

Exposição ocupacional a vibrações de mãos e braços em atividade de colheita semimecanizada do cafeeiro

Occupational exposure to hand and arm vibration in semi-mechanized coffee harvest activity

DOI:10.34117/bjdv7n3-347

Recebimento dos originais: 10/02/2021

Aceitação para publicação: 15/03/2021

Geraldo Gomes de Oliveira Júnior

Doutor, Professor do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Muzambinho - MG. Endereço: Estrada de Muzambinho, km 35 - Bairro Morro Preto - Cx. Postal 02 - CEP: 37890-000
E-mail: geraldo.junior@muz.ifsuldeminas.edu.br

Adriano Bortolotti da Silva

Doutor, Professor da Universidade José do Rosário Velano (UNIFENAS), campus Alfenas - MG; Endereço: Rodovia MG 179, Km 0 - CEP 37132-440
E-mail: adriano.silva@unifenas.br

Irlon de Ângelo da Cunha

Doutor, Tecnologista da Fundação Jorge Duprat e Figueiredo (Fundacentro) - Centro Técnico Nacional, São Paulo; Endereço: Rua Capote Valente, 710, Pinheiros, CEP 05409-002
E-mail: irldcunha@gmail.com

Paulo Henrique de Siqueira Sabino

Doutor, Professor da Universidade José do Rosário Velano (UNIFENAS), campus Alfenas - MG; Endereço: Rodovia MG 179, Km 0 - CEP 37132-440
E-mail: paulo.sabino@unifenas.br

Lucas Eduardo de Oliveira Aparecido

Doutor, Professor do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Muzambinho - MG. Endereço: Estrada de Muzambinho, km 35 - Bairro Morro Preto - Cx. Postal 02 - CEP: 37890-000
E-mail: lucas.aparecido@muz.ifsuldeminas.edu.br

Lucas Deleon Ramirio

Mestre, Técnico do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais (IFSULDEMINAS) - Campus Muzambinho - MG. Endereço: Estrada de Muzambinho, km 35 - Bairro Morro Preto - Cx. Postal 02 - CEP: 37890-000
E-mail: lucas.ramirio@ifsuldeminas.edu.br

Fernando Ferrari Putti

Doutor, Professor Universidade Estadual Paulista - UNESP, campus Tupã - SP;
Endereço: R. Domingos da Costa Lopes, 780 - Jardim Itaipu, Tupã - SP, 17602-496
E-mail: fernando.putti@unesp.br

RESUMO

No sul de Minas Gerais, a colheita semimecanizada do cafeeiro por meio 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 operações típicas de trabalho com 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. 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 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 realização de colheita semimecanizada do cafeeiro, 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. 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, saúde ocupacional, legislação.

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. 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 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 ± 0.36 and SH - 12.83 ± 1.02) and the highest in equipment C (DH - 14.41 ± 0.46 and SH - 16.37 ± 1.28). The highest acceleration values were determined in the “x_h” and “z_h” 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, occupational health, legislation.

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, por meio 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 à 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, presente na legislação brasileira estabelece requisitos para avaliação e controle de agentes ambientais, quando identificados no Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR). De acordo com a referida norma as informações dos níveis de vibração fornecidos pelos fabricantes devem ser consideradas no contexto do reconhecimento, avaliação e controle dos agentes físicos (BRASIL, 2020).

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, em que fatores como operador, atividade e manutenção da ferramenta, contribuem de forma considerável para variação dos níveis de vibração em condições típicas de uso 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 as 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 de caso 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 Paraíso, com altura média 1,67 m, produção média de 7,5 L planta⁻¹, 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).

