



**Geraldo Gomes de Oliveira Júnior**

**Exposição a Vibrações Ocupacionais de Mãos e Braços no uso de Equipamentos**

**Mecânicos Portáteis na Cultura do Cafeeiro**

**Alfenas - MG**

**2019**

**Geraldo Gomes de Oliveira Júnior**

**Exposição a Vibrações Ocupacionais de Mãos e Braços no uso de Equipamentos**

**Mecânicos Portáteis na Cultura do Cafeeiro**

Tese apresentada à Universidade José do Rosário Vellano - UNIFENAS, como parte das exigências do programa de pós-graduação em Agricultura Sustentável, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador Dr. Adriano Bortolotti da Silva

Coorientador Dr. Irlon de Ângelo da Cunha

**Alfenas - MG**

**2019**

Dados internacionais de catalogação na publicação  
Biblioteca Central da UNIFENAS

Oliveira Júnior, Geraldo Gomes de  
Exposição a vibrações ocupacionais de mãos e braços no uso de  
equipamentos mecânicos na cultura do cafeeiro. — Geraldo Gomes  
de Oliveira Júnior. —Alfenas, 2019.  
89 f.

Orientador: Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva  
Tese (Doutorado)- Programa de Pós-graduação  
em Agricultura Sustentável - Universidade José do Rosário Vellano ,  
Alfenas, 2019

1. Cafeicultura 2. Derrigadeira 3. Roçadora 4. Saúde ocupacional 5.  
Tratos culturais I.Universidade José do Rosário Vellano II. Título

CDU : 633.73:331.4(043)

Zélia Fernandes Ferreira Miranda  
Bibliotecária CRB6 1486



## CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

**Título:** “EXPOSIÇÃO A VIBRAÇÕES OCUPACIONAIS DE MÃOS E BRAÇOS NO USO DE EQUIPAMENTOS MECÂNICOS PORTÁTEIS NA CULTURA DO CAFEIEIRO”.

**Autor:** Geraldo Gomes de Oliveira Júnior

**Orientador:** Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de **DOUTOR EM AGRICULTURA SUSTENTÁVEL** pela Comissão Examinadora.

Prof. Dr. Adriano Bortolotti da Silva  
Orientador

Prof. Dr. Irlon de Angelo da Cunha

Prof. Dr. Paulo Henrique de Siqueira Sabino

Prof. Dr. Mauricio Minchillo

Prof. Dr. João Carlos Teles Ribeiro da Silva

Alfenas, 30 de agosto de 2019

Profa. Dra. Laura Helena Orfão  
Diretora de Pesquisa e Pós-graduação  
UNIFENAS

A Deus, por estar sempre guiando e iluminando meu caminho, à minha esposa Lelma, minha filha Thayla, aos meus pais Geraldo e Suely e irmã Solange, por serem meu alicerce de vida. Ao meu orientador Dr. Adriano Bortolotti da Silva e ao Coorientador Dr. Irlon de Ângelo da Cunha, pelos ensinamentos e por se tornarem meus exemplos acadêmicos.

**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar meus passos, iluminar meu caminho, me fortalecer diante dos obstáculos e por estar sempre cuidando de mim, da minha família e amigos.

À minha esposa Lelma Aparecida Mendes Oliveira e minha filha Thayla Sofia Mendes de Oliveira, pelo carinho, estímulo, paciência, compreensão, incentivo, amor incondicional mesmo diante da minha ausência diária por motivos de trabalho e estudos. Aos meus pais Geraldo Gomes de Oliveira e Suely Gonçalves de Oliveira pela educação, por serem meus exemplos de vida e por me mostrarem que nossa grandeza está em reconhecer que não somos melhores que ninguém.

Aos professores Dr. Adriano Bortolotti da Silva (UNIFENAS) e Dr. Irlon de Ângelo da Cunha (FUNDACENTRO), por terem acreditado neste estudo, por toda atenção, paciência na orientação e pelos ensinamentos que foram de fundamental importância para a concretização deste sonho e meu crescimento humano e profissional.

À Universidade José Rosário Vellano - UNIFENAS, pela oportunidade de desenvolver este trabalho. Ao Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas - Campus Muzambinho, pelo apoio na realização deste estudo.

À Fundação Jorge Duprat de Figueiredo (FUNDACENTRO) por permitir a coorientação do Dr. Irlon de Ângelo da Cunha neste trabalho.

À empresa Almont do Brasil, na pessoa dos senhores Alberto Belmont e André Rosa por acreditarem neste estudo e apoio com o equipamento SVANTEC SV 103.

À banca examinadora, que se dispôs a analisar e contribuir para a melhoria deste trabalho.

A todos meus alunos pelo estímulo diário e por me fazerem acreditar na educação como ferramenta de mudança.

Aos colegas do programa de doutorado e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meu eterno agradecimento.

## RESUMO

O café é uma das mais importantes culturas agrícolas do País e, ao longo do tempo, vem passando por mudanças significativas, especialmente no que se refere ao processo de mecanização e semimecanização dos tratos culturais. O sul de Minas Gerais tem intensificado a utilização de equipamentos mecânicos portáteis para a realização de roçadas e colheita do cafeeiro. A utilização destes equipamentos pode expor ocupacionalmente trabalhadores a vibrações localizadas, a partir da transferência das vibrações mecânicas da ferramenta para as mãos e braços do operador. Diante do exposto, objetivou-se quantificar os níveis de vibrações de mãos e braços a que estão expostos operadores de roçadoras e derriçadoras na cultura do cafeeiro. O presente estudo foi desenvolvido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS), Campus Muzambinho - MG. Foram avaliados equipamentos multifuncionais denominados roçadoras e derriçadoras em condições habituais e rotineiras de trabalho, na cultura do cafeeiro. A aquisição dos dados ocorreu a partir da utilização do medidor de vibração SV 103, Svantek com transdutores (acelerômetros) triaxial (“x”, “y” e “z”), instalado diretamente em cada uma das mãos do trabalhador no ponto de contato com a ferramenta. Os dados coletados foram processados no software Supervisor 1.12 Svantec. Os resultados demonstraram que para todas as condições do presente estudo o nível de ação de  $2,5 \text{ ms}^{-2}$  foi ultrapassado. A aceleração resultante do equipamento roçadora com Empunhadura Dupla Guidão (EDG) foi em média 37,45% inferior à operação do equipamento com Cabo Circular (CC). Os maiores níveis de vibração foram quantificados durante operação dos equipamentos derriçadores de café, ultrapassando para todas as condições avaliadas o limite de exposição de  $5 \text{ ms}^{-2}$ , sendo este o limite permitido para uma jornada de trabalho de 8 horas de acordo com as normas (Norma Regulamentadora - NR 15 e Norma de Higiene Ocupacional - NHO 10) e o critério da *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH).

**Palavras-chave:** Cafeicultura; Derriçadora; Roçadora; Saúde Ocupacional; Tratos culturais.

## ABSTRACT

Coffee is one of the most important agricultural crops in the country and over time has been undergoing significant changes, especially regarding the mechanization and semi-mechanization process of handling. In the Southern of Minas Gerais, the use of portable mechanical equipment for mowing and harvesting coffee crop has intensified. The use of this equipment may expose occupationally workers to localized vibrations by transferring the mechanical vibrations from the tool to the operator's hands and arms. Given the above, this study aimed to quantify the levels of hands and arms vibration that brushcutters and trimmers operators are exposed in coffee crop. This study was developed at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Southern Minas Gerais (IFSULDEMINAS), Campus Muzambinho - MG. Multifunctional equipment called brushcutters and trimmers machines were evaluated under usual and routine working conditions in the coffee crop. Data acquisition was performed using the SV 103, Svantek vibration meter with triaxial ("x", "y" and "z") transducers (accelerometers) installed directly on each worker's hands at the tool contact point. The collected data were processed in Svantec Supervisor 1.12 software. Results showed that for all conditions of the present study the action level of  $2.5 \text{ ms}^{-2}$  was exceeded. The resulting acceleration of the brushcutter equipment with Dual Grip handlebar (DGH) was 37.45% on average lower than the equipment operation with circular cable (CC). The highest vibration levels were quantified during the operation of the trimmer equipment, exceeding the exposure limit of  $5 \text{ ms}^{-2}$  for all conditions evaluated, which is the limit allowed for an 8-hour working day according to the standards. (Regulatory Standard - NR 15 and Occupational Hygiene Standard - NHO 10) and the criteria of the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

**Keywords:** Coffee culture; Trimmer; Brushcutter; Occupational health; Cultivation



## LISTA DE FIGURAS

<b>CAPÍTULO 1</b>	<b>PAG</b>
<b>Figura 1</b> - Roçadora com empunhadura dupla Guidão (A), Equipamento multifuncional empunhadura cabo circular (B) e Equipamento Derrçadora de café (C).	<b>17</b>
<b>Figura 2</b> - Mão normal (A), fenômeno de Raynaud (B e C) e cianose e acrocianose (D e E).	<b>20</b>
<b>Figura 3</b> - Direção dos Eixos ortogonais “x”, “y” e “z” de acordo com a NHO 10.	<b>26</b>
<b>Figura 4</b> - Curva de ponderação (Wh) em frequências para vibração transmitida a mãos e braços.	<b>26</b>
<b>ARTIGO 1</b>	
<b>Figure 1</b> - Geographical location of the study site.	<b>42</b>
<b>Figure 2</b> - Spontaneous grass vegetation ( <i>Panicum maximum</i> ) in the experiment area.	<b>42</b>
<b>Figure 3</b> - Double grip handle DGH (A), Circular cable grip CC (B); Cutting system: two-tip blades (C); and three-tip blades (D).	<b>43</b>
<b>Figure 4</b> - Rotation indicator equipment EDT 9 Stihl.	<b>43</b>
<b>Figure 5</b> - Direction of the Orthogonal Axes “x”, “y” and “z” according to NHO 10.	<b>44</b>
<b>Figure 6</b> - Assembly of the equipment in the operator’s hand.	<b>44</b>
<b>Figure 7</b> - Hands and arms’ vibration in the operation of the equipment with circular cable (CC) and double grip handle (DGH) for the right and left hand.	<b>48</b>
<b>Figure 8</b> - Average acceleration spectrum for the Xh, Yh and Zh axes with circular cable (CC) and Double Grip Handle (DGH) using two (2TB) and three (3TB) tip blades.	<b>51</b>
<b>ARTIGO 2</b>	
<b>Figura 1</b> - Nível de vibração em marcha lenta (A) e rotação plena (B).	<b>65</b>
<b>ARTIGO 3</b>	
<b>Figura 1</b> - Derrçadores que foram acoplados as unidades motoras.	<b>74</b>
<b>Figura 2</b> - Direção dos Eixos ortogonais “x”, “y” e “z” de acordo com a NHO 10.	<b>75</b>
<b>Figura 3</b> - Montagem do equipamento medidor de vibração SV 103 - Svantec e transdutor na mão do operador.	<b>76</b>
<b>Figura 4</b> - Box Plot da dispersão dos valores aceleração resultante de exposição parcial ( $arep_i$ ) dos três equipamentos derrçadores avaliados na mão dominante (A) e mão de apoio (B).	<b>80</b>

**Figura 5** - Valores de aceleração e desvio padrão dos três colhedores de café tanto para a Mão Dominante (A) e Mão de Apoio (B) em cada eixo “ $a_{xh}$ ”, “ $a_{yh}$ ” e “ $a_{zh}$ ”. **82**

**Figura 6** - Espectro de frequência da aceleração média resultante (amr) ponderada (Wh) dos derriçadores. **83**

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

**Tabela 1** - Sistema de classificação para Síndrome da Vibração de Mãos e Braços - SVMB do encontro de Estocolmo para sistemas vasculares periféricos e senso neurais 22

**Tabela 2** - Critérios de julgamento e tomada de decisões da NHO 10 24

### ARTIGO 1

**Table 1** - Analysis of variance (ANOVA) in the vibration levels, between the use of the coupling systems of the worker's hands with the tool (Grips) and cutting blades 47

### ARTIGO 2

**Tabela 1** - Nível de vibração localizada equipamento derrçador mecanico portatil 64

### ARTIGO 3

**Tabela 1** - Características técnicas das unidades motoras portáteis 74

**Tabela 2** - Comparação estatística do nível de vibração de mãos e braços entre os derrçadores de café 79

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A (8)	Exposição diária a vibração expressa em valor total da vibração ponderada em frequência equivalente às 8h
$a_{hv\ eq}$	Valor total de vibração equivalente
$a_{hv}$	Valor total de vibração
$a_{mj}$	Aceleração média
Amr	Aceleração média resultante
Aren	Aceleração resultante de exposição normalizada
$arep_i$	Aceleração resultante de exposição parcial
ACGIH	<i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i>
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
ISO	International Organization for Standardization
NR	Norma Regulamentadora
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
Rms	<i>root mean square</i>
SVMB	Síndrome da Vibração em Mãos e Braços
VCI	Vibração de Corpo Inteiro
VMB	Vibração em mãos e braços

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>11</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>14</b>
<b>Objetivo Geral:</b> .....	14
<b>Objetivos Específicos:</b> .....	14
<b>3. ESTRUTURA DO TRABALHO</b> .....	<b>14</b>
<b>4. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>15</b>
4.1 Cafeicultura e a Sustentabilidade Socioambiental.....	15
4.2 Mecanização e Semimecanização .....	16
4.3 Vibrações Ocupacionais .....	18
4.4 Limites de exposição e nível de ação segundo normas e diretrizes nacionais e internacionais.	21
4.5 Metodologias de avaliação.....	24
4.5 Estudos Científicos em Vibração de Mãos e Braços Equipamentos Portáteis .....	28
<b>5. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>30</b>
<b>Artigo 1</b> .....	<b>37</b>
<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>40</b>
<b>2. MATERIAL AND METHODS</b> .....	<b>42</b>
<b>3. RESULTS AND DISCUSSION</b> .....	<b>46</b>
<b>4. CONCLUSIONS</b> .....	<b>51</b>
<b>5. ACKNOWLEDGEMENTS</b> .....	<b>51</b>
<b>6. REFERENCES</b> .....	<b>52</b>
<b>Artigo 2</b> .....	<b>56</b>
<b>NÍVEL DE VIBRAÇÃO LOCALIZADA EM UM DERRIÇADOR MECÂNICO PORTÁTIL UTILIZADO NO CAFEIEIRO</b> .....	<b>56</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>59</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>60</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>62</b>
<b>4. CONCLUSÃO</b> .....	<b>64</b>
<b>5. AGRADECIMENTOS</b> .....	<b>64</b>
<b>6. REFERÊNCIAS</b> .....	<b>65</b>
<b>Artigo 3</b> .....	<b>67</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>70</b>
<b>2. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>72</b>

<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>77</b>
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>83</b>
<b>5. AGRADECIMENTO .....</b>	<b>83</b>
<b>6. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>84</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>88</b>

## **CAPÍTULO 1**





## 1. INTRODUÇÃO

O mundo do trabalho vem se transformando ao longo do tempo e na agricultura não é diferente. A cafeicultura apresenta-se como uma das principais culturas agrícolas brasileiras e vem passando por mudanças significativas, em especial no que se refere ao processo de mecanização dos tratos culturais, os quais anteriormente eram tipicamente realizados de forma manual (CUNHA; SILVA; DIAS, 2016; SILVA *et al.*, 2018). Segundo Cunha, Silva e Dias (2016), a partir da mecanização é possível aumentar a capacidade operacional e reduzir os custos de produção.

No entanto, em determinadas condições de topografia irregular, espaçamento de plantio, viabilidade técnica e até indisponibilidade de recursos financeiros, a mecanização total acaba sendo inviabilizada. Nestas condições, o uso de equipamentos mecânicos portáteis semimecanizados, em que se intercala mão de obra e máquinas, tem se apresentado como alternativa importante, especialmente para pequenos e médios produtores.

No sul de Minas Gerais, tem-se observado aumento da utilização destes equipamentos portáteis versáteis e multifuncionais para a realização de tratos culturais, em atividades sazonais e distintas tais como: roçadas, podas e colheita do cafeeiro. Muito embora a utilização destes equipamentos traga maior rendimento nas operações agrícolas, estas atividades podem expor ocupacionalmente trabalhadores a vibrações localizadas, a partir da transferência da vibração mecânica da ferramenta para as mãos e braços do operador (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2019).

A exposição ocupacional à vibração ocorre quando um ou ambos os membros superiores, mãos e braços, estão em contato com a ferramenta durante a realização de determinadas atividades. A exposição ocupacional a níveis elevados de vibração de mãos e braços (VMB) pode causar danos à saúde dos trabalhadores, como por exemplo, sintomas vasculares, neurológicos, osteoarticular e musculares que caracterizam a Síndrome da Vibração de Mãos e Braços (SVMB) (HEAVER *et al.*, 2011; HAO; EAN; RIPIN, 2011; FUNDACENTRO, 2013; CAMPBELL; JANKO; HACKER, 2017; ACGIH, 2018; LUNDSTROM *et al.*, 2018; LAI *et al.*, 2019).

Na agricultura brasileira, são raros os estudos científicos que tratam dos níveis de VMB em equipamentos mecânicos portáteis, roçadoras e derrçadoras. Entretanto, vale ressaltar que mundialmente vários autores têm pesquisado esta temática em vários setores produtivos (ÇAKMAK *et al.*, 2011; HAO; EAN; RIPIN, 2011; CALVO *et al.*, 2014; WÓJCIK, 2015; DEBOLI; CALVO; PRETI, 2016; AZMIR; YAHYA, 2017; CALVO *et al.*, 2017; ROMANO *et al.*, 2017; BERNADI *et al.*, 2018; CALVO *et al.*, 2018; PATIL, 2018) com a finalidade de se conhecerem os níveis de vibração aos quais os trabalhadores estão expostos, visando subsidiar estratégias técnicas de prevenção para a segurança e saúde destes operadores.

No Brasil, as Normas Regulamentadoras NR 09, NR 15 e a Norma de Higiene Ocupacional NHO 10, estabelecem o valor de  $2,5 \text{ ms}^{-2}$  como nível de ação e  $5,0 \text{ ms}^{-2}$  como Limite de Exposição (LE) para o trabalhador se expor ocupacionalmente a VMB (BRASIL, 2014; FUNDACENTRO, 2013). Estes níveis são os mesmos recomendados pelas normas *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) e pela diretiva europeia *DIRECTIVE 2002* (ACGIH, 2018; EUROPEAN DIRECTIVE, 2002).

Pode-se afirmar que a legislação relativa aos limites de exposição ocupacional a vibração, no Brasil, é relativamente recente, uma vez que somente em 2014 foi publicada a portaria nº 1297 que aprovou o anexo I - Vibração da Norma Regulamentadora nº 9 no Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e alterou o anexo 8 - Vibração da Norma Regulamentadora nº 15 - Atividades e Operações Insalubres (BRASIL, 2014). Antes da publicação da portaria nº 1297/2014, a NR 15 anexo 8 apontava em seu texto que para a comprovação da exposição a vibração de mãos e braços deveriam ser tomados por base os limites definidos pela ISO 5349. No entanto, ressalta-se que a referida norma ISO nunca apresentou limite de exposição e, sim, condição dose resposta.

Assim, evidencia-se a importância e necessidade da realização de estudos acadêmicos que possam quantificar os níveis de vibrações ocupacionais gerados por equipamentos mecânicos portáteis, em condições habituais e rotineiras de trabalho, a fim de compará-los com o nível de ação e o limite de exposição (LE) estabelecido pelas NR 09, NR 15, NHO 10 e ACGIH vigentes, para que possam subsidiar propostas de medidas preventivas, corretivas, organizacionais e protetivas que evitem danos à saúde dos trabalhadores expostos.

## 2. OBJETIVOS

### Objetivo Geral:

- ✓ Quantificar os níveis de vibrações de mãos e braços aos quais estão expostos operadores de roçadoras e derriçadoras na cultura do cafeeiro.

### Objetivos Específicos:

- ✓ Comparar os níveis de vibração ocupacional de mãos e braços (VMB) determinados com os níveis de ação e limites de exposição estabelecidos pelas normas regulamentadoras NR 09, NR 15 e critérios técnicos da NHO 10 e ACGIH;
- ✓ Avaliar a interação nos níveis de VMB entre a utilização de empunhaduras (Dupla e Cabo Circular) e lâminas de corte (Duas e Três pontas) para a operação de roçadeiras portáteis;
- ✓ Avaliar níveis de VMB quantificados para o uso de derriçadoras portáteis de café de diferentes modelos;
- ✓ Avaliar níveis de VMB determinados para a mão dominante e mão de apoio das roçadoras e derriçadoras avaliadas.

## 3. ESTRUTURA DO TRABALHO

Com base na introdução, justificativa e objetivos apresentados o trabalho foi estruturado em 4 (quatro) partes:

**Capítulo 1** - Introdução/Justificativa e referencial teórico;

**Artigo 1** - Occupational Exposure to localized vibrations using portable mechanical brush cutter in Coffee Crop (Publicado na Revista Coffee Science, Lavras, v. 14, n. 2, p. 183 - 192, 2019).

**Artigo 2** - Nível de vibração localizada em um derriçador mecânico portátil utilizado no cafeeiro (Capítulo de Livro Publicado Editora Atenas: Estudos Interdisciplinares nas Ciências Exatas e da Terra e Engenharias 2, 2019, p. 316-322).

