

Vibrações de corpo inteiro no transporte coletivo urbano: uma revisão sistemática quanto a sua relação com as condições de trabalho

DOI: 10.20396/labore.v14i0.8661991

José Jonátas da Silva Holanda

<<https://orcid.org/0000-0002-0627-3881>>

Universidade Federal de Pelotas / Pelotas [RS] Brasil

Luís Antônio dos Santos Franz

<<https://orcid.org/0000-0001-5541-5180>>

Universidade Federal de Pelotas / Pelotas [RS] Brasil

Isabela Fernandes Andrade

<<https://orcid.org/0000-0002-9353-7610>>

Universidade Federal de Pelotas / Pelotas [RS] Brasil

Renata Heidtmann Bemvenuti

<<https://orcid.org/0000-0003-4671-1011>>

Universidade Federal de Pelotas / Pelotas [RS] Brasil

RESUMO

O trabalho dos motoristas de ônibus urbano está sujeito a uma exposição constante a vibrações ocupacionais, que podem ter efeitos adversos para a saúde dos profissionais. Existe em relação a esse meio uma preocupação especial quanto as Vibrações de Corpo Inteiro (VCI), devido aos inúmeros fatores que podem influenciar os níveis de exposição. A exposição a VCI no local de trabalho pode ser um dos fatores responsáveis pelas dores lombares e outras doenças ocupacionais dos condutores. Atualmente já se tem conhecimento de estratégias preventivas que podem reduzir a exposição à vibração e contribuir para uma diminuição dos seus efeitos. Por conseguinte, o objetivo deste estudo é empreender uma revisão sistemática da literatura para determinar os principais efeitos no corpo humano gerado pela exposição a VCI e sua relação com as condições de trabalho dos condutores de ônibus. O estudo busca ainda explorar estratégias preventivas que busquem reduzir a exposição à vibração ocupacional desses profissionais.

PALAVRAS-CHAVE

Vibração de corpo inteiro. Vibração ocupacional. Motorista de ônibus.

Whole-body vibrations in urban public transport: a systematic review of their relationship with working conditions

ABSTRACT

The work of urban bus drivers is subject to constant exposure to occupational vibrations, which can have adverse effects on the health of professionals. There is a special concern about Whole Body Vibrations (WBV) due to the numerous factors that can influence the levels of exposure. Exposure to WBV in the workplace can be one of the factors responsible for back pain and other occupational diseases of drivers. Preventive strategies that can reduce exposure to vibration and contribute to a decrease in its effects are already known. Therefore, the objective of this study is to undertake a systematic review of the literature to determine the main effects on the human body generated by exposure to WBV and its relationship with the working conditions of bus drivers. The study also seeks to explore preventive strategies that seek to reduce exposure to occupational vibration of these professionals.

KEYWORDS

Whole-body vibration. Occupational vibration. Bus driver.

1. Introdução

Nos dias atuais o estudo da vibração de corpo inteiro (VCI) vêm se destacando na comunidade científica por ser um fator inerente a muitas profissões e estar relacionado a efeitos adversos na estrutura do corpo humano. A vibração de origem ocupacional é entendida como um fator de risco para o desenvolvimento de doenças relacionadas ao trabalho, sendo comum, principalmente quando o trabalho exige a operação de máquinas como ônibus, caminhões, empilhadeiras, máquinas pesadas e outros veículos dirigidos ou operado pelo homem, (Costa, Arezes, & Melo, 2014), sendo uma possível causa de incapacidade física para trabalhadores, como ocorre por exemplo, no caso da indústria britânica (Palmer, Griffin, Bendall, Pannett, & Coggon, 2000).

Segundo Palmer et al., (2000) 35,1% dos homens e 7,9% das mulheres em idade ativa para trabalho, foram expostos à VCI na Grã-Bretanha, sendo que 4,3% do grupo exposto, excede o limite normativo de ação do padrão britânico proposto.

De acordo com a norma ISO 2631-1 (1997) a VCI envolve a transmissão de vibração mecânica para todo o corpo humano, em qualquer uma das três posturas em pé, sentado ou reclinado, com uma gama de frequências variando de 0,5 a 80 Hz.

As doenças ocupacionais e acidentes de trabalho decorrentes de atividade insalubres acarretam um impacto na produtividade e na economia, pois as perdas econômicas devidas às enfermidades profissionais recaem tanto para a empresa quanto para a economia nacional (Portela, 2014).

Neste contexto, para identificar e entender melhor os riscos e relações da influência da exposição à vibração ocupacional nas condições de trabalho, a realização do presente estudo justifica-se pela necessidade de entender as condições de trabalho dos profissionais expostos à VCI. E principalmente, este trabalho busca coletar informações e alternativas para melhorias no local de trabalho, visando diminuir os riscos e amenizar os efeitos da vibração ocupacional.

Tendo em conta o exposto, o presente artigo pretende definir, com base na revisão sistemática da literatura, as características da vibração ocupacional de corpo inteiro e suas implicações nas condições de trabalho; e, ainda, compreender a relação entre a organização do trabalho e os riscos quanto a VCI.

2. Procedimentos metodológicos

No presente estudo optou-se pela Revisão Sistemática da Literatura (RSL) pelo fato dela fornecer um método que possibilita a análise e a síntese do conhecimento existente na literatura científica, permitindo a obtenção de informações que possibilitam aos leitores avaliarem a pertinência dos procedimentos empregados na elaboração da produção científica (Ferenhof & Fernandes, 2001). O estudo foi realizado com base no protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) de acordo com as 27 etapas do seu *checklist* (Moher, 2009). A metodologia tem origem nas pesquisas realizadas na área da saúde, porém seus princípios também podem ser aplicáveis a outras áreas de estudo. O método consiste em quatro passos principais: (1) definir a questão de pesquisa, a base de dados de pesquisa e os termos de busca; (2) identificar os critérios de inclusão e exclusão dos artigos que serão analisados; (3) avaliar o conteúdo, através de uma avaliação qualitativa dos artigos selecionados; e (4) avaliar de maneira mais aprofundada os artigos selecionados (Vecchia, 2019). Através dessa abordagem torna-se possível realizar uma síntese de pesquisa transparente e que ofereça subsídios para ser reproduzida em outros contextos, oferecendo maior clareza e validade (Booth, Papaioannou, & Sutton, 2016).

O estudo de revisão sistemática adotado pelo presente trabalho, aqui foi realizado com o objetivo de investigar caminhos práticos para melhorias nas condições de trabalho dos motoristas de ônibus, aplicáveis para a redução dos níveis de exposição a vibração ocupacional de corpo inteiro no setor de transporte coletivo urbano. O método aqui exposto foi revisado e aprovado por uma banca de professores.

2.1. QUESTÃO DE PESQUISA

Com a finalidade de obter questões mais objetivas e claras para o trabalho, a questão de pesquisa foi estruturada em três diferentes perguntas, usando os critérios PICO, acrônimo provindo dos termos População/Problema, Intervenção, Controle e resultados) (Akobeng, 2005). Na presente pesquisa, três questões foram construídas, sendo elas: (Q1) Qual a relação entre a organização do trabalho e a diminuição dos riscos a exposição a vibração ocupacional no trabalho dos condutores de ônibus? (Q2) Quais ações vêm sendo tomadas para melhorar as

condições de trabalho dos motoristas e cobradores? e (Q3) Quais são os fatores mais relevantes que interferem na exposição ocupacional a vibração? As questões no contexto do método PICO são apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1. Questões de pesquisa de acordo com os critérios PICO. Elaborado pelos autores.

| Questões | (P) População | (I) Intervenção/exposição | (C) Controle | (O) Resultados |
|----------|---|--|--------------|--|
| Q1 | Condutores de ônibus de transporte coletivo urbano. | Impactos da organização do trabalho. | – | Redução dos riscos a exposição a vibração ocupacional com vistas a melhoria nas condições de trabalho. |
| Q2 | | Ações tomadas em nível global. | – | |
| Q3 | | Fatores relacionados a exposição a vibração. | – | |

2.2. PESQUISA NAS PLATAFORMAS CIENTÍFICAS

A busca foi feita no banco de dados na plataforma *Web Of Science* (WOS). O WOS consiste em uma plataforma de pesquisa que fornece acesso a diversos bancos de dados bibliográficos, fornecendo dados abrangentes de citações das mais diversas áreas. Os termos utilizados na busca foram os seguintes: *bus drivers, occupational vibration, whole-body, working conditions*. Na forma booleana os termos foram empregados da seguinte forma: *occupational vibration AND whole-body; occupational vibration AND bus drivers; work conditions AND bus drivers*. Após a busca com os termos em *booleanos*, ainda aplicou-se um filtro adicional considerando os critérios como ano de publicação dos artigos. O levantamento foi realizado no período de 08 a 09 de julho de 2020. Este levantamento inicial resultou na obtenção de 606 documentos, sendo todos eles artigos indexados a periódicos internacionais com revisão por pares.