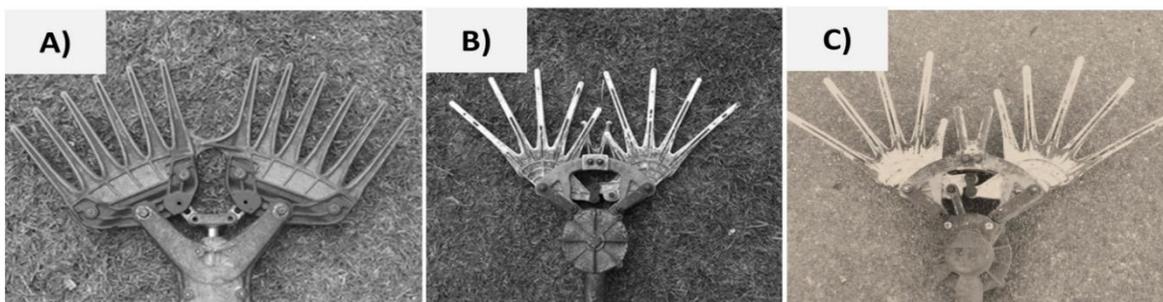


Figura 1 - Derriçadores novos que foram acoplados as unidades motoras.

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 ³)	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 reduzir os erros sobre os dados obtidos em função da influência do operador. 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 número 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 foi 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).

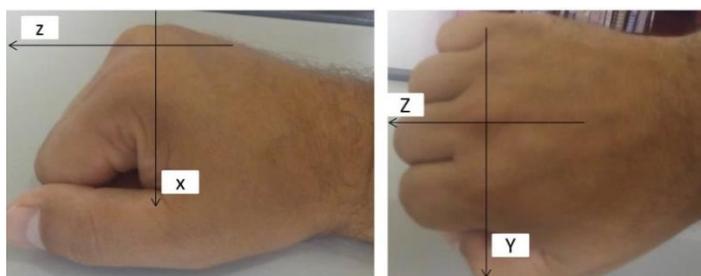


Figura 2 - Direção dos Eixos ortogonais “x”, “y” e “z” de acordo com a NHO 10 e Norma ISO 5349-1 (2001)

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 (FUNDACENTRO, 2013). No presente estudo, os transdutores foram montados por meio de adaptador 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 pelos pesquisadores e relatadas pelos trabalhadores durante atividade de colheita do cafeeiro no sul de Minas Gerais.

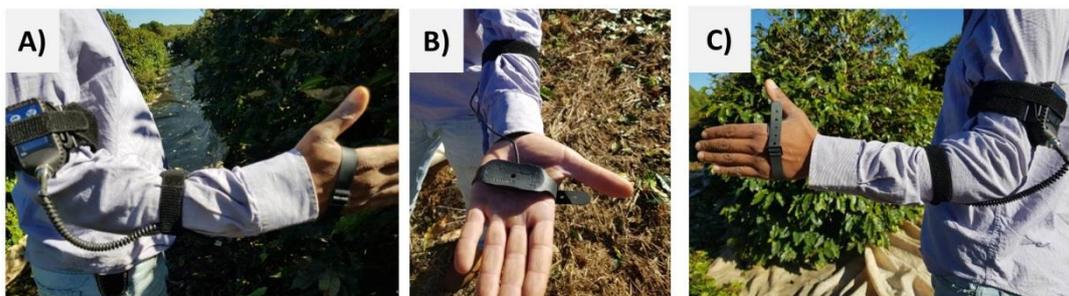


Figura 3 - Montagem do equipamento medidor de vibração SV 103 - Svantek e transdutor na mão do operador. Mão dominante - MD (A); Palma da mão (B); Mão de apoio - MA (C).

Durante as avaliações, o operador não utilizava luvas nas 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.

Adotou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC). Foram realizadas em cada derrçador 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 por meio 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 que am_j é a aceleração média e f_j é a fator de multiplicação em função do eixo considerado.

