



Universidade do Minho
Escola de Engenharia

Sílvia das Dores Miranda Martins

Influência da exposição ocupacional às vibrações de corpo inteiro e das características do veículo na sintomatologia autorreportada pelos motoristas de longo curso.

Dissertação de Mestrado

Mestrado em Engenharia Humana

Trabalho realizado sob a orientação do

Professor Doutor Nélson Bruno Martins Marques da
Costa

Outubro de 2019

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.



**Atribuição
CC BY**

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar quero transmitir o meu muito obrigado ao Professor Doutor Néilson Costa por ter aceite me orientar nesta etapa, pelo apoio, total disponibilidade, cooperação e acompanhamento que sempre demonstrou ao longo da realização deste trabalho e por todo o saber transmitido. Aqui exprimo a minha gratidão!

Aos professores do Mestrado em Engenharia Humana que deste do início desta etapa mostraram total disponibilidade e incentivo no esclarecimento de dúvidas.

Esta dissertação também não seria possível sem a total cooperação de todos os colaboradores da empresa de transportes integrante neste estudo, que de uma forma direta ou indireta, contribuíram para que este trabalho se realizasse. A eles agradeço por toda disponibilidade, conhecimento e interesse retratado em bons momentos entre colegas de trabalho!

Aos meus colegas de mestrado, e em particular ao André e à Daniela, pela amizade, apoio e conhecimento partilhado durante a escrita desta dissertação.

Aos colegas e professores do curso de conselheiros de segurança para o transporte de mercadorias perigosas que despoletaram em mim o gosto pela Segurança e Higiene no trabalho.

Por último, mas não menos importante, quero agradecer aos meus amigos e família pois sem eles nada disto teria sido possível. À minha mãe, às minhas irmãs e sobrinha pela paciência, apoio e incentivo nesta caminhada. E em particular ao meu pai, que desde sempre me inculuiu entusiasmo por camiões passando-me todo o seu conhecimento ao longo dos anos como profissional deste setor de atividade. A ele dedico este trabalho!

A todos o meu profundo OBRIGADO!

DECLARAÇÃO DE INTEGRIDADE

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Universidade do Minho, _____ de _____ de _____

Assinatura: _____

RESUMO

Os motoristas de longo curso que conduzem caminhões estão expostos diariamente a vibrações de corpo inteiro (VCI). Permanecendo sentados grande parte do seu dia de trabalho, o presente trabalho avalia a exposição ocupacional às VCI de motoristas de caminhão e reporta a principal sintomatologia vivenciada por estes, tendo em conta as diferentes zonas do corpo humano. Assim, a presente amostra foi composta por 19 motoristas afetos ao transporte internacional de mercadorias distribuídos por 19 veículos, todos com a mesma tipologia. Depois de avaliadas todas as características comuns entre eles, realizaram-se 11 testes às VCI, medidos sobre o assento do motorista. As avaliações foram protagonizadas num percurso simulando um contexto real de trabalho, impondo as mesmas condições para cada teste. Os resultados obtidos para a exposição ocupacional às VCI indicam que o eixo dos x é o eixo com maior nível de vibração para cada teste. Esta característica pode resultar do facto do circuito de teste realizado não ser livre de obstáculos. Os valores obtidos para o cálculo de a_v segundo a NP ISO 2631-1:2007, relativo a todos os veículos ensaiados, situam-se nas zonas de vigilância para a orientação da saúde [entre $0,747 \text{ m/s}^2$ e $0,804 \text{ m/s}^2$]. Relativamente ao cálculo de $A(8)$, para 9 e/ou 10 horas de condução diária, [entre $0,52 \text{ m/s}^2$ e $0,64 \text{ m/s}^2$] [entre $0,55 \text{ m/s}^2$ e $0,67 \text{ m/s}^2$] respetivamente. Foi ainda calculado o $A(8)_{\text{semanal}}$, para 56 horas de condução e os valores obtidos [entre $0,58 \text{ m/s}^2$ e $0,71 \text{ m/s}^2$], indicam que todos os testes situam-se entre o VAE e o VLE. Os resultados referentes ao Questionário Nórdico Musculosquelético (QNM) indicam que a zona corporal com maior sintomatologia vivenciada nos últimos 12 meses é a coluna lombar com 94,7% dos reportes, em concordância com a literatura consultada. A correlação de Spearman evidencia associação entre eixo x e as variáveis comando do assento ($p=0,021$), suspensão da cabine ($p=0,000$), suspensão do chassis ($p=0,001$), idade ($p=0,003$) e quilómetros ($p=0,002$). Para o eixo z verificaram-se associações com as variáveis comando do assento ($p=0,000$), suspensão da cabine ($p=0,000$), idade ($p=0,000$) e quilómetros ($p=0,000$). Os resultados sugerem a implementação de medidas preventivas nomeadamente a aquisição de assentos ativos, bem como a limitação da duração da exposição ocupacional às VCI, através da redução do número de horas de condução diárias.

PALAVRAS-CHAVE

Dor lombar; Exposição ocupacional a VCI; Motoristas de caminhão; QNM.

ABSTRACT

Long-haul truck drivers are daily exposed to Whole Body Vibration (WBV). This study aimed to evaluate the occupational exposure to WBV experienced by truck drivers while sitting for most of their workday and the main symptoms reported of that exposure, considering the different areas of the human body. The sample consisted of 19 drivers of international transport of goods, distributed over 19 vehicles, all of which with the same typology. After evaluating all the common features between them, 11 WBV exposure levels were measured for the driver's seat. The evaluations were carried out in a test course simulating a real working context, imposing the same conditions for every test. The WBV exposure levels indicate that the x-axis is the most predominant axis for every truck. This can partially result from the fact that the test circuit was not free of obstacles. The a_w values, calculated according to NP ISO 2631-1: 2007, for all tests, fall in the health surveillance zone [from 0,747 m/s^2 to 0,804 m/s^2]. The calculation of $A(8)$, for 9 or 10 hours daily driving, [from 0,52 m/s^2 to 0,64 m/s^2] [from 0,55 m/s^2 to 0,67 m/s^2] respectively, and the $A(8)_{weekly}$, for 56 hours driving [from 0,58 m/s^2 to 0,71 m/s^2], fall between the EAV (exposure action value) and the ELV (exposure limit value). The Musculoskeletal Nordic Questionnaire (NMQ) results indicate that the body zone with the highest reported symptoms in the last 12 months was the lumbar spine with 94.7% of the reports, in agreement with the literature reviewed. Spearman correlation tests show association between x-axis and the variables seat command ($p = 0.021$), cabin suspension ($p = 0.000$), chassis suspension ($p = 0.001$), age ($p = 0.003$) and kilometers ($p = 0.002$). For the z axis there were associations with the variables seat command ($p = 0.000$), cabin suspension ($p = 0.000$), age ($p = 0.000$) and kilometers ($p = 0.000$). These results suggest the implementation of preventive measures namely the acquisition of active seats, as well as limiting the duration of occupational exposure to WBV by reducing the number of daily driving hours.

KEYWORDS

Low back pain; NMQ; Occupational exposure to WBV; Truck driver.

ÍNDICE

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	v
Abstract.....	vi
Índice de Figuras.....	ix
Índice de Tabelas.....	xi
Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos.....	xii
1. Introdução.....	1
1.1 Contextualização.....	1
1.2 Estrutura adotada.....	3
2. Enquadramento Teórico.....	4
2.1 Caraterização da vibração.....	4
2.2 Efeitos da exposição ocupacional a VCI na saúde.....	6
2.3 Fatores que afetam a exposição ocupacional a VCI.....	10
2.3.1 Assento.....	11
2.3.2 Outros fatores implicativos.....	13
2.4 Legislação.....	16
2.5 Normalização.....	20
3. Definição do problema de investigação.....	22
4. Metodologia.....	23
4.1 Plano de investigação.....	23
4.2 Metodologia PRISMA.....	23
4.3 Amostra.....	27
4.3.1 Perfil dos Motoristas.....	27
4.3.2 Veículos.....	28
4.4 Ferramentas de recolha de dados.....	30
4.4.1 Questionário Nórdico Musculoesquelético.....	30
4.4.2 Instrumento de medição das VCI.....	31
4.5 Percurso de teste.....	33
4.6 Análise estatística.....	34
5. Resultados e Discussão.....	36

5.1	Identificação da amostra.....	36
5.2	Descrição da exposição ocupacional às VCI.....	44
5.3	Sintomatologia autorreportada pelos motoristas	49
5.4	Fatores implicativos na exposição ocupacional às VCI	55
6.	Conclusão.....	59
6.1	Principais conclusões.....	59
6.2	Limitações	62
6.3	Trabalhos futuros	63
	Referências Bibliográficas	65
	Anexo I – Questionário Nórdico Musculoesquelético aplicado.....	68
	Anexo II – Resultados, com recurso ao programa SPSS.	69
	Anexo III – Caraterização dos veículos de teste utilizados.....	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Componentes e áreas temáticas para a compreensão da “resposta humana à vibração”	4
Figura 2. Frequências e intensidades de interesse no estudo dos efeitos das vibrações sobre o corpo humano	6
Figura 3. Possíveis localizações de sistemas de suspensão a considerar num veículo	10
Figura 4. Estrutura do sistema de suspensão do assento de um motorista de caminhão.....	11
Figura 5. Representação dos valores para VCI, calculados para um período de referência de oito horas, expresso em metros por segundo quadrado	16
Figura 6. Eixos basicêntricos do corpo humano	17
Figura 7. Exemplo do limite máximo para a tarefa de condução decorrida numa semana.....	19
Figura 8. Passos da metodologia PRISMA.	24
Figura 9. Exemplo do conjunto de veículos de teste.....	28
Figura 10. Equipamento de análise e registo <i>Quest VI-400pro</i>	32
Figura 11. Localização e fixação do acelerómetro tri-axial no assento de um veículo de teste.	32
Figura 12. Percurso de teste realizado.....	33
Figura 13. Gráfico representativo da marca do veículo conduzido.....	38
Figura 14. Gráfico de barras representativo da idade dos veículos de teste.....	39
Figura 15. Histograma representativo dos quilómetros dos veículos de teste.	39
Figura 16. Exemplo de uma mola que compõe uma suspensão de cabine.....	41
Figura 17. Exemplo de um pneumático que compõe uma suspensão de cabine.....	41
Figura 18. Exemplo de duas molas que compõe uma suspensão de <i>chassis</i>	42
Figura 19. Exemplo de um pneumático que compõe uma suspensão de <i>chassis</i>	42
Figura 20. Gráfico <i>boxplot</i> para a variável “comando do assento”.....	43
Figura 21. Gráfico <i>boxplot</i> para a variável “Suspensão de cabine”.	43
Figura 22. Gráfico <i>boxplot</i> para a variável “Suspensão do <i>chassis</i> ”.....	44
Figura 23. Zonas de vigilância para a orientação no que se refere à saúde	46
Figura 24. Valores médios e desvio padrão de aceleração ponderada para cada eixo, obtidos sobre o assento.	47
Figura 25. Gráfico da zona corporal com maior fadiga, desconforto ou dor vivenciada, últimos 12 meses.	51
Figura 26. Intensidade do incômodo/dor vivenciada, por zona corporal.	52

Figura 27. Representação gráfica da zona corporal com maior fadiga, desconforto ou dor vivenciada, últimos 7 dias. 54

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Tabela resumo PRISMA.	25
Tabela 2. Caracterização do veículo semirreboque.	30
Tabela 3. Caracterização do condutor de teste.	34
Tabela 4. Caracterização da amostra de motoristas.	36
Tabela 5. Características de identificação dos veículos de teste.	37
Tabela 6. Caracterização da frota de teste quanto à idade e ao número de quilômetros.	39
Tabela 7. Características de construção vs. marca.	40
Tabela 8. Resumo dos valores de aceleração ponderada (média \pm desvio padrão) e valor eficaz total da vibração para os veículos de teste, obtidos sobre o assento.	45
Tabela 9. Resultados de A(8) e A(8) _{semanal} para os veículos de teste.	48
Tabela 10. Tabela de frequências da sintomatologia musculoesquelética ligada ao trabalho (últimos 12 meses).	49
Tabela 11. Tabela de frequências da sintomatologia musculoesquelética ligada ao trabalho (últimos 7 dias).	52
Tabela 12. Tabela de Frequências da sintomatologia musculoesquelética ligada ao trabalho (impedido de realizar trabalho normal nos últimos 12 meses).	55
Tabela 13. Correlação de Spearman entre x, y e z e variáveis de identificação e construção do veículo.	56

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS

A(8)	Exposição pessoal diária a vibrações.
A(8) _{semanal}	Média semanal de exposição pessoal a vibrações.
ISO	<i>International Organization for Standardization.</i>
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses</i>
QNM	Questionário Nórdico Musculoesquelético.
R.M.S.	Valor eficaz de aceleração (<i>Root Mean Square</i> , no original em inglês).
VAE	Valor de ação de exposição.
VCi	Vibrações de corpo inteiro.
VLE	Valor limite de exposição.
W _d	Filtro de ponderação utilizado na avaliação de vibrações transmitidas aos eixos x e y do corpo humano. Transmissão ao nível do assento e para efeitos sobre a saúde, o conforto e a percepção.
W _k	Filtro de ponderação utilizado na avaliação de vibrações transmitidas ao eixo z do corpo humano. Transmissão ao nível do assento e para efeitos sobre a saúde, o conforto e a percepção.

1. INTRODUÇÃO

O risco de acidente rodoviário não é único a que os motoristas de camião estão expostos. Outros riscos profissionais surgem relacionados com estes trabalhadores, nomeadamente a exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro (VCI). Para estes profissionais, em particular aqueles que conduzem veículos pesados de mercadorias, o camião é simultaneamente um equipamento e um posto de trabalho (ACT, 2016b). O camião é também a casa destes profissionais durante longos dias de trabalho, deslocados das suas residências, servindo como apoio importante à distribuição dos produtos de consumo. Deste modo, estudar o posto de trabalho destes profissionais, nomeadamente no que diz respeito à exposição às vibrações, é dar um contributo importante para melhorar as suas condições de trabalho, transpondo esta temática para a realidade portuguesa.

1.1 Contextualização

De modo a refletir a importância desta profissão e do setor a que estes profissionais estão afetos, as estatísticas devem ser evidenciadas. Por toda a Europa, o transporte rodoviário continua a ser o meio privilegiado de transporte de mercadorias registando, em termos económicos, um crescimento contínuo (Comissão Europeia, 2014). Na União Europeia, o transporte de mercadorias continua a registar crescimento sendo o tráfego rodoviário aquele que continua a ter a maior expressão em volume (73,5% do total), tendo sido decisivo para a evolução global positiva do setor dos transportes (INE, 2018).

Em contexto nacional, o Instituto Nacional de Estatística (2019) reporta os dados provisórios relativos ao ano de 2018 para o transporte de mercadorias em veículos rodoviários pesados de matrícula nacional, totalizando 158,0 milhões de toneladas. A mesma fonte indica ainda que o transporte de mercadorias por modo rodoviário volta a ser o tipo de transporte com maior expressão quando se pretende movimentar uma mercadoria, encontrando-se seguidamente por ordem decrescente o transporte por via marítima (90,4 milhões de toneladas) o transporte ferroviário (10,6 milhões de toneladas) e o transporte aéreo (188 milhares de toneladas).

Em termos económicos, o setor dos transportes além de contribuir para o aumento do PIB, de gerar empregos e influenciar a distribuição espacial, incentiva também o alargamento dos mercados e melhora a qualidade de vida da população através da flexibilidade do serviço, que se traduz na flexibilidade no transporte da carga, rapidez, menores custos de embalagem, manuseamento de pequenos lotes, elevada cobertura geográfica (nacional e internacional),

enorme competitividade em curtas e médias distâncias e flexibilidade no atendimento de embarques urgentes com entrega direta e segura dos bens (ACT, 2014).

No entanto, para se fazer jus a todas estas estatísticas, por detrás existem milhares de homens e mulheres que trabalham diariamente para que nada falte nos lares de todos nós, expostos a variados riscos, ao volante do seu camião. Pesquisas sugerem que os trabalhadores dos transportes, especialmente os motoristas, estão mais expostos a vibrações do que a população média de trabalho (European Agency for Safety and Health at Work, 2011). Sendo os meios de transporte praticamente indissociáveis das atividades profissionais, logo deverá existir avaliação e controlo de riscos de exposição, sendo uma obrigação legal das organizações fazer esse diagnóstico e intervenção (Neto & Areosa, 2018). Uma campanha levada a cabo pela Autoridade para as Condições do Trabalho (2016a) introduz o conceito de vibração como fator de risco físico presente durante toda a jornada de trabalho, e que depende do tipo de assento do veículo, da velocidade média, do número de horas de condução e da irregularidade dos pisos, contribuindo para que o trabalho profissional de motorista seja considerado penoso, podendo a médio e longo prazo provocar alterações degenerativas com consequências irreversíveis na saúde dos trabalhadores.

Os efeitos na saúde são já temática comprovada evidenciando a dor lombar um dos sintomas com maior relato na literatura. Vários autores que abordaram esta problemática abrangendo estes profissionais indicam que, a exposição ocupacional a VCI potencia o aparecimento de distúrbios musculoesqueléticos, nomeadamente dor lombar, aumentando conforme a sua exposição (Blood, Yost, Camp, & Ching, 2015; Okunribido, Magnusson, & Pope, 2008). A vibração de corpo inteiro causada pela cabine do motorista, também pode afetar as faculdades cognitivas, como a visão, a coordenação e a capacidade funcional geral dos trabalhadores (European Agency for Safety and Health at Work, 2011).