Para a realização da revisão sistemática foram utilizados os *softwares* StArt (Fabbri et al., 2016; Montebelo, Orlando, Porto, Zaniro, & Fabbri, 2007), e planilhas do Excel. O *software* StArt serve para auxiliar em todas as fases da revisão sistemática, desde a definição dos objetivos, até as perguntas de pesquisa e os critérios de inclusão e exclusão (Vecchia, 2019). Realizado o processo de seleção dos artigos, o Excel foi utilizado para uma síntese das principais informações, classificações e características dos assuntos levantados.

2.3. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Para a etapa de seleção dos artigos foi adotado um período limitado, tendo como base o ano da criação da primeira norma brasileira regulamentadora de atividades e operações insalubres a NR-15 (Brasil, 2014), que teve sua primeira versão no ano de 1978. No entanto, não houve na seleção final para leitura, estudos anteriores ao ano de 2000, devido os critérios de inclusão e exclusão que serão apresentados a seguir.

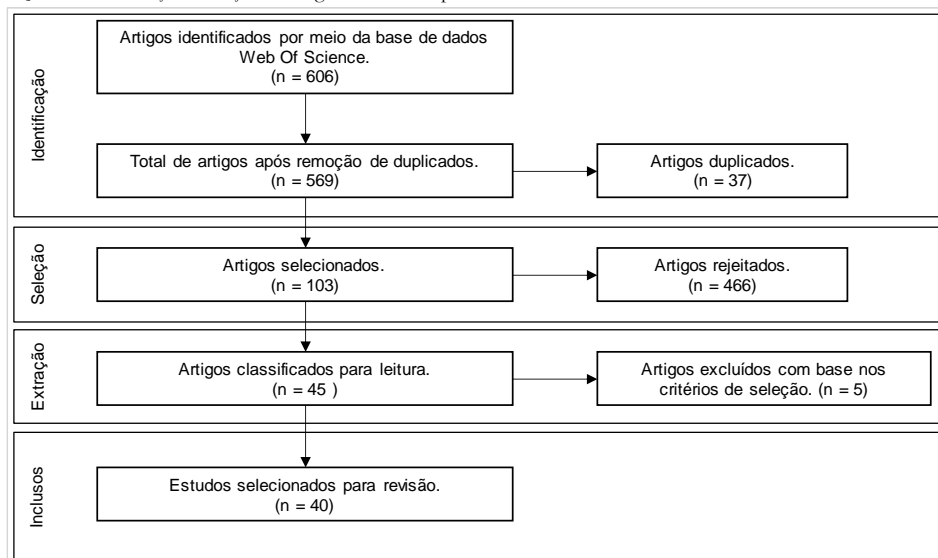
Os critérios de inclusão e exclusão estão estruturados no Quadro 2. Inicialmente foi feita uma seleção com base na leitura dos títulos, palavras-chaves e abstract, a fim de identificar os estudos relacionados com a pesquisa. Posteriormente, na etapa 2, foi realizada a leitura das seções de introdução e conclusão dos artigos, sendo que todas as afirmações deveriam, ser verdadeiras. Em seguida, os estudos que foram classificados, passaram para a terceira etapa, onde pelo menos uma das afirmações deveria ser verdadeira.

Quadro 2. Etapas de seleção de artigos. Elaborado pelos autores.

| Etapas | Informações |
|---------------------|---|
| Etapa 1 Seleção | Títulos Palavras-chaves Abstract |
| Etapa 2 Extração | Objetivos O estudo mostra conclusões claras e de interesse da pesquisa. O estudo mostra resultados claros. Os objetivos envolvem as vibrações ocupacionais de corpo-inteiro. Os resultados não estão relacionados a outros temas. Os estudos foram feitos após 1980. |
| Etapa 3 | Pergunta de pesquisa O estudo caracteriza cenário relativo à exposição ocupacional à vibração. O estudo relata sobre as condições de trabalho dos profissionais expostos à VCI. O estudo mostra os efeitos ocasionados pela exposição à VCI. O estudo aborda os riscos envolvidos |
| Dados Coletados | Objetivo/problema Fatores analisados |

Os critérios de exclusão de artigos abrangem os assuntos que não estão relacionados com os objetivos desta pesquisa, como por exemplo, artigos que abordam cenário relativo à vibração de mão-braço, estudos sobre outros riscos ocupacionais envolvendo a atividades dos profissionais de transporte. Além disso, não foram considerados para a pesquisa os artigos que foram feitos antes de 1980. Os artigos escritos em outro idioma, exceto o Português, o Inglês e o Espanhol, também foram descartados (Quadro 3).

Quadro 3. Avaliação e seleção de artigos. Elaborado pelos autores.



Após passar por todas as etapas de seleção, considerando os critérios de inclusão e exclusão, a amostra inicial de 606 artigos foi reduzida para um total de 40 estudos para análise.

3. Resultados

Nesta seção são apresentados os principais achados dos estudos selecionados para a revisão sistemática. Serão apresentados os resultados quanto a investigação do cenário da vibração ocupacional em nível global, bem como sua implicação nas condições de trabalho, a relação entre a organização de trabalho e os riscos quanto a exposição às VCI, e quais ações de controle vêm sendo tomadas.

3.1. ESTUDOS CONTEMPLADOS

Com base nos processos de seleção dos artigos anteriormente relatados, segue abaixo na Quadro 4 os estudos contemplados para a revisão sistemática.

Quadro 4. Artigos selecionados. Elaborado pelos autores.

| | Autores | Ano | País |
|----|---|------------|-------------|
| 1 | Palmer, K.T.; Griffin, M.J.; Bendall, H.; Pannett, B.; Coggon, D. | 2000 | UK |
| 2 | Palmer, K.T.; Haward, B.; Griffin, M.J.; Bendall, H.; Coggon, D. | 2000 | UK |
| 3 | Palmer, K.T.; Griffin, M.J.; Syddall, H.E.; Pannett, B.; Cooper, C.; Coggon, D. | 2003 | UK |
| 4 | Abbate, C.; Micali, E.; Giorgianni, C.; Munao, F.; Brecciaroli, R.; Salmasso, L.; Germano, D. | 2004 | Italy |
| 5 | Mayton, A.G.; Amirouche, F.; Jobes, C.C. | 2005 | USA |
| 6 | Rehn, B.; Lundstrom, R.; Nilsson, L.; Liljelind, I.; Jarvholm, B. | 2005 | Sweden |
| 7 | Okunribido, O.O.; Magnusson, M.; Pope, M.H. | 2006 | UK |
| 8 | Tiemessen, I.J.; Hulshof, C.T. J.; Frings-Dresen, M.H.W. | 2007 | Netherlands |
| 9 | Palmer K.T.; Harris E.C.; Griffin M.J.; Bennett J.; Reading I.; Sampson M.; Coggon D. | 2008 | UK |
| 10 | Bovenzi, M. | 2008 | Italy |
| 11 | Tiemessen, I.J.; Hulshof, C T. J.; Frings-Dresen, M.H.W. | 2009 | Netherlands |
| 12 | Paschold, H.W.; Sergeev, A.V. | 2009 | USA |
| 13 | Costa, N.; Arezes, P.M. | 2009 | Portugal |
| 14 | Mani, R.; Milosavljevic, S.; Sullivan, S.J. | 2010 | NZ |
| 15 | Raffler, N.; Hermanns, I.; Sayn, D.; Goeres, B.; Ellegast, R.; Rissler, J. | 2010 | Germany |
| 16 | Brunoro, C.; Sznclwar, L.I.; Bolis, I.; Abrahao, J. | 2012 | Brazil |