Em seguida, determinou-se a aceleração resultante de exposição parcial ($arep_i$) por meio 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):

$$arep_i = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s amr_{ik} \quad [ms^{-2}] \quad (2)$$

Sendo que:

amr_{ik} - é a aceleração média resultante relativa à késima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição “i” e

s - é o 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]

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

Sendo que:

T. exp - Tempo máximo de exposição;

T_0 - 8 horas ou 480 minutos;

a_m - Aceleração medida ou encontrada.

Os valores de are_{pi} 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 derriçadores 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 ³)	Mão Dominante arep _i * (ms ⁻²) ± s	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 (%)		4,69	10,32

*Aceleração resultante de exposição parcial arep_i; 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 (± 0,36) quanto MA 12,83 (± 1,02), enquanto que os maiores níveis foram determinados no equipamento C em ambas as mãos. A Figura 4 apresenta as acelerações (arep_i) obtidas durante atividade de colheita semimecanizada do cafeeiro para os tres equipamentos avaliados.

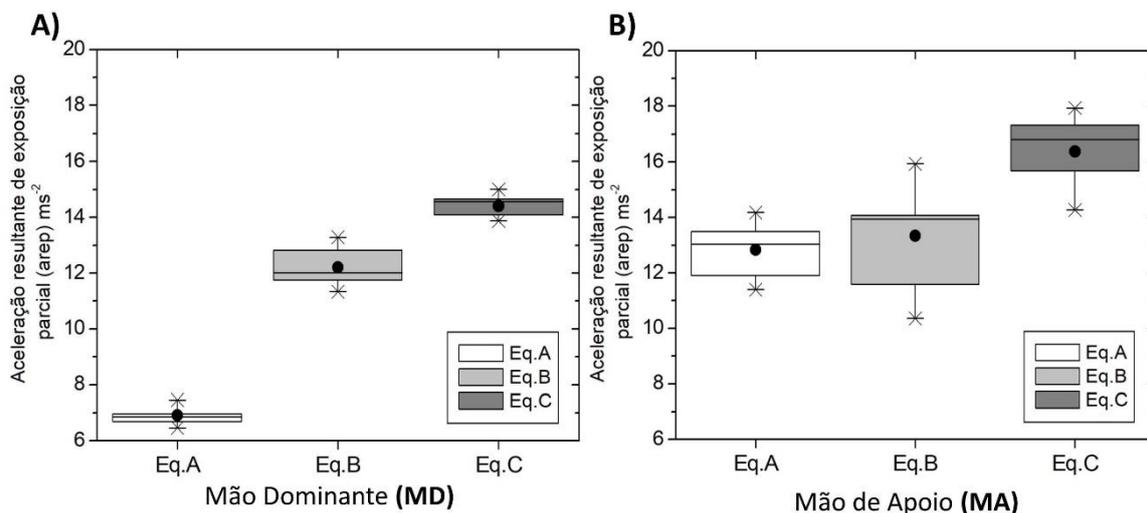


Figura 4 - Box Plot da dispersão dos valores aceleração resultante de exposição parcial (arep_i) dos três equipamentos derrçadores avaliados na mão dominante (A) e mão de apoio (B).

A maior variabilidade foi detectada na MA para todos os derrçadores utilizados. Calvo *et al.* (2018), durante colheita da oliva, também observaram 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 ms⁻² e 7,46 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 ms⁻² e 15,94 ms⁻². A variabilidade observada nos níveis de arep_i indica que, em condições reais de operações, as componentes de exposição à VMB podem sofrer influência de variáveis específicas, tais como a 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.

A partir dos níveis de aceleração a_{rep_i} obtidos e considerando-se uma jornada de trabalho de 8 horas, o limite de exposição (LE) de 5 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. 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 superiores a $2,5 \text{ ms}^{-2}$ devem informar em seus respectivos manuais de instrução a vibração emitida pelas mesmas (BRASIL, 2014).

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 $10,62 \text{ ms}^{-2}$, 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 $21,5 \text{ ms}^{-2}$ e $8,6$ e $25,4 \text{ ms}^{-2}$, 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.

