

MARCON, L. C. **Análise ergonômica das condições do trabalho de operação de tratores agrícolas**. Criciúma SC: Monografia Pós Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho. Universidade do Extremo Sul Catarinense-UNESC, 2013.

MENDES, L.; et al. **Anuário brasileiro da silvicultura 2016**– Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2016. 56 p. : il. Disponível em : < <http://www.abaf.org.br/wp-content/uploads/2016/04/anuario-de-silvicultura-2016.pdf>>. Acesso em 10 ago 2019.

MONTEIRO, L. de A.. **Desempenho operacional e energético, segundo a Norma OCDE – CODE 2 de dois tratores agrícolas 4x2 TDA com motores de 132 kW em pista de concreto e solo agrícola**. 2011. 85p. Tese (Doutorado) UNESP. Botucatu. 2011. Disponível em: < <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/101673?locale-attribute=es>> acesso em 06 ago 2019.

MORAES, G. A. G. DE. **Avaliação dos níveis de vibração no operador de um trator**

agrícola ensaiado em pista normatizada em diferentes velocidades de deslocamento. 2015. 75p. Dissertação (Mestrado)—[s.l.] Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agronômicas. Botucatu., 2015.

PORTELA, B. S. **Vibração de corpo inteiro em motoristas de ônibus: associação com variáveis de aptidão física e dor lombar.** 2014. 114p. Tese (Doutorado) Curitiba. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2014. Disponível em <<https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/35953>>. acesso em 15 jul 2019.

RAO, S. S. **Mechanical Vibrations.** 5nd Edition ed. Reading, MA: Wesley Publishing Company, 2010.

RIBAS, R. L. **Exposição humana à vibração de corpo inteiro em um trator agrícola em operação de semeadura.** 2013. 87p. Dissertação (Mestrado)—Santa Maria RS: Universidade Federal de Santa Maria, 2013.

RIBAS, R. L. et al. Exposição humana à vibrações de corpo inteiro em um trator agrícola com pneus radiais. **Ciência Rural**, v. 44, n. 9, p. 1589–1595, set. 2014.

ROZIN, D. et al. Conformidade dos comandos de operação de tratores agrícolas nacionais com a norma NBR ISO 4253. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande , v. 14, n. 9, p. 1014-1019, Sept. 2010 . Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000900015&lng=en&nrm=iso>. acesso em 30 jul 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S1415-43662010000900015>.

ROZIN, D. **Conformidade do posto de operação de tratores agrícolas nacionais com normas de ergonomia e segurança.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Agrícola. Programa de Pós Graduação em Engenharia Agrícola – PPGEA. Universidade Federal de Santa Maria, 2004.

SANDI, J. **Vibração incidente sobre o corpo inteiro do operador de trator agrícola ensaiado em pista de vibração com diferentes lastros, velocidades e pressões de inflação dos pneus.** Dissertação (Mestrado)—[s.l.] 2015. 101p. . Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2015.

SIXEL, R. M.M. Produção de florestas com qualidade: preparo de solo. **Instituto de Pesquisa e Estudos Florestais**, 2009. Disponível em: <<https://www.ipef.br/silvicultura/preparodesolo.asp>>. Acesso em: 05. Ago. 2019.

SCHLOSSER, J. F. et al. Antropometria aplicada aos operadores de tratores agrícolas. **Cienc. Rural** , Santa Maria, v. 32, n. 6, p. 983-988, dez. De 2002. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782002000600011&lng=en&nrm=iso>. acesso em 06 de agosto de 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782002000600011>.

SOEIRO, N. S – I Workshop de Vibrações e Acústica. **Vibrações e o Corpo Humano, uma avaliação ocupacional.** 2011. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/DboraPereiraMartins/03-p01-vibracoeseocorpohumanoumaavaliacaocupacional>> acesso em 16 jul. 2019.

THOMPSON, W. T. **Teoria da vibração com aplicações.** Rio de Janeiro: Ed. Interciência Ltda, 1978.

TOSIN, R. C. **Avaliação do ruído e da vibração no posto de trabalho em dois tratores agrícolas.** 2009. 140f Tese (Doutorado em Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Campus de Botucatu, 2009.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. Escola Politécnica Programa de Educação Continuada. **Agentes Físicos I.** Epusp- EAD/ PECE, 2018. 185p.

VAZQUEZ C. L. **Interpretação e aplicação da ISO 2631:1/1997- vibração de corpo inteiro nas máquinas Skidder e Clambanck Timberjack nas atividades com eucaliptos** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HIGIENE OCUPACIONAL, 3 ENCONTRO BRASILEIRO DE HIGIENISTAS OCUPACIONAIS, 14. 2009. São Paulo. Resumo dos Trabalhos. Revista ABHO v.18. p.27 29 março, 2009. Disponível em < <https://www.abho.org.br/revistas/>> acesso em: 03 ago 2019.

ANEXO 1

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO ACELERÔMETRO HVM 100



CHROMPACK
Instrumentos Científicos Ltda.

Desde 1996



Certificado de Calibração

Certificate of Calibration

Pagina 1-2

Dados do Cliente

Nome: HST - Higiene e Segurança do Trabalho Ltda.