**Artigo 3** - Exposição ocupacional a vibrações de mãos e braços em atividade de colheita semimecanizada do cafeeiro.

**Considerações Finais.**

## 4. REFERENCIAL TEÓRICO

### 4.1 Cafeicultura e a Sustentabilidade Socioambiental

As atividades agrícolas apresentam relevância significativa na geração de empregos e participação no Produto Interno Bruto (PIB), na maioria dos países em desenvolvimento e, ao longo do tempo, sempre contribuíram com uma parcela expressiva nos países desenvolvidos (EBERHARDT; VOLLRATH, 2018). A cafeicultura se destaca mundialmente pela sua importância socioeconômica. É fonte de receita para os cafeicultores, gera empregos direta e indiretamente nas propriedades rurais, armazéns, indústria de insumos, máquinas e equipamentos, além de movimentar o mercado logístico para o transporte e distribuição do produto (FERREIRA JUNIOR *et al.*, 2016).

O Brasil é o maior produtor e o segundo maior consumidor de café, possuindo influência direta e indireta no mercado global (REICHMAN, 2018; HAJJAR *et al.*, 2019). Em Minas Gerais, concentra-se a maior área de cultivo da espécie arábica, com 1,21 milhão de hectares, representando 69,6% da área cultivada com café no Brasil. Somente no ano de 2018 foram produzidos 47,48 milhões de sacas de café arábica no País. Para o ano de 2019, foi estimada produção de 37,14 milhões de sacas (CONAB, 2019).

O cafeeiro vem, ao longo do tempo, ocupando novos espaços no mercado internacional, transformando a imagem de produtor apenas de commodities para o de fornecedor de cafés que valoriza práticas sustentáveis (PEREIRA, 2013; LEME, 2015). A sustentabilidade está relacionada a melhorias contínuas no desempenho ambiental, econômico e social das organizações, ao longo do tempo (FROEHLICH; BITENCOURT, 2016).

A busca por responsabilidade social corporativa ocorre de forma crescente nas empresas de todo mundo (FRUTOS *et al.*, 2019). Segundo os mesmos autores, essa busca deve contemplar a aplicação de requisitos legais, com propósito de prevenir os riscos à saúde e segurança dos trabalhadores, além de promover o desenvolvimento de uma cultura preventiva ocupacional.

Assim, tem-se observado maior aplicação de normas de segurança, bem como condutas para a prevenção de riscos ocupacionais na cafeicultura, em função da sua

importância para o cumprimento dos protocolos e obtenção dos selos de certificação de “sustentabilidade” que contribuem para agregar valor direta e indiretamente ao produto.

Os distintos modelos de certificação, independente do selo ou apelo comercial específico, levam em consideração os princípios da sustentabilidade e as boas práticas de produção agrícolas (BFAs), ou seja, princípios de segurança alimentar, preservação ambiental e respeito aos envolvidos no processo produtivo. Dentre os vários objetivos das boas práticas de produção (BPAs) encontra-se o aumento da responsabilidade e atuação no cotidiano frente à saúde e segurança dos trabalhadores (PEREIRA, 2013). Neste contexto, a produção de “café sustentável” deve levar em conta o desenvolvimento sustentável e trabalho sustentável, expressões que devem se complementar. O desenvolvimento sustentável deve implicar no envolvimento de áreas do conhecimento como a ergonomia, que devem estar comprometidas com o trabalho e com a função de proteger, respeitar e defender a saúde e a vida do trabalhador, como direito humano (BONFATTI; VASCONCELLOS; FERREIRA, 2017).

Os mercados mundiais esperam que os sistemas de gestão integrem a busca por produtos de qualidade, respeito ao meio ambiente e cuidados com a segurança e saúde ocupacional (ARAUJO, 2008). Ainda segundo o mesmo autor, os sistemas produtivos devem pensar em como produzir sem que os ambientes laborais tragam danos à saúde dos trabalhadores. Yanagi Junior *et al.* (2012) afirmaram que ambientes de trabalho insalubres, além de comprometer a saúde do trabalhador, podem provocar afastamentos e queda de rendimento.

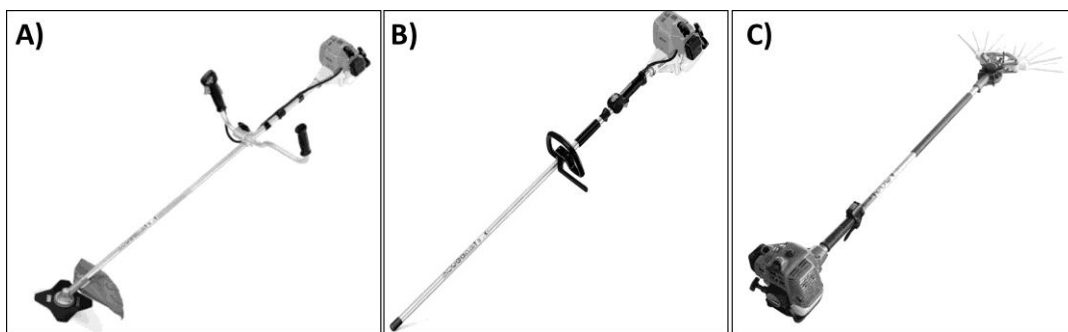
Portanto, a preocupação com a saúde ocupacional não garante somente benefícios à saúde do trabalhador, mas também às empresas (POMARICO, 2013). Neste contexto, a antecipação, identificação, análise, avaliação e caracterização de riscos emergentes é estratégia necessária no presente ambiente econômico e tecnológico, a fim de garantir ambientes de trabalho seguros e saudáveis (SANCHEZ; GONZÁLEZ; BROCAL, 2019).

#### **4.2 Mecanização e Semimecanização**

A mecanização torna-se de extrema importância para que o cafeicultor possa otimizar o tempo de realização das suas atividades, aumentar a produtividade e conseqüentemente promover a redução dos custos, proporcionando viabilidade econômica das lavouras cafeeiras (SANTINATO *et al.*, 2014; CUNHA *et al.*, 2016). Nos últimos anos, a cafeicultura vem

passando por mudanças, em especial no que se refere ao processo de mecanização dos tratos culturais, os quais anteriormente eram tradicionalmente realizados de forma manual (CUNHA; SILVA; DIAS, 2016; SILVA *et al.*, 2018).

No sul de Minas Gerais, tem-se observado aumento da utilização de equipamentos mecânicos portáteis para a realização de atividades distintas, tais como: roçadas e colheita do cafeeiro (OLIVEIRA JUNIOR *et al.*, 2019). Na Figura 1, podem ser observados exemplos dos equipamentos portáteis roçadora e derriçadora de café objetos deste estudo.



**Figura 1** - Roçadora empunhadura dupla Guidão (A), Equipamento multifuncional empunhadura cabo circular (B) e Equipamento Derriçadora de café (C).

**Fonte** - Adaptado manual dos fabricantes (2019).

Silva *et al.* (2018) afirmaram que com o aumento da área agricultável no Brasil, em especial em locais onde a topografia não se apresenta favorável a mecanização convencional, otimizou a utilização de roçadoras mecânicas portáteis. Ainda segundo os mesmos autores, a produtividade e rendimento da operação são proporcionais ao ritmo de trabalho do operador, uma vez que a atividade de roçada semimecanizada ocorre pela interação homem-máquina.

A colheita do cafeeiro realizada de forma semimecanizada é outra atividade que tem merecido atenção e destaque. A utilização dos derriçadores portáteis pode apresentar rendimento de até oito vezes maior em relação à colheita manual (BARBOSA; SALVADOR; SILVA, 2005). Ferraz *et al.* (2013) afirmaram que o sistema semimecanizado de colheita do cafeeiro está em plena expansão em decorrência da falta de mão de obra nas regiões produtoras de café. A colheita do café inicia-se geralmente em maio, com período provável de término em agosto, condicionados a fatores como clima, carga pendente e volume de cafés caído no chão, que vão interferir diretamente no início e fim do processo (VENTURELLI *et al.*, 2016).

As derriçadoras são equipamentos portáteis geralmente com motor dois tempos, que apresentam características de serem compactas e de simples manuseio e fácil transporte (FERRAZ *et al.*, 2013). No entanto, observa-se que a utilização destes equipamentos pode expor trabalhadores a vários riscos ocupacionais (PIRES, 2017).

Estudos científicos que tratam da exposição ao ruído no sistema de colheita semimecanizada têm sido realizados no Brasil (FERRAZ *et al.*, 2013; SALES; SILVA; SILVA, 2015; SILVA *et al.*, 2018), existindo, no entanto, uma carência de trabalhos quantitativos que apresentem níveis da exposição ocupacional à vibração, em condições reais de operação. Scarpim e Ferreira (2015) afirmaram que o estudo dos níveis de vibração nos mais variados ambientes de trabalho é de fundamental importância para nortear estratégias de proteção e prevenção ao risco.

### **4.3 Vibrações Ocupacionais**

A vibração é um movimento oscilatório de um corpo, gerado em função de forças desequilibradas de componentes rotativos e movimentos alternados de uma máquina ou equipamento (SALIBA, 2013a), tipificada pela frequência do ciclo (Hertz), magnitude e sua direção (PALMER; BONVEZI, 2015). As vibrações ocupacionais podem ser divididas em dois tipos principais: as denominadas vibrações de corpo inteiro (VCI) e as vibrações de mãos e braços (VMB), também chamadas de vibrações localizadas (FUNDACENTRO, 2013; SALIBA, 2013a, 2013b; KUCUK *et al.*, 2016; ACGIH, 2018).

As vibrações VCI e VMB podem afetar o corpo em frequências distintas. A VCI afeta o corpo principalmente nas frequências que estão entre 0,5 a 80Hz. Já as VMB afetam e são transmitidas ao sistema mão braço em uma faixa de frequências entre 6,3 a 1250Hz (SALIBA, 2013b; GOMES; SAVIONEK, 2014).

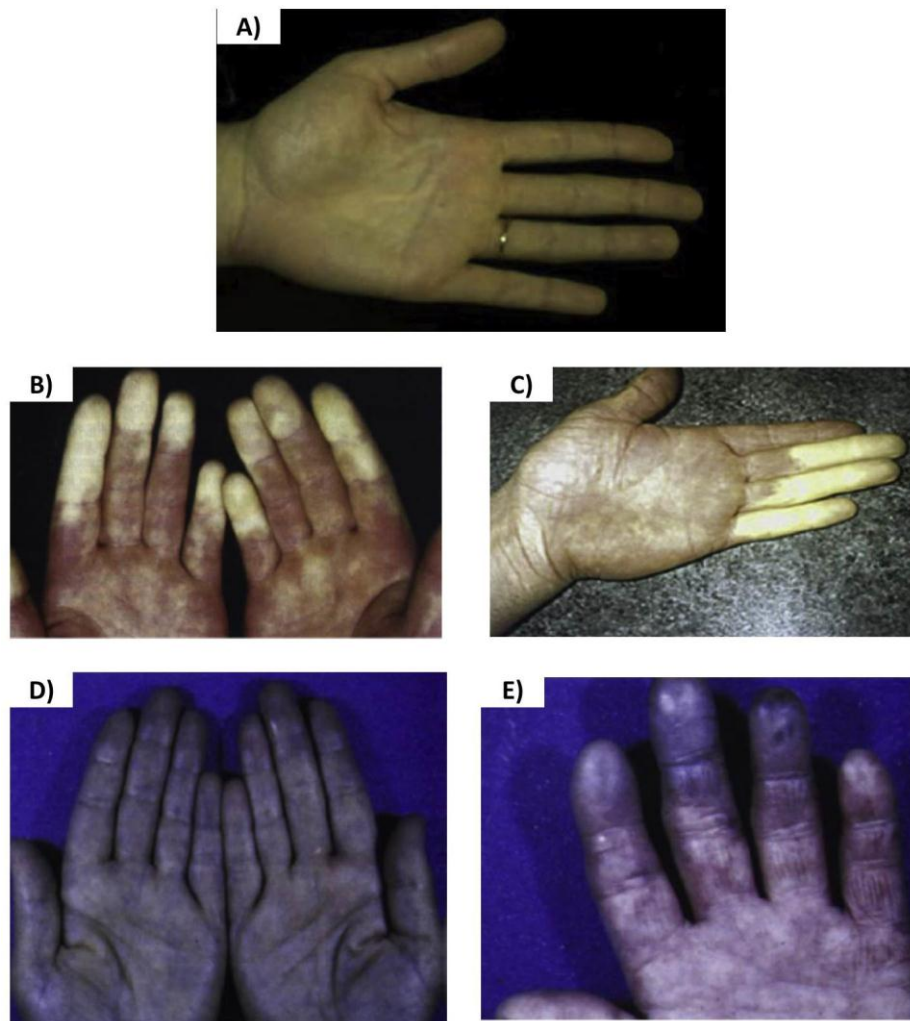
Portanto, a exposição à vibração ocupacional pode levar à ocorrência de danos consideráveis à saúde do trabalhador (SCARPIM; FERREIRA, 2015), apresentando vários efeitos ao corpo humano, tais como: perda de equilíbrio, falta de concentração, visão turva, degeneração do tecido muscular e nervoso (POLETTI FILHO; SANTOS; POLETO, 2015). No presente estudo, está sendo avaliada a VMB em função das características funcionais e operacionais das ferramentas portáteis. Lundstrom *et al.* (2018) relataram que a exposição à VMB é reconhecida por levar ao aparecimento de distúrbios mecânicos caracterizados por

sensação de dormência, diminuição da destreza, sensibilidade dos dedos, comprometimento da força de preensão e percepção sensorial.

A literatura técnica e científica relata, ainda, a ocorrência da Síndrome da Vibração de Mãos e Braços (SVMB), que se refere a um conjunto de sintomas de ordem vascular, neurológica, ostearticular e muscular ocasionados pela exposição ocupacional à VMB (HEAVER *et al.*, 2011; FUNDACENTRO, 2013; ACGIH, 2018). A SVMB apresenta-se como doença crônica com potencial de afetar a habilidade do trabalhador em realizar atividades rotineiras no seu dia a dia (BUDD; HOLNESS; HOUSE, 2018).

A exposição à VMB, ao longo do tempo, pode evoluir apresentando formigamento e adormecimento, ataques de branqueamento de dedos, em casos avançados comprometimento ao tato e sensibilidade à temperatura, podendo chegar à aparência cianótica dos dedos e finalmente à necrose da pele nas extremidades (SALIBA, 2013b). A síndrome de Raynaud, também conhecida como dedo branco é considerada uma das principais doenças associadas à exposição às vibrações. Pettersson *et al.* (2018) afirmaram que o uso de ferramentas manuais vibratórias aumenta o risco da ocorrência de vasoconstrição, originando fenômeno conhecido como dedos brancos. Este nome se dá uma vez que apresenta extremidades esbranquiçadas em consequência de influência na circulação sanguínea (Figura 2).





**Figura 2** - Mão normal (A), fenômeno de Raynaud (B e C) e cianose e acrocianose (D e E).

**Fonte** - Adaptado Palmer; Bonvezi (2015).

O fenômeno de Raynaud foi identificado pelo médico francês Mauryce Raynaud (HEIMBECHER, 2018). De acordo com Brasil (2009), a síndrome de Raynaud enquadra-se como doença do sistema circulatório, estando relacionada a fatores de risco de natureza ocupacional, como exposição a vibrações localizadas e trabalho em baixa temperatura.

Fato é que a exposição a níveis elevados de vibração em máquinas e equipamentos manuais pode, em longo prazo, levar a ocorrência de danos à saúde do trabalhador e comprometer sua capacidade laboral (HUA; LEMERLE; GANGHOFFER, 2017). Palmer e Bonvenzi (2015) destacaram a importância da vigilância a saúde dos trabalhadores expostos à vibração, a fim de identificar antecipadamente efeitos adversos da exposição.

#### **4.4 Limites de exposição e nível de ação segundo normas e diretrizes nacionais e internacionais**

Pode-se afirmar que a legislação relativa aos limites de exposição ocupacional à vibração no Brasil é relativamente recente, uma vez que somente em 2014 foi publicada a portaria nº 1297, que aprovou o anexo I - Vibração da Norma Regulamentadora nº 9, no Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e alterou o anexo 8 - Vibração da Norma Regulamentadora nº 15 - Atividades e Operações Insalubres (BRASIL, 2014). Antes da publicação da portaria nº 1297/2014, a NR 15 anexo 8 apontava em seu texto que para a comprovação da exposição à vibração de mãos e braços deveria se tomarem por base os limites definidos pela ISO 5349. No entanto, ressalta-se que a referida norma ISO nunca apresentou limite de exposição e, sim, condição dose resposta.

Portanto, a partir de 2014, o anexo 8 da NR 15 estabeleceu como limite de exposição (LE) a VMB o valor de aceleração resultante de exposição normalizada ( $a_{ren}$ ) de  $5 \text{ ms}^{-2}$  e determinou que a avaliação deste agente de risco seja realizada de acordo com a Norma de Higiene Ocupacional NHO 10 (BRASIL, 2014; FUNDACENTRO, 2013). Ainda de acordo com a NR 15, a caracterização da condição insalubre ocorrerá quando o limite de exposição (LE) ocupacional a VMB for ultrapassado (BRASIL, 2014).

Ressalta-se que o LE apresenta um parâmetro ocupacional que representa condições sob as quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta, repetidamente, sem sofrer efeitos adversos ao sistema mão-braço, que possam resultar em dano à saúde do trabalhador (FUNDACENTRO, 2013, ACGIH, 2018).

No entanto, devido às variações na susceptibilidade individual de cada trabalhador, o LE não deve ser considerado como linha definitiva entre níveis seguros e inseguros (ACGIH, 2018). A ACGIH (2018) estabelece ainda que o limite de exposição (LE) diária à vibração representa as condições sobre as quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta à VMB, sem evoluir para além do estágio 1 do sistema de classificação do workshop de Estocolmo, para dedos brancos induzidos pela vibração, também denominados de fenômeno de Raynoud de origem ocupacional (Tabela 1).

**Tabela 1** - Sistema de classificação para SVMB do encontro de Estocolmo para sistemas vasculares periféricos e senso neurais

Estágio	Grau	Avaliação Vascular – Descrição
0	-----	Sem crises
1	Suave	Crises ocasionais afetando somente a ponta de um ou mais dedos
2	Moderado	Crises ocasionais afetando as falanges distais e média (raramente também a próxima) de um ou mais dedos
3	Severo	Crises frequentes afetando todas as falanges da maioria dos dedos
4	Muito Severo	Como no estágio 3, com mudanças tróficas da pele na ponta dos dedos

Estágio	Avaliação Senso neural – Sintomas
0 SN*	Exposição à vibração, mas sem sintomas.
1 SN*	Adormecimento intermitente, com ou sem formigamento.
2 SN*	Adormecimento intermitente ou persistente, com redução da percepção sensorial.
3 SN*	Adormecimento intermitente ou persistente, com redução na discriminação tátil e/ou destreza manipulativa.

\*Senso-neural (SN) - **Fonte** - Adaptado da ACGIH 2018.

Fato é que o controle da SVMB, nos ambientes de trabalho, não ocorrerá simplesmente pelo cumprimento dos limites de exposição, sendo necessária a utilização conjunta de outras estratégias, tais como: utilização de ferramentas com características antivibratórias, utilização de luvas específicas (Antivibração), práticas de trabalho que permitam manter aquecidas as mãos do trabalhador, bem como minimizar a força do acoplamento mecânico entre o trabalhador e a ferramenta, além de um programa de controle médico aplicado (ACGIH, 2018).

Nível de ação é outro parâmetro ocupacional de referência para exposição à VMB, determinado na NR 09 e NHO 10. O nível de ação é compreendido como o valor acima do

qual devem ser adotadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições à vibração causem danos à saúde do trabalhador e evitar que o limite de exposição (LE) seja ultrapassado. A NR 09, NHO 10 e ACGIH estabelecem o valor de  $2,5 \text{ ms}^{-2}$  como nível de ação para a exposição à VMB (FUNDACENTRO, 2013; BRASIL, 2014; ACGIH, 2018).

Destaca-se, que tanto o limite de exposição ( $5 \text{ ms}^{-2}$ ) quanto o nível de ação ( $2,5 \text{ ms}^{-2}$ ) recomendado pela NR 15, NR 09 e NHO 10 são os mesmos recomendados pelas normas internacionais *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) e pela diretiva europeia *DIRECTIVE 2002* (ACGIH, 2018; EUROPEAN DIRECTIVE, 2002).

Situações de exposição ocupacional à VMB superiores ao nível de ação implicam obrigatoriamente na adoção de medidas de caráter preventivo e as situações em que a exposição for superior ao limite de exposição (LE) devem ser adotadas medidas de caráter corretivo (FUNDACENTRO, 2013; BRASIL, 2014).

As medidas preventivas contemplam avaliação periódica da exposição, orientação dos trabalhadores quanto aos riscos decorrentes da exposição à vibração e à utilização adequada dos equipamentos de trabalho. Os trabalhadores devem ser orientados quanto ao direito de comunicar seus superiores sobre níveis anormais de vibração observados durante a realização de suas atividades. As medidas preventivas devem considerar, ainda, a vigilância da saúde dos trabalhadores focada nos efeitos da exposição à vibração e adoção de procedimentos e métodos de trabalho alternativos, que permitam reduzir a exposição a vibrações mecânicas (BRASIL, 2014).

Já as medidas corretivas incluem modificação do processo ou da operação de trabalho, podendo envolver a substituição de ferramentas e acessórios, alteração das rotinas ou dos procedimentos de trabalho, a adequação do tipo de ferramenta, do acessório utilizado e das velocidades operacionais, redução do tempo e da intensidade de exposição diária à vibração e alternância entre atividades ou operações que gerem exposições a níveis elevados de vibração com outras que não apresentem exposições ou impliquem exposições a menores níveis (BRASIL, 2014).

A NHO 10 também apresenta critérios de julgamento e tomadas de decisões encontrados, em função dos níveis de aceleração resultante de exposição normalizada (Tabela 2).