| | | | |
|----|--|------|-------------|
| 17 | Harris, M. A.; Marion, S.A.; Spinelli, J.J.; Tsui, J.K. C.; Teschke, K. | 2012 | Canada |
| 18 | Harris, M. A.; Crompton, P.A.; Teschke, K. | 2012 | Canada |
| 19 | Langer, T.H.; Iversen, T.K.; Andersen, N.K.; Mouritsen, O.O.; Hansen, M.R. | 2012 | Denmark |
| 20 | Plewa, K.M.; Eger, T.R.; Oliver, M.L.; Dickey, J.P. | 2012 | Canada |
| 21 | Thamsuwan, O.; Blood, R.P.; Ching, R.P.; Boyle, L.; Johnson, P.W. | 2013 | USA |
| 22 | Amari, M.; Caruel, E.; Donati, P. | 2014 | France |
| 23 | Costa, N.; Arezes, P. M.; Melo, R. B. | 2014 | Portugal |
| 24 | Kuijjer, P.P.F.M.; van der Molen, H.F.; Schop, A.; Moeijes, F.; Frings-Dresen, M.H.W.; Hulshof, C.T.J. | 2014 | Netherlands |
| 25 | Langer, T.H.; Ebbesen, M.K.; Kordestani, A. | 2015 | USA |
| 26 | Johanning, E. | 2015 | USA |
| 27 | Lu, X.; Takala, E.P.; Toppila, E.; Marjanen, Y.; Kaila-Kangas, L.; Lu, T. | 2016 | Finland |
| 28 | Burgess-Limerick, R. | 2016 | Australia |
| 29 | Raffler, N.; Ellegast, R.; Kraus, Thomas.; Ochsmann, E. | 2016 | Germany |
| 30 | Caffaro, F.; Preti, C.; Micheletti C.M.; Cavallo, E. | 2017 | Italy |
| 31 | Raffler, N.; Rissler, J.; Ellegast, R.; Schikowsky, C.; Kraus, T.; Ochsmann, E. | 2017 | Germany |
| 32 | Zeng, X.; Kociolek, A.M.; Khan, M.I.; Milosavljevic, S.; Bath, B.; Trask, C.M. | 2017 | Canada |
| 33 | Araujo, A.V.; Arcanjo, G.S.; Fernandes, H.A.; Georgia S. | 2018 | Brazil |
| 34 | Simões, M.R.L.; Assuncao, A.A.; de Medeiros, A.M. | 2018 | Brazil |
| 35 | Wahlstrom, J.; Burstrom, Lage.; Johnson, P.W.; Nilsson, T.; Jarvholm, B. | 2018 | Sweden |
| 36 | Chaudhary, D.K.; Bhattacharjee, A.; Patra, A.K.; Upadhyay, R.; Chau, N. | 2019 | France |
| 37 | Simões, M.R.L.; Souza, C.; de Alcantara, M.A.; Assuncao, A.A. | 2019 | Brazil |
| 38 | Zanatta, M.; Amaral, F.G.; Vidor, G. | 2019 | Brazil |
| 39 | Barbosa, C.M.G.; Maia, A.L.S.; Matos, M.P.; Gomes, G.S.S; Souza, S.F. | 2019 | Brazil |
| 40 | Araya-Solano, T.; Medina-Escobar, L. | 2020 | Costa Rica |

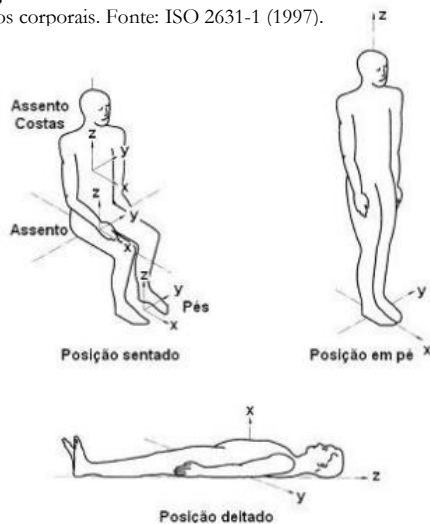
Com base no Quadro 4 verifica-se que o Brasil é o país com o maior número de estudos contemplados na pesquisa, com um total de 06 artigos, logo em seguida vem o Reino Unido e os Estados Unidos, com 05 artigos cada. Os autores que mais aparecem nos estudos são: Palmer, Griffin e Coggon, ambos como autores de 04 artigos. Quanto ao período com mais estudos selecionados, observa-se que 67,5% dos artigos contemplados foram publicados na última década (2010-2020). O ano com o maior número de artigos selecionados foi 2012, com 05 estudos no total. As principais características e variáveis dos estudos analisados estão organizadas no Quadro 5.

Quadro 5. Variáveis abordadas nos estudos selecionados. Elaborado pelos autores.

| Variáveis analisadas | Artigos |
|-----------------------------|--|
| Avaliação do A (8) | 6 9 10 13 20 21 22 23 27 28 29 31 32 36 38 39 40 |
| Avaliação do VDV | 1 6 10 21 29 32 36 38 39 |
| Características do veículo | 19 32 36 39 40 |
| Características individuais | 13 36 40 |
| Análise do pavimento | 6 21 23 36 |
| Análise da postura | 7 15 22 23 26 28 30 31 36 39 40 |
| Questionários/entrevistas | 1 2 3 7 9 10 13 17 18 23 28 30 31 32 36 39 40 |

Os fatores mais abordados nos estudos são referentes aos métodos quantitativos de avaliação da vibração o A (8) que representa a aceleração contínua equivalente no período de 8h diárias e o VDV que corresponde ao valor obtido a partir do método de dose de vibração. Um ponto importante identificado é que muitos estudos optaram pela análise da postura dos profissionais avaliados. Muitos estudos também recorreram a aplicação de questionários e realização de entrevistas entre os profissionais.

Figura 1. Sistema de coordenadas dos três eixos corporais. Fonte: ISO 2631-1 (1997).



3.2. VIBRAÇÕES OCUPACIONAIS DE CORPO-INTEIRO

As vibrações de corpo inteiro são transmitidas para o corpo humano através dos pés (postura em pé), nádegas (postura sentado) ou quando o corpo humano está deitado em uma superfície geradora/transmissora de vibrações. A norma ISO 2631-1 (1997) define como deve ser realizada a medição de VCI e define os eixos x , y e z como longitudinais, laterais e vertical, respectivamente.

Na Figura 1 estão representadas as direções para os três eixos (x , y e z) de acordo com as diferentes posições do corpo humano.

Está relatado que o eixo z é o local onde ocorrem as maiores acelerações, em comparação com os eixos x e y , (Araya-Solano & Medina-Escobar, 2020). A exposição à VCI na direção z ocorre em decorrência de buracos e obstáculos no pavimento. De acordo com Langer et al. (2015) a maioria dos

veículos fora-de-estrada (tratores, empilhadeiras, guindastes, retroscavadeiras, etc.) experimentam níveis de exposição a VCI maiores no eixo z devido o movimento de rotação do veículo quando as rodas passam através de buracos e obstáculos no terreno. Já a altura do assento e a largura do trilho das rodas irá determinar a magnitude da velocidade da aceleração transmitida ao operador na direção do eixo y . Sendo assim, a suavidade do terreno determinará o nível de exposição à vibração nos eixos y e z .

3.3. VCI EM CONDUTORES DE ÔNIBUS

Existem diversos fatores que influenciam a intensidade das vibrações que os condutores de ônibus urbano estão potencialmente expostos diariamente. Sendo alguns destes fatores, o *design* (tipo de assento, localização da cabine, suspensão da cabine e do assento, tipo de veículo e manutenção do veículo). As características do condutor e a sua experiência, como por exemplo, peso, posição ou postura de condução, velocidade de condução, também são fatores atenuantes (Rehn, Lundstrom, Nilsson, Liljelind, & Jarvholm, 2005; Tiemessen, Hulshof, & Frings-Dresen, 2007).

Estudos vem relatando influência significativa dos tipos de condições de pavimentos nos níveis de exposição à VCI. A intensidade das vibrações transmitidas ao corpo humano pode variar em função do tipo de pavimento em que o ônibus transita. Autoestradas com pavimentos do tipo liso ou irregular, existência de lombadas e/ou buracos podem influenciar na magnitude das vibrações (Thamsuwan, Blood, Ching, Boyle, & Johnson, 2013).

