



## ESTUDO DAS VIBRAÇÕES NO AMBIENTE DE TRABALHO

Thaís Spíndola Garcêz, [thaais.spindola@hotmail.com](mailto:thaais.spindola@hotmail.com)<sup>1</sup>  
Pedro Lopes dos Reis Junior, [preis90@gmail.com](mailto:preis90@gmail.com)<sup>2</sup>  
Me. Francisco Marcelino Almeida de Araújo, [francisco.marcelino@ifpi.edu.br](mailto:francisco.marcelino@ifpi.edu.br)<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Instituto Federal do Piauí, Praça da Liberdade, 1597, Centro - CEP: 64000-040

<sup>2</sup>Instituto Federal do Piauí, Praça da Liberdade, 1597, Centro - CEP: 64000-040

<sup>3</sup>Instituto Federal do Piauí, Praça da Liberdade, 1597, Centro - CEP: 64000-040

**Resumo.** A vibração é um importante fator nocivo para os trabalhadores, ocasionando perturbações que podem afetar o conforto, diminuir o rendimento do trabalho, bem como causar doenças neurológicas, vasculares, além de outras patologias. Ela está presente em quase todas as atividades cotidianas, como construção de obras públicas, indústrias extrativistas, fundições, transportes, maquinários industriais, entre outros. A sua exposição excessiva pode designar acidentes a curto prazo ou até mesmo problemas físicos irreversíveis a longo prazo. Nesse sentido, recomendações e limites dessa exposição, foram criadas, como exemplo, a ISO 2631 - Avaliação da exposição humana à vibrações de corpo inteiro (VCI). Enfim, por meio de uma revisão da literatura, o presente artigo tem por objetivo entender e analisar os estudos que vem sendo desenvolvidos na medição de VCI, para assim conhecer o nível de exposição dos trabalhadores, como também, identificar as causas que originam essas vibrações e as soluções que podem cooperar para as reduzir.

**Palavras chave:** Exposição. Trabalhadores. Vibração.

### 1. INTRODUÇÃO

A vibração representa um movimento oscilatório inerente ao corpo, em torno do seu ponto de equilíbrio. A exposição direta a vibração pode ser extremamente nociva, podendo afetar definitivamente alguns órgãos do corpo humano, afetando assim o conforto, a redução do rendimento do trabalho, ou até mesmo desenvolvendo doenças quando a exposição é intensa. O corpo humano possui uma vibração natural. Essa perturbação do corpo sofre uma vibração forçada, cuja a frequência iguala-se à natural, ocorrendo assim o fenômeno de ressonância. Isto implica em uma amplificação do movimento, gerando diferentes frequências.

Existem três tipos de exposições humanas à vibração:

- Vibrações transmitidas simultaneamente à superfície total do corpo e/ou a partes substanciais dele;
- Vibrações transmitidas ao corpo como um todo através de superfícies de sustentação;
- Vibrações aplicadas a partes específicas do corpo, como cabeça e membros.

Com isso o corpo humano reage às vibrações de modo diferente dependendo da região do corpo atingida. No caso de vibração no corpo inteiro (VCI) a sensibilidade às vibrações longitudinais (ao longo do eixo z, da coluna vertebral) é diferente da sensibilidade transversal (eixos x ou y, ao longo dos braços ou através do tórax). Dentro de cada direção, a sensibilidade também varia com a frequência ("resposta em frequência do corpo"), isto é, para uma determinada frequência, a aceleração tolerável (em  $m/s^2$ ) é diferente da aceleração tolerável em outras frequências. (ISO 7962:1987)

Segundo a lista de doenças relacionadas ao trabalho (elaborada em cumprimento à Lei Federal nº 8.080/ 1990 – inciso VII, parágrafo 3º do artigo 6º - disposta segundo a taxonomia, nomenclatura e codificação da CID – 10), a vibração é fator de risco para afecções dos músculos, tendões, ossos, articulações, vasos sanguíneos periféricos ou dos nervos periféricos, e diversas doenças podem ser desenvolvidas tendo na vibração um agente etiológico.

O Ministério do Trabalho e Emprego nas NR-15 (atualizada em 2011) e NHO-09 trata desse fator de risco estabelecendo critérios para caracterização da condição de trabalho insalubre decorrente da exposição às Vibrações de Mãos e Braços (VMB) e Vibrações de Corpo Inteiro (VCI).

Conforme a norma ISO 2631 (1997), a vibração de corpo inteiro causa uma complexa distribuição de movimentos oscilatórios e forças dentro do organismo. Pode existir grande variação de queixas e intensidade delas em relação aos efeitos biológicos por ela causados. A vibração pode causar sensação de desconforto e mau humor, assim como influenciar o desempenho ou oferecer risco à saúde e segurança.