**Tabela 2** - Critérios de julgamento e tomada de decisões da NHO 10

aren ( $\text{ms}^{-2}$ )	Consideração técnica	Atuação recomendada
0 a 2,5	Aceitável	No mínimo, manutenção da condição existente.
>2,5 a <3,5	Acima do nível de ação	No mínimo, adoção de medidas preventivas.
3,5 a 5,0	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando à redução da exposição diária
Acima de 5,0	Acima do limite de exposição (LE)	Adoção imediata de medidas corretivas

**Fonte** - Adaptado da NHO 10.

Vale destacar ainda que, de acordo com a NR 09, as ferramentas manuais vibratórias que produzam acelerações superiores a  $2,5 \text{ ms}^{-2}$  nas mãos dos operadores, devem informar no manual de instrução a vibração emitida, junto às especificações técnicas indicando as normas de ensaios que foram utilizadas (BRASIL, 2014).

#### 4.5 Metodologias de avaliação

Embora a utilização das informações disponíveis pelos fabricantes sobre os níveis de vibração gerados por ferramentas manuais vibratórias deva ser considerada na avaliação preliminar da exposição, no contexto do reconhecimento e avaliação dos riscos conforme NR 09 (BRASIL, 2014), a realização da quantificação da vibração, em condições habituais e rotineiras de campo, torna-se de fundamental importância a fim de adquirir valores específicos, evitando erros em julgamento pessoais (CALVO *et al.*, 2018). De acordo com a NHO 10, a análise preliminar dos níveis de vibração fornecidos pelo fabricante apresenta-se como uma das etapas que busca reunir elementos para obter a convicção técnica de que as situações de exposição sejam aceitáveis, pressupondo que estão abaixo do nível de ação ou

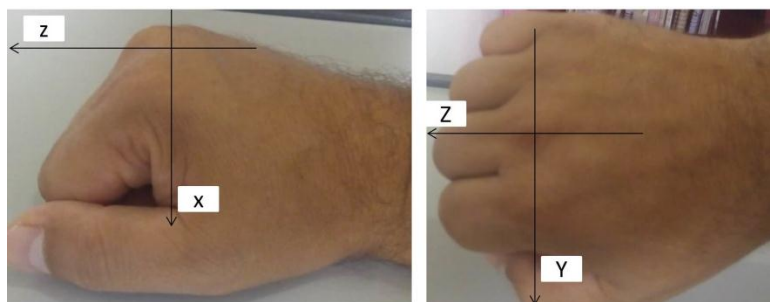
construir uma convicção técnica de que as situações de exposição são inaceitáveis, pressupondo que os níveis estejam acima do limite de exposição ou ainda obter incerteza quanto à aceitação das situações de exposição analisadas (FUNDACENTRO, 2013).

Ainsa *et al.* (2011) relataram que os níveis de vibração declarados pelo fabricante são geralmente inferiores aos encontrados em situações reais de operação, podendo subestimar o risco ao utilizar somente estes valores informados para análise ocupacional.

Observa-se que a NBR ISO 22867, que trata do código de ensaio de vibração para máquinas manuais portáteis com motor de combustão interna, informa que os valores obtidos nas condições de ensaio da respectiva norma, representam a média da magnitude de vibrações típicas, sendo que fatores como operador, atividade, acessório de corte e estado de manutenção da máquina, contribuem de forma considerável para variação das magnitudes reais ao longo do tempo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018).

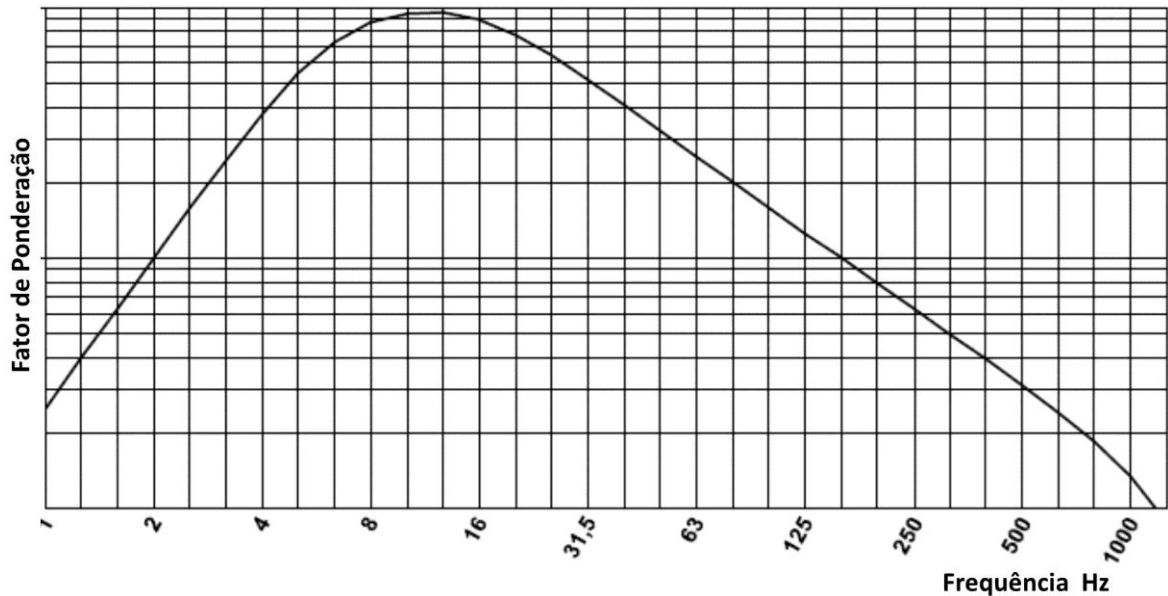
Além disso, ressalta-se que a NBR ISO 22867 estabelece metodologias de ensaios para as ferramentas manuais portáteis motosserras, roçadoras, podadores de galho motorizados com haste extensora, aparadores de cerca viva e equipamentos denominados sopradores de jardim (ABNT, 2018), não estabelecendo metodologia específica para ensaios do equipamento derriçadora de café.

Portanto, a medição da vibração é uma das formas de analisar o risco ao qual os operadores de ferramentas portáteis estão expostos, no local de trabalho (SCHUTZER, 2018). As medições da VMB devem ser realizadas segundo as três direções de um sistema de coordenadas ortogonais, de forma simultânea, utilizando-se transdutores (acelerômetro) triaxial, conforme Figura 3 (FUNDACENTRO, 2013).



**Figura 3** - Direção dos Eixos ortogonais “x”, “y” e “z” de acordo com a NHO 10.

A vibração quantificada é apresentada em aceleração média ponderada (amr) em frequências expressa em  $\text{ms}^{-2}$ . A resposta de sensibilidade das mãos é diferente nas frequências, sendo que os padrões atuais de avaliação recomendam a ponderação Wh. A ponderação Wh reflete a importância e a severidade de cada frequência para causar danos à mão ISO 5349 (2001), conforme apresentado na figura 4.



**Figura 4** - Curva de ponderação (Wh) em frequências para vibração transmitida a mãos e braços.

**Fonte:** Adaptada a partir da ISO 8041 (2005)

A avaliação da exposição à vibração é baseada no valor total da VMB, definida como a raiz quadrada da soma dos quadrados dos valores de aceleração ponderados por frequência Wh, determinados nos três eixos ortogonais x, y, z. Segundo a ISO 5349 (2001) e NHO 10, as medições de vibrações devem ocorrer próximas, onde a vibração é transmitida ao sistema mãos e braço, de forma que não interfira no bom funcionamento da ferramenta, na característica da vibração e na operação normal das ferramentas pelos operadores. A NHO 10 define ainda como ponto de medição o localizado na zona de exposição ou próximo a esta, a fim de que os resultados obtidos representem a exposição ocupacional da região do corpo atingida (FUNDACENTRO, 2013).

Existem basicamente duas formas para avaliação da vibração. A primeira consiste em fazer a fixação rígida do transdutor (Acelerômetro) diretamente na ferramenta e a segunda

na montagem e fixação do transdutor na mão do operador. De acordo com a NHO 10, a fixação do transdutor na mão do operador deve ser considerada sempre que possível, uma vez que, de modo geral, melhor representa a exposição ao qual o trabalhador fica realmente submetido, especialmente quando ocorre alternância das posturas e posições das mãos em relação ao punho e corpo da ferramenta (FUNDACENTRO, 2013).

A NHO 10 descreve que o conjunto das medições deve ser representativo das condições reais de exposição. A referida norma utiliza como critério a definição da componente de exposição “i”, que se refere à parte da exposição diária, ocorrida em uma parcela de tempo da jornada, considerando-se os três eixos ortogonais, representada por um valor de aceleração resultante de exposição parcial ( $a_{rep}$ ). Este valor pode ser obtido a partir da média aritmética das acelerações médias resultantes ( $a_{m_{ik}}$ ) obtidas a partir da repetição das componentes de exposição (FUNDACENTRO, 2013).

Ressalta-se que a NHO 10 utiliza como referência as normas internacionais ISO 5349-1 (2001), ISO 5349-2 (2001) e ISO 8041 (2005) (FUNDACENTRO, 2013). Ainda segundo a NHO 10, os medidores utilizados na avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços devem considerar os requisitos da ISO 8041 (2005), estando ajustados a atender os parâmetros: circuito de ponderação  $W_h$ , fator de multiplicação ( $f_j - 1,0$ ) em função do eixo considerado  $a_{hwx}$ ,  $a_{hwy}$  e  $a_{hwz}$  e medição do valor eficaz da vibração *root mean square - rms* (FUNDACENTRO, 2013).

Independente do tempo de duração da jornada de trabalho, para fins de comparação com o limite de exposição (LE) ou com o nível de ação, será necessário determinar a aceleração resultante de exposição normalizada ( $a_{ren}$ ). A  $a_{ren}$  corresponde à aceleração resultante de exposição ( $a_{re}$ ) convertida para uma jornada diária de 8 horas. Vale destacar que a  $a_{ren}$  da NHO 10 possui equivalência com a nomenclatura técnica internacional A (8) determinada pela norma ISO 5349-1 (2001).

Os níveis de vibração são apresentados em aceleração, utilizando-se como unidades de medida o dB ou  $ms^{-2}$ , sendo esta última a forma mais usada para fins ocupacionais (SALIBA, 2013a).



#### 4.5 Estudos Científicos em Vibração de Mãos e Braços Equipamentos Portáteis

Internacionalmente, vários estudos têm sido realizados para quantificar e compreender a vibração de mãos e braços em equipamentos portáteis utilizados na agricultura, especialmente em colhedores de olivas. Nestes estudos, tem-se observado níveis de aceleração bem superiores ao limite de exposição (LE) de  $5 \text{ ms}^{-2}$  previsto na diretiva europeia *DIRECTIVE 2002* (CALVO *et al.*, 2014; DEBOLI; CALVO; PRETI, 2016; CATANIA; BONO; VALONE, 2017; CALVO *et al.*, 2017; 2018). Calvo *et al.* (2018) encontraram níveis de exposição A (8) variando entre 8,6 e  $25,4 \text{ ms}^{-2}$ . Deboli, Calvo e Preti (2016) encontraram valores totais de vibração na ordem de  $20 \text{ ms}^{-2}$  especialmente na mão de apoio.

Outro equipamento portátil que tem merecido atenção são as roçadoras. Hao, Ean e Ripin (2011) encontraram níveis de exposição A (8) de  $11,30 \text{ ms}^{-2}$  em equipamento roçadora costal com motor de combustão dois tempos utilizadas no corte de grama. Bernardi *et al.* (2018) também relataram níveis de vibração em equipamento roçadora superior ao nível de ação  $2,5 \text{ ms}^{-2}$  e ao limite de exposição (LE) de  $5 \text{ ms}^{-2}$ , quando da utilização de sistemas de corte distintos. Em estudo realizado na Malásia, com operadores de roçadoras no corte de grama, também foram quantificados níveis de vibração acima do limite de exposição (LE) de  $5 \text{ ms}^{-2}$  (AZMIR; YAHYA, 2017).

No Brasil, os raros estudos realizados com equipamentos mecânicos portáteis também observaram níveis elevados de vibração. Pomarico (2013), estudando a avaliação das condições de saúde do trabalhador na operação de derriça do café, encontrou nível médio de vibração de  $10,62 \text{ ms}^{-2}$ . Já Pires (2017), apresentou nível médio de vibração A (8) de  $32 \text{ ms}^{-2}$  com grande variabilidade dos resultados. Em ambos os estudos os autores não apresentaram valores separadamente para cada uma das mãos.

No uso de roçadora portátil, Polleto Filho, Santos e Poletto (2015) apresentaram valores totais de vibração ( $a_{hp}$ ) entre 2,6 e  $5,3 \text{ ms}^{-2}$ . Soranso *et al.* (2018), realizando estudo sobre avaliação ergonômica das operações florestais de roçada e desgalhamento semimecanizado, também encontraram níveis de vibração superiores ao limite de exposição (LE) ocupacional de  $5 \text{ ms}^{-2}$ , permitidos para uma jornada de trabalho de 8 horas, em pelo menos uma das mãos para todas as condições avaliadas. Portanto, o que se tem observado é

quantificação de níveis de VMB superiores ao nível de ação e ao limite de exposição determinados pelas normas nacionais e internacionais.

## 5. REFERÊNCIAS

AINSA, I.; GONZALEZ, D.; LIZARANZU, M.; BERNARD, C. Experimental evaluation of uncertainty in hand-arm vibration measurements. **International Journal of Industrial Ergonomics**, Netherlands, v. 41, p. 167-179, fev.2011.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENIST – ACGIH. **TLVs e BEIs: baseado na documentação dos Limites de Exposição Ocupacional (TLVs) para Substâncias Químicas, Agentes Físicos e Índices Biológicos (BEIs)**. Tradução Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais ABHO. São Paulo, 2018. p.298.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 22867: Máquinas florestais e de jardinagem - Código de ensaio de vibração para máquinas manuais portáteis com motor de combustão interna - Vibração nas empunhaduras**. Rio de Janeiro, 2018. 31p.

ARAUJO, G. C. D. **Percepção da segurança do trabalho na pré-colheita de café: um estudo de caso**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, 2008.

AZMIR, N.A.; YAHYA, M.N. Prevalence of Hand-transmitted Vibration Exposure among Grass-cutting Workers using Objective and Subjective Measures. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, United Kingdom, v.165, p. 1-7, 2017.

BARBOSA, J. A.; SALVADOR, N.; SILVA, F. M da. Desempenho operacional de derrçadores mecânicos portáteis, em diferentes condições de lavouras cafeeiras. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, n. 1, p. 129-132, mar.2005.

BERNARDI, B.; QUENDLER, E.; BENALIA, S.; MANTELA, A.; ZIMBALATTI, G. Occupational risk related to vibrations using a brush cutter for green area management. **Annals of Agricultural and Environmental Medicine**, Poland, v. 25, n. 2, p. 255 - 258, 2018.

BONFATTI, R.J.; VASCONCELOS, F. C. F de.; FERREIRA, A. P. Ergonomia, desenvolvimento e trabalho sustentável: um olhar para a saúde do trabalhador. **Revista Brasileira de Medicina do Trabalho**, São Paulo, v. 15, n. 3, p. 257-266, set.2017.

BUDD, D.; HOLNESS, D.L.; HOUSE, R. Functional limitations in workers with hand-arm vibration syndrome (HAVS). *Occupational Medicine*, United Kingdom, v. 68, n.1, p, 478 - 481, Jun. 2018.

BRASIL. Previdência Social. Decreto nº 6.957, de 9 de setembro de 2009. Altera o Regulamento da Previdência Social, aprovado pelo Decreto nº 3.048, de 6 de maio de 1999, no tocante à aplicação, acompanhamento e avaliação do Fator Acidentário de Prevenção - FAP. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, 2009, p.8, set.2009.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 1297 de 13 de Agosto de 2014. Aprova o Anexo I - Vibração da Norma Regulamentadora nº 9 - Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), altera o anexo 8 - Vibração da Norma Regulamentadora nº 15 - Atividades e Operações Insalubres, e da outras providências. **Diário Oficial da União**, seção 1, Brasília, DF, 2014, p. 110 - 111, ago. 2014.

ÇAKMAK, B.; SARAÇOĞLU, T.; ALAYUNT, F.N.; OZARSLAN, C. Vibration and noise characteristics of flap type olive harvesters. *Applied Ergonomics*, United Kingdom, v. 42, n.3, p. 397-402, mar.2011.

CALVO, A.; DEBOLI, R.; PRETI, C.; MARIA, A de. Daily exposure to hand arm vibration by different electric olive beaters. *Journal of agricultural Engineering*, Italy, v. 45, n. 3, p. 103-110, ago. 2014.

CALVO, A.; ROMANO, E.; SCHILLACI, G.; PRETI, C.; DEBOLI, R. Hand-held Olive Beaters: Analysis of the Upper Limb Disorders and Hand-arm Vibration Risks. *Chemical Engineering Transactions*, Italy, v. 58, p. 163-168, 2017.

CALVO, A.; ROMANO, E.; PRETI, C.; SCHILLACI, G.; DEBOLI, R. Upper limb disorders and hand-arm vibration risks with hand-held olive beaters. *International Journal of Industrial Ergonomics*, Netherlands, v. 65, p. 36-45, maio 2018.

CAMPBELL, R.A.; JANKO, M.R.; HACKER, R. Hand-arm vibration syndrome: A rarely seen diagnosis. *Journal of Vascular Surgery Cases and Innovative Techniques*, United States, v. 3, p. 60-62, jun.2017.

CATANIA, P.; BONO, F.; VALLONE, M. Evaluation of the vibrations transmitted to the hand-arm system in the use of portable harvesters for olives. **Agricultural Engineering International**, v. 19, n. 2, p. 129-138, ago.2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília, v.5, n.1, p.1-62, 2019. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 06 fev.2019.

CUNHA, J. P. B.; SILVA, F. M.; DIAS, R. E. B. A. Eficiência de Campo em Diferentes Operações Mecanizadas na Cafeicultura. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p.76 - 86, mar.2016.

CUNHA, J. P. B.; SILVA, F. M. da.; DIAS, R. E. B. A.; LISBOA, C. F.; MACHADO, T. A. Viabilidade técnica e econômica de diferentes sistemas de colheita do café. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 417 - 426, set.2016.

DEBOLI, R.; CALVO, A.; PRETI, C. Vibration and impulsivity analysis of hand held olive beaters. **Applied Ergonomics**, Netherlands, v. 55, p. 258-267, jul.2016.

DIRECTIVE 2002/42/EC, 2002. Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council of 25th June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure to workers to the risks arising from physical agents (vibration). **The Official Journal of the European Communities**, p. 13-19, 2002.

EBERHARDT, M.; VOLLRATH, D. The effect of agricultural technology on the speed of development. **Word Developmente**, v. 109, p. 483-496, set.2018.

FERRAZ, G. A. S.; SILVA, F. C. da.; NUNES, R. A.; PONCIANO, P. F. Variabilidade espacial do ruído gerado por uma derrçadora portátil em lavoura cafeeira. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 276-283, set.2013.

FERREIRA JUNIOR, L. G.; SILVA, F. M. da.; FERREIRA, D. D.; SALES, R. S. Recomendação para colheita mecânica do café baseado no comportamento de vibração das hastes derrçadoras. **Cienc. Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 2, p. 273-278, fev.2016.

FROEHLICH, C.; BITENCOURT, C.C. Sustentabilidade empresarial: um estudo de caso na empresa artecola. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 5, n.3, p. 55-71, dez.2016

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional - Procedimento Técnico. Avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços. NHO 10.** São Paulo, 2013. 54 p.

FRUTOS, C. R.; MORA, P. P.; MORENO, M. O.; SALGADO, J. G. Do companies that claim to be socially responsible adequately manage occupational safety and health?. **Safety Science**, United Kingdom, v. 114, p. 114-121, abr.2019.

GOMES, H. M.; SAVIONEK, D. Measurement and evaluation of human exposure to vibration transmitted to hand-arm system during leisure cyclist activity. **Engenharia Biomédica**, Rio de Janeiro, v. 30, n. 4, p. 291 - 300, dez.2014.

HAJJAR, R. *et al.* Scaling up sustainability in commodity agriculture: Transferability of governance mechanisms across the coffee and cattle sectors in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, United Kingdom, v. 206, p.124 -132, jan.2019.

HEAVER, C.; GOONETILLEKE, K.; FERGUSON, H.; SHIRALKAR, S. Hand-arm vibration syndrome: a common occupational hazard in industrialized countries. **The Journal of Hand Surgery**, United States, v. 36, p. 354-363, fev. 2011.

HEIMBECHER, C. T. **Análise dos padrões térmicos após estresse ao frio com utilização da termográfica para identificação de suspeita do Fenômeno de Raynaud.** 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

HUA, Y.; LEMERLE, P.; GANGHOFFER, J. F. A Two scale modeling and computacional framework for vibration-induce Raynaud syndrome. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical**, United Kingdom, v. 71, p. 320-328, jul.2017.

HAO, K.Y.; EAN, O.L.; RIPIN, Z.M. The design and development of suspended handles for reducing hand-arm vibration in petrol driven grass trimmer. **International Journal of Industrial Ergonomics**, Netherlands, v. 41, n.5, p. 459-470, set.2011.

KUCUK, H. O.; EYUBOGLU, M.; KUCUK, U.; BALTA, S. Occupational exposure to hand-arm vibration. **International Journal of Cardiology**, Netherlands, v. 203, p. 959, jan.2016.

LAI, SK.; CHUI, J.; TONG, L.; SUN, J. Q. A Human-Basead Study oh hand-arm vibration exposure limits for construction workers. **Journal of vibration engineering e technologies**, v. 7, p. 379-388, ago.2019.