3.4. METODOLOGIAS UTILIZADAS PARA A AVALIAÇÃO DE EXPOSIÇÃO A VCI

Os estudos selecionados para a análise, recorrem em sua maioria, à norma ISO 2631-1 (1997) (*Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements*). O método de avaliação de exposição a vibração escolhido em diversos trabalhos foi o cálculo da exposição diária, A (8), também denominada, aceleração resultante de exposição normalizada (AREN), que representa a aceleração contínua equivalente no período de 8h de trabalho (Rehn et al., 2005; Palmer, Harris, Griffin, Bennett, Reading, Sampson, & Coggon, 2008; Bovenzi, 2008; Costa & Arezes, 2009; Plewa, Eger, Oliver, & Dickey, 2012; Thamsuwan et al., 2013; Amari, Caruel, & Donati, 2014; Raffler, Rissler, Ellegast, Schikowsky, Kraus, & Ochsmann, 2017; Burgess-Limerick, 2016; Caffaro, Preti, Micheletti, & Cavalli, 2017; Zeng, Kociolek, Khan, Milosavijevic, Bath, & Trask, 2017; Chaudhary, Bhattacharjee, Patra, Upadhyay, & Chau, 2019; Zanatta, Amaral, & Vidor, 2019; Araya-Solano & Medina-Escobar, 2020).

No entanto, alguns estudos também recorreram a um método complementar de avaliação, o Valor da Dose de Vibração (VDV), que corresponde ao valor obtido a partir do método de dose de vibração à quarta potência para os eixos x , y ou z . O seu cálculo é feito na norma ISO 2631-1: 1997 (Palmer et al., 2000; Rehn et al., 2005; Bovenzi, 2008; Thamsuwan et al., 2013; Burgess-Limerick, 2016; Zeng et al., 2017; Chaudhary et al., 2019; Zanatta et., 2019; Barbosa, Maia, Matos, Gomes, & Souza, 2019).

Em alguns trabalhos, conforme pode-se verificar no caso de Barbosa et al., (2019), os autores podem ainda seguir regramentos do contexto de sua região ou país. Neste caso foram utilizados os parâmetros da legislação

brasileira, NR-15 (Brasil, 2014) e NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013) tendo esta como normas internacionais referenciadas a ISO 2631-1 (1997) e a ISO 8041 (2005, 2017) (*Human response to vibration — Measuring instrumentation — Part 1: General purpose vibration meters*).

Outras normas também foram utilizadas em alguns estudos, como por exemplo, a norma ISO 2631-5 (2004) (*Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks*). A exposição de longo prazo à vibração contendo choques mecânicos é considerada um risco dominante para a saúde causando efeitos adversos a coluna lombar. Com o objetivo de avaliar ainda mais a exposição a vibração com choques e seus efeitos em relação a saúde humana, foi criada a ISO 2631-5 (2004). O padrão ISO 2631-5 não foi validado devido a falta de conhecimento sobre os métodos de avaliação da exposição que permite avaliar a probabilidade de efeitos adversos na saúde dos condutores que estão expostos a vibrações durante muitos anos (Thamsuwan et al., 2013; Johanning, 2015; Burgess-Limerick, 2016; Barbosa et al., 2019).

Segundo as normas ISO 2631-1 (1997) e NHO-09 (2013), o procedimento de medição da vibração ocupacional deve ser feito através da dimensão dos três eixos (x , y e z). Há uma divergência quanto aos procedimentos de cálculos do parâmetro de avaliação A (8). A escolha de um único eixo de vibração (eixo dominante) para calcular o A (8), deve ser visto com cautela, uma vez que podem subestimar as acelerações sentidas nas demais direções (Bovenzi, 2008; Thamsuwan et al., (2013). A ISO 2631-1 (1997) recomenda o cálculo da soma vetorial dos três eixos (x , y e z) apenas em casos que há mais de um eixo dominante, enquanto a NHO-09 (2013) recomenda exclusivamente a soma vetorial dos eixos.

Quanto a localização dos sensores de medição da vibração de corpo inteiro, na maioria dos estudos foram feitos na superfície do assento (Mayton, Amirouche, & Jobs, 2005; Rehn et al., 2005; Bovenzi, 2008; Raffler, Hermanns, Goeres, Ellegast, & Rissler, 2010; Langer, Iversen, Andersen, Mouritsen, & Hansen, 2012; Plewa et al., 2012; Thamsuwan et al., 2013; Amari et al., 2014; Costa et al., 2014; Johanning, 2015; Caffaro et al., 2017; Chaudhary et al., 2019; Zanatta et al., 2019; Barbosa et al., 2019). Alguns estudos optaram por realizar também a medição no piso do veículo (Costa & Arezes, 2009; Thamsuwan et al., 2013; Amari et al., 2014; Johanning, 2015). As medições no piso do veículo são realizadas com o objetivo de avaliar outros parâmetros, como por exemplo, a transmissibilidade.

O sistema de medição de vibração deve ser composto basicamente de medidores integradores e de transdutores, este devendo ser obrigatoriamente um acelerômetro triaxial. Nos estudos foram utilizados os mais diversos modelos de medidores. O Raffler et al. (2010) utilizou, por exemplo, o modelo (*Analog Devices ADXL 103/203*), enquanto o Thamsuwan et al. (2013) usou o modelo (356B40; *PCB Piezotronics; Depew, NY*) e Langer et al., (2012) o modelo (*SV 39A Whole-Body Seat Accelerometer*).

Alguns estudos também recorreram a métodos qualitativos de avaliação como aplicação de questionários e entrevistas (Palmer et al., 2000; Okunribido, Magnusson & Pope, 2006; Palmer et al., 2008; Bovenzi, 2008; Costa & Arezes, 2009; Harris et al., 2012; Raffler et al., 2017; Caffaro et al., 2017; Zeng et al., 2017; Chaudhary et al., 2019; Barbosa et al., 2019; Araya-Solano & Medina-Escobar, 2020). As perguntas em sua maioria abordam assuntos relativos à exposição a VCI, problemas de saúde, organização do trabalho, características físicas, hábitos pessoais, e o estado de conservação e características de ferramentas e máquinas utilizadas no trabalho.

Para a avaliação mais completa da exposição a vibração de corpo inteiro em veículos, torna-se necessário uma análise do pavimento em que o veículo trafega. O tipo de pavimento é frequentemente identificado como um fator importante de exposição à vibração. No estudo de Costa e Arezes (2009) com motoristas de empilhadeiras, esse fator não foi analisado, pois o piso era o mesmo para todos os operadores de empilhadeira. De acordo com a investigação, a influência do chão não parece, no entanto, ser significativo porque esses veículos possuem rodas muito pequena e rígidas, que por sua vez não permite sua operação em pisos irregulares. Portanto, o uso de empilhadores só é possível se o piso for suficientemente regular.

Em seu estudo Thamsuwan et al. (2013) todos os participantes da avaliação dirigiram em uma rota padronizada. Essa rota é composta de quatro diferentes segmentos de estradas, abrangendo estradas novas, vias mais antigas e irregulares, e uma rota circular. As exposições à VCI em ambos os ônibus avaliados foram diferentes entre os tipos de estradas testadas. Em todos os quatro tipos de estradas, os parâmetros VCI foram os mais altos na estrada com lombadas de velocidade e os mais baixos na autoestrada com

pavimento regular. As exposições A (8) e VDV também foram maiores nas estradas irregulares em comparação com as ruas da cidade, enquanto as exposições impulsivas Sed (8) foram ligeiramente mais altas nas ruas da cidade.

No estudo de Costa et al. (2014), a análise do pavimento foi realizada dentro de um circuito fechado, para que as condições de exposição permanecessem inalteradas para todos os participantes. Dentro do circuito foi selecionada uma estrada que incorporava diferentes tipos de pavimentos (asfalto regular e paralelepípedos irregulares). No estudo ainda foi adotado três cenários para testes de avaliação de desempenho, com o objetivo de garantir que o perfil de exposição a VCI fosse semelhante aos registrados durante o trabalho. O primeiro cenário foi com o veículo parado, o segundo com o veículo em movimento no pavimento de asfalto regular, e o terceiro cenário foi com o veículo em movimento em pavimentos de paralelepípedo irregular. Foi verificado que os maiores valores de aceleração ocorreram no pavimento de paralelepípedo irregular.

Quanto aos parâmetros de avaliação de VCI a ISO 2631-1 e a NHO-09 estipulam um valor limite de exposição. No Quadro 6 são apresentados os valores limite de ação e exposição para vibração de corpo inteiro, de acordo com suas respectivas normas.