Perante estas premissas, e verificado que a tarefa de condução é a mais longa que os motoristas de veículos pesados de mercadorias vivenciam durante um dia de trabalho, passando longas horas sentados, expostos a VCI (Blood *et al.*, 2015), torna-se essencial estudar a relação entre o Homem e a máquina, visto ser evidente haver associação entre condução de camiões e sintomas musculoesqueléticos (Robb & Mansfield, 2007). A composição do assento (elemento que compõem a cabine do veículo), deve ser tida em conta, sendo que, este deve reduzir ao máximo a transmissão de vibrações do veículo para o motorista (Blood *et al.*, 2015). O design ergonómico do assento, que muitas vezes não possui a ajustabilidade suficiente, é importante para a prevenção do desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos nas costas (European

Agency for Safety and Health at Work, 2011). Mas, não só variáveis como o tipo de camião e tipo de assento devem ser tidas em conta na medição das VCI, mas também a condição da estrada, a experiência do motorista, a idade do camião, a velocidade, a manutenção, a quilometragem do camião, o volume da carga e a estação do ano (Cann, Salmoni, & Eger, 2004).

No entanto, também outras variáveis influenciam a exposição ocupacional às VCI. As horas de trabalho, nomeadamente as que dizem respeito à tarefa de condução também surgem como fator implicativo através da determinação no número máximo de horas de condução num turno de trabalho. Foram necessários muitos anos para que os Estados-Membros chegassem a acordo sobre as horas de trabalho no transporte rodoviário de mercadorias, uma questão particularmente delicada atendendo às diferentes relações laborais e culturas de trabalho dos países, sendo que hoje em dia, a União Europeia dispõe de regras comuns aplicáveis aos tempos máximos de condução destes condutores (Comissão Europeia, 2014).

1.2 Estrutura adotada

Com o objetivo de dissertar sobre esta problemática, apresenta-se agora a estrutura adotada neste trabalho. Seguidamente nesta dissertação é exposto o capítulo referente ao enquadramento teórico, onde são abordados os principais conceitos, estudos já realizados no âmbito desta temática terminando com a legislação e norma portuguesa aplicável. Continuamente é apresentada a definição do problema de investigação onde são tecidos os principais objetivos que respondem à pergunta de investigação. De modo a responder à pergunta de investigação, o capítulo seguinte correspondente à metodologia identifica os métodos utilizados, a amostra que permitiu a realização desta investigação, o percurso de teste e as hipóteses formuladas. Posteriormente é apresentado o capítulo dos resultados e discussão, expondo todos os resultados obtidos assentes da bibliografia disponível. Por fim são tecidas as principais conclusões com base na elaboração de medidas preventivas, seguindo-se as limitações sentidas na elaboração desta investigação e sugestões de trabalhos futuros.

2. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

Apresentada a temática a que se propõe este estudo, revela-se necessário investigar o que afirmam variados autores sobre esta problemática, definindo conceitos, implicações para a saúde humana, fatores diretamente relacionados com a exposição às VCI e por fim legislação e normalização em vigor, que definem procedimentos de avaliação e limites de ação para ambientes relacionados com as VCI.

2.1 Caracterização da vibração

Sendo já provado que a problemática da vibração se relaciona diretamente com a condução de veículos, revela-se imperativo abordar este conceito.

Segundo Mansfield (2005), a vibração é um movimento mecânico que oscila em torno de um ponto fixo, sob a forma de uma onda mecânica, transferindo energia, e que carece de uma estrutura mecânica para se propagar, como por exemplo um veículo. O autor decompõe a resposta do corpo humano à vibração em três componentes representadas na Figura 1.

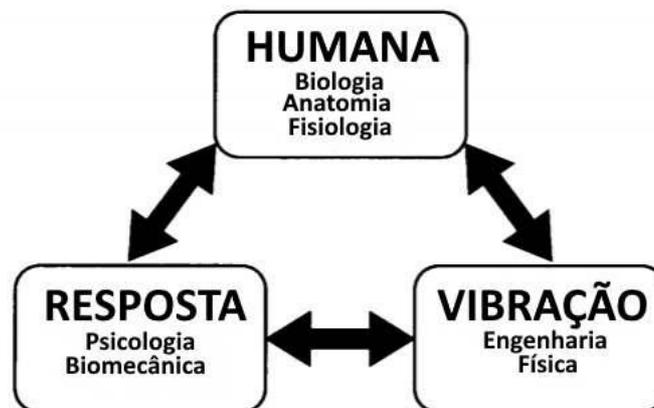


Figura 1. Componentes e áreas temáticas para a compreensão da “resposta humana à vibração” (adaptado de Mansfield, 2005).

A Figura 1 é descrita pela componente humana, sendo que esta se relaciona com as áreas da biologia, anatomia e fisiologia, pela componente resposta ligada às áreas da psicologia e da biomecânica e por fim a componente vibração que abrange as áreas da engenharia e da física.

Outra visão do conceito de vibração é proposta pelos autores Ruiz & Muñoz (1999), onde apresentam o conceito de vibração como: “o movimento oscilante de um sistema elástico, relativamente a uma posição de referência” (*as cited in Costa, 2012*).

Em Portugal, o Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro, relativo às prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devidos a vibrações mecânicas, define o conceito de vibrações como agentes físicos nocivos que afetam os trabalhadores e que podem ser provenientes, por exemplo, de máquinas, encontrando-se presentes em quase todas as atividades laborais, nomeadamente o setor dos transportes, foco de análise deste estudo.

Quanto à sua classificação, as vibrações podem ser baseadas em três aspetos sendo eles o local de entrada da vibração no corpo humano, os efeitos que a exposição provoca e frequência (em Hertz) (Mansfield, 2005). Deste modo, as vibrações podem-se dividir entre vibrações localizadas e vibrações do corpo inteiro (VCI). Nesta dissertação não serão abordadas as vibrações localizadas, ou seja, as vibrações transmitidas ao sistema mão-braço, pelo que em todo o enquadramento teórico apenas será abordada a temática das VCI.

Neste seguimento, a abordagem ao conceito chave desta dissertação, as VCI, deve ser presentemente retratada. Mansfield (2005) define as VCI como vibrações que afetam todas as partes do corpo, como um todo, e são transmitidas geralmente através de superfícies como, por exemplo, o assento, o seu encosto ou o piso. A associação proposta por este autor entre exposição às VCI e setor dos transportes, onde os motoristas de veículos pesados estão expostos a distúrbios mecânicos e a impactos durante a viagem, é evidente.

Os indivíduos estão expostos às VCI em variados ambientes, nomeadamente na posição de sentado, foco de análise deste estudo, em que são expostos a uma ampla gama de amplitudes, formas de onda e durações de vibração (Mansfield, 2005). A VCI ocorre quando o ser humano é sustentado por uma superfície que está a tremer e a vibração afeta todas as partes do corpo, como por exemplo, quando um veículo passa por uma superfície irregular e a vibração é transmitida do veículo para o assento (Mansfield, 2005).

A Figura 2 revela as frequências (Hz) e as intensidades (m/s^2 R.M.S) referentes ao estudo dos efeitos das vibrações sobre o corpo humano. Com base na sua interpretação, relativamente às VCI, o ser humano é mais sensível na faixa de frequências de 1 a 20 Hz, e pode afetar o conforto, o desempenho e a saúde, dependendo da magnitude, forma de onda e tempos de exposição (Mansfield, 2005).

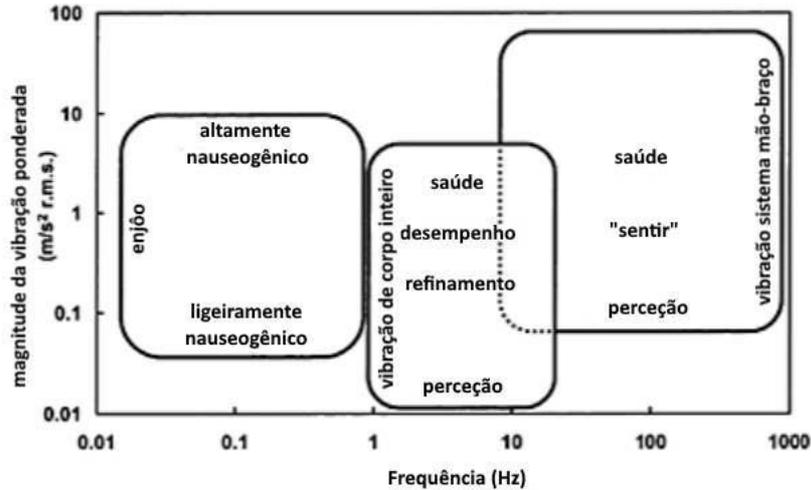


Figura 2. Frequências e intensidades de interesse no estudo dos efeitos das vibrações sobre o corpo humano (adaptado de Mansfield, 2005).

A percepção do ser humano às vibrações não é feita através de um único órgão sensor de vibração, mas combina sinais dos sistemas visual, vestibular, somático e auditivo, combinação esta que deve ser assimilada pelo cérebro para produzir um modelo cognitivo do ambiente de movimento (Mansfield, 2005). Por exemplo, durante a tarefa de condução protagonizada por um motorista de caminhão, a percepção á VCI dá-se na posição de sentado. Benson e Dilnot (1981), Parsons e Griffin (1988) e Howarth e Griffin (1988) afirmam que a percepção da VCI na posição de sentado, usando a abordagem frequência-intensidade, para a vibração vertical, o movimento é percebido mais facilmente nos 5 Hz e, para a vibração horizontal, o movimento é percebido mais facilmente abaixo de 2 Hz, sendo que a vibração sinusoidal pode ser percebida a cerca de $0,01 \text{ m/s}^2 \text{ R.M.S.}$ para as duas direções (*as cited in* Mansfield, 2005).

2.2 Efeitos da exposição ocupacional a VCI na saúde

A maioria dos Estados-Membros da Europa indica que o setor dos transportes sofre um grande número de distúrbios musculoesqueléticos (principalmente problemas nas costas, pescoço e ombros) (European Agency for Safety and Health at Work, 2011), sendo que um dos fatores de risco que suportam esta missiva é a exposição ocupacional às VCI. As investigações na área da biodinâmica e os estudos epidemiológicos efetuados evidenciam a existência de um elevado risco de degradação da saúde salientando a região lombar e sistema nervoso associado (NP ISO 2631-1:2007).

As consequências para a saúde advindas da exposição ocupacional às VCI são já temática antiga de análise, abordada por autores que procuraram uma maior valoração deste assunto. Por exemplo Thalheimer (1996), que procurou alertar para a conscientização e a valorização da exposição ocupacional às VCI e sua importância como um risco relacionado à ocupação, indicando que as VCI pode ser avaliadas, medidas e controladas com sucesso. A sua revisão pela literatura indicou que a exposição às VCI também resulta em danos nos sistemas musculoesquelético, cardiovascular, cardiopulmonar, metabólico, endocrinológico, nervoso e gastrointestinal.

No entanto, a literatura mostra-se consensual. A exposição ocupacional às VCI tem implicação direta na saúde do ser humano, sendo que a dor lombar é uma das principais sintomatologias vivenciadas, quando expostos a estes agentes. A seguinte revisão bibliográfica comprova esta missiva, abordada por vários autores e mencionada em variados artigos relacionados com o setor dos transportes.

Uma revisão sobre esta temática é realizada por Krajnak (2018), com o objetivo de fornecer uma avaliação das ocupações onde a exposição ocupacional a vibrações releva maior prevalência, sendo uma delas o setor dos transportes, e uma descrição dos efeitos adversos à saúde associados à exposição ocupacional à vibração. Entre os vários autores citados neste artigo importa referir Bovenzi (1996, 2009); Bovenzi e Betta (1994); Bovenzi e Hulshof (1999); Hulshof *et al.* (2006) que nos mostra que a exposição às VCI tem sido associada principalmente a um aumento da dor na coluna lombar, no pescoço e no ombro; Antle *et al.* (2018) afirmam que a par da vibração, outros fatores de exposição que podem induzir dor musculoesquelética em trabalhadores nomeadamente a adoção de posições estáticas por um longo período de tempo enquanto estão sentados; e por fim as equipas de trabalho Bovenzi e Hulshof (1999), Harris *et al.* (2012), Hulshof *et al.* (2006), Jones *et al.* (2014), Nadalin *et al.* (2012), Pollard *et al.* (2017), Young *et al.* (2009) e Yung *et al.* (2017) indicam que as VCI também têm sido associadas á fadiga, ao enjoo (por vibração e impacto transmitidos ao pescoço e à cabeça), ao desenvolvimento de várias doenças crónicas, incluindo doenças cardiovasculares, diabetes tipo II e ainda nos referem que a exposição a VCI pode aumentar o risco de desenvolver cancro da próstata (*as cited in* Krajnak, 2018). Termina com uma importante ressalva de que esta temática também deve considerar os diferentes géneros (Bovenzi, 1996) que, quando expostos às VCI, incitam ao estudo das diferenças de tamanho, massa e estrutura corporal que podem modificar diferencialmente a transmissão da vibração em homens e mulheres, futuramente empregando estes dados de modo a ajustar padrões de exposição ou usados por projetistas para desenvolver

equipamentos de proteção para trabalhadores cujas respostas biodinâmicas à vibração podem ser diferentes (Krajnak, 2018).

Com base na análise sob segmentos da coluna lombar L2 e L3, Fan, Liu, Li, Liu, & Gao (2018) realizaram uma simulação, em diferentes frequências vibracionais, onde concluíram que o aumento da frequência vibracional gerada pela condução normal do veículo é geradora de lesão da coluna lombar, como por exemplo, o deslocamento radial no disco intervertebral e/ou perda de líquido no núcleo pulposo. Salientam que a vibração de baixa frequência gerada pela condução do veículo é mais prejudicial à saúde da coluna lombar do que a carga estática, e os danos podem-se agravar gradualmente à medida que a frequência vibracional aumenta. Os resultados obtidos neste estudo explicam porque é que um motorista de caminhão é propenso a lesões lombares.

O artigo publicado por Kim *et al.* (2016), em que um dos objetivos passou por avaliar as associações entre os diferentes parâmetros da exposição às VCI e os resultados de saúde, concluiu que a lombalgia foi o distúrbio musculoesquelético mais prevalente (72,5%), em concordância com a revisão bibliográfica revista pelo mesmo. Termina concluindo que, como as VCI são uma das principais exposições físicas ligadas a várias lesões musculoesqueléticas entre motoristas de caminhão, será importante desenvolver intervenções de engenharia eficazes para reduzir a exposição às VCI na condução de caminhões (Kim *et al.*, 2016).

Com a premissa de que os motoristas vivenciam dor lombar, também o estudo levado a cabo por Kim, Zigman, Dennerlein, & Johnson (2018), no seguimento de outro artigo também usando os mesmos dados (Johnson, Zigman, Ibbotson, Dennerlein, & Kim, 2018), em que o seu objetivo passa por determinar se os assentos dos motoristas de caminhão, projetados para reduzir as exposições à VCI (uma intervenção de engenharia), melhoraram a dor lombar do motorista de caminhão e outros resultados de saúde. Os resultados deste estudo indicam que a redução da exposição dos motoristas de caminhão às VCI podem melhorar a dor lombar sentida, bem como outros resultados de saúde física e que as intervenções nos assentos, que reduzem a exposição às VCI, podem ser uma intervenção de engenharia eficaz para melhorar a saúde física do motoristas (Kim *et al.*, 2018). No mesmo sentido, um estudo efetuado com a premissa de que a condução ocupacional tem sido frequentemente associada a uma alta prevalência de dor nas costas revelou que os resultados obtidos indicam uma associação entre a condução de caminhões e os sintomas musculoesqueléticos, sendo que o desconforto do assento foi um dos fatores associados a problemas musculoesqueléticos (Robb & Mansfield, 2007).

(Bovenzi *et al.*, 2006), no âmbito de um projeto Europeu, protagonizaram junto dos motoristas profissionais italianos um estudo onde um dos objetivos passava pela associação entre distúrbios da coluna lombar e a exposição à VCI. Os resultados obtidos indicaram que a exposição ocupacional às VCI são uma das componentes importantes da origem da lombalgia em motoristas profissionais, sugerindo que a condução profissional está associada a um risco aumentado de dor lombar relacionada ao trabalho. Ainda o mesmo autor realiza uma revisão da literatura conjunta sobre a temática e conclui que os estudos epidemiológicos relacionados com a condução profissional fornecem evidências de associações significativas entre distúrbios da coluna lombar e exposições ocupacionais à VCI, sendo essa evidência um fator de risco forte (Bovenzi, Schust, & Mauro, 2017).

A constante menção de que os motoristas profissionais com exposição diária regular às VCI correm o risco de desenvolver sintomas lombares ao longo do tempo é validada, sendo que a associação entre a duração e a intensidade da exposição às VCI foram associadas à ocorrência de dor lombar e à gravidade dos resultados da dor lombar (Bovenzi, 2009).

Também o Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro, evidencia que os riscos devidos a vibrações mecânicas têm efeitos sobre a saúde e segurança dos trabalhadores e deles podem resultar perturbações musculoesqueléticas, neurológicas e vasculares, além de outras patologias.

Vários estudos abordados no relatório elaborado pela *European Agency for Safety and Health at Work* (2011), para o setor dos transportes, demonstram haver consequências prejudiciais para a saúde quando existe exposição às VCI, nomeadamente distúrbios nas costas mas não só, indicando que as VCI, causadas pela cabine do camião, também podem afetar a visão, a coordenação e a capacidade funcional geral dos motoristas e contribuir para aumentar o risco de acidentes.

Aliado a toda esta problemática, compreender os estilos de vida dos motoristas também deve ser fator de análise, recomendando o desenvolvimento de intervenções de promoção da saúde mais eficazes para os motoristas de camião (Boeijsinga, Hoeken, & Sanders, 2016).