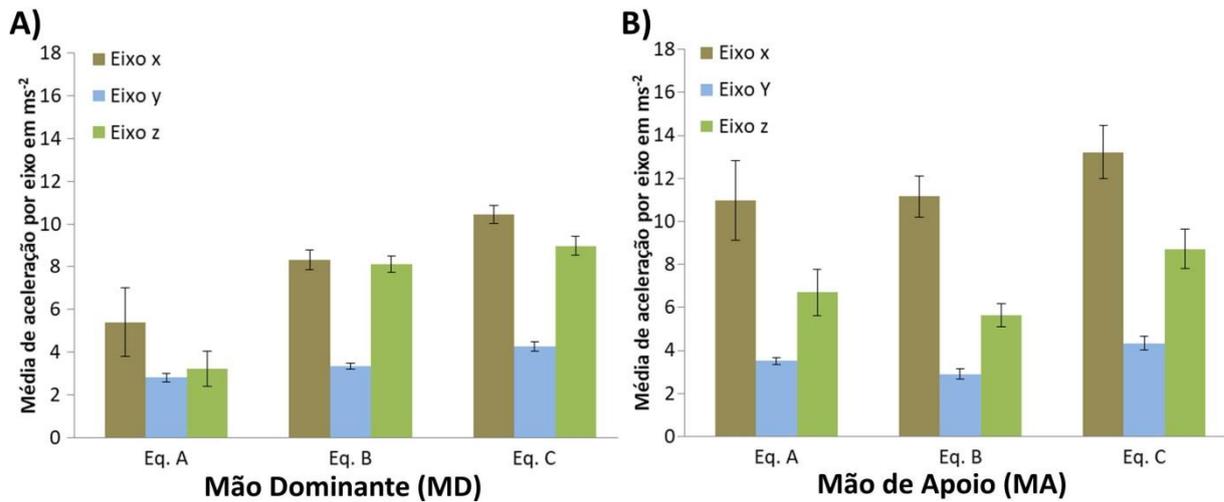


Figura 5 - Valores de aceleração e desvio padrão dos três colhedores de café tanto para a Mão Dominante (A) e Mão de Apoio (B) em cada eixo “ a_{xh} ”, “ a_{yh} ” e “ a_{zh} ”.

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. 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) (Figura 6).