Quadro 6. Limites de ação e exposição diária (8h) para VCI. Elaborado pelos autores.

| | ISO 2631-1 (1997) | | NHO-09 (2013) | |
|----------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------|
| | A(8) (m/s^2) | VDV ($m/s^{1,75}$) | Aren (m/s^2) | VDVR ($m/s^{1,75}$) |
| Limite de ação | 0,5 | 9,1 | 0,5 | 9,1 |
| Limite de exposição | 1,15 | 14,8 | 1,1 | 21 |

Em seu estudo, Rehn et al. (2005) verificaram que os valores de A(8) e VDV foram maiores durante as viagens em que o veículo estava vazio. Os limites A(8) e VDV não foram ultrapassados em estudos com motoristas feito por Bovenzi (2008), com exceção de um motorista de veículo de terraplanagem, onde o VDV ultrapassou o limite de ação estipulado pela norma. No estudo de Thamsuwan et al. (2013) nenhum dos parâmetros de avaliação de exposição a VCI excederam os limites de ação no cenário de autoestrada lisa, enquanto na autoestrada irregular os valores excederam ambos os limites. Já no estudo de Araya-Solano e Medina-Escobar (2020) em 81% dos casos o valor de exposição diária encontrado excede o valor limite de ação da norma, na sua avaliação em motoristas de ônibus. Na avaliação de Barbosa, et al. (2019) o valor da vibração medida foi superior ao limite de exposição.

3.5. VARIÁVEIS RELACIONADAS A EXPOSIÇÃO À VCI INVESTIGADAS NOS ESTUDOS

Para uma melhor compreensão da relação das vibrações de corpo inteiro nas condições de trabalho, alguns estudos vêm realizando, além das medições de exposição a VCI, uma análise minuciosa do local de trabalho e das máquinas e ferramentas utilizadas nas atividades dos profissionais.

Durante as observações dos postos de trabalho Barbosa, et al. (2019) pôde-se verificar o mau estado de conservação dos veículos, design ergonômico inadequado dos postos de trabalhos dos motoristas e cobradores, ausência de ar-condicionado nos ônibus, motores dos veículos posicionados na parte da frente, ao lado do motorista, o que provoca vibração, ruído e calor excessivo, além de diminuir o espaço de trabalho. Verificou-se também que os assentos de motoristas e cobradores não possuem amortecimento suficiente para absorver a vibração recebida durante suas atividades laborais. Araya-Solano e Medina-Escobar (2020) evidenciaram em seu estudo, uma relação entre os níveis de exposição diária a VCI e as características do ônibus (modelo, marca do motor, suspensão do assento e localização do motor). Determinou-se que há uma diferença perceptível entre os níveis médios de vibração de ônibus novos e antigos, porém ressalta que os níveis encontrados no estudo são mais elevados do que os relatados em outras investigações.

Thamsuwan et al. (2013) em seu estudo, realizou uma comparação entre os ônibus de piso baixo e ônibus de piso alto e a interação com diferentes tipos de estradas. Constatou-se que os níveis de exposição a VCI em ônibus de piso alto eram geralmente menores em rodovias e ruas da cidade, porém maiores em estradas com lombadas. Uma possível explicação para essas diferenças, encontra-se na interação entre o assento e o sistema de suspensão do ônibus. Acredita-se que devido o motorista do ônibus de piso alto está mais elevado

sobre a estrada em relação ao ônibus de piso baixo, ele estará mais suscetível a experimentar níveis maiores de vibração.

Costa e Arezes (2009) identificaram em seu estudo com operadores de empilhadeira, algumas características individuais que podem desempenhar um papel importante no que diz respeito ao risco de exposição à vibração. As variáveis consideradas no estudo foram a idade, peso, experiência, treinamento e tempo para realização da tarefa. O estudo identificou que os operadores mais experientes ou aqueles com mais horas de treinamento, foram os que concluíram as tarefas mais rapidamente. No entanto, os operadores mais jovens também tendem a concluir as tarefas mais rapidamente do que os mais velhos. Em relação às correlações entre a exposição de corpo inteiro e características individuais, apenas três dessas variáveis apresentam uma correlação significativa com a exposição a vibrações: peso, experiência e tempo. A correlação entre as variáveis peso e tempo mostrou que trabalhadores mais pesados e mais lentos estão menos expostos à vibração. De acordo com os resultados obtidos pelo estudo, quanto mais rápido os trabalhadores realizarem as tarefas, mais vibração eles serão expostos. Isso pode estar relacionado ao fato de que os trabalhadores mais rápidos tendem a operar empilhadeiras com movimentos repentinos, e isso, por sua vez, será refletido em níveis de exposição mais elevados.

De acordo com o estudo de Chaudhary et al. (2019), observou-se uma associação entre idade avançada e exposição à VCI. Segundo o estudo, o papel da idade pode ser parcialmente explicado pelo fato de que reflete um pouco o tempo de carreira do profissional, a exposição a vibração ocupacional e o envelhecimento, que está associado a distúrbios musculoesqueléticos mais comuns, menor capacidades físicas e mentais, entre outros riscos. O estudo identificou ainda que embora quase todos os operadores não fossem obesos, encontraram uma associação entre o índice de massa corporal (IMC) e a vibração. Pode-se supor que o IMC moderadamente superior pode atenuar o efeito na transmissão de vibração para o corpo. Araya-Solano e Medina-Escobar (2020) também concluíram em seu estudo que o sedentarismo e sobrepeso dos motoristas profissionais de ônibus são fatores que podem contribuir ao surgimento de doenças ocupacionais no futuro.

3.6. PRINCIPAIS EFEITOS DA EXPOSIÇÃO A VIBRAÇÕES DE CORPO-INTEIRO

Os efeitos da vibração ocupacional de corpo inteiro no corpo humano vêm sendo amplamente investigados. Alguns estudos sugerem que a exposição em pé à VCI pode aumentar a densidade mineral óssea, melhorar o equilíbrio e desempenho atlético. Em contrapartida, a exposição ocupacional à VCI, em posição sentado, está associado à dor lombar, alteração das funções do sistema nervoso periférico, distúrbios visuais e vestibulares (enjoo, vertigem e dificuldades de equilíbrio) (Mani, Milosavljevic, & Sullivan, 2010).

Os Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) são os efeitos mais comuns relacionados com a exposição à vibração de corpo inteiro. Muitas investigações vêm mostrando evidências desses distúrbios em indivíduos expostos à VCI, com relatos mais frequentes de efeitos adversos como dor lombar (*LBP – Low Back Pain*), degeneração precoce da coluna, e hérnia de disco (Palmer, Griffin, Sydall, Pannett, Cooper, & Conggon, 2003; Okunribido et al., 2006; Tiemessen, Hulshof & Frings-Dresen, 2007; Bovenzi, 2008; Plewa et al., 2012; Thamsuwan et al., 2013). No entanto, em um estudo posterior Palmer et al., (2008) não encontrou uma relação clara entre a dor lombar e vibração de corpo inteiro, ressaltando que estes resultados contrastam com os resultados de vários outros relatórios de pesquisa e análises. Uma das possibilidades dessa diferença seria que os motoristas avaliados no estudo eram fortemente menos expostos a VCI do que os profissionais avaliados nas outras pesquisas.

O aumento de riscos vem sendo relatados em profissionais de diversos setores da indústria, incluindo os motoristas de ônibus urbano. Os motoristas de ônibus urbanos representam uma grande população de motoristas ocupacionais que correm o risco de desenvolver lombalgia relacionada à vibração. Uma alta prevalência de dor lombar em motoristas de ônibus profissionais foi relatado em diversos estudos (Thamsuwan et al., 2013). Os trabalhadores permanecem a maior parte do tempo em posição sentada, o que pode agravar os efeitos da vibração a que estes trabalhadores ficam expostos (Raffler et al., 2017).

Para Okunribido et al. (2006) pode ser que as ocorrências de dor nas costas entre os motoristas sejam incentivadas mais pelo efeito combinado da postura sentada e a vibração, em vez de efeitos gerados exclusivamente pela vibração ou postura sentada. Em seu estudo Raffler et al. (2017), mediu quantitativamente a exposição à vibração e índice de postura incômoda entre 102 motoristas profissionais, evidenciou-se que a

exposição à vibração de corpo inteiro e a postura incômoda eram significativamente associados com a ocorrência de dor lombar na população estudada.