Esta breve análise é clara. As VCI podem afetar a saúde, nomeadamente a coluna lombar, sendo que esta afetação pode ir para além da coluna lombar, incidindo sobre outros sistemas do corpo humano. Sabido que o camião é o posto de trabalho principal dos motoristas profissionais, uma questão levanta-se: “Quais serão os fatores que afetam a exposição ocupacional às VCI e que, por consequência, põem em causa a saúde de um motorista”. Se provado está a relação das VCI

com a saúde, resta agora saber os fatores que implicam nesta transmissão das VCI ao ser humano, abordadas na literatura.

2.3 Fatores que afetam a exposição ocupacional a VCI

Pesquisas sugerem que os trabalhadores do setor dos transportes, especialmente motoristas, estão mais expostos a vibrações do que a população média de trabalho (European Agency for Safety and Health at Work, 2011). Com base neste escrito, revela-se imperativo abordar as diferentes variáveis mencionadas na literatura que estão diretamente ligadas com a exposição ocupacional a VCI, e que influenciam diretamente na direção, intensidade, frequência e ponto de transmissão em que estas ocorrem. Neste subcapítulo são abordados sistemas em que o seu intuito passa por absorver e/ou minimizar a transferência de vibrações mecânicas para o ser humano, bem como outras variáveis que afetam diretamente estes sistemas.

Alguns estudos abordam os veículos de transporte numa tentativa de identificar os fatores do veículo e do ambiente de trabalho que afetam a exposição à vibração vivenciada pelos seus condutores. O conhecimento profundo do veículo é fator de elevada relevância em qualquer estudo relacionado com VCI. Uma contribuição importante para a redução da transmissão de VCI resulta da incorporação de sistemas de suspensão (pneus, suspensão do chassis, suspensão da cabina e suspensão do assento) entre o motorista e a fonte (Melo, 2006). A Figura 3 é elucidativa dos fatores relacionados com o veículo que se envolvem diretamente na transmissão das VCI ao motorista.

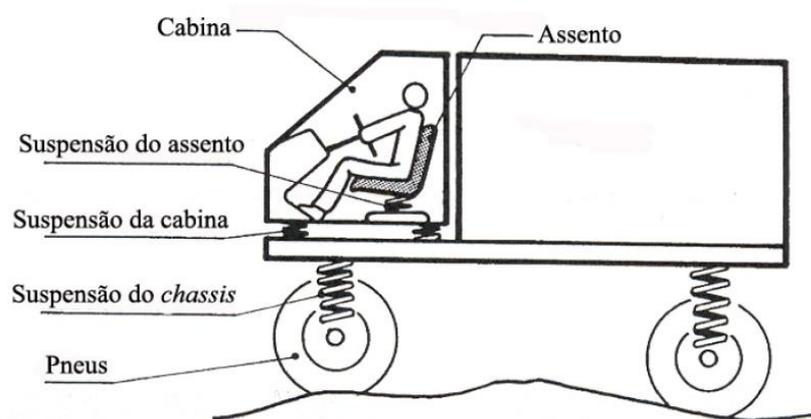


Figura 3. Possíveis localizações de sistemas de suspensão a considerar num veículo adaptado de Donati (as cited in Melo, 2006).

Qualquer investigação levada a cabo sobre estas características é uma mais valia na contribuição para a criação ou melhoramento de sistemas que reduzam a transmissão de vibrações, bem como a consequente melhoria dos efeitos na saúde sobre a exposição ocupacional às VCI. O conhecimento das medidas técnicas do veículo, a partir da recolha de informação pertinente, é essencial para levar a cabo a caracterização da exposição ocupacional às VCI.

2.3.1 Assento

A busca por tecnologia que minimize a transmissão de vibrações para os motoristas e que, por consequência, melhorem o seu posto de trabalho é evidente na literatura. O assento, variável de contato direto entre as VCI e o trabalhador, merece uma abordagem relevante nesta dissertação. De referenciar que um parâmetro muito evidente associado ao assento é a permanência prolongada, geralmente em uma postura restrita, na posição de sentado, adotada pela tarefa de condução (Robb & Mansfield, 2007). Nesta revisão da literatura, apenas são considerados os artigos que abordaram assentos relativos a um tipo de veículo em concreto, o camião.

O contributo da ciência para o melhoramento do assento dos motoristas é constante. Jin, Zhang, Wang, Yang, & Zhang (2014) avaliaram o sistema de suspensão pneumática do banco de motoristas de camião, visto que este desempenha um papel importante para reduzir as vibrações transmitidas ao ocupante do assento pelo piso da cabine. Testaram um assento que, atualmente, é o mais usual na construção de camiões, validando o mesmo. A Figura 4 retrata o modelo dinâmico do sistema de suspensão de um assento incorporado num camião estudado por estes autores.

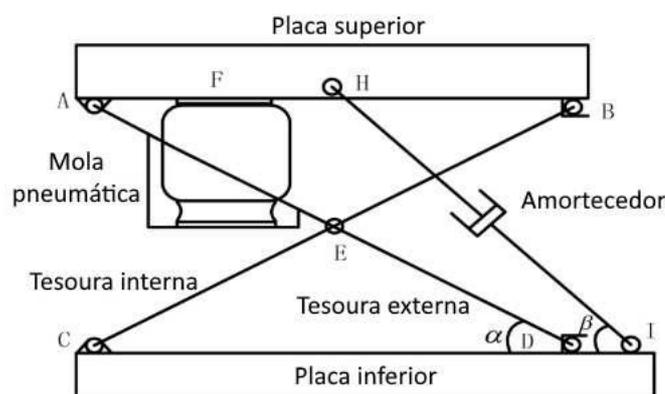


Figura 4. Estrutura do sistema de suspensão do assento de um motorista de camião (adaptado de Jin, Zhang, Wang, Yang, & Zhang, 2014).

Jin *et al.* (2014) descrevem os componentes da suspensão do assento do seguinte modo: placa inferior: é fixada no piso da cabine; placa superior: na qual a parte superior do assento é fixada; tesoura interna e externa: conectam a placa superior e a inferior na frente e na traseira. A tesoura é articulada no centro geométrico; mola pneumática: está conectada à tesoura interna e à placa superior; amortecedor: conecta a placa superior e a placa inferior.

No entanto a literatura mostra ser possível diminuir ainda mais as VCI transmitidas ao ocupante do assento. Du *et al.* (2018) estudaram a diferença entre o assento com suspensão a ar, convencional padrão do setor dos transportes, denominado de assento passivo, e o assento ativo com cancelamento de vibração, que usa um acelerômetro para medir a vibração no piso do caminhão e um atuador magnético linear na base do assento para atenuar a vibração em tempo real. Estes autores comprovaram que o assento com suspensão ativa usado no estudo reduziu a exposição dos motoristas de caminhão às VCI em mais de 33% em relação ao assento com suspensão passiva padrão do setor atual. Por consequência, a redução da exposição dos motoristas às VCI reduziu o desenvolvimento de fadiga e desconforto durante um dia de trabalho, nomeadamente no punho, antebraço e na lombar.

Blood, Yost, Camp, & Ching (2015) protagonizaram um estudo com base no reporte de que a exposição prolongada às VCI é um dos principais fatores de risco para o desenvolvimento de desordens lombares, já que os motoristas profissionais, incluindo os de caminhões, passam a maior parte das suas horas de trabalho a conduzir veículos pesados, e avaliou os efeitos dos projetos de suspensão do assento usando dados simulados coletados numa mesa de vibração. A exposição às VCI foram medidas e comparadas em três diferentes designs de assentos, sendo que dois deles se relacionam com caminhões: um assento de caminhão com suspensão pneumática (composto por uma bexiga de ar comprimido para atenuar as vibrações) e outro com assento eletromagnético ativo (incorpora um atenuador controlado por um microprocessador para amortecer a vibração) (Blood *et al.*, 2015). Os resultados obtidos sugerem que a transmissibilidade do piso ao assento foi significativamente menor para o assento ativo do que para o assento de caminhão com suspensão pneumática, em todos os três tipos de estrada testados. Este estudo sugere ainda que o tipo de suspensão do assento pode ter um efeito significativo na exposição geral às VCI, e os resultados podem ser úteis para projetar futuras suspensões de assento.

Com o mesmo intuito de avaliar o assento, outro estudo teve como objetivo determinar se havia diferenças de exposição às VCI entre um assento com suspensão passiva padrão do setor e um assento com suspensão ativo recentemente desenvolvido, partindo do pressuposto que os

operadores de veículos e equipamentos pesados, em período integral, costumam ter uma alta prevalência de distúrbios musculoesqueléticos, especialmente lombalgia (Johnson *et al.*, 2018). Estes autores concluíram que o assento com suspensão ativa reduziu substancialmente as exposições médias ponderadas contínuas das exposições às VCI no eixo vertical z em comparação com os assentos passivos. Os resultados obtidos no estudo já mencionado anteriormente realizado por Kim *et al.* (2018), usando a mesma escala de dor padronizada de 10 pontos adotada no QNM (Kuorinka *et al.*, 1987), indicam que a introdução de um assento com suspensão ativa diminui a incidência de dor lombar em detrimento de um assento com suspensão passiva.

Blood, Dennerlein, Lewis, Rynell, & Johnson (2011), através de uma rota padronizada de teste, assentados na premissa de que a maioria das lesões dos motoristas ocorrem na região lombar, avaliou dois tipos de assento sendo um com suspensão ativa (cancelamento de vibração eletromagnética) e outro com suspensão passiva (suspensão a ar) e concluiu que um assento com suspensão ativa parece ter o potencial de reduzir substancialmente a exposição de um motorista de caminhão às VCI.

Neste propósito, a caracterização do assento do veículo é imperativo na concretização de estudos nesta temática. A revisão da literatura sugere que o assento é provavelmente o componente do caminhão mais estudado quando existe exposição a VCI em veículos. No entanto, é importante referir que a seleção de assentos para motoristas profissionais prende-se com referência na durabilidade, custo e conforto como os principais critérios de seleção (Blood *et al.*, 2015), atirando para segundo plano a consciencialização da temática da transmissão das VCI para o ser humano. Termina-se esta breve revisão sobre o assento ressaltando que o design ergonômico do assento do motorista e uma melhor localização e desenvolvimento de controles e displays dentro do caminhão são, portanto, importantes para a prevenção do desenvolvimento de distúrbios nas costas (*European Agency for Safety and Health at Work*, 2011).

2.3.2 Outros fatores implicativos

Mas não só o assento surge como fator de transmissão de VCI ao corpo humano. Outros fatores como a suspensão de cabine, o piso a velocidade, etc. são testados em estudos onde se procura a relação concordante com a exposição ocupacional às VCI. De referir que, independentemente do tipo de caminhão conduzido, outros autores encontraram significância estatística entre variados fatores e a exposição às VCI.

Cann, Salmoni, & Eger (2004) protagonizaram um estudo em que procuraram investigar operadores de caminhões de transporte com os objetivos de determinar se a sua exposição às VCI excediam as diretrizes da *International Standards Organization (ISO) 2631-1:2007* e determinar quais as características do caminhão que previam essas exposições. Após uma revisão bibliográfica, incluíram as seguintes variáveis de estudo: condição da estrada, tipo de caminhão, experiência do motorista, quilometragem do caminhão e tipo de assento, encontrando significância estatística para dois fatores de previsão dos níveis de exposição à VCI que foram condição da estrada e o tipo de caminhão. No entanto, neste estudo também isolaram variáveis como a idade do caminhão, a velocidade, manutenção, volume de carga e estação do ano.

A suspensão da cabine, diretamente relacionada com as vibrações a que os motoristas estão sujeitos, também é uma área de interesse para este estudo. Roy & Law (2016) trabalharam no sentido de melhorar a exposição ocupacional a VCI, com o objetivo principal de investigar e explorar os efeitos de uma cabine totalmente suspensa e locais de montagem de cabine no conforto do motorista, tendo em conta que nos EUA a maioria dos caminhões compostos por trator e semirreboque é composto somente por suspensão de cabine traseira, ao invés da Europa que equipa, na sua maioria, o mesmo tipo de veículo com suspensão de cabine totalmente suspensa. Os autores, através do recurso a um simulador, concluíram que uma cabine totalmente suspensa e a sua localização de montagem, revela ser mais eficaz na atenuação das vibrações que, quando adotadas pelos fabricantes, incitarão diretamente na melhoria das condições de trabalho dos motoristas. Ainda neste sequência, Blood *et al.* (2015) indicam que também a consideração do design e layout da cabine têm o potencial de reduzir significativamente a exposição à vibração, o que revela a importância de outras características na exposição ocupacional à VCI, para além do assento.

A literatura aponta que o tipo de estrada também deve ser fator inclusivo de análise, devendo esta variável ser considerada em qualquer estudo que abranja veículos e exposição ocupacional a VCI. O estudo levado a cabo por Bortolini, Miguel, & Becker (2019), em que analisam três diferentes tipos de piso, revelam que os diferentes pisos transmitem diferentes frequências vibracionais ao ser humano, podendo ultrapassar os valores impostos para a exposição ocupacional a VCI. As análises estatísticas expuseram que todas as quatro variáveis estudadas apresentaram alto nível de significância, mostrando que a direção (x, y e z), o motorista (2 motoristas distintos), o piso (estrada em terra, paralelepípedos ou asfalto) e a condição de carga (carregado ou vazio) influenciam os resultados, sendo o tipo de estrada o mais significativo. Este artigo também identificou o tipo de *chassis* e cabine. No entanto, apenas usou um caminhão

de teste, não sendo possível comparar outras marcas e modelos do mesmo segmento de veículos. Outro estudo levado a cabo por Aziz, Nuawi, & Mohd Nor (2014) revela que, conduzir em estradas de terra resulta em maiores exposições a VCI, enquanto dirigir em estrada de asfalto resultava em exposições mais baixas. Velmurugan, Kumaraswamidhas, & Sankaranarayananamy (2014) também constataram que as magnitudes de vibração do banco para condições de condução sem carga são maiores que as condições de condução com carga, independentemente de a estrada ser lisa ou irregular.

A literatura também evidencia o fator velocidade, devendo esta também ser considerada na interpretação de valores obtidos para a exposição ocupacional às VCI. Variadas velocidades, inclusive estacionárias, devem ser registadas para que as tendências de vibrações com as diferentes velocidades possam ser analisadas (Aziz *et al.*, 2014). Também Velmurugan, Kumaraswamidhas, & Sankaranarayananamy (2014) protagonizaram um estudo com medição às VCI com um veículo composto por um trator com uma cabine suspensa engatado a um semirreboque e concluíram que as magnitudes de vibração experimentadas pelos condutores aumentaram com a velocidade de deslocamento nas estradas irregulares e planas.

Na revisão bibliográfica efetuada, os estudos não efetuaram com elevada relevância distinções entre marcas e modelos do mesmo tipo de veículo, ou estas variáveis não foram fator de comparação com as medições da exposição ocupacional às VCI, apenas apresentando-se como um fator identificativo. Ainda no estudo protagonizado por Aziz *et al.* (2014), em que foram usados quatro camiões, estes autores explicam que, embora os camiões sejam do mesmo modelo, estes podem produzir movimentos dinâmicos diferentes, dependendo da idade de serviço e do sistema mecânico que reagirá com diferentes superfícies da estrada, sendo que o contato entre os pneus e a estrada é a principal fonte de vibrações e oscilações no sistema de *chassis*. Nestes padrões, indicam que a idade do serviço do veículo afeta a exposição ocupacional às VCI.

Termina-se esta revisão com a premissa de que as empresas devem assegurar uma abordagem baseada num programa de gestão do risco relacionado com a exposição ocupacional a VCI em que se define uma política de avaliação dos riscos decorrentes da condução em trabalho, considerando nomeadamente os condutores, os veículos e as jornadas de condução (Neto & Areosa, 2018).

2.4 Legislação

Bortolini *et al.* (2019) referem que para melhorar o conhecimento da relação dose-resposta da vibração em motoristas profissionais, é importante conhecer o nível de vibração produzido pelos veículos em condições de trabalho comuns. Esta consideração serve de ponto de partida para rever o que está legalmente em vigor nesta área. Sendo o transporte rodoviário de mercadorias uma atividade suscetível de apresentar riscos de exposição mecânica a vibrações, deve o empregador avaliar e, se necessário, medir os níveis de vibrações a que os trabalhadores se encontram expostos (Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro). A exposição às vibrações em contexto laboral encontra-se regulada pelo Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de Fevereiro, que transpõe a Diretiva n.º 2002/44/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 25 de junho, que retrata para o contexto português, as prescrições mínimas de segurança e saúde em caso de exposição dos trabalhadores aos riscos devidos a vibrações mecânicas, fixando valores para as vibrações transmitidas ao corpo inteiro.



Figura 5. Representação dos valores para VCI, calculados para um período de referência de oito horas, expresso em metros por segundo quadrado (Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro).

O empregador deve assegurar que a exposição dos trabalhadores a vibrações mecânicas seja reduzida ao nível mais baixo possível, não ultrapassado o valor limite de exposição (VLE) de 1,15 m/s². Qualquer valor que se situe entre o valor de ação de exposição (VAE) e o VLE carece de atenção, o que implica a tomada de medidas preventivas adequadas, neste caso concreto ao nível da manutenção e conservação dos veículos, sendo que em alguns casos pode ser necessária a substituição dos mesmos. A determinação do nível de exposição dos trabalhadores às VCI é realizada com base no cálculo da exposição pessoal diária, para um período de oito horas.