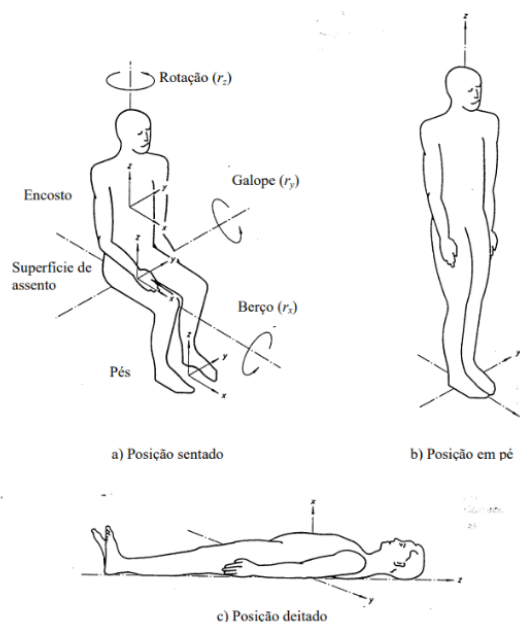
O estudo de Fernandes et al (2002) avaliou as queixas de saúde e achados audiológicos em trabalhadores expostos a ruído excessivo e vibração de mãos-braços versus corpo inteiro. Em relação aos problemas de saúde os trabalhadores

expostos a vibração corpo inteiro foram os que apresentaram um maior número de queixas que incluíram: cefaléia, tontura, problemas de coluna, problemas de sono, hipertensão, ansiedade, nervosismo, desatenção, formigamento e esbranquiçamento dos dedos, zumbido e problemas de visão.

A norma ISO 2631-1 (1997) que é aplicável a movimentos transmitidos ao corpo inteiro, como um todo, através das superfícies de apoio: os pés de uma pessoa em pé, as ancas, as costas e os pés de uma pessoa sentada ou a área de apoio de uma pessoa deitada. Este tipo de vibração encontra-se em veículos, em maquinaria, em edifícios e na proximidade de maquinários em funcionamento.

Como consta na ISO 2631-1 (1997) a grandeza primária da amplitude da vibração deve ser a aceleração. No caso de frequências muito baixas e de valores reduzidos da amplitude de vibração, por exemplo, em edifícios ou navios, podem ser feitas medições de velocidade e convertidas em aceleração. A vibração deve ser medida num sistema de coordenadas com a origem num ponto considerado de entrada da vibração no corpo. Os principais sistemas relevantes de coordenadas, centrados na base de apoio, indicam-se na figura 1. Também conta nesta norma todo o processo a ser seguido para a avaliação da vibração desde o posicionamento dos transdutores utilizados, fórmulas para os cálculos de aceleração e os valores para serem usados como parâmetros nos resultados.

Figura 1. Posicionamento dos eixos segundo a ISO 2631-1 (ISO 7962:1987)



Com base nas normas ISO 2631-1(1997), NR-15(2011), NHO-09 e em estudos relacionados ao movimento do corpo, muitas instituições de pesquisas aplicadas, tem feito o uso de acelerômetros e giroscópios, pois vêm sendo utilizados para medir esforços de reação do solo, assim como a vibração sentida em pedestres durante atividades de movimento, como por exemplo no meio laboral, vibrações provenientes das máquinas ou ferramentas portáteis ou resultantes dos postos de trabalho.

## 2. METODOLOGIA

Foi realizada uma revisão da literatura em artigos, teses de dissertação e doutorado, disponíveis nas plataformas Capes, Scielo, Google Acadêmico, entre outros. No modo de busca virtual foi utilizado as seguintes palavras chaves: "vibração", "corpo", "trabalhador", "normas". Por conseguinte foi selecionados trabalhos mais pertinentes dentro da temática em revisão. Inicialmente foram analisados os títulos e os resumos dos trabalhos, e aqueles indicados como relevantes foram estudados e analisados de forma integral.

A análise desses trabalhos consistiu na revisão crítica dos conteúdos, com observações das referências bibliográficas, bem como o estudo criterioso dos métodos e procedimentos científicos, englobando consultas à livros, artigos, normas (como diretivas e regulamentação), dissertações, teses e outros recursos disponíveis na internet.

Com isso, para o desenvolvimento desse artigo foram utilizadas literaturas desde 2010 até os dias atuais, evidenciando trabalhos mais recentes, com o intuito de contribuir nas construções teóricas, metodológicas, comparações e validação de resultados, sobre Vibração de Corpo Inteiro (VCI) e suas normas.