LEME, P. H. M. V. **A construção do mercado de cafés Certificados e Sustentáveis da Utz Certified no Brasil: As práticas e os arranjos de mercado.** 2015. Tese (Doutor em Administração) – Universidade Federal de Lavras UFLA, Lavras, 2015.

LUNDSTROM, R.; NOOR BALOCH, A.; HAGBERG, M.;NILSSON, T.; GERHARDSSON, L. Long-term effect of hand-arm vibration on thermotactile perception thresholds. **Journal of Occupational Medicine and Toxicology**, v. 13, p. 2-8, jun.2018.

YANAGI JUNIOR, T.; SCHIASSI, L.; ABREU, L. H. P.; BARBOSA, J. A.; CAMPOS, T. C. Procedimento Fuzzy aplicado à avaliação da insalubridade em atividades agrícolas. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.32, n.3, p.423-434, maio/jun. 2012.

OLIVEIRA JUNIOR, G. G.; SILVA, A. B da.; CUNHA, I de. A.; APARECIDO, L. E de. O.; SABINO, P. H de. S. Occupational exposure to localized vibrations usingportabl emechanical brush cutter in coffee crop. **Coffee Science**, Lavras, v. 14, n. 2, p. 183 - 192, apr./jun. 2019.

PALMER, K.T.; BOVENZI, M. Rheumatic effects of vibration at work. **Best Practice & Research Clinical Rheumatology**, United Kingdom, v. 29, n. 3, p. 424-439, jun.2015.

PATIL, S. S. Grass trimmer handle vibration reduction by imposing node method using vibration absorber. **Noise & Vibration Worldwide**, United Kingdom, v. 49, n. 2, p. 50-61, fev.2018.

PEREIRA, S.P. **Caracterização de propriedades cafeeiras com relação às práticas agrícolas: Aplicação das análises de cluster e discriminantes** 2013. Tese (Doutor em Agronomia e Fitotecnia) - Universidade de Lavras, Lavras UFLA, 2013.

PIRES, J. V. **Exposição à vibração transmitida pela mão (VTM) e queixas osteomusculares entre trabalhadores na colheita semimecanizada do café:** estudo de associação. 2017. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Itajubá UNIFEI, Itajubá, 2017.

POMARICO, G. **Avaliação das condições de saúde do trabalhador na operação de derriça do café.** 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, 2013.

PETTERSSON, H.; RISSANEN, S.; WAHLSTROM, J.; RINTAMAKI, H. Skin temperature responses to hand-arm vibration in cold and thermoneutral ambient temperatures. **Industrial Health**, Japan, v. 56, n. 6, p. 545 - 552, nov.2018.

POLETTO FILHO, J. A.; SANTOS, J. E. G.; POLETTO, H. M. C. Análise dos riscos físicos e ergonômicos em roçadora transversal motorizada. **Revista Brasileira de Ergonomia**, Rio de Janeiro, v.10, n.1, p.70-81, 2015.

REICHAMAN, D.R. Big Coffee in Brazil: Historical origins and implications for anthropological political economy. **Journal of latin American and Caribbean Antropology**, United States , v. 23, n. 2, p. 241-261, 2018.

SALES, R. S.; SILVA, F.M.da.; SILVA, F.C.da. Doses de ruído a qual estão submetidos operadores de derrçadoras portáteis de café. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 169 - 175, jun.2015.

SALIBA, T. M. **Manual Prático de Avaliação e Controle de Vibração - PPRA.** 2. ed. São Paulo : LTr, 2013a. 101 p.

SALIBA, T. M. **Curso Básico de Segurança e Higiene Ocupacional.** 5. ed. São Paulo : LTr, 2013b.479 p.

SANCHEZ, A.; GONZÁLEZ, C.; BROCAI, F. Assessment of emerging risk level by occupational exposure to hand-arm vibrations: Approach under uncertainty conditions. **Safety Science**, Netherlands, v. 114, p. 140-147, abr.2019.



SANTINATO F.; SILVA, R.P.; CASSIA, M.T.; SANTINATO, R. Análise quali-quantitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p.495-505, out/dez.2014.

SCARPIM, A. C.; FERREIRA, C. V. Occupational vibrations: a review of the literature. **Revista de Ciências e Saberes**, Caxias – MA., v. 1, n. 1, p. 70-74, ago/out.2015.

SCHUTZER, V. M. **Avaliação de parâmetros ergonômicos: Vibração e ruído em roçadeiras laterais**. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) -Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru , 2018.

SILVA, G. M da.; GINDRI. E. P.; BENETTI, B. B.; DEPOI, J. S.; WERNER, V.; BRANDELEIRO, C.; OTTONELLI, J. Avaliação operacional de trabalhadores durante o uso de motorroçadoras laterais. **TECNO-LÓGICA**, Santa Cruz do Sul, v. 22, n. 1, p. 96-100, jan./jun.2018.

SILVA, J. A. R. da.; OLIVEIRA JUNIOR, G. G. de.; COSTA, C. E. de. M.; SILVA, A. B. da.; GABRIEL, C. P. C.; PUTTI, F. F. Occupational noise level in mechanized and semimechanized haverst of coffee fruits. **Coffee Science**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 448 - 454, out/dez.2018.

SORANSO, D. R.; MINETTE, L. R.; SCHETTINO, S.; MINETI, D.; SOUZA, P de. Avaliação Ergonômica das Operações Florestais de Roçada e Desgalhamento Semimecanizado. **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa , v. 26, n. 4, p. 343-351, ago.2018.

VENTURELLI, I. R.; PATTO, G.J.; BELI, E.; MANDELLI, I. A. M. Comparação de custos entre a colheita mecanizada e semi-mecanizada de café: um estudo de caso em uma propriedade no município de Andradas - MG. **RACRE- Revista de Administração**, Esp. Sto. do Pinhal- SP, v.16, n. 20, p.93-104, jan/dez.2016.

WÓJCIK, K. The influence of the cutting attachment on vibrations emitted by brush cutters and grass trimmers. **Forest Research Paper**, Poland, v. 76, n. 4, p. 331-340, dez. 2015.

**Artigo 1**

**OCCUPATIONAL EXPOSURE TO LOCALIZED VIBRATIONS USING PORTABLE  
MECHANICAL BRUSH CUTTER IN COFFEE CROP**

## **EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A VIBRAÇÕES LOCALIZADAS UTILIZANDO ROÇADEIRA MECÂNICA PORTÁTIL NA CULTURA DO CAFEIEIRO**

**Resumo:** A utilização de roçadeira mecânica portátil pode expor trabalhadores a vibrações localizadas, a partir da transferência da vibração mecânica da ferramenta para as mãos e braços do operador. Neste sentido, objetivou-se, no presente estudo, quantificar os níveis de vibração ocupacional transmitidos às mãos e braços dos operadores de roçadeiras portáteis, em condições rotineiras de trabalho, na cultura do cafeeiro. Os níveis de vibração transmitidos às mãos do operador foram medidos durante atividade com as roçadeiras portáteis. O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial (2 x 2), sendo combinados dois tipos de empunhadura (Cabo Circular CC e Empunhadura Dupla Guidão EDG), com dois tipos de lâminas de corte (2P e 3P). A aquisição dos dados ocorreu a partir da utilização do medidor de vibração SV 103, Svantek com acelerômetro triaxial, instalado em cada uma das mãos do trabalhador, no ponto de contato com a ferramenta. Os resultados demonstraram que o nível de ação  $2,5 \text{ ms}^{-2}$  determinado pela NR 09 e NHO 10 foi ultrapassado em todas as condições do presente estudo. As maiores acelerações foram quantificadas na operação do equipamento roçadeira com CC, atingindo o limite de exposição (LE) diária de  $5 \text{ ms}^{-2}$ , permitido para uma jornada de trabalho de 8 horas. A aceleração resultante do equipamento com EDG foi em média 37,45% inferior à operação do equipamento com CC. Os resultados obtidos trazem indicativos de vantagens ocupacionais na seleção desses tipos de acessórios para as roçadeiras, de modo a mitigar os efeitos da exposição à VMB em situações de uso prolongado.

**Termos para indexação:** Cafeicultura; Segurança do Trabalho; Vibração de Mãos e Braços.

## OCCUPATIONAL EXPOSURE TO LOCALIZED VIBRATIONS USING PORTABLE MECHANICAL BRUSH CUTTER IN COFFEE CROP

**Abstract:** The use of portable brush cutter may expose workers to localized vibrations, from the transfer of mechanical vibration of the tool to the operator's hands and arms. With this in mind, the objective of this study was to quantify the levels of occupational vibration transmitted to the hands and arms of the portable brush cutter operators under routine working conditions in the coffee crop. The vibration levels transmitted to the operator's hands were measured during activity with portable brush cutters. The experimental design was completely randomized (CRD) in a factorial scheme (2 x 2) combined with two types of grip (Circular cable (CC) and double grip handle (DGH) with two types of tip cutting blades (2TB and 3TB). The data acquisition occurred from the use of the vibration meter SV 103, SVANTEK with triaxial accelerometer, installed on each of the worker's hand at the contact point with the tool. The results demonstrated that the  $2.5 \text{ ms}^{-2}$  action level determined by NR 09 and NHO 10 was exceeded under all conditions of the present study. The highest accelerations were quantified in the operation of the brush cutter equipment with CC, reaching the daily exposure limit of  $5 \text{ ms}^{-2}$  allowed for an 8-hour of working day. The resulting acceleration of the DGH equipment was on average 37.45% lower than the operation with the CC equipment. The results bring indicatives of occupational advantages in the selection of these types of accessories for brush cutters, in order to mitigate the effects of exposure to HAV in extended use situations.

**Index terms:** Coffee Crop; Hands and arms vibration; Workplace safety.

## 1. INTRODUCTION

The Coffee cultivation is one of the main Brazilian agricultural crops (HAJJAR *et al.*, 2019; REICHAMAN, 2018) and in the recent years has undergone significant changes, especially in the mechanization of cultural practices, which previously were traditionally performed manually (CUNHA; SILVA; DIAS, 2016; SILVA *et al.*, 2018). Mechanization is a useful tool so that the coffee growers can improve the efficiency of their activities, productivity and reduction of production costs (SANTINATO *et al.*, 2014; CUNHA *et al.*, 2016).

In the south of Minas Gerais the use of motorized portable mechanical equipment has increased significantly, being used in the activities of coffee mowing, pruning and harvesting. The use of these equipments brings higher yields in the agricultural operations, however, these activities can imply in the occupational exposure of the workers to localized vibrations, from the transfer of the mechanical vibration of the tool to the hands and arms of the operator. Poletto, Santos and Poletto (2015), affirmed that noise and vibration are two occupational risk agents present in the activity of the brush cutter operator.

Although occupational vibration is not as studied as other environmental hazards, their presence in the workplace is very frequent. Worldwide, the number of workers exposed to vibration by the use of hand tools is expressive (SINGH; KHAN, 2014). The occupational exposure to hands and arms vibration (HAV) can cause damage to workers' health by presenting vascular, neurological, osteoarticular and muscular symptoms that characterize Hand and Arms Vibration Syndrome (HAVS) (HEAVER *et al.*, 2011; FUNDACENTRO, 2013; CAMPBELL; JANKO; HACKER, 2017; CALVO *et al.*, 2018; PATIL, 2018; KUPPA; LAL, 2019).

In the Brazilian agriculture, scientific studies dealing with hand and arm vibration levels (HAV) in workers operating portable mechanical equipment are scarce. However, several studies carried out in other countries have demonstrated the importance of this issue given its relevance to the protection of workers' health (ÇAKMAK *et al.*, 2011; HAO; EAN; RIPIN, 2011; AIELLO *et al.*, 2012; WÓJCIK, 2015; AZMIR; YAHYA, 2017; ROMANO *et al.*, 2017; BERNADI *et al.*, 2018; CALVO *et al.*, 2018). Heaver *et al.* (2011) stated that the

early recognition of exposure to vibration is of fundamental importance to promote risk management and prevent the occurrence of health damage of exposed workers.

In Brazil, the Regulatory Standard NR 09 from the Ministry of Labor and the Occupational Hygiene Standard NHO 10 from Jorge Duprat Figueiredo Foundation for Safety and Occupational Medicine (FUNDACENTRO) defined the value of  $2.5 \text{ ms}^{-2}$  as action level and  $5.0 \text{ ms}^{-2}$  as exposure limit for occupational exposure to HAV. This exposure limit is used in the Regulatory Standard NR 15 as a reference for the characterization of unhealthiness (BRASIL, 2014; FUNDACENTRO, 2013). It is noteworthy that these levels are the same recommended by the international standards American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) and by the European directive, DIRECTIVE 2002 (ACGIH, 2018; EUROPEAN DIRECTIVE, 2002).

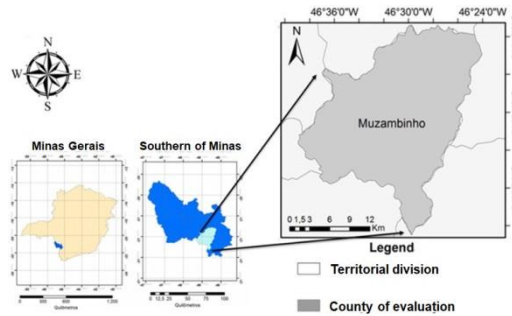
The brush cutters commercially available and in use by workers in the southern of Minas Gerais coffee plantations have basically two mechanisms for coupling the hand with the tool, called circular cable (CC) and double grip handle (DGH). Considering that the occupational exposure to localized vibrations necessarily occurs from the worker's contact with the tool and consequently transfer of the mechanical vibration to the hands and arms of the operator. The mechanism for coupling the hands with the tool, along with the cutting blades used, can influence the HAV levels received by the operator.

Therefore, the importance and necessity of carrying out studies that quantify the levels of occupational vibration in portable mechanical brush cutters under normal and routine working conditions is evidenced. And so, compare them with the action level and the exposure limit set by the current standards NR 09, NR 15 and NHO 10, in order to support preventive, organizational and protective actions to avoid damage to the workers' health and possible negative effects on production costs.

Thus, the objective of this study was to quantify the levels of occupational vibration transmitted to hands and arms of the portable mechanical brush cutter operators, under routine working conditions in the coffee crop.

## 2. MATERIAL AND METHODS

The present study was conducted at the Federal Institute of Education, Science and Technology of the Southern of Minas Gerais, IFSULDEMINAS, Campus Muzambinho - MG (Figure 1).



**Figure 1** - Geographical location of the study site.

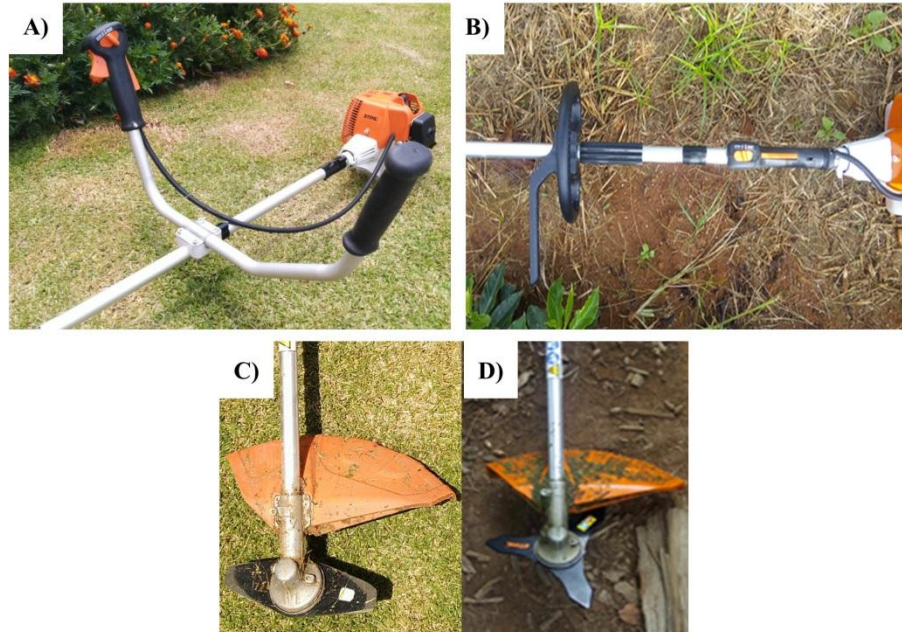
The mowing activity was carried out from December 2018 to January 2019 in the plot called roasting cultivated with (*Coffea arabica*), Catucaí Yellow, 3 years old, planted at a spacing of 3.5 x 0.7 m, located at 1000 m of altitude. *Panicum maximum* was the predominant spontaneous grass vegetation in the area, with a mean height of 0.85 m (Figure 2).



**Figure 2** - Spontaneous grass vegetation (*Panicum maximum*) in the experiment area.

The vibration levels transmitted to the operator's hands were measured in two new portable mechanical brush cutters, one of which has a hand-held coupling with the tool, called a double grip handle (DGH) and another circular cable (CC) (Figure 3A and B). Both brush cutters have an internal combustion engine of two-stroke, 0.95 kW power, 2800 rpm idle mode, 10,500 rpm limiting rotation, the tube axis of 1.5 m, commercially available and in use

by the coffee-growing workers of the southern of Minas Gerais. Two (2TB) and three-tip (3TB) cutting blades were used in both DGH and CC grip equipments (Figure 3C and D).



**Figure 3** - Double grip handle DGH (A), Circular cable grip CC (B); Cutting system: two-tip blades (C); and three-tip blades (D).

Before starting the collect of the vibration levels, the two brush cutters were turned on and operated for about 15 minutes without cutting, so that stable conditions were reached, with the rotation at idle mode and full rotation being checked, using the rotation indicator equipment EDT 9 Stihl (Figure 4).



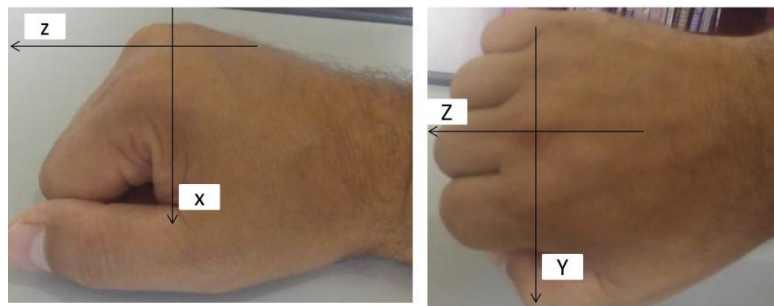
**Figure 4** - Rotation indicator equipment EDT 9 Stihl.

The mowing activity was performed by an experienced operator, right-handed, age 29 years old and with the following anthropometric characteristics: height 1.76m, weight 69.9 Kg, total length of upper limbs (arm, forearm and hands) of 0.83m. The data collection began



after the approval of the Ethics Committee in Human Research (ECHR), process n° 02216818.1.0000.8158 and signing the Free and Clarified Consent Term (FCCT) by the operator.

The acquisition of the vibration data was performed by the vibration meter SV 103, Svantek serial number 56895, calibrated with the certificate from the Brazilian RBC Calibration Network, taking into account the weighting requirements (Wh) and the characteristics provided in the international standards ISO 8041 (2005), ISO 5349-1 (2001) and national standard NHO 10. The measuring set is integrated with the SV 107 Micro Electro-Mechanical Systems (MEMS) triaxial accelerometer with sensitivity of ( $\pm 5\%$ )  $0.661 \text{ mV/ms}^2$ . The orthogonal axes “x”, “y” and “z” were simultaneously evaluated (Figure 5).



**Figure 5** - Direction of the Orthogonal Axes “x”, “y” and “z” according to NHO 10.

The transducers were mounted in each of the operator’s hands, and at the hands coupling point with the tool (Figure 6). The operator was instructed to use the equipment within the normal working characteristics in terms of speed and displacements undertaken, maintaining the gripping force and drive naturally employed in this activity. The resulting acceleration of the normalized exposure was determined for both the right hand (Acceleration Hand) and the left hand of the worker.



**Figure 6** - Assembly of the equipment in the operator’s hand.

The experimental design was completely randomized (CRD) in a factorial scheme (2 x 2), combined with two types of grips (CC and DGH) and two types of tip cutting blades (2TB and 3TB), totaling 4 treatments with 6 replications. The treatments consisted of Circular Cable with two - tip cutting blades (CC - 2TB); Circular Cable with three - tip cutting blades (CC - 3TB); Double Grip Handle with two - tip cutting blades (DGH - 2TB) and Double Grip Handle with three tip cutting blades (DGH - 3TB).

After the evaluations, the data collected in a frequency band of 1/3 octave from 0.8 to 1600 Hz were downloaded and processed using supervisory software version 1.12. As indicated by FUNDACENTRO (2013), the accelerations in the three perpendicular directions, “x”, “y” and “z” were determined and the resulting mean acceleration value (rma) was obtained by summing the root of the squares of the mean accelerations expressed in  $ms^{-2}$  (Equation 1) according to NHO 10 and ISO 5349-1 (2001):

$$rma = \sqrt{(f_x am_x)^2 + (f_y am_y)^2 + (f_z am_z)^2} \quad [ms^{-2}] \quad [1]$$

Where:

$ma_j$  – mean acceleration;

$f_j$  - multiplication factor due to the axis considered.

For the purposes of comparison with the action level and the exposure limit quoted in NR 09, NR 15 and NHO 10, the acceleration resulting of normalized exposure (arne) was determined and expressed in  $ms^{-2}$  (Equation 2), according to the NHO 10 (2013) standards. This metric (arne) is equivalent to the acceleration  $a_{hv}$  A (8) expressed in ISO 5349-1 (2001):

$$arne = are \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad [ms^{-2}] \quad [2]$$

Where:

are - acceleration resulting of exposure;

T - duration of daily working hours, expressed in hours or minutes;

$T_0$  - 8 hours or 480 minutes.