Sabidos os valores de exposição, torna-se relevante abordar as direções em que pode ocorrer a exposição ocupacional às VCI. A ISO 2631-1:1997, objeto de revisão posterior retratada na NP ISO 2631-1:2007, e futuramente abordada do subcapítulo seguinte, caracteriza as direções relativas às VCI, sendo que o decreto-lei também se baseia, em parte, nestas indicações. A

vibração pode ocorrer em qualquer direção (Mansfield, 2005). No caso das VCI, a presente norma é aplicável a movimentos transmitidos através dos pés de uma pessoa em pé, através das ancas, das costas e dos pés de uma pessoa sentada e através de uma pessoa deitada, como retrata a Figura 6. No caso da condução de veículos, nesta dissertação apenas será abordada a condição de sentado (NP ISO 2631-1:2007).

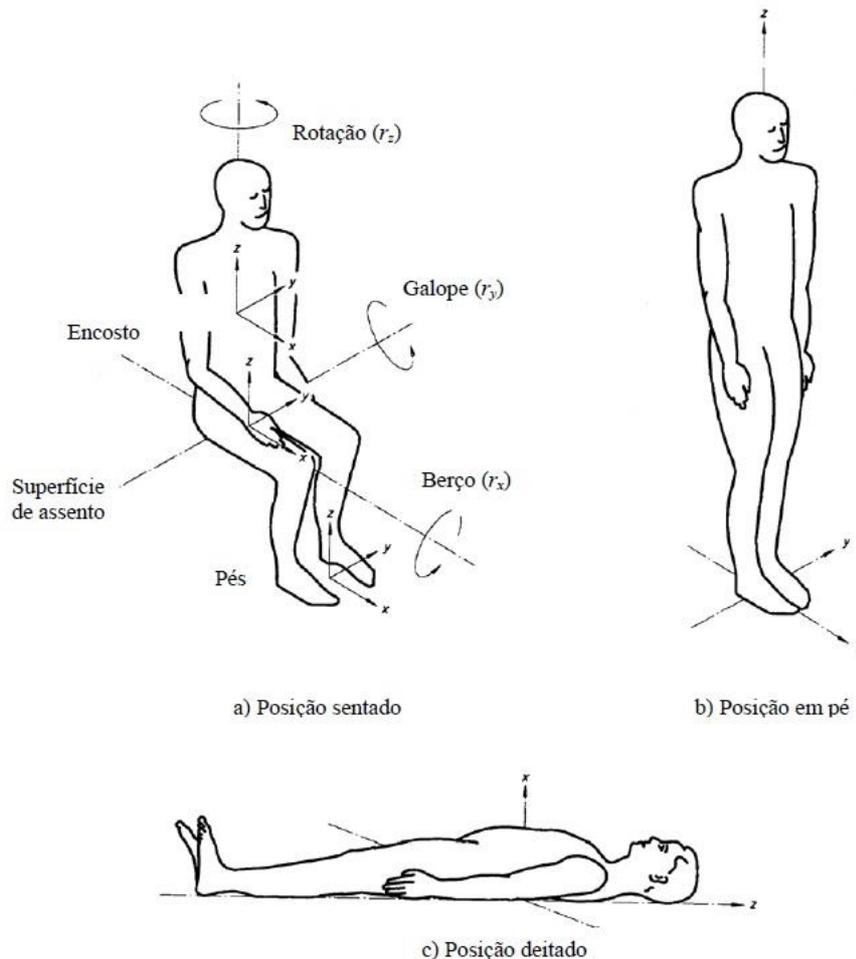


Figura 6. Eixos basicêntricos do corpo humano (NP ISO 2631-1:2007).

As direções de vibração que afetam o corpo inteiro são caracterizadas pelo eixo x (das costas para o peito), pelo eixo y (do lado direito para o lado esquerdo) e pelo eixo z (dos pés, ou nádegas, para a cabeça) (Miguel, 2014).

O Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro, indica a fórmula de cálculo para a exposição diária às vibrações, $A(8)$, expressa em metros por segundo quadrado:

$$A(8) = k a_w \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (1)$$

onde:

- a_w é a aceleração eficaz ponderada, m/s^2 ;
- T é a duração diária total da exposição às vibrações;
- T_0 é a duração de referência de oito horas (28 800 segundos);
- k é o fator multiplicativo onde:
 - eixo x: $k=1,4$
 - eixo y: $k=1,4$
 - eixo z: $k=1,0$

O cálculo para a determinação da vibração é efetuado com base no valor eficaz mais elevado das acelerações ponderadas em frequência, medidas segundo os três eixos ortogonais.

Relativamente à média semanal de exposição, esta é calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$A(8)_{semanal} = \sqrt{\frac{1}{5} \sum_{j=1}^7 A(8)_j^2} \quad (2)$$

onde $A(8)_j$ é a exposição diária para o dia j .

A fórmula acima representada torna-se relevante nas situações em que a exposição dos trabalhadores às VCI, em regra, sejam inferiores ao VAE, mas que podem variar significativamente em qualquer momento e exceder o VLE, com referência para quarenta horas semanais, sendo que o valor obtido deve ser inferior ao VLE (Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro). Neste propósito, dá-se como exemplo a variável piso da estrada. São variadas as estradas percorridas por estes trabalhadores, bem como são variados os estados em que as mesmas se encontram. Este fator pode influenciar diretamente no nível de VCI a que o trabalhador pode estar exposto. O tempo de condução diário, a título de exemplo, também pode variar segundo o tráfego existente nas vias rodoviárias, bem como o tempo de cargas e descargas efetuadas, podendo influenciar no número de horas de condução, por consequência, na duração da exposição a VCI. Ainda neste seguimento, pode existir prolongamento da exposição às VCI durante a realização de períodos de trabalho superiores ao limite máximo do período normal de trabalho diário, como por exemplo, condução para alcance de um ponto de paragem seguro. Aqui, torna-se fundamental conhecer qual a legislação aplicável relativa à

tarefa de condução destes trabalhadores, com o intuito de explicar a duração da transmissão da vibração ao corpo humano a que o motorista pode estar exposto.

Para obter essa informação, a consulta ao Regulamento (CE) n.º 561/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 15 de março de 2006 torna-se imperativa. Através do mesmo, é possível conhecer a duração da exposição às VCI a que estes trabalhadores estão expostos. Diz o Regulamento que o tempo diário de condução não deve exceder as nove horas. No entanto, não mais que duas vezes por semana, o tempo diário de condução pode ser alargado até um máximo de dez horas. Posto isto, é evidente o prolongamento do horário de exposição às VCI, para além das oito horas de trabalho diárias. Como situação máxima prevista, por cada duas semanas, estes trabalhadores poderão executar, numa delas até 56 horas de tempo semanal de condução. A Figura 7 exemplifica a tarefa de condução diária/semanal de um motorista, compreendida entre as zero horas de segunda-feira e as vinte e quatro horas de domingo:

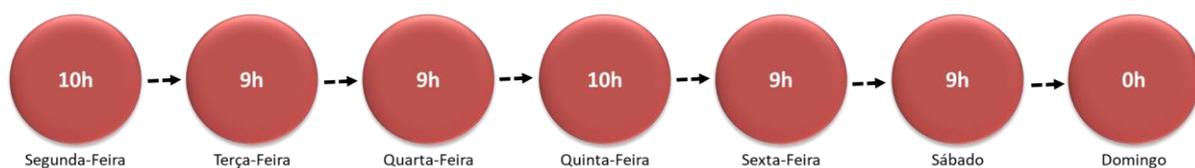


Figura 7. Exemplo do limite máximo para a tarefa de condução decorrida numa semana.

Posto isto, $A(8)$ e $A(8)_{\text{semanal}}$ foram calculados com vista a acautelar a situação de condução diária ou semanal possível mais extensa. É de realçar que este exemplo não ocorre todas as semanas, apenas retrata a maior situação de condução que pode ocorrer durante uma semana. De referir também que este exemplo se refere apenas a tripulação constituída por um condutor, excluindo assim a presença de dois condutores no mesmo veículo. Para a tripulação múltipla, são aplicadas outras características em termos de tempos de condução, intensificando ainda mais a probabilidade do número de horas de exposição às VCI para além das abordadas no (Parlamento Europeu, 2006). A título informativo, a transmissão de VCI na situação de tripulação múltipla também pode ocorrer também na posição de deitado (situação que ocorre quando um motorista conduz e o outro se encontra deitado na cama), pelo que o tratamento dos dados da condução múltipla deve incluir também a posição de deitado.

A vigilância da saúde tem uma importância fundamental na prevenção dos riscos para a saúde dos trabalhadores (Decreto-Lei n.º 46/2006). A identificação dos horários de condução traduz-se numa sessão prolongada de trabalho vivenciada por estes trabalhadores, sendo um risco a ter

elevada consideração. Como os motoristas passam várias horas em posição sentada estática, com pouca adaptação ao nível da postura, o risco de fadiga muscular nas costas está presente que, combinado com as vibrações transmitidas pelo veículo, o risco aumenta (European Agency for Safety and Health at Work, 2011). O aumento da carga de trabalho, menos interrupções e turnos mais longos, bem como o aumento da produtividade, maior eficiência e produção de curto prazo, combinados com uma maior mecanização, expõem os trabalhadores a maiores doses de vibração (European Agency for Safety and Health at Work, 2011).

2.5 Normalização

Com o intuito de estabelecer orientações para a avaliação da exposição do corpo inteiro a vibrações, revela-se imperativo abordar a norma portuguesa ISO 2631-1:2007. Esta norma, tem como objetivo a definição de métodos de quantificação da vibração no sistema corpo inteiro, dividida pelos seguintes tópicos de abordagem: saúde, conforto, percepção e incidência do enjoo ao movimento. No contexto deste estudo, só será abordado o tópico relacionado com os efeitos das vibrações na saúde.

No âmbito da saúde, e indo ao encontro do propósito deste estudo, esta norma avalia os efeitos à vibração em pessoas saudáveis, expostas a vibrações no corpo inteiro durante o trabalho, na posição de sentado, salientando que a região lombar (coluna vertebral) e sistema nervoso associado podem ser as zonas afetadas com maior importância. Esta orientação aplica-se à vibração na gama de frequências entre 0,5 Hz e 80 Hz que é transmitida, através do assento, ao corpo sentado como um todo (NP ISO 2631-1:2007). A presente norma não se aplica à avaliação de choques de elevada amplitude como os que ocorrem em acidentes com veículos.

Para a avaliação da vibração, o valor eficaz (R.M.S) ponderado da aceleração é expresso em metro por segundo quadrado (m/s^2) para a aceleração linear (NP ISO 2631-1:2007). Esta norma menciona a combinação de vibrações em mais que uma direção sendo que o valor total da vibração combinada dos três eixos de vibração é definido pela seguinte fórmula:

$$a_v = (k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2)^{1/2} \quad (3)$$

onde:

- a_{wx} , a_{wy} e a_{wz} são os valores de vibração ponderada nos três eixos ortogonais x, y e z;

- k_x , k_y e k_z são constantes multiplicadoras cujos valores dependem da aplicação de medição (para a saúde, os valores dos fatores multiplicativos são concordantes com os valores expressos no Decreto-Lei n.º 46/2006).

É certo que a revisão da literatura protagoniza várias legislações e limites de ação através de onde se podem avaliar a exposição às VCI. No entanto, nesta dissertação, não haverá o intuito de comparar resultados dentro das diferentes legislações, mesmo sabendo que os resultados podem alcançar diferentes interpretações. No entanto, fica esta ressalva com o intuito de não desvalorizar esta missiva.

3. DEFINIÇÃO DO PROBLEMA DE INVESTIGAÇÃO

Narrada a realidade a que estão expostos os motoristas de longo curso, e sendo já evidente a relação nesta profissão entre a exposição ocupacional a VCI e sintomatologias acima referenciadas pelos diversos autores, nomeadamente a dor lombar, torna-se relevante aprofundar ainda mais as características existentes nos veículos que possam interferir na sintomatologia vivenciada. Através da exploração de características identificativas como o tipo de veículo, marca, modelo, ano de construção, quilómetros no momento da avaliação e características diretamente relacionadas com a transmissão de VCI aos motoristas como o assento, suspensão da cabine e suspensão do *chassis*, procura-se responder à seguinte pergunta de investigação:

- “Quais são as características dos veículos pesados de mercadorias que mais influenciarão na sintomatologia autorreportada pelos motoristas com exposição ocupacional às VCI?”.

Definida a pergunta de investigação, releva-se essencial demarcar objetivos, com o intuito de responder à pergunta de investigação. Os principais objetivos deste estudo são verificar a existência de dor lombar e verificar a associação da exposição ocupacional às VCI com as características dos veículos pesados de mercadorias. Os objetivos principais decompõem-se nos seguintes objetivos específicos:

- Identificar e caracterizar os veículos que integram o estudo;
- Identificar a sintomatologia vivenciada pelos intervenientes do estudo;
- Classificar a exposição ocupacional a VCI a que os intervenientes estão expostos;
- Verificar a associação entre as variáveis relativas às características dos veículos com a exposição ocupacional a VCI.

Deste modo pretende-se dar um contributo sobre a realidade portuguesa dos motoristas de longo curso de camião, relativamente à tarefa de condução experienciada diariamente e à exposição ocupacional às VCI a que estão expostos. A busca por melhorias no posto de trabalho através da realização de investigações em contexto ocupacional deve ser um trabalho contínuo e são uma mais valia para o aumento da qualidade de vida de todos os trabalhadores.

4. METODOLOGIA

De modo a orientar esta investigação, o presente capítulo apresenta os métodos utilizados na elaboração deste trabalho, indo ao encontro dos objetivos traçados no capítulo anterior.

4.1 Plano de investigação

A presente pesquisa seguiu o método concebido por Saunders, Lewis, & Thornhill (2009), que define pressupostos para a condução do processo de investigação tais como a formulação do tópico, a revisão da literatura, o planeamento da investigação, a recolha dos dados, a análise dos dados e por fim a escrita da dissertação. Os seguintes tópicos resumem a abordagem de investigação aplicada (Saunders *et al.*, 2009):

- Abordagem: pretendeu-se uma abordagem dedutiva, desenvolvendo uma estrutura teórica assente subsequentemente em dados relatados na literatura. Passou pelo desenvolvimento de uma teoria e hipóteses, com o intuito de testar essa hipótese;
- Estratégia: este estudo classifica-se como exploratório, procurando como finalidade descobrir o que está a acontecer, procurar novas perspetivas e avaliar os fenómenos, e como descritivo, cuja finalidade passa por retratar ou caracterizar o perfil dos indivíduos, acontecimentos e situações. O estudo de caso é a estratégia aplicada, que promove o desenvolvimento de conhecimento detalhado e intensivo acerca de um determinado caso, particularmente útil para responder ao “porquê”, ao “quê” ou ao “como”.
- Método: uso de métodos quantitativos com o objetivo de quantificar o problema;
- Horizonte temporal: transversal, uma vez que permite o estudo de um determinado fenómeno num determinado momento;
- Técnicas: técnica de amostragem não-probabilística, baseada em julgamentos subjetivos, fornecendo a oportunidade de escolher a amostra intencionalmente e chegar a membros da população difíceis de identificar. A técnica de amostragem utilizada prendeu-se com a amostragem por conveniência ou ao acaso envolvendo intervenientes que facilmente compõem a amostra.

4.2 Metodologia PRISMA

Para auxílio ao ponto de partida deste trabalho, nomeadamente a revisão sistemática, e de modo a orientar a pesquisa deste estudo, foram aplicadas as recomendações PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*) cujo objetivo é ajudar os autores

a melhorarem o relato de revisões sistemáticas e meta-análises (Moher, Liberati, Tetzlaff, 2015).

A fase inicial deste trabalho iniciou-se com a definição de pressupostos delimitadores da pesquisa. Foram nomeadas as seguintes bases de dados para consulta: *Science Direct*, *Scopus* e *PubMed*, e usados os seguintes termos para pesquisa, sob a forma de título, palavras-chave ou resumo: “*truck driver*” and “*whole body vibration*”. Foram rastreados os artigos delimitados ao período entre 2013 e 2019. O acesso facultado pela Universidade do Minho, possibilitou a consulta às bases de dados on-line, resultando em informação relevante sobre o tema. Por fim, foram considerados todos os artigos com livre acesso, bem como artigos de revisão.