### 3. RESULTADOS

Os trabalhos escolhidos ao longo das pesquisas apresentaram resultados bem definidos e satisfatórios os quais podem servir de auxílio para futuros trabalhos.

A grande maioria dos trabalhos abordados utilizam as normas ISO 5349-1 (2001) e ISO 2631-1 (1997) como base. Essas normas quantificam a exposição humana à vibração, classificando em diferentes níveis de conforto e de segurança, de acordo com níveis ponderados de aceleração.

Com base em Figueiredo (2015), a exposição diária à VCI afeta diretamente à saúde dos trabalhadores. Seu trabalho aborda uma das problemáticas oriunda dessa vibração, ele verifica as variáveis significantes na prevalência da dor lombar entre motoristas e cobradores de ônibus do município de Itajubá, localizado no Sul do estado de Minas Gerais, Brasil. Para verificação da exposição à VCI foi utilizado um acelerômetro de assento fixado sobre o plano dos condutores. Os sinais advindos do acelerômetro das direções ortogonais x, y e z foram amplificados e registrados, segundo a norma ISO-2631 (1997). Ao final de suas medições e análise de VCI, foi possível constatar que os postos de trabalhos dos condutores não apresentam a adequação para o amortecimento necessário do estímulo estudado, uma vez que os valores observados ultrapassam os níveis limites estabelecidos pela normatização.

Segundo Bigolin (2016), têm sido desenvolvidas pesquisas relacionadas ao movimento humano, plataformas de forças e acelerômetros, com intuito de medir esforços de reação do solo, assim como a vibração sentida em pedestres durante atividades de movimento. Em seu trabalho ele propõe o projeto, a construção e a validação de um protótipo de sistema para medição de Vibração de Corpo Inteiro (VCI), que considere os movimentos inerciais sofridos pelo sensor acelerômetro quando em movimento. Uma formulação utilizando quaternions foi apresentada, em substituição ao método dos ângulos de Euler, possibilitando, portanto, a correção da posição angular das leituras do acelerômetro. Com o auxílio de uma plataforma Arduino de baixo custo, uma marcha humana com um cinto adaptado ao sistema portátil permitiu obter informações relevantes da vibração de corpo inteiro nos casos correlacionados às frequências de passadas na direção vertical, lateral e longitudinal. Como resultado o sistema implementado pode ser aplicado em trabalhos futuros de VCI ou em objetos, veículos e equipamentos sujeitos à movimentos translacionais e rotacionais.

Na mesma linha de pesquisa, o artigo de Sand et al. (2017) analisa a Vibração de Corpo Inteiro de um operador de trator, pois a mesma é intensificada com o funcionamento da máquina. O estudo teve como objetivo avaliar a vibração de VCI, com o auxílio de um acelerômetro de três eixos, fixado no assento do trator agrícola. Com isso, foram obtidos os parâmetros da aceleração média resultante, valor da dose de vibração, fator de crista e projeção de dose para 8 horas de trabalho. Todas as análises estatísticas foram feitas com o teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As maiores velocidades geraram as piores condições de trabalho, exceto para a aceleração mínima resultante. A lastragem máxima do trator ocasionou as condições menos prejudiciais ao operador quando combinada com as menores velocidades de deslocamento do trator. Na projeção de dose para oito horas de trabalho, todos os tratamentos alcançaram nível de ação acima do desejado ou na região de incerteza.

Na tese de doutorado de Costa (2012), ele avalia os efeitos da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro no desempenho cognitivo e visual dos trabalhadores, mais especificamente operadores/manobradores de máquinas. Com a finalidade de avaliar os efeitos acima mencionados num ambiente de exposição “real” a vibrações, a parte posterior de uma Citroën Jumper de 2,5 toneladas foi modificada com a inclusão de dois assentos e uma plataforma para acomodar os equipamentos dos ensaios considerados, nomeadamente, o “Teste de Julgamento de Ação” e o teste de “Omega”. A partir destes testes foi possível identificar alguns inconvenientes na sua aplicação e, conseqüentemente, os procedimentos de teste atual foram melhorados para superar essas dificuldades. De um modo geral, os autores verificaram que a avaliação da intensidade da vibração concordava com o nível de exposição imposto, quando esta exposição a VCI acontecia apenas segundo um dos eixos do corpo humano (eixo X ou Y), ou seja, à medida que aumentava a magnitude de exposição, aumentava, de igual forma, o valor reportado pelos voluntários. No entanto, quando a exposição a VCI resultava da exposição simultânea a acelerações provenientes dos dois eixos considerados, os voluntários reportavam uma intensidade superior à reportada na condição de exposição de eixo único, quando na realidade, a condição de exposição conjunta era inferior em magnitude às duas condições mais elevadas experimentadas pelos voluntários separadamente para cada um dos eixos.