Na investigação de Simões, Assunção e Medeiros (2018) com motoristas e cobradores de ônibus, o fator vibração foi relatado por 39% dos entrevistados, enquanto 45% relataram desconforto. A prevalência de dor musculoesquelética no pescoço foi de 16,3%, seguiu-se a prevalência de dor nos ombros (15,4%), nos braços (13,3%) e nas mãos (6,3%). De acordo com o estudo, a vibração não ficou associada à dor no pescoço após ajuste para dores nas outras regiões investigadas. No entanto, ficou evidenciada a associação da vibração com a dor cervical nos modelos bruto e ajustado por cargo. Com base nesses resultados o estudo supõe que a exposição à vibração em rodoviários esteja associada à vigência de dores em mais de uma região corporal. Entretanto, o estudo ressalta que os resultados das pesquisas ainda são controversos, deixando claro que a hipótese de relação entre a vibração e a dor musculoesquelética carece de maiores investigações. Em um outro estudo realizado por Simões, Souza, Alcantara, & Assunção (2019), com profissionais de transporte coletivo, foi relatado uma prevalência de 43% de dores musculoesqueléticas nos profissionais entrevistados. Curiosamente, foi constatado que os empregados temporários são mais propensos a reportar dor musculoesquelética do que os empregados com emprego estável. Segundo o estudo os mecanismos que explicam a associação entre condições precárias de trabalho e os problemas de saúde ainda não foram suficientemente esclarecidos.

Segundo Paschold e Sergeev (2009), os níveis de intensidade da VCI pode contribuir para potenciais efeitos negativos para a saúde após exposição crônica e podem resultar em dor nas costas, problemas abdominais e digestivos, distúrbios cardiovasculares, respiratórios, metabólicos, motores, posturais e visuais, pode contribuir indiretamente para causa acidentais ou pode simplesmente resultar em desconforto ou fadiga. Em seus estudos, Amari et al. (2014) e Costa, et al. (2014) encontraram evidências de um maior comprometimento motor do que um comprometimento cognitivo, encontrado como resultado da exposição à VCI. Evidências de diminuição de atenção também foi encontrado como resultado de exposição à VCI. De acordo com o estudo, essa deficiência pode representar problemas de segurança ocupacional, especialmente quando se considera a complexidade das tarefas que são geralmente atribuídos a operadores de máquinas (Costa, et al., 2014).

Mani, et al. (2010) concluíram em seu estudo que há evidências modestas que sugerem que há uma diminuição no desempenho do equilíbrio em pé após a exposição a VCI sentado. Esses distúrbios posturais ocorrem devido mudanças induzidas por vibração através das vias sensoriais, visuais e vestibulares que podem perturbar seu equilíbrio dinâmico após um período de condução do veículo. Assim é possível que esses distúrbios de equilíbrio e de postura podem colocar o motorista em risco de uma possível lesão em decorrência de quedas ou predispô-los a acidentes relacionados à realização de tarefas no trabalho. O estudo, porém, aponta ressalvas, afirmando que é necessário mais trabalho de campo e pesquisas voltadas para investigar tais efeitos da exposição a vibração de corpo inteiro.

No estudo de Harris, Cripton e Teschke (2012) é levantada a hipótese que a exposição ocupacional a vibração de corpo inteiro poderia aumentar o risco da doença de Parkinson. Essa hipótese investiga se o estresse mecânico que os profissionais são expostos, são análogos aos efeitos do traumatismo craniano, um fator de risco previamente identificado.

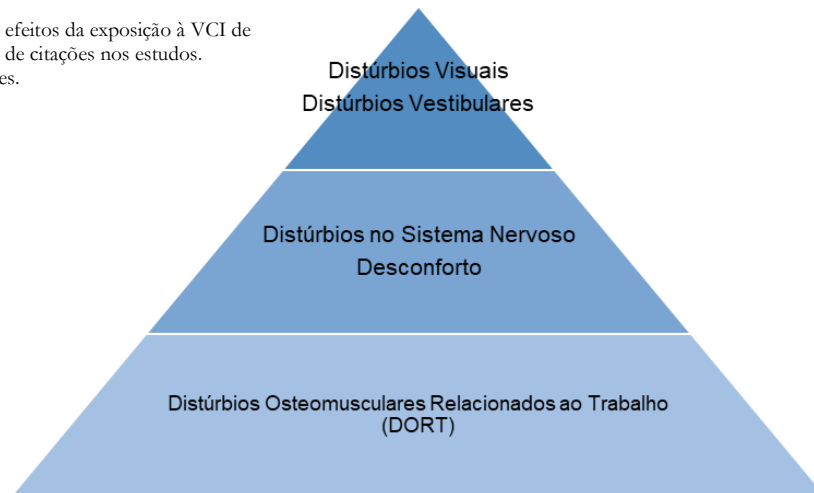
Além dos efeitos para a saúde no local de trabalho, o desconforto é um dos efeitos da exposição ocupacional à VCI mais relatado entre os trabalhadores, prejudicando o desempenho no trabalho e é um fator de risco de possíveis lesões futuras. Avaliar o desconforto é uma tarefa difícil por ser totalmente subjetivo, as reações a determinadas magnitudes de vibração dependem de fatores, como, duração da viagem, tipos de atividades que precisam ser realizadas, e alguns fatores ambientais. De acordo com Simões, Assunção e Medeiros (2018) o conforto do motorista tem relação direta com a funcionalidade e o design dos ônibus. A norma ISO 2631-1 prevê classificações de conforto com base em magnitudes, frequências e durações da vibração (Plewa et al., 2012).

De acordo com o estudo realizado por Barbosa, et al. (2019) mais da metade dos motoristas e cobradores entrevistados apresentaram queixas relativas à dor e/ou desconforto na região lombar, o que provavelmente estar refletindo a sobrecarga desta região devido a permanência prolongada em posição sentada associadas à exposição a vibração. Zeng et al. (2017) identificou em seu estudo, que cerca de 39% dos motoristas de tratores agrícolas relataram sentir desconforto durante a realização das tarefas. Segundo Simões et al. (2018), as queixas de desconforto postural são proporcionais à duração da posição sentada.

Em sua investigação Plewa, et al. (2012) verificou que os níveis de conforto previstos pela ISO 2631-1: 1997 não foram fortemente correlacionados com os níveis de desconforto relatados pelos operadores no local de trabalho. Segundo o estudo, as discrepâncias nos dois métodos podem ser influenciadas pelas consequências da exposição a longo prazo à VCI ou por inconsistências entre perfis de vibração que foram avaliados e analisados. O estudo sugeriu extrema cautela quando interpretar as previsões de desconforto da ISO 2631-1 (1997) em estudos de campo. O estudo ressalta que é importante que o método de previsão ISO 2631-1 (1997) preveja com precisão suas classificações de desconforto, uma vez que o desconforto pode ser usado como um bom indicador das condições de trabalho.

Na Figura 2 estão relacionados os principais efeitos da exposição à vibração de corpo inteiro de acordo o número de vezes que foram citados nos estudos analisados.

Figura 2. Relação dos efeitos da exposição à VCI de acordo com o número de citações nos estudos. Elaborado pelos autores.



Os Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT), que se encontram na base da pirâmide, são os efeitos mais relatados nos estudos, com um foco especial dos estudos para a Dor Lombar. Em seguida vem os Distúrbios no Sistema Nervoso e Desconforto que ocupam o meio da pirâmide. No topo na pirâmide encontram-se os Distúrbios Visuais e Vestibulares, estes foram os menos investigados pelos estudos analisados, porém relatos de enjoo, vertigem e dificuldades de equilíbrio são frequentes entre os profissionais, estando esses efeitos relacionados a exposição de uma alta amplitude de vibração.

3.6.1. AÇÕES DE CONTROLE PARA REDUZIR A EXPOSIÇÃO A VIBRAÇÕES

As ações de controle visando reduzir a exposição à vibrações ocupacionais devem ser aplicadas de forma universal dentro do sistema, e não apenas nos profissionais que estão em maior risco, fazendo assim alterações organizacionais e adoção de medidas técnicas.

O controle de exposição e riscos relacionados a vibrações pode ser feito usando medidas de engenharia, administrativas e de organização do trabalho. Quanto as medidas de engenharia, recomenda-se adequações e melhorias no assento. Melhorias no sistema de suspensão do veículo também pode ajudar a reduzir a exposição à vibração (Thamsuwan et al., 2013; Caffaro et al., 2017). Em seu estudo Tiemessen et al. (2007) analisa as estratégias para reduzir a VCI dos condutores de veículos. Em geral as estratégias que possuem potencial de redução da magnitude das vibrações para motoristas são divididas em duas categorias:

1. Considerações de design pelo fabricante;
2. Habilidades e comportamento dos profissionais.

De acordo com Araujo et al. (2018) a dor nas costas foi identificada como de alto risco ergonômico por 27 dos 33 motoristas entrevistados. Os motoristas relataram que a causa provável é devido as vibrações ocupacionais de baixa frequência causadas por irregularidades na superfície da estrada ou mesmo velocidade, solavancos e a oscilação do assento durante a aceleração. A manutenção dos pavimentos das estradas urbanas não é de responsabilidade das empresas de transporte, no entanto, para resolver esses problemas, o estudo recomenda que um memorando seja entregue às autoridades locais relatando a necessidade de investir na

manutenção das estradas. Recomenda-se ainda uma avaliação dos assentos e da sua condição, para garantir que sejam usados da forma adequada.