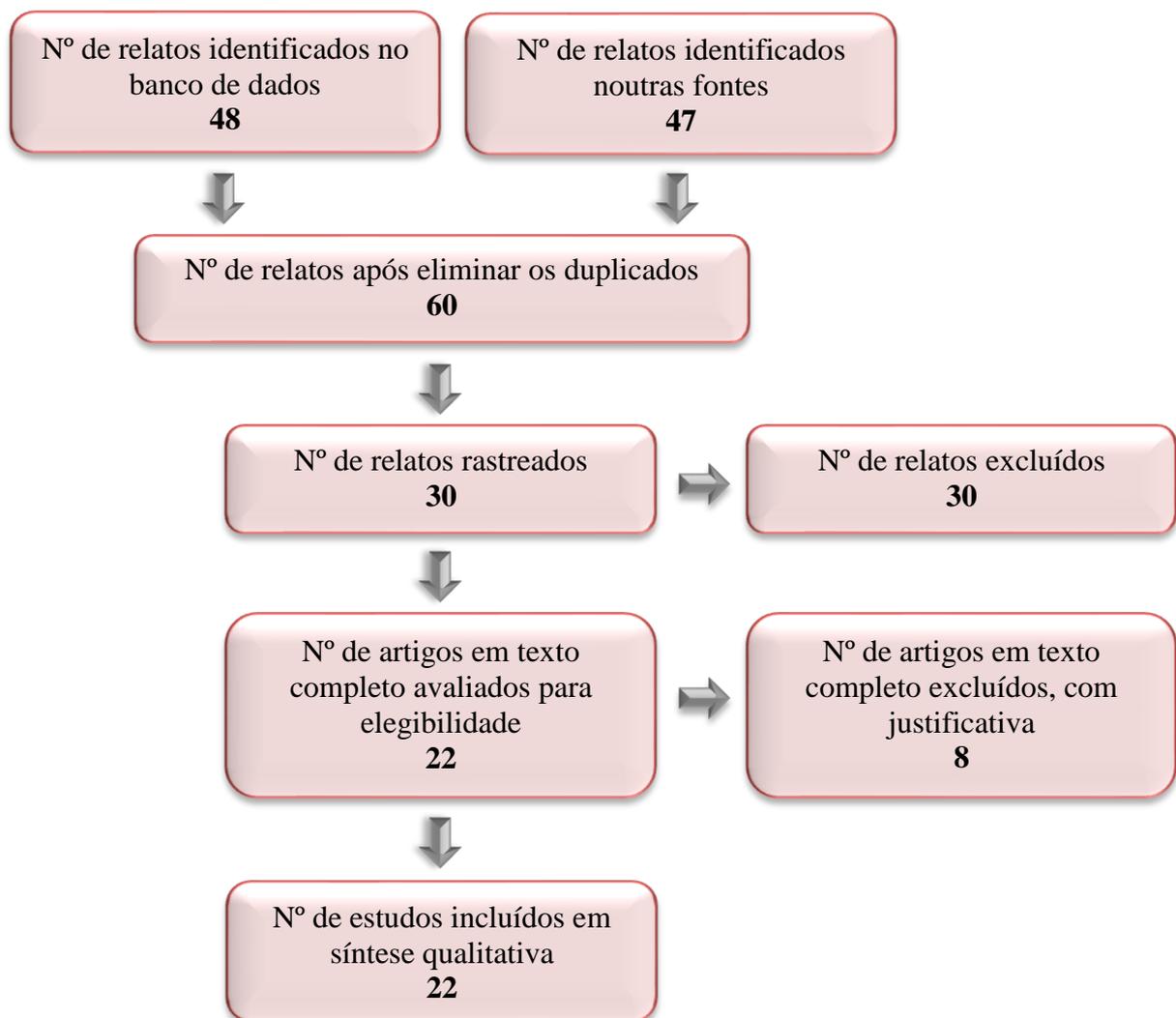


Figura 8. Passos da metodologia PRISMA.

Sob os critérios acima descritos foram geradas 48 referências no banco de dados e 47 em outras fontes e datas. De seguida, foram eliminados os duplicados, passando a totalizar 60 referências. Posteriormente, foram observados todos os títulos dos artigos e resumos dos mesmos, procurando a sua adequação ao tema em estudo, sendo rastreados 30 relatos nesta fase. Seguidamente, e tendo em conta a disponibilidade completa do artigo, foram analisados todos os artigos na sua integridade. Posto isto, foram selecionados 22 artigos em texto completo avaliado para elegibilidade, sendo estes incluídos em síntese qualitativa. Adicionalmente, foram efetuadas pesquisas fora a revisão sistemática PRISMA, nomeadamente a consulta a legislação pertinente e livros, que auxiliaram na definição de conceitos e na abordagem à análise estatística efetuada. Os passos seguidos segundo a metodologia PRISMA encontram-se representados na Figura 8.

Em síntese, seguindo o processo de seleção PRISMA, foram incluídos 22 artigos descritos na Tabela 1. Esta pesquisa tornou-se relevante no sentido que a procura resultou em bibliografia de destacada importância na definição das variáveis de estudo e na posterior comparação dos resultados obtidos.

Tabela 1. Tabela resumo PRISMA.

Autor(es)	Ano	Título
Adam P Cann , Alan W Salmoni e Tammy R Eger	2004	Predictors of whole-body vibration exposure experienced by highway transport truck operators
Alexander Bortolini, Letícia Fleck Fadel Miguel e Tiago Becker	2019	Measurement and evaluation of whole-body vibration exposure in drivers of cargo vehicle compositions
Ankang Jin, Weiguo Zhang e Shihu Wang	2014	Modeling Air-Spring Suspension System of the Truck Driver Seat
Anniek Boeijinga, Hans Hoeken e José Sanders	2016	Health promotion in the trucking setting: Understanding Dutch truck drivers' road to healthy lifestyle changes
Bronson Boi Du, Philip L. Bigelow, Richard P. Wells, Hugh W. Davies, Peter Hall & Peter W. Johnson	2018	The impact of different seats and whole-body vibration exposures on truck driver vigilance and discomfort
Erich Thalheimer	1996	Practical approach to measurement and evaluation of exposure to whole- body vibration in the workplace

Autor(es)	Ano	Título
Firdaous Sekkay, Daniel Imbeau, Yuvin Chinniah, Philippe-Antoine Dubéa, Nathalie de Marcellis-Warin, Nancy Beauregard, Martin Trépanier	2018	Risk factors associated with self-reported musculoskeletal pain among short and long-distance industrial gas delivery truck drivers
Jeong Ho Kim, Monica Zigman, Jack T. Dennerlein e Peter W. Johnson	2018	A Randomized Controlled Trial of a Truck Seat Intervention: Part 2—Associations Between Whole-Body Vibration Exposures and Health Outcomes
Jeong Ho Kim, Monica Zigman, Lovenoor S. Aulck, Jennifer A. Ibbotson, Jack T. Dennerlein e Peter W. Johnson	2016	Whole Body Vibration Exposures and Health Status among Professional Truck Drivers: A Cross-sectional Analysis
Judhajit Roy e E. Harry Law	2016	Effect of Cab Suspension Configuration and Location on Tractor Semi-Trailer Driver Comfort
Kristine Krajnak	2018	Health effects associated with occupational exposure to hand-arm or whole-body vibration
Massimo Bovenzi	2009	Metrics of whole-body vibration and exposure response relationship for low back pain in professional drivers: A prospective cohort study
Massimo Bovenzi, Marianne Schust , Marcella Mauro	2017	An overview of low back pain and occupational exposures to whole-body vibration and mechanical shocks
Massimo Bovenzi, Francesca Rui, Corrado Negro, Flavia D'Agostin, Giuliano Angotzi, Sandra Bianchi, Lucia Bramanti, GianLuca Festa, Silvana Gatti, Iole Pinto, Livia Rondina, Nicola Stacchini	2006	An epidemiological study of low back pain in professional drivers
M. J. M. Robb & N. J. Mansfield	2007	Self-reported musculoskeletal problems amongst professional truck drivers
O. O. Okunribido, M. Magnusson e M. H. Pope	2008	The role of whole-body vibration, posture and manual materials handling as risk factors for low back pain in occupational drivers
Peter W. Johnson, Monica Zigman, Jennifer Ibbotson, Jack T. Dennerlein e Jeong Ho Kim	2018	A Randomized Controlled Trial of a Truck Seat Intervention: Part 1—Assessment of Whole-Body Vibration Exposures
P. Velmurugan, L.A. Kumaraswamidhas, e K. Sankaranarayananamy	2014	Whole Body Vibration Analysis for Drivers of Suspended Cabin Tractor Semitrailer

Autor(es)	Ano	Título
Ruo-xun Fan, Jie Liu, Yong-li Li, Jun Liu e Jia-zi Gao	2018	Finite Element Investigation of the Effects of the Low-Frequency Vibration Generated by Vehicle Driving on the Human Lumbar Mechanical Properties
Ryan P. Blood, Jack Dennerlein, Charlotte Lewis, Patrik Rynell e Peter W. Johnson	2011	Evaluating whole-body vibration reduction by comparison of active and passive suspension seats in semi-trucks
Ryan P. Blood, Michael G. Yost, Janice E. Camp & Randal P. Ching	2015	Whole-body Vibration Exposure Intervention among Professional Bus and Truck Drivers: A Laboratory Evaluation of Seat-suspension Designs
Shamsul Akmar Ab Aziz, Mohd Zaki Nuawi, Mohd Jailani Mohd Nor	2014	Predicting whole-body vibration (WBV) exposure of Malaysian Army three-tonne truck drivers using Integrated Kurtosis-Based Algorithm for Z-Notch Filter Technique 3D (I-kaz 3D)

4.3 Amostra

Para a realização deste estudo, foi solicitada a participação de uma empresa, do setor privado, cujo ramo de atividade é dedicado ao transporte rodoviário de mercadorias. Conta já com 20 anos de experiência neste setor e opera no mercado nacional e internacional. Está equipada com uma frota constituída pelos mais recentes veículos de transporte profissional disponíveis no mercado que garantem a redução do impacto ambiental aliada à segurança rodoviária e conforto do condutor. A sua frota está equipada com os mais recentes equipamentos tecnológicos de comunicação e localização, sendo renovada periodicamente.

Todos os meios necessários desde sujeitos, veículos e informação variada, foram disponibilizados, sendo assim possível a realização deste estudo. A recolha de dados prendeu-se com a criação de dois tipos de amostras, sendo que a primeira se refere aos indivíduos e a segunda diz respeito aos veículos afetos aos mesmos. No momento da recolha dos dados, a empresa era constituída por 34 indivíduos, afetos à categoria profissional de “motoristas de veículos pesados”. Estes sujeitos distribuem-se por 31 veículos pesados, cujas características serão discriminadas seguidamente.

4.3.1 Perfil dos Motoristas

Os sujeitos que compõem a amostra deste estudo são trabalhadores que realizam longos períodos de condução diária e/ou semanal, estando submetidos à exposição ocupacional a VCI, na posição de sentado, com maior probabilidade do que qualquer outro trabalhador e/ou setor

de atividade. Estes indivíduos têm, como pré-requisito para participar, estar destacados ao serviço de transporte internacional e afetos ao mesmo veículo trator á pelo menos 6 meses, com conseqüente mínimo de 1 ano de experiência na sua categoria profissional. Deste modo, do total de 34 motoristas que compõem a empresa no momento da recolha dos dados, 19 reuniam estas condições. Os pré-requisitos permitiram abranger sujeitos com variadas massas corporais e idades distintas. Não foi possível incluir indivíduos do sexo feminino visto que, à data da aplicação do questionário, esta empresa não obtinha nenhuma mulher com esta categoria profissional.

Por consequência, a constituição da amostra ao nível dos veículos, foi condicionada aos veículos conduzidos pelos intervenientes deste estudo e não a totalidade de veículos que constitui a empresa a que estão afetos. O seguinte subcapítulo caracteriza os veículos conduzidos pela amostra.

4.3.2 Veículos

Neste subcapítulo é apresentado o conjunto de veículos que compõem este estudo. Este conjunto é composto por dois segmentos rígidos permanentemente ligados por uma seção articulada que permite a comunicação entre ambos, mais concretamente constituído por veículo trator e seu semirreboque que, em circulação, é equiparado a um veículo único (Lei n.º 72/2013). A Figura 9 exemplifica o tipo de veículo avaliado neste estudo.



Figura 9. Exemplo do conjunto de veículos de teste.

Em concordância com o subcapítulo anterior, constituiu-se uma amostra composta de 19 veículos tratores e 1 semirreboque, destinados ao transporte de carga. A caracterização dos veículos intervenientes neste estudo foi realizada através do reconhecimento de características de identificação e de características de construção mecânica de cada veículo, que influenciem nas VCI.

Crítérios adicionais incluíram que todos os motoristas teriam sempre o mesmo camião dedicado, de modo a comprovar que usam sempre o mesmo assento durante todo o período onde executam a tarefa de condução. Foram elaboradas fichas técnicas para cada um dos veículos de teste descritas no Anexo III. A ordem de realização da medição às VCI foi condicionada à disponibilidade de cada veículo, sendo que os veículos de teste foram selecionados aquando a sua chegada à sede da empresa e posterior descanso regular semanal do motorista. O mesmo acontece relativamente ao semirreboque/carga transportada abordado mais a frente neste subcapítulo.

De acordo com a literatura (Melo, 2006), foram caracterizados todos os veículos que incluem neste estudo nomeadamente as variáveis relacionadas como o assento, a suspensão de *chassis* e a suspensão da cabine. De referir que a idade do assento é igual à idade do camião. Para o correto entendimento de todos os compostos mecânicos que incluem os veículos, preponderantes na identificação das características, foi solicitada a ajuda de profissionais da empresa relativos ao departamento de mecânica e vendedores de camiões de diferentes marcas, bem como a consulta aos manuais de cada veículo. Em todos os veículos foi assegurada a correta pressão dos pneus segundo as normas vigentes.

Relativamente ao veículo semirreboque utilizado, a sua seleção prendeu-se novamente com o fator disponibilidade, nomeadamente de carga. A volatilidade a que circulam, hoje em dia, as mercadorias, e o cumprimento de prazos estipulados por parte dos clientes, não permitem uma imobilização efémera do semirreboque e sua carga. Deste modo, e com vista a realizar as medições às VCI, foi disponibilizada uma carga que permitisse a realização das mesmas em tempo relativamente reduzido, e em conjugação com todos os veículos que obrigatoriamente incluem este estudo. A Tabela 2 apresenta as características do veículo semirreboque.

De referir que, no total, quando o semirreboque é acoplado ao trator, mede na totalidade 16,5 metros de comprimento. Conhecido o veículo semirreboque, comum a todos os testes realizados, revela-se imperativo conhecer as características da carga transportada por este semirreboque, no momento das medições às VCI.

Tabela 2. Caracterização do veículo semirreboque.

Marca	Modelo	Idade (anos)	Dimensões (CompxAltxLarg) (mxmxm)	Peso (kg)
Schmitz Cargobull	SCB-S3T	2	13,90x4x2,55	7912

O peso da carga, somado ao peso do semirreboque totaliza 14480 kg, ao qual se soma o peso do veículo trator (Anexo III). A carga utilizada é de natureza têxtil, apresentando-se de forma paletizada, características estas comuns a tantas outras cargas semanalmente transportadas por estes motoristas. Deste ponto em diante, ao conjunto de veículos analisado será designado apenas por veículo.

4.4 Ferramentas de recolha de dados

Este subcapítulo apresenta as ferramentas de recolha de dados utilizadas, nomeadamente o questionário aplicado e o instrumento de medição dos valores de exposição ocupacional às VCI.

4.4.1 Questionário Nórdico Musculoesquelético

De modo a determinar a sintomatologia vivenciada pelos motoristas de longo curso, optou-se pela elaboração, e posterior aplicação, de um questionário adaptado do Questionário Nórdico Musculoesquelético (QNM) criado por Kuorinka *et al.* (1987) que analisa sintomas musculoesqueléticos em contexto de saúde ocupacional. A versão portuguesa validada do QNM de Serranheira *et al.* (2003), adaptada da versão original de Kuorinka *et al.* (1987), também serviu de base na elaboração do questionário aplicado.

Com a aplicação desta ferramenta subjetiva de recolha de dados procurou-se identificar problemas musculoesqueléticos que ocorram em determinada população, nomeadamente nos motoristas de longo curso e, em caso afirmativo, quais as partes do corpo em que estes problemas estão localizados. Este questionário divide-se em nove regiões anatómicas (coluna cervical, ombros, cotovelos, punhos/mãos, coluna dorsal, coluna lombar, ancas/coxas, pernas/joelhos e tornozelos/pés), que refletem o corpo humano, visto de trás, e perspectiva a visão do inquirido relativa a cada área nos últimos 12 meses e últimos 7 dias, bem como a incapacidade associada (Kuorinka *et al.*, 1987). No sentido de facilitar o preenchimento do mesmo, foi colocada a imagem identificativa de cada zona corporal. Relativamente a escala de intensidade do incômodo/dor constante no questionário, foi adotada uma escala numérica

dividida em onze partes iguais numeradas sucessivamente de zero a dez, onde se pretende que o inquirido faça a equivalência entre a intensidade da sua dor e uma classificação numérica, em que zero corresponde à classificação “Sem dor” e dez corresponde à classificação “Dor máxima” (dor de intensidade máxima imaginável) (Mesquita *et al.*, 2010; Miguel, 2003). Em caso afirmativo de resposta relativa aos últimos 12 meses, o inquirido identifica a intensidade do problema. Segundo a tradução do QNM para português, a expressão problema será entendida como fadiga, desconforto ou dor (Serranheira *et al.*, 2003).

Todos os participantes foram informados sobre o objetivo deste estudo, bem como garantida a confidencialidade de todos os dados fornecidos pelos mesmos. Constituído por perguntas de múltipla escolha, este instrumento de recolha de informação foi autoaplicável a cada indivíduo integrante da amostra, onde previamente foi explicado pelo investigador. A representação do questionário aplicado encontra-se no Anexo I. A sua aplicação decorreu nos meses de março e abril do presente ano, e foi aplicado de forma individual, estando condicionada ao dia e hora de chegada de cada motorista à sede da empresa, ao fim de uma viagem de trabalho.

A aplicação deste questionário fornece informações úteis e confiáveis sobre sintomas musculoesqueléticos que, através da realização de uma triagem aos mesmos, pode servir como ferramenta de diagnóstico para analisar o ambiente de trabalho, a estação de trabalho e o design da ferramenta de trabalho (Kuorinka *et al.*, 1987). A monitorização da dor, desconforto, incômodo, ardor e perda de sensibilidade ao nível do sistema musculoesquelético é uma das formas de avaliar a manifestação sintomática corporal que deve servir como alerta para a prevenção das lesões musculoesqueléticas e de outras patologias que possam vir a limitar ou diminuir a interação do homem com o sistema de trabalho (Serranheira *et al.*, 2003).