The arne values obtained were submitted to analysis of variance. In cases where the value of the F test was significant, Tukey tests were performed at the 5% level of significance. For that purpose, we used the statistical software “SISVAR” (FERREIRA, 2011).

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

There was no interaction between the study factors, types of Grips (CC and DGH) and tip cutting blades (2TB and 3TB), both for the right hand ( $F = 0.15$ ,  $p \geq 0.05$ ) and for the left hand ( $F = 0.14$ ,  $p \geq 0.05$ ). The factors had a significant effect in an isolated form (Table 1).

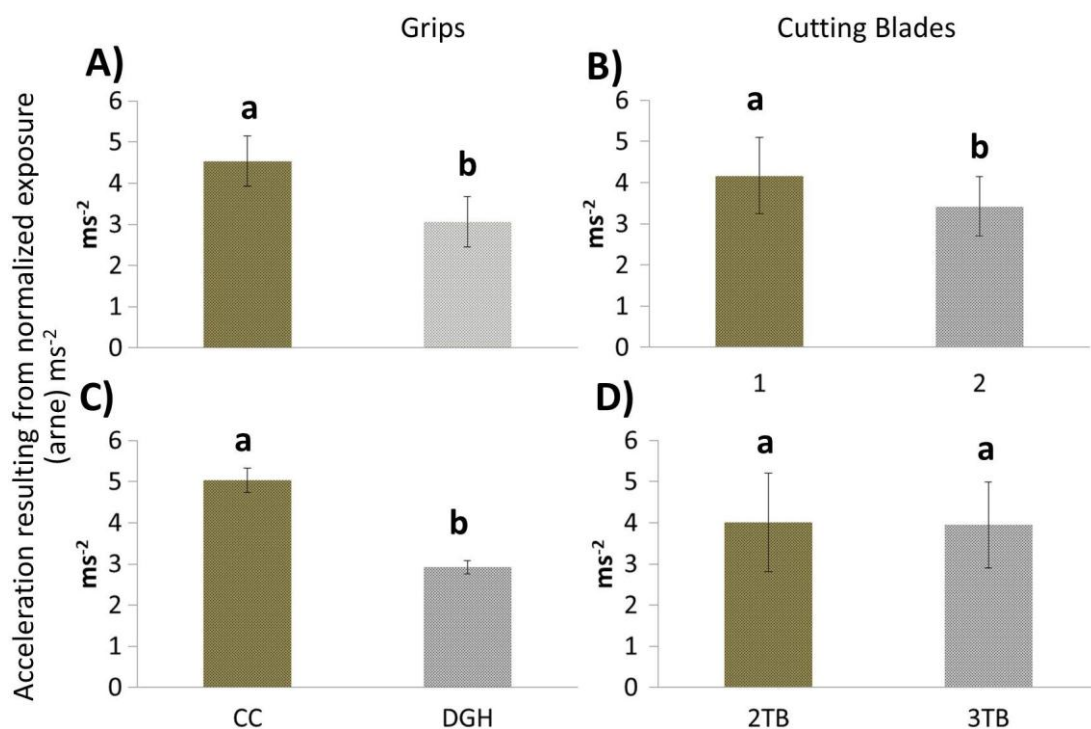
**Table 1** - Analysis of variance (ANOVA) in the vibration levels, between the use of the coupling systems of the worker’s hands with the tool (Grips) and cutting blades

Right Hand (RH)					
Variation Factor	DF	SSQ	MSQ	Fc	Pr>Fc <sup>(1)</sup>
Grip	1	13.02	13.02	135.16	<b>0.00</b>
Blade	1	3.46	3.46	35.96	<b>0.00</b>
Grip*Blade	1	0.21	0.21	2.24	<b>0.15</b>
Error	20	1.92	0.09	-	-
Total	23	18.63	-	-	-
CV (%) <sup>(2)</sup>			8.18		
Left Hand (LH)					
Variation Factor	DF	SSQ	MSQ	Fc	Pr>Fc
Grip	1	26.64	26.64	461.97	<b>0.00</b>
Blade	1	0.02	0.02	0.40	<b>0.53</b>

Grip*Blade	1	0.13	0.13	2.36	<b>0.14</b>
Error	20	1.15	0.05	-	-
Total	23	27.96	-	-	-
CV (%)			6.04		

DF: Degrees of freedom; SSQ: Sum of squares; MSQ: Mean square; Fc= F Calculated; <sup>(1)</sup> P-value; <sup>(2)</sup> Coefficient of variation.

The acceleration levels resulting of normalized exposure (arne) for hand and arm vibration (HAV), due to the use of portable brush cutters in the coffee crop can be observed in Figure 7. For all the operating conditions evaluated, the action level of  $2.5 \text{ ms}^{-2}$  determined by NR 09 and NHO 10 was exceeded. The results showed significant differences for the vibration levels transmitted to the operator's hands between the use of the brush cutter with CC and DGH ( $p \leq 0.05$ ) (Figure 7). The greatest accelerations were quantified in the brush cutter operation with CC, both in the right hand and left hand (Figure 7A and C).



**Figure 7** - Hands and arms' vibration in the operation of the equipment with circular cable (CC) and double grip handle (DGH) for the right and left hand. The mean vibration levels

between the CC and DGH Grips were compared by the Tukey test at the 95% confidence level. **Legend:** Right hand (A and B), Left hand (C and D); Error Bar = Standard Deviation (SD).

During the operation of the CC equipment, the daily exposure limit of  $5 \text{ ms}^{-2}$  allowed for an 8-hour working day has been reached in at least one hand. To the right hand the acceleration was  $4.5 \text{ ms}^{-2}$  ( $\text{SD} \pm 0.61$ ) and for the left hand (the support hand)  $5.0 \text{ ms}^{-2}$  ( $\text{SD} \pm 0.30$ ) (Figure 7A and C). Therefore, during the mowing activity with CC of the present study the maximum working time allowed will be 8 hours in accordance with current legislation, since to operate the equipment the worker needs to hold it with both hands and in the left hand the exposure limit has been reached according to NR 15 and NHO 10 (BRASIL, 2014; FUNDACENTRO, 2013).

It is noteworthy that the exposure limit for the purposes of rule NHO 10 represents conditions under which it is believed that most workers can be exposed repeatedly, without suffering adverse effects to the hand-arm system that may result in damage to the worker's health. However, due to variations in the individual susceptibility of each worker, the exposure limit should not be considered as the definitive dividing line between safe and dangerous levels (ACGIH, 2018).

The results evidenced that the operation of the brush cutter equipment with DGH showed levels of HAV, lower than the use of the equipment with CC for all the conditions of the present study. On average, the acceleration resulting from normalized exposure (arne) of the DGH equipment was 37.45% lower than the operation of the CC equipment, thus showing indicatives of occupational advantages in mitigating the exposure to physical risk vibration in situations of prolonged use.

However, the levels of HAV  $2.9 \text{ ms}^{-2}$  ( $\text{SD} \pm 0.17$ ) and  $3.0 \text{ ms}^{-2}$  ( $\text{SD} \pm 0.37$ ) quantified in the operation of the DGH equipment deserve attention, since they exceed the level of action (arne) of  $2.5 \text{ ms}^{-2}$  determined in NR 09 and NHO 10. According to NHO 10, the vibration levels between  $2.5$  and  $5.0 \text{ ms}^{-2}$  exceed the action level and enter the region of uncertainty (FUNDACENTRO, 2013). Performing the quantification of vibration under normal and routine working conditions becomes important in order to acquire specific values avoiding errors in personal judgment (CALVO *et al.*, 2018).

In addition to the vibration, it was observed that during the operation of the DGH equipment, the worker remained with the trunk aligned providing an ergonomically more adequate posture. Ferrary *et al.* (2018) stated that recent studies have demonstrated a direct relationship between the inadequate use of the brush cutter equipment and possible musculoskeletal disorders.

There were significant differences for the vibration levels found in the operator's acceleration hand (right hand), between the use of two (2TB) and three (3TB) tip blades ( $p \leq 0.05$ ) (Figure 7B). In the left hand, no differences were verified ( $p > 0.05$ ) (Figure 7D).

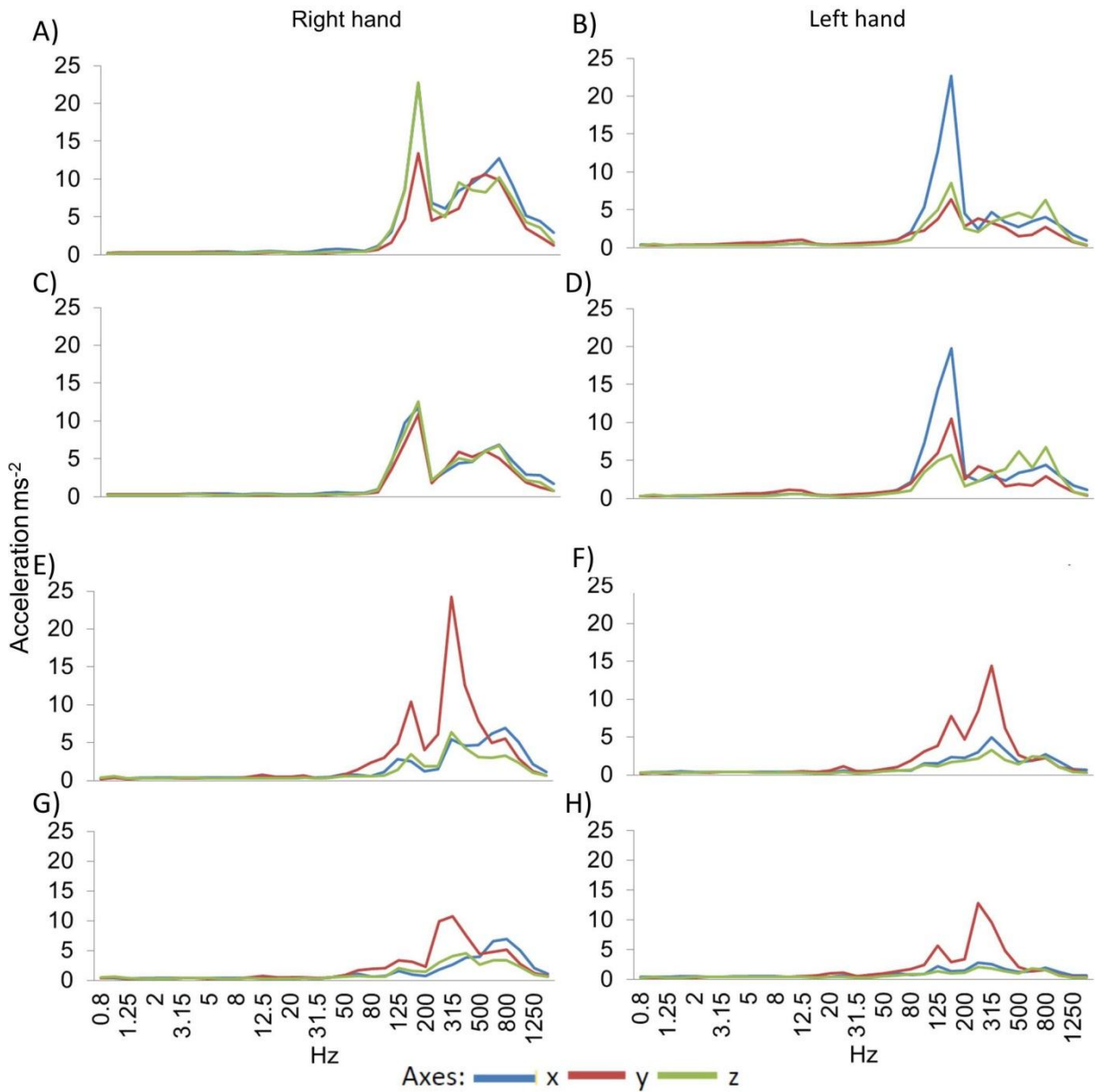
In the right hand the use of 2TB presented accelerations superior to the use of 3TB (Figure 7B). It is important to reiterate that in the present study we used new brush cutters and new cutting blades. Unbalanced cutting blades, as well as the wear and the lack of maintenance of the brush cutter equipment can contribute to increase the levels of vibration transmitted by the operator's hand. Schutzer (2018) reports that unbalanced and non-sharp blades can amplify the vibration transmitted to the Grip of the cutter.

According to NHO 10, the level of vibration generated by tools that have vibratory characteristics depends on the conditions of use and conservation (FUNDACENTRO, 2013). Still according to FUNDACENTRO (2013), the operator should be advised to communicate his superior whenever he observes abnormal levels of vibration during the use of the work tools.

The mean acceleration spectra quantified on the Xh, Yh and Zh axes were illustrated in Figure 8. In the CC equipment the highest acceleration peaks occurred at the 160 Hz frequency, for the X axis with a magnitude of  $22.6 \text{ ms}^{-2}$  for both the right hand and the left hand and the Z axis with  $22.7 \text{ ms}^{-2}$  at right hand when using CC-2TB (Figure 8A and B). For DGH, the highest acceleration peaks were recorded at the 315 Hz frequency on the Y axis, with  $24.2 \text{ ms}^{-2}$  for the right hand and  $14.3 \text{ ms}^{-2}$  on the left hand using DGH-2TB (Figure 8E and F). Bernardi *et al.* (2018), performing a study on occupational vibration in the use of brush cutters in green areas, also used equipment with double Grip and observed the greatest accelerations in the Y axis, differing from the present study in frequency and peak magnitude.

The analysis of the frequency bands of one third of the octave did not present high values of acceleration at the low frequencies in the vibration signals (Figure 8). The low

frequency accelerations, especially those between 8 and 16Hz, are prioritized by ISO 5349-1. The human body naturally has vibration and when this external frequency coincides with the natural frequency of the body there is a resonance and amplification of the vibration. Therefore, the acceleration at low frequencies are considered more damaging and harmful to workers' health (HAO; EAN; RIPIN, 2011).



**Figure 8** - Average acceleration spectrum for the Xh, Yh and Zh axes with circular cable (CC) and Double Grip Handle (DGH) using two (2TB) and three (3TB) tip blades. Circular Cable with Two-Tip Blades CC-2TB (A and B), Circular Cable with Three-Tip Blades CC-

3TB (C and D), Double Grip Handle with Two-Tip Blades DGH-3TB (E and F), Double Grip Handle with Three-Tip blades DGH-3TB (G and H).

Therefore, workers operating the brush cutter equipment in the coffee crop should be supervised and instructed on the exposure risk to vibration. Azmir and Yahya (2017) stated that providing information, training and monitoring the worker's health is of fundamental importance to mitigate the exposure risk to hand and arm vibration when using brush cutters.

#### **4. CONCLUSIONS**

The level of action  $2.5 \text{ ms}^{-2}$  determined by NR 09 and NHO 10 has exceeded under all conditions of the present study and preventive measures should be taken to periodic monitoring of exposure, information to workers, health surveillance focused on the effects of exposure to vibration, and search to reduce exposure to vibration.

The daily exposure limit of  $5 \text{ ms}^{-2}$  was reached only with the use of brush cutters with CC. Blades with tips (3TB) showed lower vibration to the right hand. The resulting acceleration of the DGH equipment was on average 37.45% lower than the operation of the CC equipment, thus presenting indicative of occupational advantages in situations of prolonged use.

#### **5. ACKNOWLEDGEMENTS**

We would like to thank the Federal Institute of Education, Science and Technology of the South of Minas (IFSULDEMINAS), the company Almont do Brazil and the Jorge Duprat Figueiredo Foundation for Safety and Occupational Medicine (FUNDACENTRO) for their support in carrying out this study.



## 6. REFERENCES

AIELLO, B. *et al.* Real time assessment of hand-arm vibration system based on capacitive MEMS accelerometers. **Computers and Eletronics in Agriculture**, Netherlands, v. 85, p. 45-52, 2012.

AZMIR, N.A.; YAHYA, M.N. Prevalence of Hand-transmitted Vibration Exposure among Grass-cutting Workers using Objective and Subjective Measures. **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering**, United Kingdom, v.166, p. 1-7, 2017.

BERNARDI, B. *et al.* Occupational risk related to vibrations using a brush cutter for green area management. **Annais of Agricultural and Environmental Medicine**, Poland, v. 25, n° 2, p. 255 - 258, 2018.

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

ÇAKMAK, B. *et al.* Vibration and noise characteristics of flap type olive harvesters. **Applied Ergonomics**, United Kingdom, v. 42, p. 397-402, 2011.

CALVO, A. *et al.* Upper limb disorders and hand-arm vibration risks with hand-held olive beaters. **International Journal of Industrial Ergonomics**, Netherlands, v. 65, p. 36-45, 2018.

CAMPBELL, R.A.; JANKO, M.R.; HACKER, R. Hand-arm vibration syndrome: A rarely seen diagnosis. **Journal of Vascular Surgery Cases and Innovative Techniques**, United States, v. 3, p. 60-62, 2017.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENIST – ACGIH. **TLVs e BEIs: baseado na documentação dos Limites de Exposição Ocupacional**

(TLVs) para Substâncias Químicas, Agentes Físicos e Índices Biológicos (BEIs). Tradução Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais ABHO, São Paulo, p. 298, 2018.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional - Procedimento Técnico. Avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços. NHO 10.** São Paulo, 2013. 54 p.

CUNHA, J.P.B.; SILVA, F. M. da.; DIAS, R. E. B.A. Eficiência de Campo em Diferentes Operações Mecanizadas na Cafeicultura. **Coffee Science**, Lavras , v. 11, n.1, p.76-86, 2016.

CUNHA. J. P. B *et al.* Viabilidade técnica e econômica de diferentes sistemas de colheita do café. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 417 - 426, 2016.

EUROPEAN DIRECTIVE 2002/42/EC. **Directive 2002/44/EC of the European Parliament and of the Council of 25th June 2002 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure to workers to the risks arising from physical agents (vibration).** The Official Journal of the European Communities, p. 13-19, 2002.

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

FERRARY, D.A. *et al.* Dispositivo de mensuração de forças aplicado a sistemas de suspensão de roçadeiras laterais motorizadas: um estudo de caso. **Brazilian Applied Science Review**, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 905-919, 2018.

HAO, K.Y.; EAN, O. L.; RIPIN, Z. M. The design and development of suspended handles for reducing hand-arm vibration in petrol driven grass trimmer. **International Journal of industrial Ergonomics**, Netherlands, 41, p. 459-470, 2011.

HAJJAR, R. *et al.* Scaling up sustainability in commodity agriculture: Transferability of governance mechanisms across the coffee and cattle sectors in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, United Kingdom, v. 206, p.124 -132, 2019.

HEAVER, C. *et al.* Hand-arm vibration syndrome: a common occupational hazard in industrialized countries. **The Journal of Hand Surgery**, United States, v. 36, p. 354-363, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 5349-1: mechanizal vibration: measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration: part 1: general requirements.** Geneva, 2001.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8041: human response to vibration: measuring instrumentation.** Geneva, 2005.

KUPPA S.K., LAL M. Dynamic Behavior Analysis of Grass Trimmer Using Finite Element Method. **Research into Design for a Connected World.** Singapore, v. 135, p. 563-573, 2019.

PATIL, S. S. Grass trimmer handle vibration reduction by imposing node method using vibration absorber. **Noise and Vibration Worldwide**, United Kingdom, v. 49, n. 2, p. 50-61, 2018.

POLETO FILHO, J. A.; SANTOS, J. E. G.; POLETO, H. M. C. Análise dos riscos físicos e ergonômicos em roçadora transversal motorizada. **Revista Brasileira de Ergonomia**, Rio de Janeiro , v.10, n.1, p.70-81, 2015.

REICHAMAN, D.R. Big Coffee in Brazil: Historical origins and implications for antropological political economy. **Journal of latin American and Caribbean Antropology**, United States , v. 23, n. 2, p. 241-261, 2018.

ROMANO, E. *et al.* Vibration transmission to the hand-arm system by means of portable olive beater: The effect of body mass. **Chemical Engineering Transactions**, Italy, v. 58, p. 97-102, 2017.

SANTINATO F. *et al.* Análise quali-quantitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras. **Coffee Science**, Lavras , v. 9, n. 4, p.495-505, 2014.

SILVA, J. A. R. *et al.* Occupational noise level in mechanized and semimecanized haverst of coffee fruits. **Coffee Science**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 448 - 454, 2018.

SINGH, J.; KHAN, A. A.; Effect of coating over the handle of a drill machine on vibration transmissibility. **Applied Ergonomics**, United Kingdom, v.45, p.239-246, 2014.

SCHUTZER, V. M. **Avaliação de parâmetros ergonômicos: Vibração e ruído em roçadeiras laterais.** 2018. 107p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Universidade Estadual Paulista - UNESP, Bauru , 2018.

WÓJCIK, K. The influence of the cutting attachment on vibrations emitted by brush cutters and grass trimmers. **Leśne Prace Badawcze**, Poland, v. 76, n. 4m p. 331-340, 2015.