No trabalho de conclusão de curso, Picoral filho (2018) analisa e avalia a exposição ocupacional no que se refere a vibração de corpo inteiro, investigando o grau de conforto que os motoristas de caminhões de cargas estão submetidos. A obtenção dos dados necessários à análise vibracional foi mediante o uso de um medidor e analisador de vibração portátil equipado com acelerômetros triaxiais. Com o tempo de exposição de uma jornada de trabalho com 8 horas, avaliou-se a exposição diária à vibração e comparou-se com os limites de exposição ocupacional indicados pela norma NR-15, tendo como metodologia para determinação dos valores relacionados à vibração de corpo humano a norma ISO 2631. Por fim, o artigo apresentou uma avaliação sobre conforto e risco à saúde do condutor. No que se refere a exposição humana à vibração, os veículos com as respectivas situações de trabalho apresentaram cenário em que os limites de exposição permitidos pela norma são ultrapassados.

Souza, (2015), avaliou a exposição à vibração do operador de escavadeira hidráulica e seus efeitos ao corpo, bem como as características do espaço, em detrimento de normas vigentes, como a Norma de Higiene Ocupacional (NHO-9), Norma regulamentadora-NR 15 que estabelece os limites para exposição ocupacional a vibração, em atividades e

operações insalubres, e as normas de avaliação da Exposição Ocupacional a Vibrações de Corpo Inteiro, a qual seguiu referências normativas da ISO 2631-1 (1997) – *Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration. Part 1: General requirements*, e da ISO 8041 (2005) – *Human response to vibration – Measuring instrumentation*. Em seu trabalho foi utilizado três modelos de escavadeiras hidráulicas: CATERPILLAR modelo 320D, CASE modelo CX220B e KOMATSU modelo PC 130. A avaliação quantitativa das vibrações transmitidas ao corpo do trabalhador (Vibração de Corpo Inteiro-VCI) foi obtida através de um acelerômetro fixado no assento. Em que o estudo indicou um maior cuidado com os efeitos da vibração no eixo y (lado direito e esquerdo do corpo), devido a existência de mais movimentos rotacionais, do que de deslocamento vertical.

Faria (2015), examinou as vibrações que são transmitidas aos cadeirantes durante o deslocamento sobre determinadas pavimentações de calçadas, devido ao risco que elas geram a sua saúde. Seu trabalho selecionou quatro tipos de pavimentações (bloco intertravados, cimentados áspero, ladrilhos hidráulicos e pedra macaquinho), dos quais os três primeiros tipos são compostos por materiais estabelecidos pelo sistema viário de Uberlândia. Os métodos empregados foram o uso de um sistema de medição de vibração no corpo humano, com a instalação de um acelerômetro triaxial para coletar as vibrações nos três eixos (x,y e z), posicionado nos assento e no apoio para os pés, na própria cadeira de roda. Aliado a medição de vibração foi aplicado um questionário de percepção do cadeirante, quanto os aspectos de conforto durante o percurso dos diferentes tipos de calçadas. O tipo de pavimentação e todos aspectos técnicos abordados na pesquisa, foram sistematizados em planilhas e gráficos, para deixar nítido a dificuldade e o risco de deslocamento do cadeirante. De modo geral a visão turva foi o sintoma mais sentido durante o deslocamento de todos os tipos de pavimentação, com exceção da pavimentação de cimentado áspero do qual não gerou nenhum sintoma ao cadeirante.

Tabela 1. Resumo das principais características encontradas nos trabalhos avaliados.(Autoria Própria)

Ano	Autor	Tipo	Método	Norma Utilizada	Instrumentação
2018	Picoral	Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica	Modelagem matemática.	NR-15/ ISO 2631-1 :1997/ NHO-09	Analizador e medidor portátil de vibração comercial Quest VI-400Pro; Sensor seatpad - Sensor para medição de níveis de vibração.
2017	Sandi	Artigo	Método básico A(8) e Método da quarta potência.	ISO 5008 :2002 / Norma de Higiene Ocupacional 09/ ISO 2631-1 :1997	Acelerômetros de três eixos (x, y, z) HVM100 - Fabricado pela Larson Davis; Acelerômetro SEN027 - Seat Pad - Fabricado pela Larson Davis.
2016	Bigolin	Monografia	Experimental com modelagem utilizando Quaternions.	Nenhuma explícita no texto.	Arduino Mega 2560/RTC/SD CARD/MPU 6050.
2015	Figueredo	Dissertação de Mestrado	Método básico A(8) e Método da quarta potência.	ISO 2631(1997)/ NHO 09	Acelerômetro de assento e medidor de vibração HVM100.
2015	Sousa	Tese de Mestrado	Modelagem matemática	NHO 09/NR 15/ ISO 2631/ ISO 8041	Medidor de vibração marca Svantek – 106; Seat accelerometer Svantek – SV 38.