4.4.2 Instrumento de medição das VCI

Para a medição dos valores de exposição ocupacional às VCI, sob a forma de acelerações (R.M.S) ponderadas em frequência, foi utilizada uma unidade de análise e registo denominado *Quest VI-400pro* (Figura 10). O *Quest VI-400pro* é um equipamento digital do tipo 1, com quatro canais independentes para medição e análise simultânea de vibrações (de acordo com as ISO 8041:2005 e ISO 10816:2009). Para a recolha de dados, foram utilizados os primeiros três canais para avaliação dos níveis de vibração (canal 1: eixo x; canal 2: eixo y; canal 3: eixo z), medido através de um acelerómetro tri-axial conectado ao vibrómetro. A colocação e orientação do acelerómetro respeitou as orientações descritas na norma ISO 2631-1:2007, representada na

Figura 11, medida entre o corpo e a superfície de apoio, o assento, ponto de entrada da vibração no corpo. A última calibração do aparelho realizou-se em outubro de 2017.



Figura 10. Equipamento de análise e registo *Quest VI-400pro*.



Figura 11. Localização e fixação do acelerómetro tri-axial no assento de um veículo de teste.

Em todas as medições foi utilizada fita-adesiva para assegurar o contato permanente entre o aparelho, o assento e o condutor, evitando quaisquer deslocações durante a medição às VCI relativas a cada teste. O aparelho foi configurado para 1000 ciclos, sendo que cada ciclo corresponde a 1 segundo. O número de ciclos recolhidos por cada teste situou-se entre os 660 e os 772 segundos. Ao iniciar a medição, ligou-se o aparelho e esperou-se um mínimo de 60 segundos até este entrar em modo operacional. O aparelho foi configurado para, ao clicar no botão de *START*, iniciar a recolha ao fim de 5 segundos. Antes de acionado o botão *START*, o veículo já se encontrava acoplado, o motor do veículo já se encontrava em funcionamento, o assento pneumático já se encontrava acionado e devidamente ajustado à medida pretendida pelo motorista, bem como o respetivo volante, e por fim o cinto de segurança já se encontrava colocado. Deste modo foram evitadas recolhas de dados desnecessários. Acionado este botão, o motorista destravava o veículo e procedia ao início da marcha. Foi possibilitada a visualização de cada medição pelo analista visto que o veículo possui dois assentos, controlando com precisão o início e o fim de cada medição. O ponto de partida e o ponto de chegada traduziram-se no mesmo ponto.

Posteriormente, os dados foram transferidos para o programa *Quest Suite Pro II*, e posteriormente para o programa *Microsoft Excel*, onde os dados foram tratados individualmente

para cada teste. A aceleração eficaz ponderada foi determinada para cada eixo (x, y e z), bem como os valores máximos registados.

4.5 Percurso de teste

Os motoristas de longo curso são trabalhadores que, neste caso em concreto, são afetos por variados pontos da Península Ibérica, e não só, podendo realizar percursos por toda a Europa. Devido ao impedimento espaço-temporal que advém destes trajetos, foi delineado um percurso de teste para a realização das medições às VCI, por consequência não efetuadas em contexto real de trabalho. De forma a obter uma aproximação à realidade, este percurso foi traçado tendo em conta as características das rotas de trabalho realizadas por estes motoristas, como por exemplo o tipo de piso, que grande parte dos percursos inclui estrada nacional e autoestrada, alcançando o máximo de velocidade de 90 km/h. Por conveniência, o percurso de teste situa-se nas imediações da sede da empresa, num itinerário que totaliza 8,9 km. O tipo de piso que se verifica é o asfalto, dado ser o piso que mais é utilizado nas rotas destes motoristas. A Figura 12 apresenta o percurso de teste realizado.

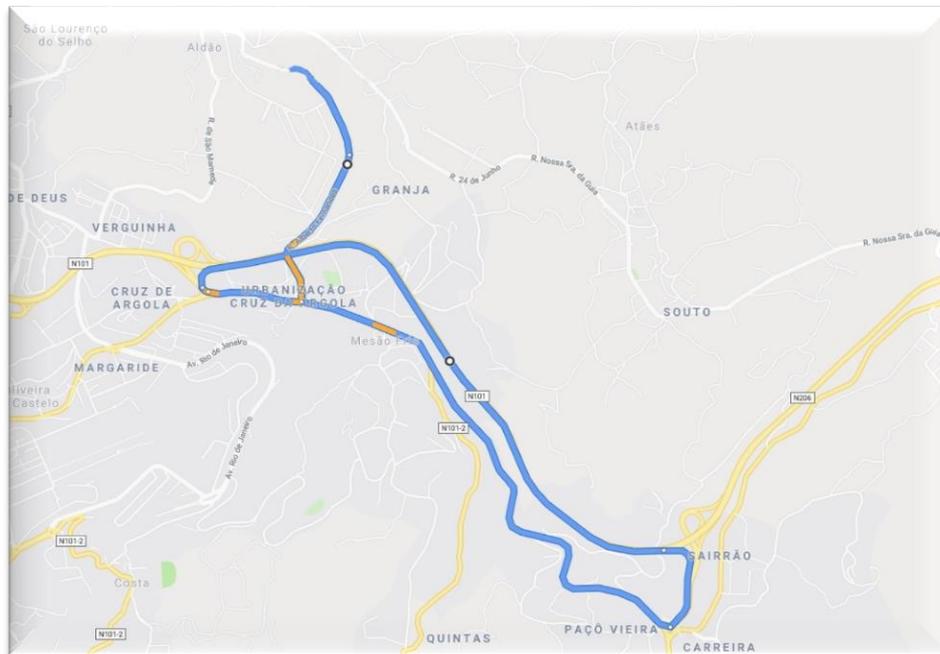


Figura 12. Percurso de teste realizado.

Este percurso foi realizado por todos os veículos de teste de modo a que as condições de distância, de estrada, de velocidade e do semirreboque/carga fossem as mesmas, bem como o

tempo de amostragem semelhante. Para a realização dos testes, destacou-se apenas um motorista, de modo a uniformizar a amostra de indivíduos. A Tabela 3 assinala a informação base do condutor de teste.

Tabela 3. Caracterização do condutor de teste.

Condutor	
Idade (anos)	56
Peso (kg)	75
Altura (m)	1,70

A recolha de dados deu-se nos dias 14 e 15 de junho do presente ano de realização deste estudo, onde se verificaram condições climáticas favoráveis, com ausência de chuva.

4.6 Análise estatística

De modo a extrair ilações dos dados obtidos através da aplicação das ferramentas de recolha de dados, recorreu-se ao método estatístico, sendo este o mais adequado para apresentar os resultados. Foi utilizado o programa de análise estatística IBM SPSS *Statistics* versão 24 (*Statistical Package for the Sciences*) para tratamento dos dados. De modo a descrever e sumariar o conjunto de dados obtidos, recorreu-se à estatística descritiva, recorrendo a medidas de tendência central (média e mediana) e medidas de variabilidade (desvio padrão, valor máximo e mínimo), pelo que os dados foram resumidos de forma numérica e gráfica. Com o objetivo de fazer afirmações a partir do conjunto de valores obtido e generalizar para a população de estudo, recorreu-se à estatística inferencial. A verificação da normalidade dos dados foi um dos pressupostos realizados. Para tal, foi aplicado o Teste de Kolmogorov-Smirnov com a Correlação de Lilliefors. Não se verificou a normalidade da distribuição dos dados ($p < 0,05$) para todas as variáveis testadas (Anexo II). Por consequência, foram usados testes não paramétricos. Com base nesta premissa e com o intuito de responder à pergunta de investigação, recorreu-se ao Coeficiente de Correlação de Spearman, procurando a associação entre duas variáveis sem qualquer implicação de causa e efeito entre ambas (Anexo II). Foi ainda analisada a presença de *outliers* através da representação gráfica dos resultados (*Boxplot*) e tomada a decisão posterior de manter as observações extremas observadas.

De modo a responder à pergunta de investigação, na aplicação do teste foram definidas as seguintes hipóteses:

H0: não existe associação entre X, Y, e Z e as características do camião.

H1: existe associação entre X, Y e Z e as características do camião.

Sempre que o valor de p foi inferior a 0,05 e/ou 0,01, rejeitou-se a hipótese nula (H0) e aceitou-se a hipótese alternativa (H1). Para todos os testes realizados, foi estabelecido um nível de significância de 0,05 e/ou 0,01.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os principais resultados obtidos através das ferramentas de recolha de dados utilizados, com posterior discussão assentada na bibliografia disponível. Para melhor visualização dos dados, recorreu-se a tabelas resultantes da análise estatística, bem como a gráficos ilustrativos. De referir que, todas as tabelas estatísticas que servem de suporte são apresentadas junto aos resultados.

Este capítulo está dividido em 4 subcapítulos indicadores de resultados, sendo que o primeiro expõe a caracterização da amostra de indivíduos e dos veículos de teste, nomeadamente as variáveis analisadas, em concordância com a revisão bibliográfica. Aqui os dados são apresentados tendo em conta as características de identificação e características de construção mecânica de cada veículo de teste.

No segundo subcapítulo são mencionados os resultados obtidos da avaliação às VCI. São expostos os valores conseguidos para cada eixo do corpo humano, bem como os resultados para o cálculo de a_v , indicado na norma ISO 2631-1:2007, e para o cálculo de $A(8)$ e $A(8)_{\text{semanal}}$, referenciados no Decreto-Lei n.º 46/2006.

Por conseguinte, o terceiro subcapítulo apresenta os resultados obtidos referentes ao QNM, caracterizando os motoristas quanto a sua principal sintomatologia vivenciada no seu posto de trabalho, relativamente à tarefa de condução.

No último subcapítulo recorre-se à estatística inferencial, apresentando o grau de associação entre os eixos do corpo humano e as variáveis relacionadas com os veículos de teste.

5.1 Identificação da amostra

Com base nos resultados obtidos através do QNM, começa-se por apresentar as características da amostra solicitadas aos participantes, descritos na Tabela 4.

Tabela 4. Caracterização da amostra de motoristas.

Estatísticas	Idade (anos)	Altura (m)	Peso (kg)	Experiência (anos)
Média ($\pm dp$)	44,1 ($\pm 9,1$)	1,72 ($\pm 0,1$)	86,8 ($\pm 9,8$)	13,3 ($\pm 8,5$)
Mínimo	29	1,55	70	1
Máximo	61	1,85	101	35

Com base num total de 19 voluntários, a média de idades destes indivíduos situa-se nos 44,1 ($\pm 9,1$) anos, sendo que a idade mínima se situa nos 29 anos e a idade máxima nos 61 anos. O número de anos nesta atividade varia entre 1 e 35 anos, sendo que a média de anos nesta profissão é de 13,3 ($\pm 8,5$) anos. Relativamente às variáveis peso e altura dos participantes, em média, os intervenientes pesam 86,8 ($\pm 9,8$) kg e têm uma estatura de 1,72 ($\pm 0,1$) metros.

Relativamente aos veículos de teste, a Tabela 5 reporta as características identificativas de todos os veículos conduzidos pelos participantes, bem como a atribuição de valores identificativos de teste.

Tabela 5. Características de identificação dos veículos de teste.

Teste nº	Código Matrícula	Marca	Modelo/Denominação Comercial	Idade (anos)	Nº de veículos representativos
1	04-SM-49	Renault	HR 460/Premium	8	1
2	12-SM-25	Mercedes	934.03/Actros 1846 LS	6	1
3	17-SM-31	Renault	Magnum 4x2/AE 480	7	1
4	23-SM-31	Renault	Magnum 4x2/AE 480	6	1
5	30-SM-68	Iveco	BA3C/Stralis AS440T/P	3	3
6	33-SM-55	Volvo	24A3C/FH (4x2)	4	1
7	36-SM-53	Renault	HD001/T	4	3
8	39-SM-51	Scania	N323/R500	1	3
9	54-SM-02	Scania	N320/R450	4	1
10	83-SM-17	Volvo	FHA3C/FH (4x2)	6	2
11	85-SM-25	Iveco	BA3C/Stralis AS440T/P	4	2
Total					19

Dos 19 veículos tratores que constituem este estudo, e depois de reconhecidas características comuns entre eles através da consulta prévia aos documentos identificativos de cada veículo, foram realizados 11 testes às VCI, obtidos ao nível do assento do condutor, representativos do total da amostra. Na primeira coluna da Tabela 5, verifica-se o número de testes realizados. Os dados fornecidos pela empresa foram analisados concluindo que os testes que representam mais do que uma viatura dizem respeito a veículos submetidos ao mesmo contrato de compra, pelo que as suas características são iguais. Para a numeração destes veículos foi utilizado o critério matrícula, representado na segunda coluna da Tabela 5, em que foram tidos em conta a primeira

série de números da mesma. De modo a garantir a confidencialidade dos motoristas e veículos, as letras constituintes das matrículas foram codificadas. Foi usado o critério “nome do autor” designadamente a letra do primeiro e do último nome. Neste seguimento, todas as letras mencionadas nas matrículas são mencionadas como “SM”. Na ponderação do agrupamento do número de veículos representativos (última coluna da Tabela 5), variáveis como a marca, o modelo/denominação comercial, a idade dos veículos e o tipo de assento foram preponderantes. De modo a caracterizar a frota de teste, de seguida apresenta-se um breve reporte identificativo da amostra de veículos. A Figura 13 ilustra a percentagem de cada marca atribuída aos veículos constituintes deste estudo. A observação ao gráfico de pizza abaixo representado, verifica-se que a marca com maior predominância neste estudo é a Renault (31,58%), seguindo-se a Iveco (26,32%), a Scania (21,05%), a Volvo (15,79%) e por fim a Mercedes (5,26%).

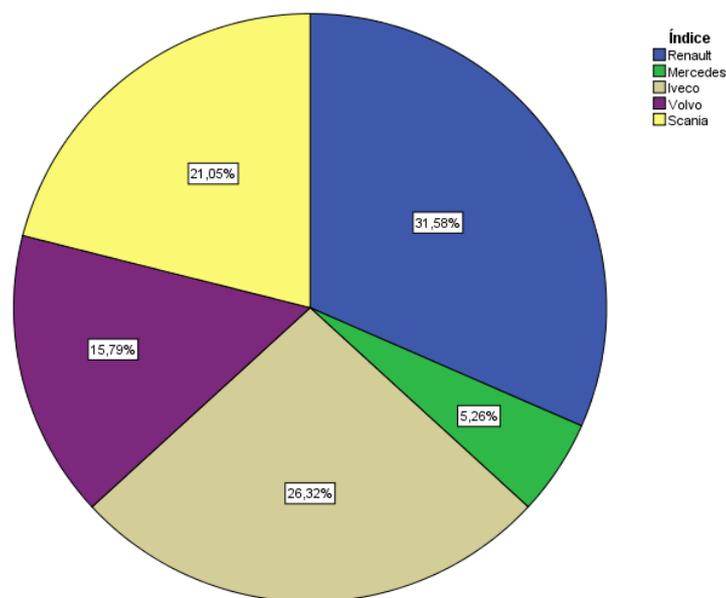


Figura 13. Gráfico representativo da marca do veículo conduzido.

Apresentada a frota de teste quanto à marca, na Tabela 6 são caracterizadas a idade e os quilómetros dos veículos. A média de idades dos veículos constituintes da amostra é de 4,16 ($\pm 2,0$) anos, variando entre o valor mínimo de 1 ano até 8 anos de idade máxima. Outra das variáveis identificativas prende-se com os quilómetros das viaturas, registados à data da avaliação. A média de quilómetros dos veículos tratores deste estudo ultrapassa o meio milhão, sendo que varia entre o valor mínimo de 79913 km e o valor máximo de 995575 km.

Tabela 6. Caracterização da frota de teste quanto à idade e ao número de quilómetros.

Estadísticas	Anos	Quilómetros
Média ($\pm dp$)	4,16 ($\pm 2,0$)	542339,2 ($\pm 275429,5$)
Mínimo	1	79913
Máximo	8	995575

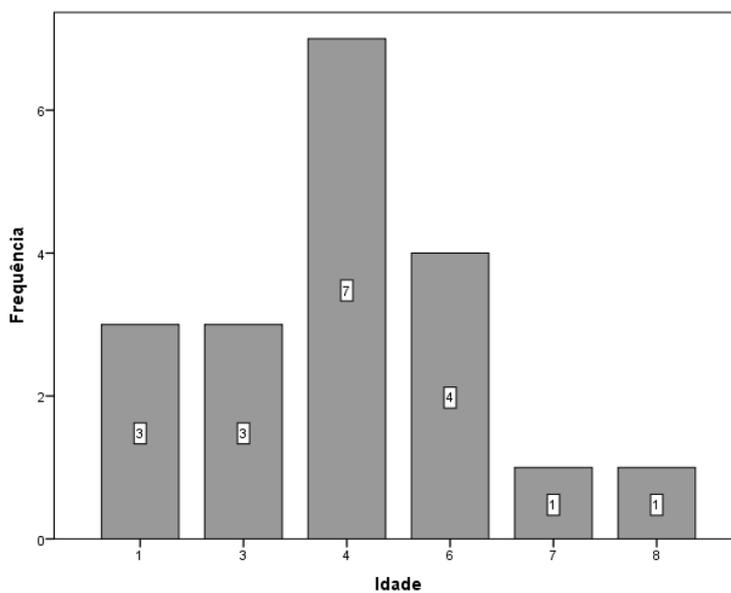


Figura 14. Gráfico de barras representativo da idade dos veículos de teste.