**Artigo 2**

**NÍVEL DE VIBRAÇÃO LOCALIZADA EM UM DERRIÇADOR MECÂNICO  
PORTÁTIL UTILIZADO NO CAFEIEIRO**

## **NÍVEL DE VIBRAÇÃO LOCALIZADA EM UM DERRIÇADOR MECÂNICO PORTÁTIL UTILIZADO NO CAFEIEIRO**

**RESUMO** - A utilização do equipamento derriçador de café mecânico portátil pode expor trabalhadores a vibrações localizadas, a partir da transferência da vibração mecânica da ferramenta para as mãos e braços do operador. Portanto, objetivou-se, no presente estudo, quantificar o nível de vibração gerado por um derriçador mecânico portátil em condição estática e compará-lo com o limite de exposição (LE) e nível de ação das normas regulamentadoras (NR 09 - NR 15) e norma de higiene ocupacional (NHO 10). A determinação ocorreu a partir da utilização do medidor de vibração SV 103 Svantek com acelerômetro triaxial, fixado diretamente na ferramenta, na área de contato das mãos com a ferramenta. A avaliação foi realizada com o equipamento derriçador funcionando em marcha lenta e rotação plena. Os resultados demonstraram que tanto em marcha lenta quanto em rotação plena os valores de vibração ultrapassaram o nível de aceleração de  $2,5 \text{ ms}^{-2}$ . Em rotação plena, o equipamento derriçador mecânico produziu uma vibração de 10,09 e 12,10  $\text{ms}^{-2}$ , para os pontos de fixação mão dominante (MD) e mão de apoio (MA), respectivamente. Esses resultados trazem indicativos de que, dependendo do tempo de uso desse equipamento, pode ser superado o nível de ação e o limite de exposição ocupacional correspondente a 2,5  $\text{ms}^{-2}$  e 5,0  $\text{ms}^{-2}$ , respectivamente.

**PALAVRAS - CHAVES:** Cafeicultura; Risco Físico; Vibração de Mãos e Braços.

**VIBRATION LEVEL LOCATED ON A PORTABLE MECHANICAL  
TRIMMER USED IN COFFEE CROP**

**ABSTRACT** - The use of portable mechanical coffee trimmer equipment may expose workers to localized vibrations from the transfer of mechanical vibration from the tool to the operator's hands and arms. Therefore, the objective of the present study was to quantify the vibration level generated by a portable mechanical trimmer in static condition and compare it with the exposure limit (EL) and action level of the regulatory standards (RS 09 - RS 15) and occupational hygiene standard (OHS 10). The determination was made by using the SV 103, Svantek vibration meter with triaxial accelerometer, fixed directly to the tool, in the area of hand contact with the tool. Evaluation was performed with the trimmer equipment running at idle and full rotation. The results demonstrated that both at idle and at full rotation the vibration values exceeded the acceleration level of  $2.5 \text{ ms}^{-2}$ . At full rotation, the mechanical trimmer equipment produced a vibration of 10.09 and 12.10  $\text{ms}^{-2}$  for the dominant hand (DH) and support hand (SH) attachment points respectively. These results indicate that, depending on the time of use of this equipment, the action level and the occupational exposure limit corresponding to  $2.5 \text{ ms}^{-2}$  and  $5.0 \text{ ms}^{-2}$ , respectively, can be overcome.

**KEYWORDS:** Coffee culture; Physical risk; Hand and Arm Vibration.

## 1. INTRODUÇÃO

O trabalhador agrícola pode estar exposto a vários riscos ocupacionais durante o desenvolvimento de suas atividades cotidianas, sendo que para a realização de determinados tratos culturais, necessita operar máquinas e equipamentos, o que pode resultar na exposição a agente de riscos, tais como o ruído e a vibração (NGUYEN *et al.*, 2018).

Muito embora a vibração ocupacional não seja tão estudada quanto outros riscos ambientais, sua presença nos postos de trabalho é muito frequente. A exposição ocupacional à vibração de mãos e braços (VMB) pode causar danos à saúde dos trabalhadores, apresentando sintomas vasculares, neurológicos, osteoarticular e musculares que caracterizam a Síndrome da Vibração de Mãos e Braços (SVMB) (HEAVER *et al.*, 2011; FUNDACENTRO, 2013; ACGIH, 2018).

A cafeicultura apresenta-se como uma das principais culturas agrícolas brasileiras e, nos últimos anos, vem passando por mudanças significativas, em especial no que se refere ao processo de mecanização dos tratos culturais, os quais anteriormente eram tradicionalmente realizados de forma manual (CUNHA; SILVA; DIAS, 2016).

No sul de Minas Gerais, tem-se observado um aumento da utilização de equipamentos mecânicos portáteis, para a realização de atividades distintas, tais como: roçadas, podas e principalmente colheita do cafeeiro. No entanto, estas atividades podem implicar a exposição ocupacional dos trabalhadores à vibração localizada, a partir da transferência da vibração mecânica da ferramenta para as mãos e braços do operador.

No Brasil, as Normas Regulamentadoras NR 09, NR 15 e a Norma de Higiene Ocupacional NHO 10 estabelecem o valor de  $2,5 \text{ ms}^{-2}$  como nível de ação e  $5,0 \text{ ms}^{-2}$  como limite de exposição (LE) ocupacional à VMB (BRASIL, 2014; FUNDACENTRO, 2013).

Portanto, objetivou-se, no presente estudo, quantificar a vibração de um derriçador mecânico portátil em condição estática e compará-la com o limite de exposição e nível de ação das normas regulamentadoras e norma de higiene ocupacional.



## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS), localizado no município de Muzambinho, no ano de 2018. As avaliações foram realizadas em equipamento derrçadora de café novo, composto por motor de combustão interna, potência máxima 0,89 kW (1,2 cv), tubo externo de 1,45 m, acoplado a um dispositivo com hastes vibratórias também novas, de modo a caracterizar o equipamento padrão provido pelo fabricante, disponível comercialmente e em uso por trabalhadores da região do Sul de Minas.

As avaliações ocorreram com a ferramenta estática sobre um plano horizontal, no modo marcha lenta, ou seja, com o gatilho do acelerador liberado e no modo rotação plena com o gatilho totalmente acionado. Para a quantificação, foi adotada a fixação rígida do transdutor (acelerômetro) diretamente na superfície vibrante, em cada uma das empunhaduras, na qual o operador normalmente acopla a mão com o equipamento em condições normais de trabalho denominadas de: mão dominante (MD) (aceleração) e mão de apoio (MA).

Para aquisição de dados, foi utilizado o medidor de vibração SV 103, Svantek nº de série 43282, calibrado com certificado RBC nº 3466-2017, atendendo aos requisitos de ponderação  $W_h$ , com acelerômetro triaxial SV 107 *Micro Electro-Mechanical Systems* MEMS, sensibilidade de ( $\pm 5\%$ ) 0.661 mV/ms<sup>2</sup>, avaliando-se os eixos ortogonais “x”, “y” e “z”. Após realização das avaliações, os dados coletados em banda digitais 1/1 oitava com 11 frequências centrais foram processados, utilizando-se o software supervisor versão 1.12, sendo determinadas as acelerações nos três sentidos perpendiculares, “x”, “y” e “z” e a aceleração média resultante (amr), através da soma da raiz dos quadrados das acelerações médias expressa em ms<sup>-2</sup>, (Equação 1) de acordo com a NHO 10 (2013) e ISO 5349-1 (2001):

$$amr = \sqrt{(f_x am_x)^2 + (f_y am_y)^2 + (f_z am_z)^2} \quad [m/s^2] \quad [1]$$

Sendo:

$am_j$  - aceleração média;

$f_j$  - fator de multiplicação em função do eixo considerado.

Em seguida, determinou-se a aceleração resultante de exposição parcial ( $arep_i$ ) através da média aritmética das acelerações médias resultantes ( $amr_{ik}$ ), obtidas para cada componente de exposição “i” expressa em  $ms^{-2}$ , (Equação 2), de acordo com a NHO 10 (2013):

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

Sendo:

$amr_{ik}$  - aceleração média resultante 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.

Para fins de comparação com o nível de ação e limite de exposição (LE) das NR 09, NR 15 e NHO 10, a aceleração resultante de exposição normalizada ( $aren$ ) foi estimada e expressa em  $ms^{-2}$  (Equação 3), de acordo com as normas NHO 10 (2013) e ISO 5349-1 (2001):

$$aren = are \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad [m/s^2] \quad [3]$$

Sendo:

are - aceleração resultante de exposição;

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

$T_0$  - 8 horas ou 480 minutos.

A partir da obtenção dos níveis de vibração, determinou-se o tempo máximo de exposição permitido por um único operador, utilizando-se a Equação 4, de acordo com a *American Conference Of Governmental Industrial Hygienist* (2018):

$$t_{exp} = 8h \left( \frac{5 m s^{-2}}{a_m} \right)^2 \quad [4]$$

Sendo:

T. exp - Tempo máximo de exposição;

T<sub>0</sub> - 8 horas ou 480 minutos;

a<sub>m</sub> - Aceleração medida ou encontrada.

Em cada um dos pontos de acoplamento, sendo eles a mão dominante (aceleração) e mão de apoio, foram avaliados os níveis de vibração gerados em marcha lenta e em rotação plena, ambos com 5 repetições para cada condição. Cada repetição teve duração de 5 minutos. Os valores de  $arep_i$  obtidos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk, para análise da normalidade. Os dados apresentaram distribuição normal ( $p < 0,05$ ) e foram submetidos à análise de variância. Nos casos em que o valor do teste F foi significativo, foram realizados testes de Tukey, ao nível de 5% de significância. Para isso, foi utilizado o software estatístico computacional “SISVAR” (FERREIRA, 2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados demonstraram que as maiores vibrações foram verificadas com o equipamento funcionando em rotação plena (Tabela 1). Nesta condição de uso, o equipamento ultrapassaria em pouco tempo o limite de exposição (LE) de  $5 \text{ ms}^{-2}$  para a VMB permitida, para uma jornada de trabalho de 8 horas nas duas empunhaduras de fixação do transdutor (BRASIL, 2014; FUNDACENTRO, 2013).

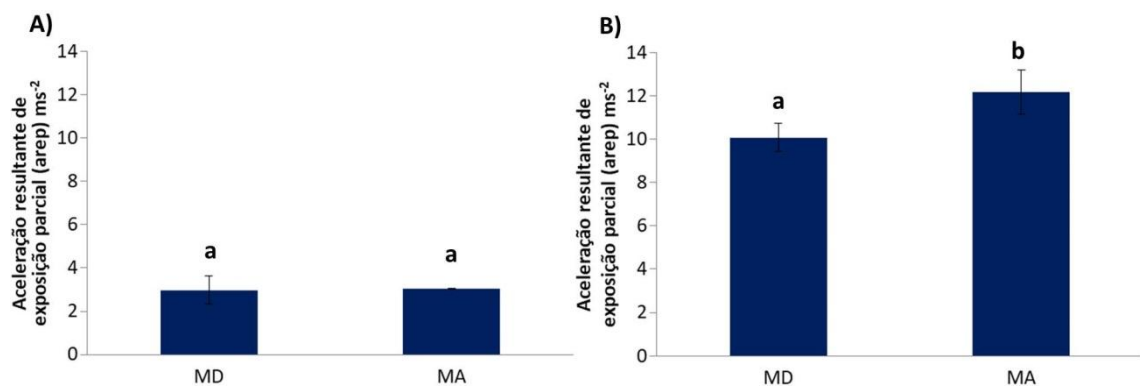
**Tabela 1** - Nível de vibração localizada equipamento derriçador mecânico portátil

Fixação do Acelerometro	Marcha Lenta		Rotação Plena	
	$arep_i^*$	$s^{(1)}$	$arep_i^*$	$s^{(1)}$
	$\text{ms}^{-2}$			
Empunhadura - Mão Dominante	2,98a	±0,64	10,09a	±0,66
Empunhadura - Mão de Apoio	3,04a	±0,02	12,10b	±1,01

\*Aceleração resultante de exposição parcial ( $arep_i$ ); <sup>(1)</sup> Desvio padrão. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Em rotação plena, a vibração estimada foi de aproximadamente 2,02 e 2,42 vezes maior do que o valor máximo recomendado para uma exposição de 8 horas nas empunhaduras, denominadas mão dominante e mão de apoio respectivamente. Considerando-se o nível de vibração encontrado para a condição de rotação plena no punho de fixação para mão de apoio, o tempo máximo de exposição permitido a esta condição seria de aproximadamente 81 minutos.

Em marcha lenta, não foram observadas diferenças estatísticas na aceleração resultante de exposição parcial (arep), tanto para o local de empunhadura da mão de apoio quanto para a mão dominante (Figura 1).



**Figura 1** - Nível de vibração em marcha lenta (A) e rotação plena (B). **Legenda:** Mão Dominante (MD) e Mão de Apoio (MA). Barra de erro = desvio padrão; Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

No entanto, os resultados obtidos demonstram que o nível de vibração para ambos os pontos de fixação, ultrapassam o valor de  $2,5 \text{ ms}^{-2}$ , adotado como nível de ação para 8 horas de exposição, conforme NR 09 e NHO 10 (BRASIL, 2014; FUNDACENTRO, 2013). De acordo com a NR 09, as ferramentas manuais vibratórias que produzam acelerações superiores a  $2,5 \text{ ms}^{-2}$  nas mãos dos operadores, devem informar junto às suas especificações técnicas a vibração emitida pelas mesmas, indicando as normas de ensaios que foram utilizadas (BRASIL, 2014).

Muito embora avaliações da vibração em equipamentos estáticos apresentem parâmetros importantes em análises preliminares, vale ressaltar que este valor não representa o nível efetivo recebido pelo trabalhador em condições específicas de operação, mas expressa

o valor de VMB da máquina em certas condições de teste, necessitando, portanto, de estudos em condições reais de operação.

Vale ressaltar que a NBR ISO 22867 estabelece metodologias de ensaios para as ferramentas manuais portáteis: motosserras, roçadoras e aparadores de grama, podadores de galho motorizados com haste extensora, aparadores de cerca viva e equipamentos denominados sopradores/aspiradores de jardim (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018) não estabelecendo metodologia específica para ensaios do equipamento derriçador de café portátil.

#### **4. CONCLUSÃO**

A partir dos resultados obtidos pode-se concluir que, tanto em marcha lenta quanto em rotação plena, os valores de vibração ultrapassaram o valor estipulado para o nível de ação de  $2,5 \text{ ms}^{-2}$ . Em rotação plena, o equipamento derriçador mecânico portátil produziu uma vibração de  $10,09 (\pm 0,66)$  e  $12,10 \text{ ms}^{-2} (\pm 1,01)$  para as empunhaduras denominadas de mão dominante e mão de apoio respectivamente, ultrapassando o valor estipulado para o limite de exposição.

#### **5. AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS), a empresa Almont do Brasil e a Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO) pelo apoio na realização do trabalho.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENIST - ACGIH. **TLVs e BEIs: baseado na documentação dos Limites de Exposição Ocupacional (TLVs) para Substâncias Químicas, Agentes Físicos e Índices Biológicos (BEIs)**. Tradução Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais ABHO, São Paulo, p. 298, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 22867: Máquinas florestais e de jardinagem - Código de ensaio de vibração para máquinas manuais portáteis com motor de combustão interna - Vibração nas empunhaduras**. Rio de Janeiro, 2018. 31p.

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

CUNHA, J.P.B.; SILVA, F.M.da.; DIAS, R. E. B.A. Eficiência de Campo em Diferentes Operações Mecanizadas na Cafeicultura. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n.1, p.76-86, 2016.

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

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional - Procedimento Técnico. Avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços. NHO 10**. São Paulo, 2013. 54 p.

HEAVER, C.; GOONETILLEKE, K.; FERGUSON, H.; SHIRALKAR, S. Hand-arm vibration syndrome: a common occupational hazard in industrialized countries. **The Journal of Hand Surgery**, v. 36, p. 354-363, 2011.

NGUYEN, T.H.Y.; BERTIN, M.; BODIN, J.; FOUQUET, N.; BONVALLOT, N.; ROQUELAURE, Y. Multiple Exposure and Coexposures to Occupational Hazards Among

Agricultural Workers: A Systematic Review of Observation Studies. **Safety and Health at Work**, p. 1-10, 2018.

**Artigo 3**

**EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A VIBRAÇÕES DE MÃOS E BRAÇOS EM  
ATIVIDADE DE COLHEITA SEMIMECANIZADA DO CAFEIRO**



## EXPOSIÇÃO OCUPACIONAL A VIBRAÇÕES DE MÃOS E BRAÇOS EM ATIVIDADE DE COLHEITA SEMIMECANIZADA DO CAFEIEIRO

**Resumo:** No sul de Minas Gerais, a colheita semimecanizada do cafeeiro através de derriçadoras portáteis, em que se intercala mão de obra e máquinas está em plena expansão. No entanto, a utilização destes equipamentos pode expor o trabalhador a riscos ocupacionais como a vibração de mãos e braços (VMB), que pode trazer agravos à saúde dos trabalhadores. Desta forma, objetivou-se quantificar os níveis de vibração de mãos e braços durante operação de derriçadores portáteis na colheita semimecanizada do cafeeiro e compará-los com os limites de exposição da legislação vigente. O estudo foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS), Campus Muzambinho - MG. Foram avaliados três derriçadores de café, com motor de combustão dois tempos produzido por dois fabricantes diferentes, em condições reais de operação na safra 2019. A aquisição dos dados ocorreu a partir da utilização do medidor de vibração SV 103, Svantek com acelerômetro triaxial, instalado diretamente em cada uma das mãos do trabalhador, no ponto de contato com a ferramenta. Os resultados demonstraram níveis de vibração superiores ao limite de exposição de  $5 \text{ ms}^{-2}$ , tanto na mão dominante (MD) quanto na mão de apoio (MA). Os menores níveis de vibração foram quantificados no equipamento A (MD -  $6,91 \pm 0,36$  e MA -  $12,83 \pm 1,02$ ) e os maiores no equipamento C (MD -  $14,41 \pm 0,46$  e MA -  $16,37 \pm 1,28$ ). Os maiores valores de aceleração foram determinados na direção ‘ $x_h$ ’ e ‘ $z_h$ ’, tanto para a mão dominante quanto para a mão de apoio. Portanto, a partir do presente estudo pode-se concluir que a realização de colheita semimecanizada do cafeeiro, com os equipamentos avaliados, produz níveis de VMB superiores aos limites de exposição, para uma jornada de 8 horas de trabalho, devendo-se buscar soluções de engenharia para a redução dos níveis de vibração nas empunhaduras. Também recomenda-se a utilização de luvas específicas, limitação do tempo de exposição individual com alternância entre os operadores durante a jornada de trabalho e vigilância ocupacional da saúde dos trabalhadores expostos.

**Palavras-chave:** Café; derriçadora; equipamento portátil.

## OCCUPATIONAL EXPOSURE TO HAND AND ARM VIBRATION IN COFFEE SEMI-MECHANIZED HARVESTING ACTIVITY

**Abstract:** In southern Minas Gerais, the coffee semi-mechanized harvest through portable trimmers in which labor and machinery are interspersed is full expansion. However, the use of this equipment may expose the worker to occupational hazards such as hand and arm vibration (HAV) that can cause health problems to workers. Thus, the objective of this research was to quantify the levels of vibration of hands and arms during operation of portable trimmers in the semi-mechanized harvest of coffee and compare them with the exposure limits of current legislation. The study was conducted at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Southern Minas Gerais (IFSULDEMINAS), Campus Muzambinho - MG. Three coffee trimmers were evaluated, with two cycle combustion engine produced by two different manufacturers, under real conditions of operation in the 2019 crop. Data acquisition was performed using the SV 103, Svantek vibration meter with triaxial accelerometer, installed directly in each of the workers' hands, at the point of contact with the tool. The results demonstrated vibration levels above the exposure limit of  $5 \text{ ms}^{-2}$ , both in the dominant hand (DH) and the support hand (SH). The lowest vibration levels were quantified in equipment A (DH -  $6.91 \pm 0.36$  and SH -  $12.83 \pm 1.02$ ) and the highest in equipment C (DH -  $14.41 \pm 0.46$  and SH -  $16.37 \pm 1.28$ ). The highest acceleration values were determined in the 'x<sub>h</sub>' and "z<sub>h</sub>" direction for both the dominant and supporting hands. Therefore, from this study it can be concluded that the performance of semi-mechanized harvest of coffee with the evaluated equipment produces HAV levels above the exposure limits for an 8-hour working day, and engineering solutions should be sought to reduce vibration levels in the handles. We also recommended to wear specific gloves, limiting individual exposure time with alternation between operators during working hours and occupational health monitoring of exposed workers.

**Keywords:** Coffee; trimmer; portable equipment.

## 1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura se destaca mundialmente pela sua importância socioeconômica, de acordo com Ferreira Junior *et al.* (2016), sendo o Brasil o maior produtor e o segundo maior consumidor de café, com influência direta e indireta no mercado global (REICHAMAN, 2018; HAJJAR *et al.*, 2019). Em Minas Gerais, concentra-se a maior área de cultivo da espécie arábica com 1,21 milhão de hectares, representando 69,6% da área cultivada com café no país (CONAB, 2019).

A etapa de colheita do cafeeiro apresenta elevado custo com mão de obra, estando esta última cada vez mais escassa (SALES; SILVA; SILVA, 2015). Assim, a mecanização torna-se de extrema importância para que o cafeicultor possa otimizar o tempo de realização das suas atividades, aumentar produtividade e conseqüentemente promover a redução dos custos produtivos, proporcionando viabilidade econômica das lavouras cafeeiras (SANTINATO *et al.*, 2014; CUNHA *et al.*, 2016).

Contudo, em algumas condições, a mecanização completa da colheita do café se torna inviável devido a fatores como: topografia, espaçamento e tamanho das lavouras. Neste contexto, tem-se observado que a colheita semimecanizada, através de derriçadoras portáteis em que se intercala mão de obra e máquinas, está em plena expansão (FERRAZ *et al.*, 2013). Esta mudança de operação tem sido realizada em substituição a atividade que anteriormente era tradicionalmente realizada de forma manual (SILVA *et al.*, 2018).