De acordo com Burgess-Limerick (2016) existem alguns fatores modificáveis que estão associados a exposição à VCI. Inclui o ambiente de trabalho/operação, projeto e manutenção de estradas, as tarefas realizadas com o equipamento; o projeto da máquina/equipamento, incluindo suspensão e assento; condição do equipamento incluindo manutenção da suspensão e assento; e comportamento do operador, especialmente da velocidade de condução dos veículos. Algumas medidas de controle no âmbito interno:

- Realizar medições de vibração rotineiramente visando detectar possíveis mudanças nos níveis de exposição;
- Escolha de assentos com suspensão ativa tem mostrado potencial para atenuação das vibrações;
- Manutenção de rotina nos assentos e sistema de suspensão;

No âmbito organizacional, podem ser tomadas algumas medidas de controle, visando reduzir a exposição dos condutores à vibração. Estudos propõem como medidas de controle a rotatividade de tarefas e dos condutores, que pode ser benéfica para melhorar o comportamento do motorista. Treinamento dos motoristas com foco em boas práticas de condução. Programa de mudanças comportamentais entre os profissionais também pode ser útil como medida de controle. Fornecer meios para que o motorista faça feedbacks imediatos quando identificadas situações que estão associadas a níveis anormalmente elevados de exposições à VCI. Inserir intervalos durante a jornada de trabalho dos profissionais (Burgess-Limerick, 2016; Araya-Solano & Medina-Escobar, 2020).

Em um estudo de revisão sistemática Tiemessen, Hulshof e Frings-Dresen (2009), verificaram que fatores como manutenção do piso e do veículo, tipo de assento, suspensão do assento, foram avaliados, e quando necessário, foram feitas as alterações. Fatores relacionados ao estilo de direção, velocidade, ajuste do assento, condições da pista, horários de trabalho e preparo físico foram avaliadas, e quando necessário, o motorista foi informado sobre os riscos de VCI e que uma mudança no comportamento em relação à VCI pode alterar a magnitude da vibração. De acordo com Kuijer, et al. (2014) o *National Dutch Register of the Netherlands Center for Occupational Diseases* (NCOD) mostrou que 27% das medidas de melhorias no combate a exposição a VCI e riscos relacionados a dor lombar, foram ajustes no local de trabalho, 4% foram intervenções comportamentais, 2% intervenções técnicas e 2% intervenções organizacionais.

De acordo com o estudo de comparação entre ônibus de piso alto e piso baixo Thamsuwan et al. (2013) conclui que o ônibus de piso baixo seria o preferido para operar em rotas que contenham lombadas. Sendo assim, um controle administrativo potencial seria atribuir os ônibus para as rotas adequadas. Os ônibus de piso baixo para estradas com lombadas, e para as demais estradas qualquer um dos ônibus seria adequado para operação.

Langer et al. (2015) também realizou descobertas semelhantes às já relatadas pelos outros estudos. Dependendo dos tipos de veículos comerciais, diferentes estratégias mostram potencial para reduzir a exposição a VCI. Segundo afirma, alguns sistemas de suspensão de veículos apresenta o potencial mais elevado de atenuação das vibrações, enquanto outros veículos requerem treinamento ou planejamento melhorado por parte do operador.

4. Conclusões

Através da revisão sistemática foi possível identificar o cenário das vibrações ocupacionais de corpo inteiro, seu impacto nas condições de trabalho e seus efeitos para a saúde dos profissionais, estando diretamente relacionada ao desconforto e diminuição no desempenho na realização das atividades. Conforme observou-se nos artigos, somente a avaliação das vibrações ocupacionais pode não ser satisfatório na investigação das causas de doenças ocupacionais, devido existir outros fatores que os profissionais também estão expostos, como má postura por exemplo. Portanto, as doenças osteomusculares relacionadas ao trabalho podem não ser necessariamente decorrentes da vibração ocupacional, mas a um conjunto de fatores. Com relação a alguns efeitos das VCI na saúde dos trabalhadores, alguns estudos foram relutantes em fazer conclusões decisivas, devido a necessidade de realizar-se novas investigações.

Os artigos destacaram os fatores que estão relacionados a exposição a vibração ocupacional. Neles, destacou-se a relação entre os tipos de pavimentos e os níveis de vibração que os profissionais estão expostos. Observou-se que pavimentos irregulares costumam apresentar níveis de vibração superior aos pavimentos regulares. As rotas que contavam com lombadas de redução de velocidade também apresentaram níveis superiores de vibração. As características individuais dos motoristas e as características dos veículos também foram analisadas. Verificou-se que profissionais com sobrepeso estão sujeitos a experimentarem níveis mais amenos de vibração, enquanto os profissionais que realizam as tarefas mais rapidamente experimentam níveis mais altos. Quanto as características dos veículos, sabe-se que os assentos e o sistema de suspensão possuem influência direta nos níveis de exposição a VCI. Assentos de motoristas que não possuem amortecimento suficiente, podem não absorver a vibração recebida durante suas atividades laborais. Estudos apontam que a escolha de assentos com suspensão ativa tem mostrado potencial para atenuação das vibrações.

Conforme relatado no estudo de revisão, uma ampla maioria dos artigos optaram pelo método de medição e avaliação da ISO 2631-1: 1997. Usando como parâmetro de avaliação o cálculo do A (8) e o valor da dose de vibração (VDV). No âmbito nacional também foram utilizadas as recomendações da NHO-09: 2013.

5. Referências

- Abbate, C., Micali, E., Giorgianni, C., Munao, F., Brecciaroli, R., Salmaso, L., & Germano, D. (2004). Affective correlates of occupational exposure to whole-body vibration - A case-control study. *Psychotherapy and Psychosomatics*, 73(6), 375-379.
- Akobeng, A. K. (2005). Principles of evidence based medicine. *Archives of Disease in Childhood*, 90(8), 837-840.
- Amari, M., Caruel, E., & Donati, P. (2015). Inter-individual postural variability in seated drivers exposed to whole-body vibration. *Ergonomics*, 58(7), 1162-1174.
- Araújo, A. V., Arcanjo, G. S., Fernandes, H. A., & Georgia, S. (2018). Ergonomic work analysis: a case study of bus drivers in the private collective transportation sector. *Work*, 60(1), 41-47.
- Araya-solano, T., & Medina-Escobar, L. (2020). Determinación de la exposición ocupacional a vibraciones en cuerpo entero en conductores de autobús en una parte del gran área metropolitana, Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 33, 88-98.
- Barbosa, C. M. G., Maia, A. L. S., Matos, M. P., Gomes, G. S. S., & Souza, S. F. (2019). Condições de trabalho e desconforto corporal dos rodoviários da região working conditions and body discomfort of the road works of the salvador metropolitan region. *International Journal on Working Conditions*. N. 18.
- Booth, A., Papaioannou, D., & Sutton, A. (2016). *Systematic approaches to a successful literature review*.
- Bovenzi, M. (2009). Metrics of whole-body vibration and exposure-response relationship for low back pain in professional drivers: a prospective cohort study. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 82(7), 893-917.
- Brunoro, C., Sznalwar, L. I., Bolis, I., & Abrahao, J. (2012). Contributions of ergonomics to the construction of bus drivers health and excellence in public transport and at work. *Work*, 41(suppl.1), 30-35.
- Burgess-Limerick, R. (2016). Measuring and managing workplace whole-body vibration exposures. *Acoustics Australia*, 44(1), 129-135.
- Caffaro, F., Preti, C., Micheletti, C. M., & Cavalli, E. (2017). Three-axial evaluation of whole-body vibration in agricultural telehandlers: the effects of an active cab-suspension system. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 14(10), 758-770.
- Chaudhary, D. K., Bhattacharjee, A., Patra, A. K., Upadhyay, R., & Chau, N. (2019). Associations between whole-body vibration exposure and occupational and personal factors in drill operators in indian iron ore mines. *Mining Metallurgy & Exploration*, 36(3), 495-511.
- Costa, N., & Arezes, P. M. (2009). The influence of operator driving characteristics in whole-body vibration exposure from electrical fork-lift trucks. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(1), 34-38.
- Costa, N., Arezes, P. M., & Melo, R. B. (2014). Effects of occupational vibration exposure on cognitive/motor performance. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 44(5), 654-661.
- Fabbri, S., Silva, C., Hernandez, E., Octaviano, F., Di Thommazo, A., & Belgamo, A. (2016). Improvements in the StArt tool to better support the systematic review process. *Proceedings of the 20th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering – EASE '16*.