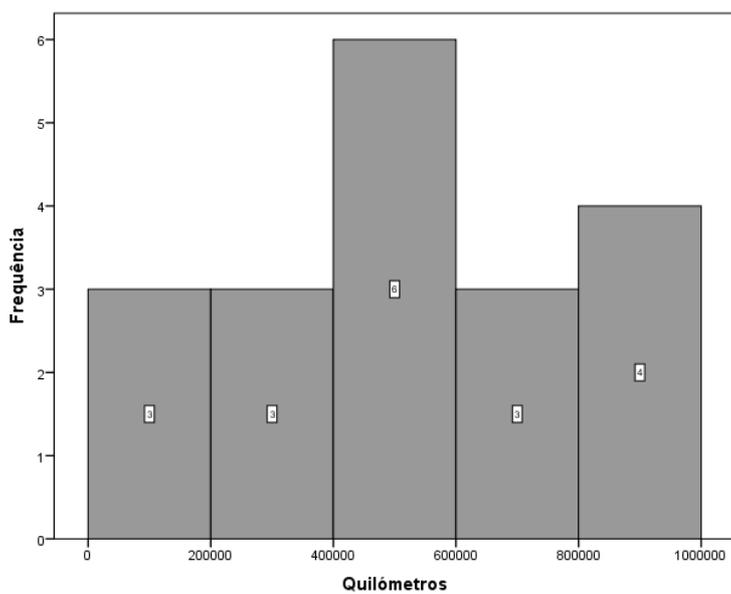


Figura 15. Histograma representativo dos quilómetros dos veículos de teste.

O gráfico de barras representado na Figura 14 apresenta a distribuição dos veículos, por idade, evidenciando que o maior grupo de veículos que compõem este estudo possui 4 anos. Posteriormente, na Figura 15, representa-se o número de quilômetros dos veículos que incluem este estudo, registados no momento da avaliação, através de um histograma. O intervalo entre os 400000 km e os 600000 km engloba o maior número de veículos de teste, seguindo-se do intervalo entre os 800000 km e 1000000 km.

De seguida, importa conhecer as características relativas à construção mecânica de cada veículo, com particular influência nas VCI vivenciadas pelos motoristas, assentadas na revisão bibliográfica executada.

Tabela 7. Características de construção vs. marca.

Variável		Marca					Total
		Renault	Mercedes	Iveco	Volvo	Scania	
Tipo de assento	Molas	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Pneumático	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Regulação do amortecimento do assento	Automático	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Selecionar peso do motorista	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Selecionar números	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
	Selecionar símbolos	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Comando do assento	Níveis	100,0%	100,0%	0,0%	0,0%	100,0%	57,9%
	Contínuo	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	0,0%	42,1%
Suspensão da cabine	Molas + misto	50,0%	100,0%	0,0%	66,7%	0,0%	31,6%
	Pneumática	50,0%	0,0%	100,0%	33,3%	100,0%	68,4%
Suspensão do chassis	Frente: 2 molas; Atrás: 2 pneumáticos	100,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	36,8%
	Frente: 2 molas; Atrás: 4 pneumáticos	0,0%	0,0%	100,0%	100,0%	100,0%	63,2%

A análise referente à linha da variável “Tipo de assento” é 100% concordante, sendo que todos os assentos possuem suspensão do tipo pneumática, independentemente da marca do veículo. A imagem identificativa de cada assento utilizado nesta investigação pode ser verificada no Anexo III. O mesmo acontece com a variável relativa à “Regulação do amortecimento do assento” em que 100% da amostra é constituída por assentos reguláveis através da seleção de símbolos. A variável “Comando o assento” é a única variável relacionada com o assento que apresenta diferenças entre os veículos de teste, sendo que 57,9% da amostra é composta por comando com seleção por níveis e 42,1% é composta por comando com seleção contínuo. Outro dado importante aqui a reter é que as marcas Renault, Mercedes e Scania são compostas na sua totalidade com comando com seleção por níveis e as restantes marcas são compostas totalmente por comando com seleção contínuo. Relativamente à “Suspensão da cabine”, 31,6% do total da amostra é constituída com recurso a molas ou suspensão mista (mista significa que a suspensão é composta por motas à frente e pneumáticos atrás) e 68,4% é constituída por suspensão pneumática. Importa aqui elucidar que, independentemente da constituição da suspensão da cabine, esta é totalmente suspensa em todos os veículos de teste.



Figura 16. Exemplo de uma mola que compõe uma suspensão de cabine.



Figura 17. Exemplo de um pneumático que compõe uma suspensão de cabine.

Verifica-se a tendência para as marcas Scania e Iveco construírem os seus veículos com suspensão de cabine 100% pneumática e a Mercedes construir com suspensão de cabine 100% composta de molas ou misto. Já a marca Renault divide-se entre os dois tipos de suspensão de cabine avaliados (molas + misto: 50%; pneumática: 50%), bem como a marca Volvo (molas +

misto: 66,7%; pneumática: 33,3%). Por fim, e relativamente à “Suspensão do *chassis*”, verifica-se que 36,8% da amostra é constituída por um sistema de suspensão com 2 molas no eixo da frente e 2 amortecedores pneumáticos no eixo traseiro e 63,2% é constituída por um sistema de suspensão com 2 molas no eixo da frente e 4 amortecedores pneumáticos no eixo de trás. Conclui-se também que os veículos tratores da marca Renault e Mercedes são construídos integralmente com um sistema de suspensão com 2 molas no eixo da frente e 2 amortecedores pneumáticos no eixo posterior, ao invés das marcas Iveco, Volvo e Scania que são construídos totalmente por um sistema de suspensão com 2 molas no eixo da frente e 4 amortecedores pneumáticos no eixo posterior.



Figura 18. Exemplo de duas molas que compõe uma suspensão de *chassis*.



Figura 19. Exemplo de um pneumático que compõe uma suspensão de *chassis*.

Importa aqui referir que todos os veículos contêm suspensão pneumática controlada eletronicamente que estabiliza o trator e o semirreboque atrelado ao mesmo, em função do peso e da posição da carga transportada. Estes veículos têm também regulação do volante e da posição do assento em altura e profundidade, seja ele manual ou pneumático, na ajuda para um maior conforto na condução e adaptação a cada indivíduo. Analisada a Tabela 7, verificou-se que as variáveis “comando do assento”, “suspensão da cabine” e “suspensão do chassis” têm reportes que se diluem pelas opções de resposta.

Posto isto, verificar a tendência das variáveis em relação às suas opções de resposta pode revelar informação pertinente. Relativamente ao assento, importa analisar a variável “comando do assento”, sendo que esta não é 100% concordante nas respostas, comparativamente às outras variáveis também relacionadas com o assento. A Figura 20 apresenta a variabilidade da variável “comando do assento”, verificando-se semelhante para qualquer tipo de comando de assento.

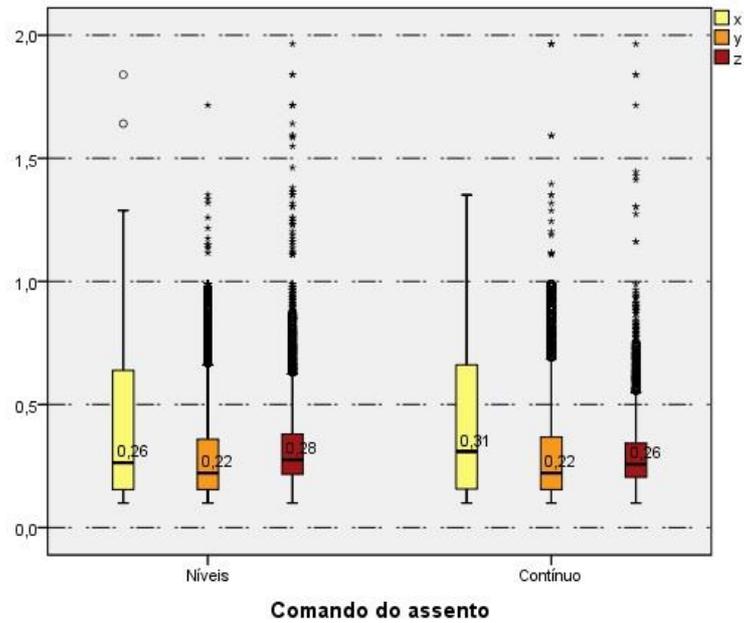


Figura 20. Gráfico *boxplot* para a variável “comando do assento”.

Os valores *outliers* registados foram considerados para todas as variáveis, podendo estes derivar de picos registados durante as medições das VCI sob o assento do motorista, advindos da condição da estrada. A variável intitulada “suspensão da cabine” é retratada na Figura 21. Em observação ao seguinte gráfico comparativo *boxplot*, verifica-se que a variabilidade dos dados, por cada eixo, também é semelhante para qualquer tipo de suspensão da cabine.

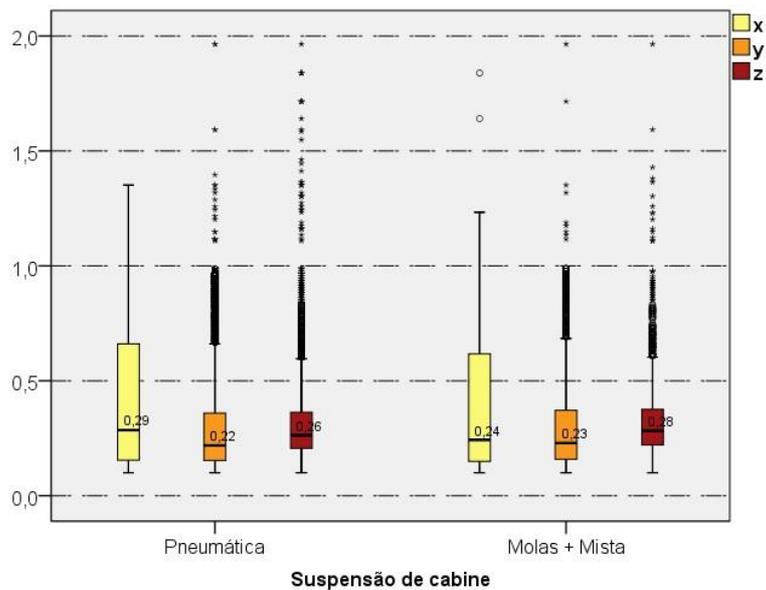


Figura 21. Gráfico *boxplot* para a variável “Suspensão de cabine”.

Ainda relativo à suspensão, importa agora apresentar a variável “suspensão do *chassis*”, retratada na Figura 22.

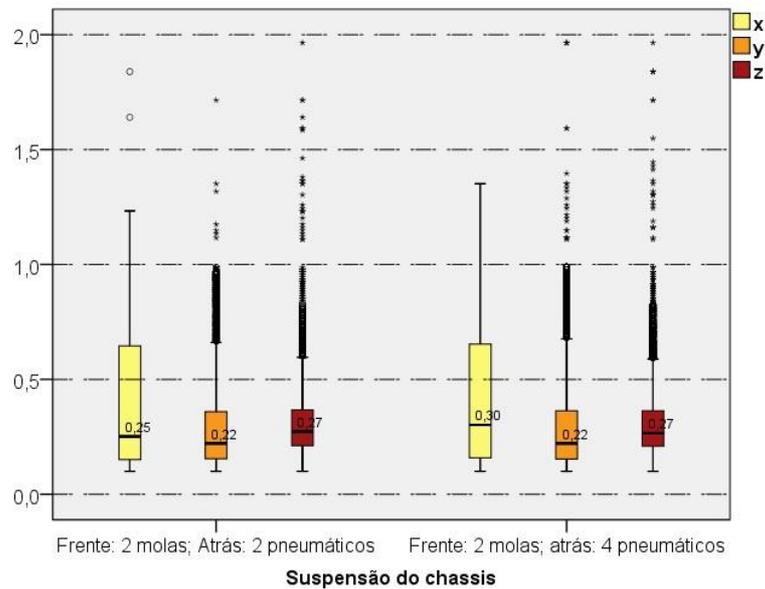


Figura 22. Gráfico *boxplot* para a variável “Suspensão do *chassis*”.

O gráfico *boxplot* exibido na Figura 22, registra a mesma concordância representada para a variável analisada anteriormente, confirmando que a variabilidade dos dados, por cada eixo, é semelhante para qualquer tipo de suspensão do *chassis*.

A consulta aos gráficos *Boxplot* expostos evidencia que o eixo x é o eixo que registra maior variabilidade dos dados em comparação com os restantes eixos, registrando deste modo valores superiores. Em conclusão, para as três variáveis representadas através dos gráficos *boxplot*, verifica-se variabilidade semelhante para as duas opções de resposta.

5.2 Descrição da exposição ocupacional às VCI

Neste subcapítulo são apresentados os resultados obtidos da exposição ocupacional às VCI para cada um dos veículos ensaiados, tendo em conta os três eixos referenciados no enquadramento teórico. A Tabela 8 contém um sumário dos valores médios de aceleração ponderada em frequência, assim como o valor eficaz total da aceleração ponderada, traduzindo o valor total de vibração transmitida ao motorista.

Tabela 8. Resumo dos valores de aceleração ponderada (média \pm desvio padrão) e valor eficaz total da vibração para os veículos de teste, obtidos sobre o assento.

Teste n°	R.M.S. (m/s ²)			
	Wd_x	Wd_y	Wk_z	a _v
1	0,40 \pm 0,281	0,30 \pm 0,216	0,38 \pm 0,199	0,796
2	0,35 \pm 0,275	0,34 \pm 0,228	0,31 \pm 0,182	0,750
3	0,41 \pm 0,289	0,30 \pm 0,225	0,29 \pm 0,169	0,768
4	0,39 \pm 0,290	0,30 \pm 0,233	0,29 \pm 0,147	0,747
5	0,43 \pm 0,280	0,32 \pm 0,264	0,29 \pm 0,170	0,804
6	0,39 \pm 0,269	0,34 \pm 0,258	0,30 \pm 0,160	0,784
7	0,40 \pm 0,287	0,31 \pm 0,243	0,33 \pm 0,176	0,782
8	0,40 \pm 0,259	0,30 \pm 0,220	0,33 \pm 0,201	0,774
9	0,39 \pm 0,283	0,32 \pm 0,239	0,36 \pm 0,184	0,793
10	0,40 \pm 0,280	0,30 \pm 0,225	0,33 \pm 0,155	0,774
11	0,43 \pm 0,298	0,31 \pm 0,236	0,28 \pm 0,163	0,793

A consulta à última coluna da Tabela 8 relativa ao cálculo do valor eficaz total da vibração, para cada teste, e quando comparados estes resultados com o campo de valores referência representados a tracejado na Figura 23, relativos às zonas de vigilância para orientação da saúde, verifica-se que os valores obtidos para cada teste situam-se nessas mesmas zonas de vigilância [entre 0,747 m/s² e 0,804 m/s²], como definido pelo tracejado vermelho indicado na mesma figura, existindo a necessidade de se tomarem precauções no que se refere a potenciais riscos para a saúde. A consulta á mesma figura revela um dado muito importante, indicando que, para estas condições, um motorista não deveria estar exposto a VCI muito para além das 8 horas diárias, tendo este resultado implicação direta no tempo de condução. Os dados apresentados vêm ao encontro do estudo protagonizado por Velmurugan *et al.* (2014) e indicam que, em média, o valor total eficaz da vibração obtido através do camião de teste foi de 0,795 m/s² nas condições de estrada com piso suave e semirreboque carregado, concluindo que o motorista não deve exceder as 8 horas diárias de condução. Também Bortolini *et al.* (2019) demonstraram que os valores superiores registados tendo em conta o motorista e o tipo de estrada em asfalto, 0,728 m/s² para condição sem carga e 0,652 m/s² para condição com carga, excedem o limite de exposição inferior da ISO 2631-1:2007 mas não ultrapassa o valor superior indicado.

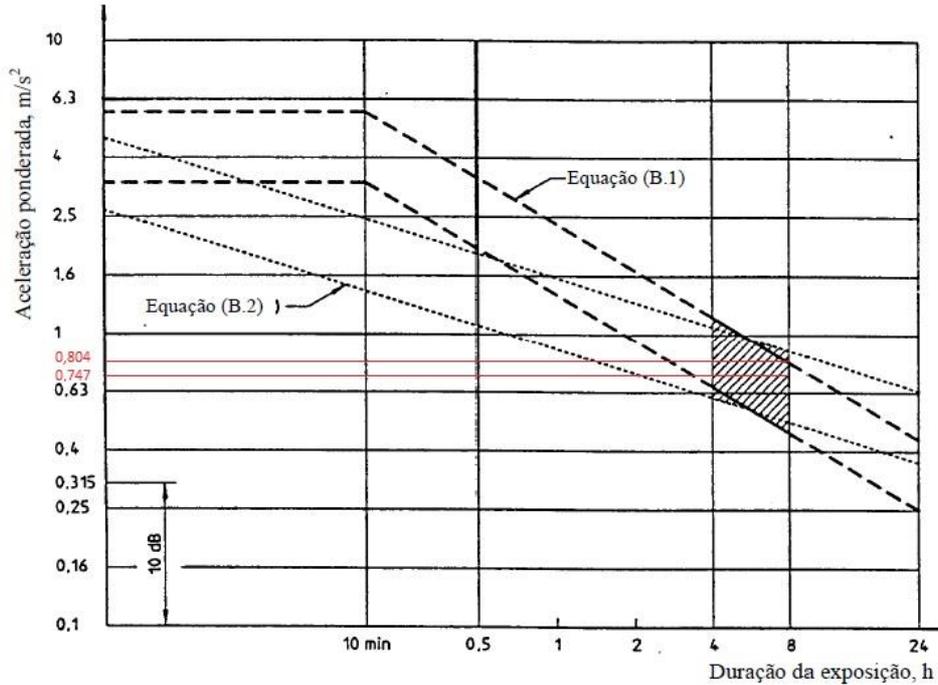


Figura 23. Zonas de vigilância para a orientação no que se refere à saúde adaptado da NP ISO 2631-1:2007.