O uso dos derriçadores apresenta-se como alternativa viável especialmente para a agricultura familiar, em que o produtor pode utilizar de sua própria mão de obra integrada a utilização do equipamento. Ainda segundo os mesmos autores, estudos têm demonstrado redução nos custos de colheita superior a 30% a partir da utilização destes equipamentos em comparação com a colheita manual (ALVES; COSTA; SANTOS, 2015)

No entanto, a utilização destes equipamentos pode expor o trabalhador a riscos ocupacionais como ruído e vibração. A exposição à vibração decorre da transferência da vibração mecânica da ferramenta para as mãos e braços do operador. Estudos científicos que tratam da exposição ao risco físico “ruído” no sistema de colheita semimecanizada do cafeeiro têm sido realizados no Brasil (FERRAZ *et al.*, 2013; SALES; SILVA; SILVA, 2015; SILVA

*et al.*, 2018) existindo, no entanto, uma carência de trabalhos que tratem da exposição à vibração de mãos e braços (VMB), em condições reais de operação destes equipamentos.

A Norma Regulamentadora NR 09, que trata do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais, estabelece que informações dos níveis de vibração fornecidos pelos fabricantes devem ser consideradas no contexto do reconhecimento e avaliação dos riscos (BRASIL, 2014). No entanto, observa-se que a utilização destes valores de referência pode ser questionável em relação à proteção da saúde do trabalhador, uma vez que fatores como desgaste da ferramenta, características das plantas e mecanismo de vibração podem afetar a dose resposta obtida (AIELLO; VALLONE, CATANIA, 2019).

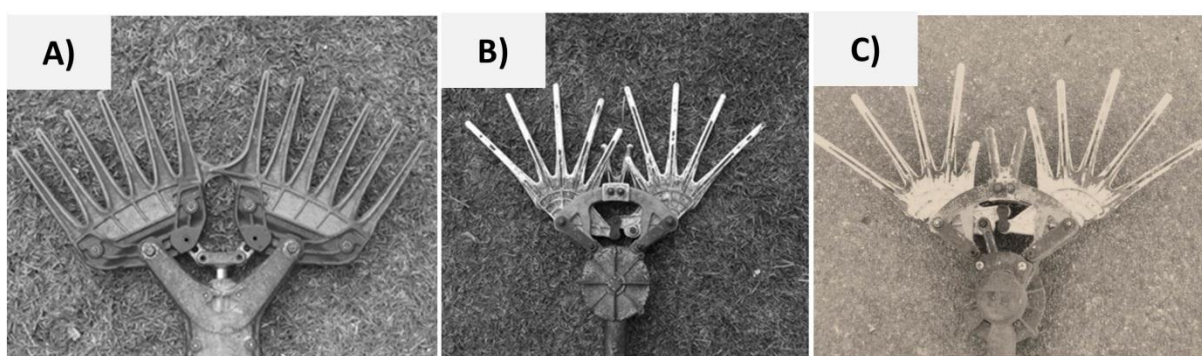
Ressalta-se que a NBR ISO 22867, que trata do código de ensaio de vibração para máquinas manuais portáteis com motor de combustão interna, destaca que fatores como operador, atividade e manutenção da ferramenta, contribuem de forma considerável para variação das magnitudes reais, ao longo do tempo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018). Muito embora a referida norma não trate de metodologia de ensaio específica para os equipamentos derriçadores de café, observa-se que a mesma tem sido utilizada para declarações dos fabricantes e também para a estimativa de risco devido à exposição à vibração.

Ainda de acordo com a ISO 22867, a mensuração da vibração em condições específicas de trabalho e operação é de interesse e, portanto, deve ser considerada para avaliação da exposição ocupacional à vibração. Assim, a avaliação da vibração de mãos e braços, durante operação de equipamentos mecânicos portáteis, apresenta-se de grande importância a fim de obter níveis representativos da exposição, em condições habituais e rotineiras de trabalho, subsidiando a proposta de medidas de proteção à saúde dos trabalhadores. Dessa forma, objetivou-se quantificar os níveis de vibração de mãos e braços durante operação de derriçadores portáteis na colheita semimecanizada do cafeeiro e compará-los com os limites de exposição da legislação vigente.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi conduzido no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS), Campus Muzambinho - MG, durante atividade de colheita semimecanizada do cafeeiro, na safra 2019. A atividade foi desenvolvida na gleba T9, espaçamento 3,8 x 0,7 m, cultivar Paraiso, com altura média 1,67 m, produção média de 7,5 L planta<sup>-1</sup>, altitude 1015m, apresentando, no momento da avaliação, 73,1% de maturação.

Três implementos derriçadores de café originais, produzidos por dois fabricantes diferentes, disponíveis comercialmente e em uso por trabalhadores da região do Sul de Minas Gerais foram avaliados (Figura 1A, B e C).



**Figura 1** - Derriçadores que foram acoplados as unidades motoras.

Cada um dos implementos derriçadores (Figura 1A, B e C) foi acoplado em uma unidade motora portátil de combustão dois tempos, também original (Tabela 1), em revenda/assistência autorizada garantindo-se a correta instalação.

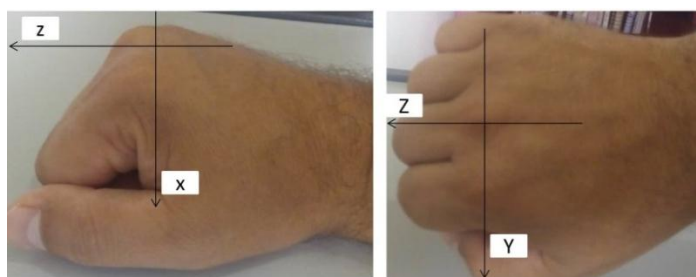
**Tabela 1** - Características técnicas das unidades motoras portáteis

Equipamento	Cilindrada (cm <sup>3</sup> )	Potência (KW)	Tubo Externo (m)	Peso* (Kg)
A	25,4	0,95	1,50	4,2
B	22,5	0,89	1,45	5,6
C	25,4	0,82	1,50	5,9

\*Peso sem combustível e sem o implemento.

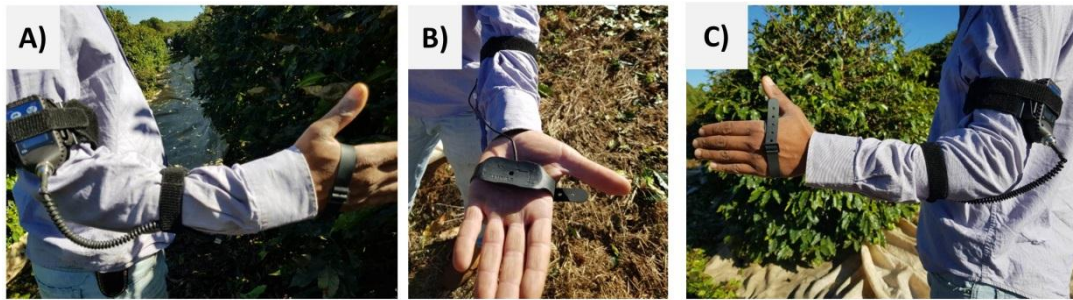
**Fonte:** Manual de Instrução dos Fabricantes (2018).

Um único operador experiente fez a atividade de colheita com os três derriçadores de café (Unidade Motora e Implemento), com o propósito de evitar incertezas sobre os dados obtidos, conforme indicado por Manetto e Cerruto (2013) e Calvo *et al.* (2014). O operador era destro, idade 29 anos e com as seguintes características antropométricas: altura 1,76m, peso 69,9Kg, comprimento total dos membros superiores (braço, antebraço e mãos) de 0,83m. A aquisição dos dados de vibração foi realizada pelo medidor de vibração SV 103, Svantek nº de série 56895, calibrado com certificado da Rede Brasileira de Calibração (RBC), atendendo aos requisitos de ponderação ( $W_h$ ) e às características previstas nas normas internacionais ISO 8041 (2005), ISO 5349-1 (2001) e norma nacional NHO 10. O conjunto de medição está integrado ao acelerômetro triaxial SV 107 *Micro Electro-Mechanical Systems* (MEMS) com sensibilidade de  $(\pm 5\%) 0,661 \text{ mV/ms}^2$ . Foram avaliados simultaneamente os eixos ortogonais “x”, “y” e “z” (Figura 2).



**Figura 2** - Direção dos Eixos ortogonais “x”, “y” e “z” de acordo com a NHO 10.

A avaliação da vibração pode ser realizada com fixação dos transdutores (acelerômetros) diretamente na ferramenta ou fixação na mão do trabalhador, sendo que esta última opção deve, sempre que possível, ser considerada, visto que de modo geral melhor retrata a exposição a qual o trabalhador realmente fica submetido, de acordo com a NHO 10 (FUNDECENTRO, 2013). No presente estudo, os transdutores foram montados em cada uma das mãos do operador, no ponto que normalmente segura a ferramenta (Figura 3A, B e C), considerando as condições habituais e rotineiras de trabalho, observadas pelo pesquisador e relatadas pelos trabalhadores durante atividade de colheita.



**Figura 3** - Montagem do equipamento medidor de vibração SV 103 - Svantec e transdutor na mão do operador. **Legenda:** Mão dominante - MD (A); Palma da mão (B); Mão de apoio - MA (C).

Durante as avaliações, o operador não utilizava luvas em nenhuma das mãos. Para efeito de identificação, os pontos de medição foram denominados de Mão Dominante (MD) e Mão de Apoio (MA). O operador foi orientado a utilizar o equipamento dentro das características normais de trabalho, em termos de velocidade e deslocamentos empreendidos, mantendo-se a força de prensão e acionamento, naturalmente empregados nessa atividade.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC). Foram realizadas em cada derriçador 8 repetições, tanto na mão dominante (mão de aceleração) quanto na mão de apoio. Cada repetição foi constituída por uma componente de exposição “i” (tempo) para a colheita média de 5 plantas de café de ambos os lados. A componente de exposição “i” foi definida considerando-se a colheita do café em um pano de ráfia de 4,0 x 2,93m.

Após realização das avaliações, os dados coletados em banda de frequência de 1/3 de oitava de 0,8 a 1600 Hz, foram descarregados e processados utilizando-se o software supervisor versão 1.12, Svantec. Conforme indicado por FUNDACENTRO (2013), foram determinadas as acelerações nos três sentidos perpendiculares, “x”, “y” e “z” e o valor da aceleração média resultante (amr) foi obtido através da soma da raiz dos quadrados das acelerações médias expressa em  $ms^{-2}$ , (Equação 1), de acordo com a NHO 10 e ISO 5349-1 (2001):

$$amr = \sqrt{(f_x am_x)^2 + (f_y am_y)^2 + (f_z am_z)^2} \quad [ms^{-2}] \quad [1]$$

Sendo:

$am_j$  - aceleração média;

$f_j$  - fator de multiplicação em função do eixo considerado.

Em seguida, determinou-se a aceleração resultante de exposição parcial ( $arep_i$ ) através da média aritmética das acelerações médias resultantes ( $amr_{ik}$ ) obtidas para cada componente de exposição “i” expressa em  $ms^{-2}$ , (Equação 2), de acordo com a NHO 10 (2013):

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

Sendo:

$amr_{ik}$  - aceleração média resultante 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.

A aceleração resultante de exposição normalizada ( $aren$ ) foi estimada e expressa em  $ms^{-2}$  (Equação 3), de acordo com as normas NHO 10 (2013). Essa métrica ( $aren$ ) equivale à aceleração  $a_{hv}$  A (8) expressa na ISO 5349-1 (2001):

$$aren = are \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad [ms^{-2}] \quad [3]$$

Sendo:

are - aceleração resultante de exposição;

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

$T_0$  - 8 horas ou 480 minutos.



A partir da obtenção dos níveis de vibração, determinou-se o tempo máximo de exposição permitido por um único trabalhador, utilizando-se a Equação 4, de acordo com a *American Conference Of Governmental Industrial Hygienist* (2018):

[4]

$$t_{exp} = 8h \left( \frac{5 \text{ m s}^{-2}}{a_m} \right)^2$$

Sendo:

T. exp - Tempo máximo de exposição;

T<sub>0</sub> - 8 horas ou 480 minutos;

a<sub>m</sub> - Aceleração medida ou encontrada.

Os valores de  $a_{exp_i}$  obtidos foram submetidos ao teste de Shapiro-Wilk para análise da normalidade. Os dados apresentaram distribuição normal ( $p < 0,05$ ) e foram submetidos à análise de variância. Nos casos em que o valor do teste F foi significativo, foram realizados testes de Tukey, ao nível de 5% de significância. Para isso, foi utilizado o software estatístico computacional “SISVAR” (FERREIRA, 2011).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferenças significativas para os níveis de vibração quantificados na mão dominante (MD) para os três derrçadores utilizados ( $p \leq 0,05$ ). Para a mão de apoio (MA) não foi encontrada diferença significativa entre os equipamentos A e B, diferindo, no entanto, do equipamento C ( $p \leq 0,05$ ) Tabela 2.

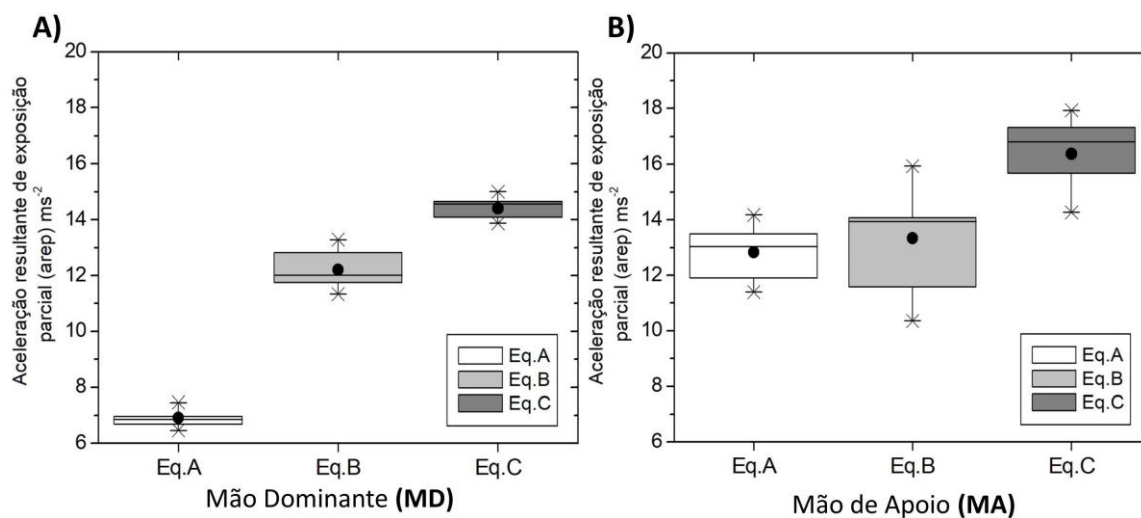
**Tabela 2** - Comparação do nível de vibração de mãos e braços entre os derrçadores de café

Equipamento	Cilindradas (cm <sup>3</sup> )	Mão Dominante $arep_i^*$ (ms <sup>-2</sup> ) s <sup>(1)</sup>	Mão de Apoio
A	25,4	6,91 ± 0,36 a	12,83 ± 1,02 a
B	22,5	12,19 ± 0,69 b	13,33 ± 2,03 a
C	25,4	14,41 ± 0,46 c	16,37 ± 1,28 b
C.V (%) <sup>(2)</sup>		4,69	10,32

\*Aceleração resultante de exposição parcial ( $arep_i$ ); <sup>(1)</sup>Desvio padrão; <sup>(2)</sup>Coefficiente de variação. Médias com a mesma letra minúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

Os menores níveis de aceleração foram encontrados para o equipamento A, tanto na MD 6,91 ( $\pm 0,36$ ) quanto MA 12,83 ( $\pm 1,02$ ), enquanto que os maiores níveis foram determinados no equipamento C em ambas as mãos. Constatou-se que na MA foram quantificados níveis de aceleração mais elevados que na MD (Tabela 2). Estes maiores valores encontrados possivelmente estão relacionados ao tamanho do tubo do eixo juntamente a técnica de colheita empregada, força de prensão do operador e material do revestimento dos pontos de acoplamento. Muito embora sejam equipamentos que apresentam algumas características distintas, especialmente no que se refere ao sistema de alimentação, vale destacar que Deboli, Calvo e Preti (2016) e Calvo *et al.* (2018), realizando trabalho na colheita semimecanizada de oliva, também encontraram maiores níveis de vibração ( $a_{hv}$ ) na posição da mão dianteira, em relação à posição traseira.

Reitera-se que no presente estudo considerou-se como ponto de medição o acoplamento da MA diretamente no tubo do eixo, conforme observado na maioria das situações reais de operação do sul de Minas Gerais. A Figura 4 demonstra o comportamento dos dados de  $arep_i$  obtidos durante atividade de colheita semimecanizada do cafeeiro.



**Figura 4** - Box Plot da dispersão dos valores aceleração resultante de exposição parcial ( $arep_i$ ) dos três equipamentos derrçadores avaliados na mão dominante (A) e mão de apoio (B).

A maior variabilidade foi detectada na MA para todos os derrçadores utilizados. Calvo *et al.* (2018), durante colheita da oliva, também relataram maior variabilidade dos dados principalmente na posição da frente (MA) em condições de operação, atribuindo estes valores a forma de manuseio do operador e ao impacto da ferramenta contra os galhos da planta. O derrçador A (Eq. A) apresentou a menor variabilidade com os níveis de aceleração entre  $6,46 \text{ ms}^{-2}$  e  $7,46 \text{ ms}^{-2}$  na MD (Figura 4).

O derrçador B (Eq. B) apresentou a maior variabilidade na MA. A aceleração resultante de exposição parcial variou entre  $10,36 \text{ ms}^{-2}$  e  $15,94 \text{ ms}^{-2}$ . Esta maior amplitude verificada na MA deve ser considerada, pois chega a atingir níveis de vibração dentro dos limites do equipamento (Eq. C), que apresentou maior aceleração (Tabela 2). A variabilidade observada nos níveis de  $arep_i$  indica que, em condições reais de operações, as componentes de exposição à VMB sofrem influência de variáveis específicas, como exemplo interação operador/máquina/planta e alternância no movimento de colheita do operador em função das características da planta e do estágio de maturação dos frutos do cafeeiro. Saha e Kalra (2016) citaram que angulação do cotovelo, força prensão, frequência de ressonância e mecanismo da empunhadura influenciam na vibração de mãos e braços.

A partir dos níveis de aceleração  $arep_i$  obtidos e considerando-se uma jornada de trabalho de 8 horas, o limite de exposição (LE) de  $5 \text{ ms}^{-2}$  de VMB seria ultrapassado,

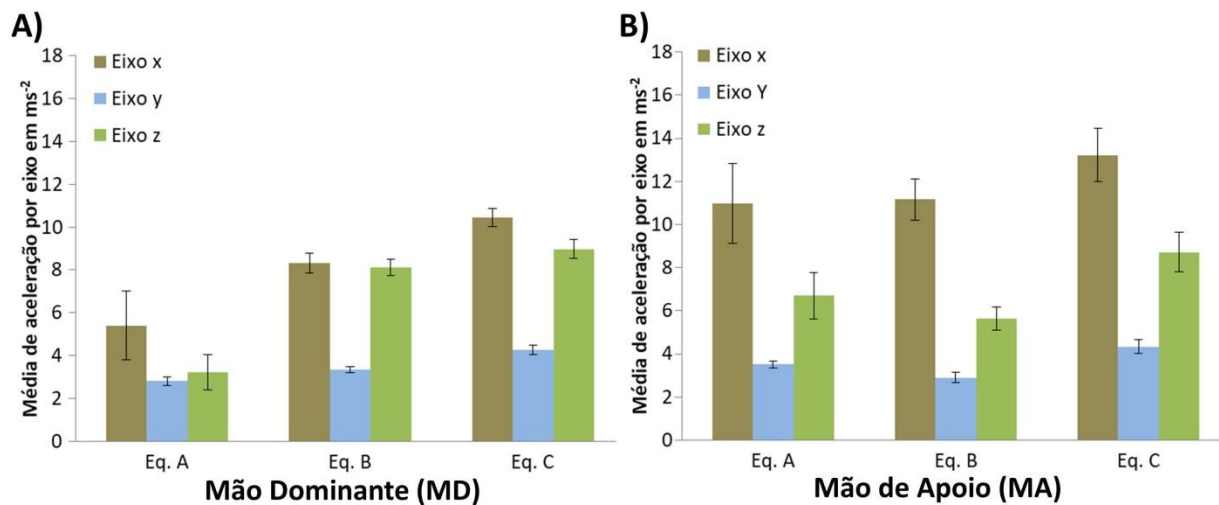
conforme Brasil (2014), FUNDACENTRO (2013) e ACGIH (2018). Portanto, considerando-se os níveis de aceleração determinados (Tabela 2), o trabalho diário realizado por um único operador estaria restrito entre 45min à 1h 13min, para que o limite de exposição (LE) não seja superado. Vale destacar que nos manuais de instruções dos equipamentos avaliados, os fabricantes informam que, devido aos níveis de vibração, o trabalho diário com a ferramenta é limitado para um único trabalhador.

Embora conste esta orientação no manual de instruções, somente um fabricante apresentava declaração da estimativa da vibração, utilizando-se como critérios para cálculo, valores totais de vibração equivalente ( $a_{hv\ eq}$ ) da NBR ISO 22867. Salienta-se que de acordo com a Norma Regulamentadora - NR 09, as ferramentas manuais vibratórias que produzam acelerações nas mãos dos operadores superior a  $2,5\ ms^{-2}$  devem informar em seus respectivos manuais de instrução a vibração emitida pelas mesmas (BRASIL, 2014).