2015	Faria	Tese de Mestrado	Modelagem matemática e experimental .	ISO 8041/ ISO 2631-1/ ISO 2631-2/ ISO 5349 1/ ISO 5349-2/ ISO 10819	Acelerômetro triaxial e medidor de vibração HVM100.
2012	Costa	Tese de Doutorado	Experimental com utilização do Teste de Julgamento de Ação (TJA) e o teste de ÔMEGA.	ISO 2631-1 :2007/ EN ISO 5349-2 :2001	Acelerômetro posicionado no assento; Equipamento com motor síncrono; Instrumento de avaliação psicomotora.

---

#### 4. CONCLUSÃO

Os trabalhos envolvendo vibrações, em sua maioria, mostram experimentos que visam a medição de vibração de corpo inteiro, seja por medidores comerciais, ou projetados pelos próprios pesquisadores. Alguns trabalhos trazem em sua metodologia o uso de dispositivos, como acelerômetro e giroscópio. Eles são sensores que auxiliam na orientação, direção, movimento angular, vibração, rotação, aceleração e outras funções. Dentre os estudos analisados na revisão, verificou-se a necessidade de mais pesquisas para VCI, alguns trabalhos também utilizaram soluções numéricas, com o auxílio do *software* MatLab, com aplicação dos quaternions, e ângulos de Euler.

Para tanto, os pontos positivos destacados nos trabalhos, abrem uma série de evidências para futuras pesquisas, que podem agregar conhecimento mais específico para medição de VCI.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Piauí, pelo ambiente de trabalho e pesquisa.

Ao prof. Me. Francisco Marcelino Almeida de Araújo pela orientação e incentivo à pesquisa científica.

Ao LABIRAS - *Laboratory of Intelligent Robotics, Automation and Systems* pelo espaço e disseminação de conhecimentos.

À todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização do presente artigo de revisão.

#### 6. REFERÊNCIAS

- BIGOLIN, Leonardo. Sistemas inerciais para acelerometria e uso em medições de VCI. 2016.
- BRASIL; MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Norma Regulamentadora n° 15. Atividades e Operações Insalubres. **Diário Oficial da União**, 2011.
- COSTA, Néelson Bruno Martins Marques da. A influência da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro em veículos no desempenho cognitivo e visual dos trabalhadores. 2012.
- FARIA, Marianna Ribeiro de et al. Vibração transmitida a cadeirantes através do deslocamento sobre determinados tipos de revestimentos de calçadas. 2015.
- FERNANDES, Márcia; MORATA, Thaís Catalani. Estudo dos efeitos auditivos e extra-auditivos da exposição ocupacional a ruído e vibração. **Rev. Bras. Otorrinolaringol**, v. 68, n. 5, p. 705-13, 2002.
- FIGUEIREDO, Marilu Alcântara de Melo. Dor lombar em condutores de ônibus: investigação da associação com exposição à vibração de corpo-inteiro. 2015.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7962:1987: *Mechanical vibration and shock - mechanical transmissibility of the human body in thez direction*. 1987.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 2631-1:1997: *Mechanical vibration and shock – evaluation of human exposure to whole body vibration– part 1: General requirements*. 1997.
- PICORAL FILHO, José Gilberto. Análise do conforto quanto à vibração atuante em caminhões de carga. 2018.
- SANDI, Jefferson et al. Vibração ocorrente sobre o corpo inteiro do operador de trator agrícola em ensaio padronizado. **JOURNAL OF NEOTROPICAL AGRICULTURE**, v. 5, n. 2, p. 54-61, 2018.
- SEBASTIÃO, Barbara Aparecida; MARZIALE, Maria Helena Palucci. A vibração como um fator de risco para a saúde ocupacional. **Ciência, Cuidado e Saúde**, v. 7, n. 3, p. 385-391, 2008.
- SOUZA, Flávio Roberto de. Avaliação da exposição à vibração e do espaço envolvente do operador de escavadeira hidráulica com enfoque na ergonomia e segurança. 2015.

#### 7. RESPONSABILIDADE PELAS INFORMAÇÕES

Os autores são os únicos responsáveis pelas informações incluídas neste trabalho.