- Harris, M. A., Marion, S. A., Spinelli, J. J., Tsui, J. K. C., & Teschke, K. (2012). Occupational exposure to whole-body vibration and parkinsons disease: results from a population-based case-control study. *American Journal of Epidemiology*, 176(4), 299-307.
- Harris, M. A., Crompton, P. A., & Teschke, K. (2012). Retrospective assessment of occupational exposure to whole-body vibration for a case-control study. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 9(6), 371-380.
- ISO 2631-1. (1997). Mechanical vibration and shock - evaluation of human exposure to whole body vibration – part 1: general requirements. *International Organization for Standardization*.
- Johanning, E. (2015). Whole-body vibration-related health disorders in occupational medicine – an international comparison. *Ergonomics*, 58(7), 1239-1252.
- Kuijjer, P. P. F. M., Van der Molen, H. F., Schop, A., Moeijes, F., Frings-Dresen, M. H. W., & Hulshof, C. T. J. (2015). Annual incidence of non-specific low back pain as an occupational disease attributed to whole-body vibration according to the national dutch register 2005-2012. *Ergonomics*, 58(7), 1232-1238.
- Langer, T. H., Iversen, T. K., Andersen, N. K., Mouritsen, O. O., & Hansen, M. R. (2012). Reducing whole-body vibration exposure in backhoe loaders by education of operators. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 42(3), 304-311.
- Langer, T. H.; Ebbesen, M. K., & Kordestani, A. (2015). Experimental analysis of occupational whole-body vibration exposure of agricultural tractor with large square baler. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 47, 79-83.
- Lu, X., Takala, E. P., Topila, E., Marjanen, Y., Kaila-Kangas, L., & Lu, T. (2017). An optimal sampling approach to modelling whole-body vibration exposure in all-terrain vehicle driving. *Ergonomics*, 60(8), 1074-1084.
- Mani, R., Milosavljevic, S., & Sullivan, S. J. (2010). The effect of occupational whole-body vibration on standing balance: a systematic review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(6) 698-709.
- Mayton, A. G., Amirouche, F., & Jobes, C. C. (2005). Comparison of seat designs for underground mine haulage vehicles using the absorbed power and iso 2631-1(1985)-based acgh threshold limit methods. *International Journal of Heavy Vehicle Systems*, 12(3), 225-238.
- Moher, D. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Annals of Internal Medicine*, 151(4), p. 264.
- Montebelo, R., Orlando, A., Porto, D., Zaniro, D., & Fabbri, S. (2007). Strat (systematic review automatic tool) uma ferramenta computacional de apoio à revisão sistemática. In: *V Experimental Software Engineering Latin American Workshop*, ICMC – São Carlos, SP, Brasil.
- Fundação Jorge Duprat Figueiredo, de Segurança e Medicina do Trabalho. (2013). *Normas de Higiene Ocupacional – NHO 09: Avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro*.
- Brasil. (2014). Ministério do Trabalho e Emprego. *Norma Regulamentadora NR-15 – Atividade e operações insalubres – Anexo N° 8 Vibrações*, Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego.
- Okunribido, O. O., Magnusson, M., & Pope, M. H. (2006). Low back pain in drivers: the relative role of whole-body vibration, posture and manual materials handling. *Journal of Sound and Vibration*, 298(3), 540-555.
- Palmer, K. T., Griffin, M. J., Bendall, H., Pannett, B., & Coggon, D. (2000). Prevalence and pattern of occupational exposure to whole body vibration in great britain: findings from a national survey. *Occupational and Environmental Medicine*, 57(4), 229-236.
- Palmer, K. T., Haward, B., Griffin, M. J., Bendall, H., & Coggon, D. (2000). Validity of self reported occupational exposures to hand transmitted and whole body vibration. *Occupational and Environmental Medicine*, 57(4), 237-241.
- Palmer, K. T., Griffin, M. J., Sydall, H. E., Pannett, B., Cooper, C., & Coggon, D. (2003). The relative importance of whole body vibration and occupational lifting as risk factors for low-back pain. *Occupational and Environmental Medicine*, 60(10), 715-721.
- Palmer, K. T., Harris, E. C., Griffin, M. J., Bennett, J., Reading, I., Sampson, M., & Coggon, D. (2008). Case-control study of low-back pain referred for magnetic resonance imaging, with special focus on whole-body vibration. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 34(5), 364-373.
- Paschold, H. W., & Sergeev, A. V. (2009). Whole-body vibration knowledge survey of us occupational safety and health professionals. *Journal of Safety Research*, 40(3), 171-176.

- Plewa, K. M., Eger, T. R., Oliver, M. L., & Dickey, J. P. (2012). Comparison between iso 2631-1 comfort prediction equations and self-reported comfort values during occupational exposure to whole-body vehicular vibration. *Journal of Low Frequency Noise Vibration and Active Control*, 31(1), 43-53.
- Portela B. (2014). *Vibração de corpo inteiro em motoristas de ônibus: associação com variáveis de aptidão física e dor lombar*. Tese de doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.
- Raffler, N., Hermanns, I., Sayn, D., Goeres, B., Ellegast, R., & Rissler, J. (2010). Assessing combined exposures of whole-body vibration and awkward posture-further results from application of a simultaneous field measurement methodology. *Industrial Health*, 48(5), 638-644.
- Raffler, N., Ellegast, R., Kraus, T., & Ochsmann, E. (2016). Factors affecting the perception of whole-body vibration of occupational drivers: an analysis of posture and manual materials handling and musculoskeletal disorders. *Ergonomics*, 59(1), 48-60.
- Raffler, N., Rissler, J., Ellegast, R., Schikowsky, C., Kraus, T., & Ochsmann, E. (2017). Combined exposures of whole-body vibration and awkward posture: a cross sectional investigation among occupational drivers by means of simultaneous field measurements. *Ergonomics*, 60(11), 1564-1575.
- Rehn, B., Lundstrom, R., Nilsson, L., Liljelind, I., & Jarvholm, B. (2005). Variation in exposure to whole-body vibration for operators of forwarder vehicles – aspects on measurement strategies and prevention. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35(9), 831-842.
- Simões, M. R. L., Souza, C., de Alcantara, M. A., & Assunção, A. A. (2019). Precarious working conditions and health of metropolitan bus drivers and conductors in Minas Gerais, Brazil. *American Journal of Industrial Medicine*, 62(11), 996-1006.
- Simões, M. R. L., Assunção, A. A., & de Medeiros, A. M. (2018). Musculoskeletal pain among bus drivers and fare collectors in the metropolitan region of Belo Horizonte, Brazil. *Ciência e Saúde Coletiva*, 23(5), 1363-1374.
- Thamsuwan, O., Blood, R. P., Ching, R. P., Boyle, I., & Johnson, P. W. (2013). Whole body vibration exposures in bus drivers: a comparison between a high-floor coach and a low-floor city bus. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 43(1), 9-17.
- Tiemessen, I. J. H., Hulshof, C. T. J., & Frings-Dresen, M. H. W. (2009). Effectiveness of an occupational health intervention program to reduce whole body vibration exposure: an evaluation study with a controlled pretest-post-test design. *American Journal of Industrial Medicine*, 52(12), 943-952.
- Tiemessen, I. J. H., Hulshof, C. T. J., & Frings-Dresen, M. H. W. (2007). An overview of strategies to reduce whole-body vibration exposure on drivers: a systematic review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37(3), 245-256.
- Vecchia, F. A. D. (2019). *Sistemática de avaliação de tarefas secundárias ao dirigir : uma abordagem multicriterial*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto alegre, RS, Brasil.
- Wahlström, J., Burstrom, L., Johnson, P. W., Nilsson, T., & Jarvholm, B. (2018). Exposure to whole-body vibration and hospitalization due to lumbar disc herniation. *International archives of Occupational and Environmental Health*, 91(6), 689-694.
- Zanatta, M., Amaral, F. G., & Vidor, G. (2019). The role of whole-body vibration in back pain: a cross-sectional study with agricultural pilots. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 74.
- Zeng, X., Kociolek, A. M., Khan, M. I., Milosavijevic, S., Bath, B., & Trask, C. M. (2017). Predicting whole-body vibration exposure in canadian prairie farmers. *Annals of Work Exposures and Health*, 61(5), 554-565.