Neste contexto, como medida de controle, sugere-se que o trabalho de colheita do cafeeiro seja realizado em equipes, oportunizando a alternância entre os operadores a fim de reduzir o tempo de exposição à VMB. Ressalta-se ainda que os níveis médios de aceleração encontrados no presente estudo estão um pouco acima dos valores obtidos por Pomarico (2013), que citou níveis médios de vibração de  $10,62\ ms^{-2}$ , durante a operação do equipamento derriçadora de café. No estudo relatado, o autor não apresentou os níveis de VMB separadamente para MA e MD. Calvo et al. (2017) e Calvo et al. (2018) encontraram níveis de vibração A (8) entre  $13,3$  e  $21,5\ ms^{-2}$  e  $8,6$  e  $25,4\ ms^{-2}$ , durante operação de equipamentos portáteis utilizados para colheita da oliva.

A atividade de colheita com derriçador portátil é realizada geralmente entre os meses de maio a agosto, não expondo o trabalhador ao mesmo nível de vibração ao longo do ano. No entanto, salienta-se que as normas nacionais e internacionais não tratam de nível de exposição distinto para atividades sazonais, devendo ser considerado o mesmo critério de  $5\ ms^{-2}$  como limite de exposição (LE), para uma jornada de trabalho de 8 horas.

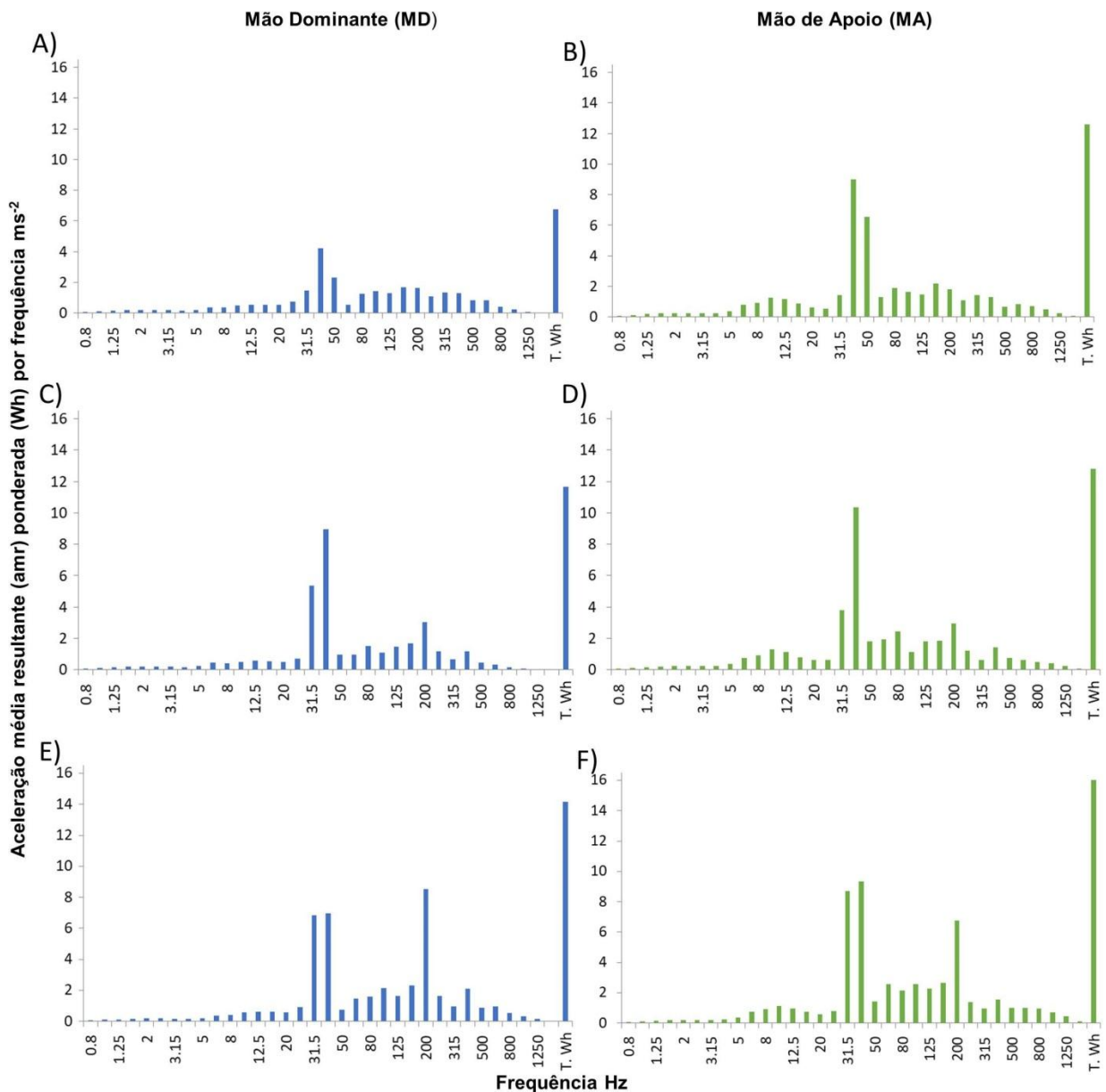
Os níveis de aceleração para cada direção “ $a_{xh}$ ”, “ $a_{yh}$ ” e “ $a_{zh}$ ”, determinados para os três derriçadores de café, tanto para a mão dominante quanto mão de apoio, estão apresentados na (Figura 5A e B) respectivamente.



**Figura 5** - Valores de aceleração e desvio padrão dos três colhedores de café tanto para a Mão Dominante (A) e Mão de Apoio (B) em cada eixo “ $a_{xh}$ ”, “ $a_{yh}$ ” e “ $a_{zh}$ ”.

Os maiores valores de aceleração foram determinados na direção  $a_{xh}$  e  $a_{zh}$  tanto para a mão dominante quanto para a mão de apoio (Figura 5A e B), enquanto que os níveis de aceleração na direção ( $a_{yh}$ ) foram os menores. Este comportamento reflete provavelmente a combinação entre a técnica de colheita do operador com o mecanismo funcional dos derriçadores avaliados. Çakmak *et al.* (2011), realizando trabalho com equipamento colhedora de oliva, encontrou resultados semelhantes observando os maiores níveis de vibração na direção  $a_{xh}$  e menores níveis da direção  $a_{yh}$ .

A aceleração média resultante ponderada ( $W_h$ ) para cada frequência, de acordo com a norma ISO 5349-1(2001) e ISO 8041(2005), está apresentada na Figura 6.



**Figura 6** - Espectro de frequência da aceleração média resultante (amr) ponderada (Wh) dos derriçadores. Eq A - Mão Dominante (A) e Mão de Apoio (B); Eq B - Mão Dominante (C) e Mão de Apoio (D); Eq. C - Mão Dominante (E) e Mão de Apoio (F).

A análise do espectro de frequência em 1/3 de oitava com os valores ponderados (Wh) mostrou que os maiores níveis de aceleração média resultante (amr) foram encontrados entre 31,5 e 40Hz, exceto para a MD do equipamento C, que apresentou o maior nível em 200Hz (Figura 6). As acelerações nas baixas frequências que estão entre (8 e 16 Hz) são priorizadas pela ISO 5349-1 (2001), em função da sensibilidade de resposta das mãos a estas frequências, conforme curva de ponderação (Wh). No entanto, níveis de vibração em outras frequências

não podem ser desprezados. Scarpim e Ferreira (2015) ilustraram em seu trabalho frequências de ressonância das mãos entre 30 e 50 Hz contemplando, portanto, faixas encontradas no presente estudo 31,5 e 40Hz (Figura 6). Ressalta-se que o corpo humano possui vibrações naturais e quando esta frequência externa coincide com a frequência natural do corpo, ocorre uma ressonância e amplificação da vibração (SCARPIM; FERREIRA, 2015).

Destaca-se, ainda, que os equipamentos B e C apresentaram comportamentos semelhantes para amr na frequência de 200 Hz, tanto na MD quanto na MA, diferindo somente na magnitude (Figura 6C - D e 6E -F). Ressalta-se que a exposição a níveis elevados de vibração, em máquinas e equipamentos manuais, pode, em longo prazo, levar a ocorrência de danos à saúde do trabalhador e comprometimento da capacidade laboral (HUA; LEMERLE; GANGHOFFER, 2017). Ainda de acordo com Pettersson *et al.* (2018), o uso de ferramentas manuais vibratórias aumenta o risco da ocorrência de vasoconstrição, originando fenômeno conhecido como dedos brancos.

Portanto, devem ser adotadas ações preventivas para minimizar a exposição dos operadores do equipamento derriçador de café como, por exemplo, uso de luvas específicas (antivibração), de modo a manter as mãos aquecidas e atenuar níveis de vibração, visto que a colheita do cafeeiro ocorre no período do inverno, época em que as temperaturas estão mais baixas e a combinação da exposição à vibração juntamente ao frio podem trazer agravos à saúde dos trabalhadores expostos. Sabe-se que a síndrome de Raynaud ou dedos brancos, enquadra-se como doença do sistema circulatório, estando relacionada a fatores de risco de natureza ocupacional como a exposição a vibrações localizadas e trabalho em baixa temperatura (BRASIL, 2009).

Ainda como medida preventiva, recomenda-se que os trabalhadores que operam os equipamentos derriçadores passem por avaliações médicas periódicas, monitorando possíveis sinais e sintomas dos efeitos da exposição à vibração. Palmer e Bonvenzi (2015) destacaram a importância da vigilância à saúde dos trabalhadores expostos à vibração, a fim de identificar antecipadamente efeitos adversos da exposição.

O estudo também aponta para a necessidade de criação de uma nova norma ou atualização da norma NBR ISO 22867 (2018), com o propósito de apresentar metodologia específica para ensaio do equipamento derriçador de café, uma vez que a mesma não

contempla o referido equipamento e tem sido utilizada para declarações dos fabricantes e estimativa de risco de vibração. No entanto, vale reiterar que, de acordo com a própria NBR ISO 22867, os valores obtidos em condições de ensaio destinam-se a serem representativos da média da magnitude de vibração, sendo que os valores reais irão variar ao longo do tempo em função de vários fatores, tais como o operador, a tarefa e o estado de manutenção da própria máquina (ABNT, 2018).

#### **4. CONCLUSÃO**

O limite de exposição de  $5 \text{ ms}^{-2}$  para uma jornada de 8 horas determinado pela NR 15 e NHO 10 foi ultrapassado pelos três derriçadores estudados, devendo serem adotadas medidas preventivas e corretivas no uso destes equipamentos.

Os maiores valores de aceleração foram determinados na direção  $a_{xh}$  e  $a_{zh}$ , tanto para a mão dominante quanto para a mão de apoio.

#### **5. AGRADECIMENTO**

Agradecemos ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas (IFSULDEMINAS), à empresa Almont do Brasil e à Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho (FUNDACENTRO) pelo apoio na realização do trabalho.



## REFERÊNCIAS

- AIELLO, G.; VALLONE, M.; CATANIA, P. Optimising the efficiency of olive harvesting considering operator safety. **Biosystems Engineering**, p. 1-10, 2019.
- ALVES, E. A.; COSTA, J. N. M; SANTOS, J.C.F. Procedimentos de colheita do café. In: MARCOLAN, A. L.; ESPINDULA, M. C. (Ed.). **Café na Amazônia**. Brasília, DF: Embrapa, cap. 15, p. 345 - 358, 2015.
- AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENIST – ACGIH. **TLVs e BEIs: baseado na documentação dos Limites de Exposição Ocupacional (TLVs) para Substâncias Químicas, Agentes Físicos e Índices Biológicos (BEIs)**. Tradução Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais ABHO, São Paulo, 2018. 298 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 22867: Máquinas florestais e de jardinagem - Código de ensaio de vibração para máquinas manuais portáteis com motor de combustão interna - Vibração nas empunhaduras**. Rio de Janeiro, 2018. 31p.
- BRASIL. Previdência Social. Decreto nº 6.957, de 9 de setembro de 2009. Altera o Regulamento da Previdência Social, aprovado pelo Decreto nº 3.048, de 6 de maio de 1999, no tocante à aplicação, acompanhamento e avaliação do Fator Acidentário de Prevenção - FAP. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2009.
- BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. Portaria nº 1297 de 13 de Agosto de 2014. Aprova o Anexo I - Vibração da Norma Regulamentadora nº 9 – Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), altera o anexo 8 - Vibração da Norma Regulamentadora nº 15 - Atividades e Operações Insalubres, e da outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 2014.
- ÇAKMAK, B.; SARAÇOĞLU, T.; ALAYUNT, F.N.; OZARSLAN, C. Vibration and noise characteristics of flap type olive harvesters. **Applied Ergonomics**, v. 42, p. 397-402, 2011.
- CALVO, A.; DEBOLI, R.; PRETI, C.; MARIA, A de. Daily exposure to hand arm vibration by different electric olive beaters. **Journal of agricultural Engineering**, v. 45, n. 3, p. 103-110, 2014.

CALVO, A.; ROMANO, E.; SCHILLACI, G.; PRETI, C.; DEBOLI, R. Hand-held Olive Beaters: Analysis of the Upper Limb Disorders and Hand-arm Vibration Risks. **Chemical Engineering Transactions**, Italy, v. 58, p. 163-168, 2017.

CALVO, A.; ROMANO, E.; PRETI, C.; SCHILLACI, G.; DEBOLI, R. Upper limb disorders and hand-arm vibration risks with hand-held olive beaters. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 65, p. 36-45, 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café**. Brasília, v.5, n.1, p.1-62, 2019. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>>. Acesso em 06 fev.2019.

CUNHA, J. P. B.; SILVA, F. M. da.; DIAS, R. E. B. A.; LISBOA, C. F.; MACHADO, T. A. Viabilidade técnica e econômica de diferentes sistemas de colheita do café. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 417 - 426, 2016.

DEBOLI, R.; CALVO, A.; PRETI, C. Vibration and impulsivity analysis of hand held olive beaters. **Applied Ergonomics**, Netherlands, v. 55, p. 258-267, 2016.

FERRAZ, G. A. S.; SILVA, F.C de.; NUNES, R. A.; PONCIANO, P. F.; Variabilidade Espacial do Ruído Gerado por uma Derrçadora Portátil em Lavoura Cafeeira. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 276-283, jul./set. 2013.

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

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Norma de Higiene Ocupacional - Procedimento Técnico. Avaliação da exposição ocupacional a vibrações em mãos e braços. NHO 10**. São Paulo, 2013. 54 p.

HAJJAR, R.; NEWTON, P.; ADSHEAD, D.; BOGAERTS, M.; MAGUIRE-RAJPAUL, V. A.; PINTO, L. F. G.; MCDERMOTT, C. L.; MILDER, J. C.; WOLLEMBERG, E.; AGRAWAL, A. Scaling up sustainability in commodity agriculture: Transferability of governance mechanisms across the coffee and cattle sectors in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 206, p.124 -132, 2019.

HUA, Y.; LEMERLE, P.; GANGHOFFER, J. F. A Two scale modeling and computacional framework for vibration- induce Raynaud syndrome. **Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical**, v. 71, p. 320-328, 2017.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 5349-1: mechanizal vibration: measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration: part 1: general requirements**. Geneva, 2001.

MANETTO, G.; CERRUTO, E. Vibration risk evaluation in hand-held harvesters for olives. *Journal of agricultural Engineering*, v. 44, n. 142, p. 705-709, 2013.

PETTERSSON, H.; RISSANEN, S.; WAHLSTROM, J.; RINTAMAKI, H. Skin temperature responses to han-arm vibration in cold and thermoneutral ambiente temperatures. **Industrial Health**, Japan, v. 56, n. 6, p. 545 - 552, 2018.

POMARICO, G. **Avaliação das condições de saúde do trabalhador na operação de derriça do café**. 2013. 62p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, 2013.

REICHAMAN, D.R. Big Coffee in Brazil: Historical origins and implications for antropological political economy. **Journal of latin American and Caribbean Antropology**, United States , v. 23, n. 2, p. 241-261, 2018.

SAHA, S.; KALRA, P. A review on hand-arm vibration exposure and vibration transmissibility from power hand tools to hand-arm system. **International Journal of human Factor and Ergonomics**, v. 4, n. 1, 2016.

SALES, R. S.; SILVA, F.M.da.; SILVA, F.C.da. Doses de ruído a qual estão submetidos operadores de derriçadoras portáteis de café. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 169 - 175, 2015.

SANTINATO, F.; SILVA, R.P.; CASSIA, M.T.; SANTINATO, R. Análise quali-quantitativa da operação de colheita mecanizada de café em duas safras. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p.495-505, 2014.

SILVA, J. A. R.; OLIVEIRA JÚNIOR, G. G.de.; COSTA, C. E. M.; SILVA, A. B. da.; GABRIEL, C. P. C.; PUTTI, F. F. Occupational noise level in mechanized and

semimecanized haverst of coffee fruits. **Coffee Science**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 448 - 454, 2018.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os equipamentos mecânicos portáteis apresentam características de serem versáteis e multifuncionais e são utilizados, ao longo do ano agrícola, para diferentes manejos agronômicos, contribuindo para aumentar o rendimento das operações, suprir a falta de mão de obra e reduzir os custos de produção na cafeicultura. No entanto, a utilização destes equipamentos requer a adoção de medidas preventivas e corretivas para exposição à vibração de mãos e braços (VMB), uma vez que trabalhadores estão expostos a níveis distintos de vibração, em função da combinação unidade motora e implemento utilizado em diferentes atividades, ao longo do ano agrícola.

Observou-se que, em condições reais de operação, o nível de ação de  $2,5 \text{ ms}^{-2}$  para VMB foi superado pela utilização das roçadoras e o limite de exposição (LE)  $5 \text{ ms}^{-2}$  foi ultrapassado na atividade de colheita do cafeeiro, de acordo com as normas nacionais (NR 09, NR 15 e NHO 10) e normas internacionais *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH) e diretiva europeia *DIRECTIVE 2002*.

As diferenças encontradas nos níveis de VMB das roçadoras do presente estudo, ao utilizar diferentes sistemas de acoplamento das mãos (Cabo Circular - CC e Empunhadura Dupla Guia - EDG), sugerem indicativos de vantagens ocupacionais no emprego do EDG, em situações de uso prolongado.

O presente estudo também evidencia a necessidade de criação de uma norma específica ou atualização da NBR ISO 22867 (2018), com o propósito de apresentar metodologia para ensaio do equipamento derriçador de café, uma vez que a mesma não contempla o referido equipamento e tem sido utilizada para declarações dos fabricantes e também para a estimativa de risco, devido à exposição à vibração. No entanto, vale reiterar que, de acordo com a própria NBR ISO 22867, os valores obtidos destinam-se a serem representativos da média da magnitude de vibração, sendo que os níveis reais irão variar ao longo do tempo em função de vários fatores, tais como: o operador, a tarefa e o estado de conservação da própria ferramenta.

A realização deste trabalho não teve por finalidade esgotar todos os aspectos operacionais relacionados aos níveis de vibração ocupacionais de mãos e braços dos equipamentos mecânicos portáteis roçadores e derrçadora na cultura do cafeeiro. Por este motivo, sugere-se continuidade dos estudos, verificando-se a influência de outras variáveis tais como:

1. Operador (Técnica e movimentos operacionais distintos; Características Antropométricas, força de preensão manual);
2. Tamanho e características da vegetação espontânea de corte;
3. Tipos de empunhaduras de diferentes roçadoras (CC e EDG);
4. Influência do estágio de maturação e características das plantas (Porte, Cultivar, Desprendimento dos frutos);
5. Influência do tamanho da haste do tubo nos níveis de vibração (Distribuição da vibração ao longo da extensão do tubo);
6. Influência da massa dos derrçadores (Ponteira) nos níveis de vibração;
7. Eficiência de empunhaduras distintas na redução dos níveis de vibração de derrçadoras;
8. Verificar o nível de atenuação da vibração de mãos e braços pelo uso de diferentes tipos de luvas antivibração, em condições habituais e rotineiras de trabalho;
9. Proposta de alteração no revestimento das luvas de vibração;
10. Nível de incerteza entre avaliações realizadas nas ferramentas, em condições de ensaio (Estimativa) e condições operacionais;
11. Comparação da metodologia de montagens e tipos de transdutores (acelerômetros) (Piezoelétricos e *Micro Electro-Mechanical Systems* - MEMS) na avaliação das ferramentas portáteis;
12. Avaliação da vibração com ponderação de frequência  $W_h$  e sem a ponderação;

13. Proposta de expressão para cálculo dos valores totais de vibração equivalente ( $a_{hv\ eq}$ ) (Código de Ensaio) para o equipamento derriçadora, considerando-se ajuste na proporção (marcha lenta e rotação plena) das condições de ensaio com os valores de VMB encontrados em situações reais de operação.
14. Estudo de composição da jornada de trabalho durante operação dos equipamentos mecânicos portáteis em diferentes condições e ciclos de exposição.

Ressalta-se que os estudos propostos têm por objetivo melhorar as informações relacionadas à exposição ocupacional por esses equipamentos, reduzindo as incertezas presentes nesse tipo de avaliação.

Não resta dúvida sobre a importância econômica e social dos equipamentos mecânicos portáteis para a cafeicultura. No entanto, a justificativa legítima, adequada e coerente do maior rendimento e eficiência nas operações agrícolas deve estar em equilíbrio com a busca por soluções preventivas, corretivas e sustentáveis de trabalho, ao longo do tempo, por todos os agentes da cadeia produtiva do café.

Portanto, pode-se afirmar que são necessários avanços tecnológicos e soluções de engenharia na produção dos equipamentos portáteis de amplo uso na cafeicultura, visando redução da VMB, com enfoque nas empunhaduras, aliadas a maior eficiência, rendimento operacional e custo benefício. Estas ações conjuntas são de fundamental importância para melhores condições de trabalho, evitando danos à saúde do trabalhador, ao longo do tempo, tornando as operações realizadas com os equipamentos mecânicos portáteis, economicamente viáveis e socialmente justas, reafirmando os princípios da cafeicultura sustentável.