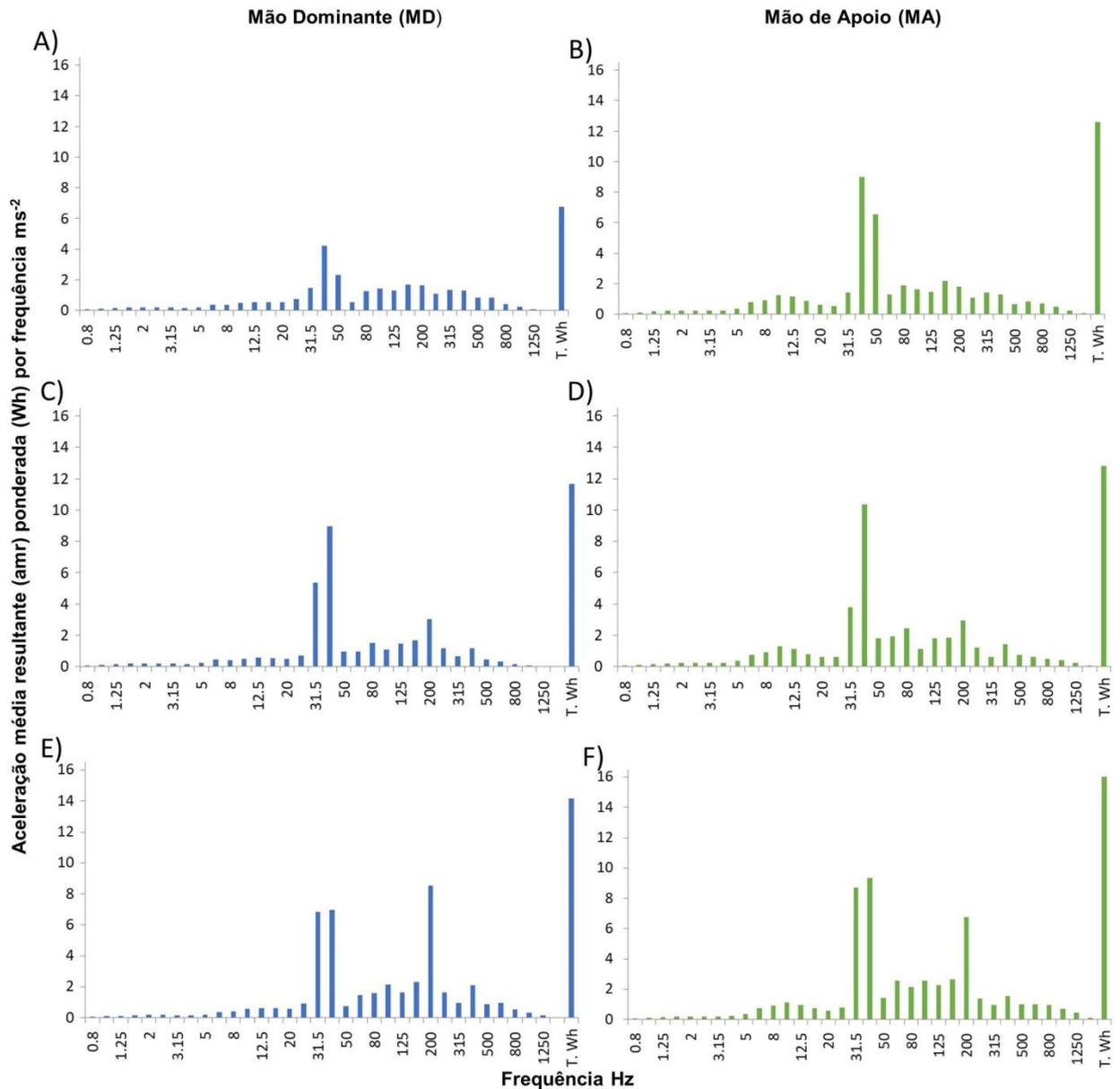


Figura 6 - Espectro de frequência da aceleração média resultante (amr) ponderada (Wh) dos derriçadores. Eq A - Mão Dominante (A) e Mão de Apoio (B); Eq B - Mão Dominante (C) e Mão de Apoio (D); Eq C - Mão Dominante (E) e Mão de Apoio (F).

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, além das frequências citadas, uma contribuição de destaque 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) relatam 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). 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).

Com relação aos equipamentos B e C observou-se um maior destaque 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 potencializar 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.

De acordo com a norma brasileira de código ensaio de vibração para Máquinas florestais e de jardinagem manuais portáteis com motor de combustão interna a NBR ISO 22867 (2018), os valores obtidos em condições de ensaio destinam-se a serem representativos da média da magnitude de vibração, sendo que os valores em condições reais de exposição dos operadores 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

Nas condições em que o presente estudo de caso foi conduzido, o limite de exposição de 5 ms^{-2} para uma jornada de 8 horas determinado pelos critérios legais e técnicos da legislação brasileira (NR 15 e NR09) e por critérios internacionais foi ultrapassado pelos três derriçadores estudados, devendo serem adotadas medidas preventivas e corretivas no uso destes equipamentos.

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.

Verificou-se a necessidade de criação de uma norma específica para ensaios dos níveis de vibração em derriçadores ou atualização da norma ISO 22867 (2018), uma vez que a norma não contempla o referido equipamento com uma metodologia específica, no entanto, tem sido utilizada para declarações dos fabricantes e estimativa de risco devido a vibração.

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.

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 derrça 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 derrçadoras 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.