Endereço: Rua Manicoré, 371

Cidade: Santo André

Estado: SP

CEP: 09050-020

Dados do Instrumento Calibrado

Tipo: Medidor de Vibração

Marca: Larson Davis

Modelo: HVM 100

Nº de Série: 01900

Patrimônio: HVM1

Nº Processo: 35270

Data da Calibração: 16/03/2018

Acelerômetros:

Marca: Larson Davis

Modelo: SEN027

Nº de Série: P98068

Sensibilidade: X= 98,0mV/g Y= 96,0mV/g
Z= 96,0mV/g

Marca: Larson Davis

Modelo: SEN041F

Nº de Série: P160445

Sensibilidade: X= 9,8mV/g Y= 9,8mV/g
Z= 9,7mV/g



Procedimento Utilizado:
O procedimento operacional de calibração PRO-VMB-VCI-2012

Padrões Utilizados

| Nome: | Certificado | Data de Calibração |
|----------------------------|----------------------|--------------------|
| Calibrador de Acelerômetro | LIT09-LIT00-CC-10836 | 12/06/2017 |
| Barômetro | LV00489-00410-17-R0 | 09/01/2017 |
| Termo-Higrômetro | R16332/16 | 02/12/2016 |

Condições Ambientais

| Temperatura °C | Humidade Relativa % | Pressão Atmosférica mbar |
|----------------|---------------------|--------------------------|
| 25 | 44 | 930 |

Resultados Obtidos:
Os resultados foram obtidos através de aplicação de sinais vibratórios de aceleração em frequências conhecidas previamente aos acelerômetros e comparados as tolerâncias da norma internacional ISO 8041. Para configurações dos mesmos utilizamos como referência as normas internacionais ISO 2631 e ISO 5349.



Av. Engº Saraiva de Oliveira, 465 - 05741-200 - Jd. Taboão - São Paulo - SP - Brasil
Fone: 55 11 3384-9320 - www.chrompack.com.br

CHROMPACK
Instrumentos Científicos Ltda.

Desde 1996



Certificado de Calibração

Certificate of Calibration

Certificado Nº : 093.682

Página 2-2

| Acelerômetro VCI – Vibração de Corpo Inteiro s/n° P98068 | | | | | |
|---|---------------------------------|------------------------------|----------------------------|---------------------|-------|
| Eixo calibrado X | | Ponderação Wd *RMS | | | |
| Freq. Aplicada HZ | Acel. Aplicada m/s ² | V. Esperado m/s ² | V. Medido m/s ² | Tolerâncias ISO8041 | |
| 79,58 | 5,0 | 0,11 | 0,10 | 0,118 | 0,093 |
| 159,2 | 5,0 | 0,02 | 0,02 | 0,025 | 0,000 |
| Eixo calibrado Y | | Ponderação Wd *RMS | | | |
| Freq. Aplicada HZ | Acel. Aplicada m/s ² | V. Esperado m/s ² | V. Medido m/s ² | Tolerâncias ISO8041 | |
| 79,58 | 5,0 | 0,11 | 0,10 | 0,118 | 0,093 |
| 159,2 | 5,0 | 0,02 | 0,02 | 0,025 | 0,000 |
| Eixo calibrado Z | | Ponderação Wk *RMS | | | |
| Freq. Aplicada HZ | Acel. Aplicada m/s ² | V. Esperado m/s ² | V. Medido m/s ² | Tolerâncias ISO8041 | |
| 79,58 | 1,0 | 0,13 | 0,13 | 0,149 | 0,118 |
| 159,2 | 1,0 | 0,03 | 0,02 | 0,032 | 0,026 |
| Acelerômetro VMB – Vibração de Mãos e Braços s/n° P160445 | | | | | |
| Eixo calibrado X | | Ponderação Wh *RMS | | | |
| Freq. Aplicada HZ | Acel. Aplicada m/s ² | V. Esperado m/s ² | V. Medido m/s ² | Tolerâncias ISO8041 | |
| 79,58 | 1,0 | 0,20 | 0,20 | 0,226 | 0,180 |
| 159,2 | 1,0 | 0,10 | 0,10 | 0,112 | 0,089 |
| Eixo calibrado Y | | Ponderação Wh *RMS | | | |
| Freq. Aplicada HZ | Acel. Aplicada m/s ² | V. Esperado m/s ² | V. Medido m/s ² | Tolerâncias ISO8041 | |
| 79,58 | 1,0 | 0,20 | 0,18 | 0,226 | 0,180 |
| 159,2 | 1,0 | 0,10 | 0,09 | 0,112 | 0,089 |
| Eixo calibrado Z | | Ponderação Wh *RMS | | | |
| Freq. Aplicada HZ | Acel. Aplicada m/s ² | V. Esperado m/s ² | V. Medido m/s ² | Tolerâncias ISO8041 | |
| 79,58 | 1,0 | 0,20 | 0,20 | 0,226 | 0,180 |
| 159,2 | 1,0 | 0,10 | 0,10 | 0,113 | 0,090 |

Observações :

- As evidências da rastreabilidade estão disponíveis na CHROMPACK para consulta.
- Certificado assinado eletronicamente.
- A incerteza expandida U95,45 das medições não excede a $\pm 1\%$ relativo a medição para fator de abrangência $k = 2,00$.

Técnico Responsável pela Calibração

Téc. Daniel Vieira Costa

Responsável Técnico pela Calibração

Eng° Alexandre Fascina da Silva
CREA nº 5062014792