O aumento diário dos períodos de exposição bem como o prolongamento no tempo e o acréscimo dos níveis de vibração aumentam o risco de degradação da saúde (NP ISO 2631-1:2007). Os resultados obtidos revelam que, para estas condições, os motoristas não deveriam exercer a tarefa de condução por mais de 8h diárias, sendo de prever uma probabilidade de ocorrência de lesões acima desse número de horas.

Seguidamente, a Figura 24, em concordância com a Tabela 8, retrata os valores médios de aceleração ponderada em frequência, para cada teste. De uma forma geral, a Tabela 8, através da consulta às colunas relativas aos três eixos ortogonais (x, y e z), bem como a Figura 24, que exibem os resultados obtidos para cada teste indicam que, o eixo x revela-se superior em todos veículos analisados, comparativamente aos outros eixos do corpo humano. Contrariamente aos resultados obtidos, a revisão da literatura revela forte predominância no eixo z para diferentes condições de teste e variáveis de estudo (Du *et al.*, 2018; Mayton, Porter, Xu, Weston, & Rubenstein, 2018; Velmurugan *et al.*, 2014). Isto pode dever-se ao fato do circuito de teste realizado não ser um circuito livre de trânsito. Durante todos os testes, foi verificado o frequente pára-arranca derivado dos veículos que circulavam na via pública, veículos estes que se protagonizaram como obstáculos à livre circulação, promovendo a consecutiva obrigação na redução da marcha do camião de teste, através da utilização do travão. Também de realçar que

a execução dos testes foi condicionada à disponibilidade dos veículos cedidos pela empresa, pelo que promover um horário que pudesse abranger menor fluxo de trânsito aliado ao fator disponibilidade dos veículos da empresa, poderia alargar o tempo de recolha de dados, pelo não seria possível manter a carga e respetivo semirreboque imobilizados por tempo indeterminado.

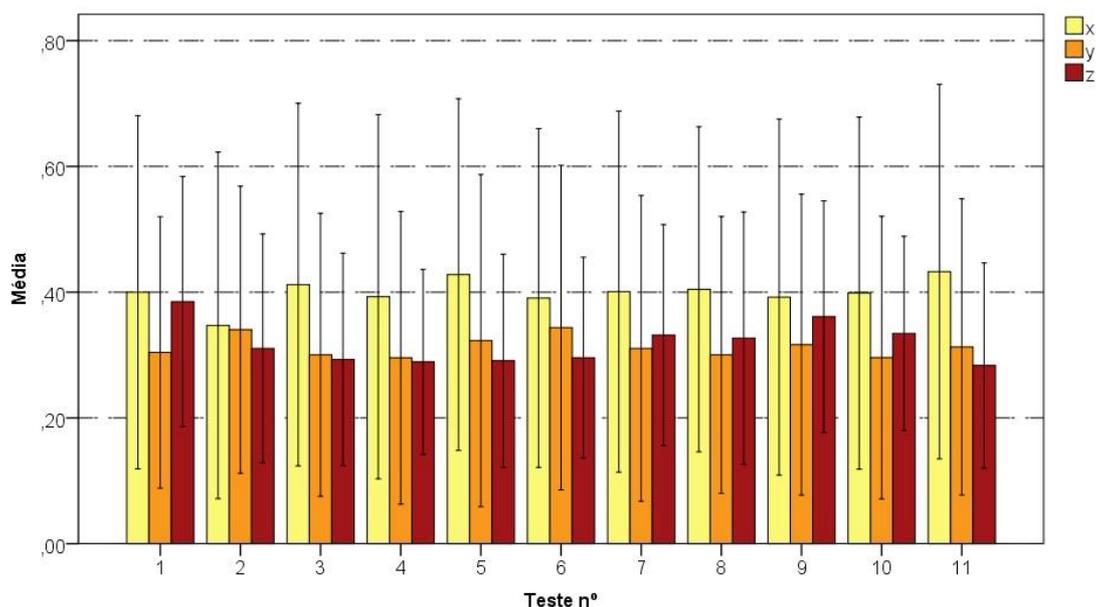


Figura 24. Valores médios e desvio padrão de aceleração ponderada para cada eixo, obtidos sobre o assento.

Apesar de não predominante, também outros autores procuraram a justificação para a prevalência do eixo x num dos sujeitos de teste e verificaram que um dos motivos se prendia com o declive pronunciado realizado pelo camião aquando a descida a um poço, usando o travão para controle do mesmo, através da redução da velocidade (Mayton *et al.*, 2018).

Apresentados os valores coletados no assento de cada veículo de teste, torna-se imperativo perceber se todos os veículos cumprem os valores limite indicados pelo Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro. A Tabela 9 expõe os resultados do cálculo para a exposição diária e semanal às VCI, com suporte no Regulamento (CE) n.º 561/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de março de 2006, descrito anteriormente. Os valores obtidos para o cálculo de $A(8)$, para 9 e/ou 10 horas de condução, e para $A(8)_{\text{semanal}}$, para 56 horas de condução, indicam que os valores situam-se entre o VAE e o VLE. A análise protagonizada por Kim *et al.* (2016) também incluiu dados relativos a um turno completo de trabalho compreendido entre 6 e 15 horas, em que o tempo de condução, em média, era de 6,7 horas, dados estes que apoiaram na caracterização da exposição às VCI dos motoristas de camião. Os resultados

obtidos, relativos aos dados coletados no assento, demonstraram que as exposições diárias indicaram estar acima dos limites de ação ($A(8)=0,51 \text{ m/s}^2$), em concordância com os resultados aqui obtidos, independentemente do número de horas de condução. Para o somatório de a_v segundo a NP ISO 2631-1:2007 e segundo os valores transcritos no Decreto-Lei n.º 46/2006, o estudo protagonizado por Bortolini *et al.* (2019), para o piso em asfalto, também se situa entre o VAE e VLE.

Tabela 9. Resultados de $A(8)$ e $A(8)_{\text{semanal}}$ para os veículos de teste.

Teste n°	A (8) (m/s ²)		
	Diário (9h)	Diário (10h)	Semanal (56h)
1	0,59	0,63	0,66
2	0,52	0,55	0,58
3	0,61	0,64	0,68
4	0,58	0,61	0,65
5	0,64	0,67	0,71
6	0,58	0,61	0,65
7	0,59	0,63	0,66
8	0,59	0,63	0,66
9	0,58	0,61	0,65
10	0,59	0,63	0,66
11	0,64	0,67	0,71

Independentemente do contexto ou da legislação de cada país em vigor, também outros autores consideram rotas regulares de 10 horas de condução, onde os motoristas relataram conduzir entre 40 a 60 horas por semana (Du *et al.*, 2018), provando a relevância sobre o profundo conhecimento do contexto da realidade de trabalho dos motoristas quando analisada a exposição ocupacional a VCI.

Os resultados obtidos neste subcapítulo refletem sobre a eventualidade de tomada de ações. O ponto inicial desta discussão remete para a solução mais eficaz que passaria pela eliminação da vibração na fonte, mas no caso da condução de veículos rodoviários de transporte de passageiros e/ou mercadorias, é impraticável, pois isso passaria pela necessidade de automatizar a tarefa ou pela sua supressão (Melo, 2006). Sendo esta solução inexecutável, a redução da vibração na fonte parece ser a opção possível ao nível técnico (Melo, 2006). A este

nível, e indo ao encontro da revisão bibliográfica realizada, uma das soluções passará por adquirir veículos com assentos equipados com suspensão ativa, em detrimento da suspensão passiva composta por suspensão pneumática, de modo a diminuir A(8) (Du *et al.*, 2018). Esta medida de engenharia reduz eficazmente a exposição às VCI (Blood, Dennerlein, Lewis, Rynell, & Johnson, 2011; Blood *et al.*, 2015; Du *et al.*, 2018; Johnson *et al.*, 2018). No entanto a substituição do assento passivo ou a aquisição de novos veículos que incorporem assentos com suspensão ativa pode acarretar elevados custos para as empresas. A pouca ou até nenhuma disponibilização de informação técnica a respeito dos assentos por parte dos fabricantes e o desconhecimento dos compradores em relação aos critérios de seleção do assento (Melo, 2006), são fatores que estão diretamente relacionados com o ato da aquisição de veículos, transmitindo uma dificuldade real. Verificado que os motoristas estão expostos a VCI acima do VAE, revela-se imperativo perceber se estes reportam fadiga, dor ou desconforto em alguma zona corporal derivada da tarefa de condução, reforçando os valores registados e indo ao encontro da revisão da literatura elaborada.

5.3 Sintomatologia autorreportada pelos motoristas

Através da aplicação do QNM, foi possível identificar a principal sintomatologia vivenciada pela amostra que compõem este estudo. Os resultados à primeira pergunta do questionário - “Teve algum problema durante os últimos 12 meses (fadiga, desconforto ou dor) nos seguintes segmentos?” – são exibidos na Tabela 10.

Tabela 10. Tabela de frequências da sintomatologia musculoesquelética ligada ao trabalho (últimos 12 meses).

Zona Corporal	Resposta	Frequência (n)	Percentagem (n)
Coluna cervical	Não	7	36,8%
	Sim	12	63,2%
Ombros	Não	10	52,6%
	Sim, no direito	1	5,3%
	Sim, no esquerdo	4	21,1%
	Sim, nos dois	4	21,1%
Cotovelos	Não	18	94,7%
	Sim, no direito	0	0,0%
	Sim, no esquerdo	0	0,0%
	Sim, nos dois	1	5,3%

Zona Corporal	Resposta	Frequência (n)	Porcentagem (n)
Punhos/Mãos	Não	14	73,7%
	Sim, no direito	2	10,5%
	Sim, no esquerdo	1	5,3%
	Sim, nos dois	2	10,5%
Coluna dorsal	Não	9	47,4%
	Sim	10	52,6%
Coluna lombar	Não	1	5,3%
	Sim	18	94,7%
Ancas/Coxas	Não	14	73,7%
	Sim	5	26,3%
Pernas/Joelhos	Não	9	47,4%
	Sim	10	52,6%
Tornozelos/Pés	Não	12	63,2%
	Sim	7	36,8%

A consulta à última coluna da Tabela 10 relativa às porcentagens demonstra que 63,2% dos inquiridos relatam ter sentido fadiga, desconforto ou dor nos últimos 12 meses na coluna cervical. O segmento corporal relativo aos ombros indica que 52,6 % dos voluntários deste estudo não apresentam sintomatologia. No entanto há relatos de fadiga, desconforto ou dor no ombro esquerdo (21,2%) e em ambos (21,1%). Seguindo uma ordem decrescente, os cotovelos (94,7%), os punhos/mãos (73,7%), as ancas/coxas (73,7%) e os tornozelos/pés (63,2%) são as zonas corporais em que é reportada menor sintomatologia. No entanto, com o mesmo número de relatos, surge a coluna dorsal e as pernas/joelhos com 52,6% de respostas que afirmam ter sintomatologia nestas zonas. De todos os segmentos corporais analisados, a coluna lombar é aquele que gera maior concordância, apresentado 94,7% de respostas afirmativas à pergunta. Este resultado evidencia concordância com a revisão da literatura realizada, evidenciando que a coluna lombar é o segmento com maior reporte por parte dos indivíduos.

De um modo geral, e considerando apenas o número de respostas afirmativas às zonas corporais relatadas na Tabela 10, a Figura 25 indica, sob a forma de porcentagem, qual o segmento corporal que reporta maior fadiga, desconforto ou dor nos últimos 12 meses, vivenciada por estes motoristas. De modo imediato, verifica-se que a coluna lombar (23,38%) é o segmento

corporal com maior fadiga, desconforto ou dor reportada por estes motoristas, nos últimos 12 meses, seguido da coluna cervical (15,58%), coluna dorsal (12,99%) e pernas/joelhos (12,99%).

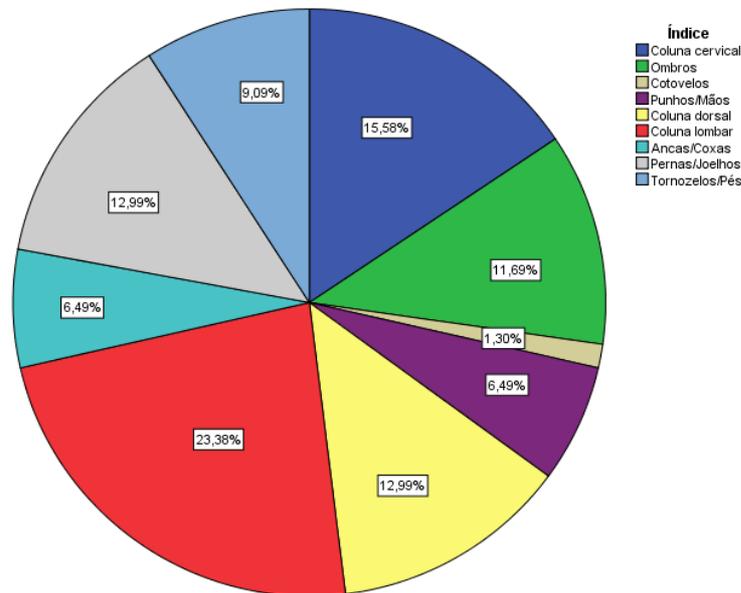


Figura 25. Gráfico da zona corporal com maior fadiga, desconforto ou dor vivenciada, últimos 12 meses.

Os resultados observados vão ao encontro do estudo realizado por Sekkay *et al.* (2018), que usaram um questionário também baseado no QNM elaborado pelos autores (Kuorinka *et al.*, 1987), em que os motoristas relataram dor musculoesquelética, nos últimos 12 meses, com maior prevalência na região lombar (21,1%). Este resultado tende a aumentar quando os autores se referem apenas a um subgrupo por eles intitulado de motoristas de longo curso, relatando que a dor lombar prevalece em 33,3% desta amostra. Este estudo também evidencia que a zona corporal do pescoço (14,6%), referenciado acima como coluna cervical, também registra dor musculoesquelética (Sekkay *et al.*, 2018), resultado que registra concordância com este estudo.

Em caso de resposta afirmativa às zonas corporais descritas da Tabela 10, foi solicitado a cada voluntário para quantificar a intensidade do incômodo/dor vivenciada, segundo a escala descrita na metodologia. O gráfico de barras representado na Figura 26 indica a pontuação obtida para cada zona corporal. Novamente, verifica-se que a coluna lombar é a zona do corpo que reporta maior intensidade do incômodo/dor (6,5 pontos), em concordância com os dados apresentados na Tabela 10 e Figura 25. Este resultado é reforçado pelo estudo realizado por Du *et al.* (2018) onde, usando a mesma escala de intensidade, encontraram significância estatística ($p < 0,01$)

entre os assentos passivos e o desconforto na região lombar experienciado pelos motoristas que compunham a amostra, ao longo do dia de trabalho.

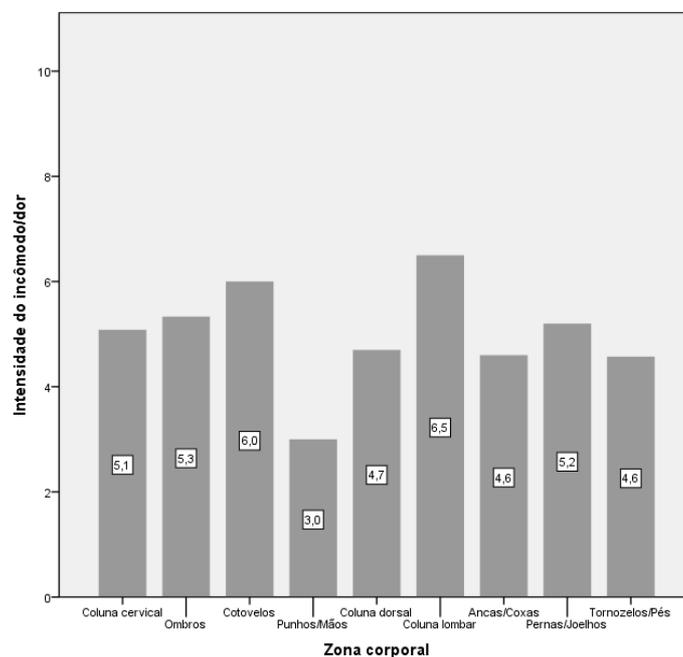


Figura 26. Intensidade do incômodo/dor vivenciada, por zona corporal.

Estas evidências reportam que, para o uso de assentos passivos, como é o caso deste estudo, a coluna lombar reportará maior pontuação em detrimento das outras regiões corporais. O desconforto vivenciado na região lombar é superior no assento passivo em detrimento do assento ativo (Du *et al.*, 2018).

De seguida, a Tabela 11 reporta os resultados obtidos à segunda pergunta do QNM aplicado: - “Teve algum problema durante os últimos 7 dias?”.

Tabela 11. Tabela de frequências da sintomatologia musculoesquelética ligada ao trabalho (últimos 7 dias).

Zona Corporal	Resposta	Frequência (n)	Porcentagem (n)
Coluna cervical	Não	15	78,9%
	Sim	4	21,1%
Ombros	Não	17	89,5%
	Sim, no direito	1	5,3%
	Sim, no esquerdo	1	5,3%
	Sim, nos dois	0	0,0%

Zona Corporal	Resposta	Frequência (n)	Porcentagem (%)
Cotovelos	Não	19	100,0%
	Sim, no direito	0	0,0%
	Sim, no esquerdo	0	0,0%
	Sim, nos dois	0	0,0%
Punhos/Mãos	Não	15	78,9%
	Sim, no direito	2	10,5%
	Sim, no esquerdo	1	5,3%
	Sim, nos dois	1	5,3%
Coluna dorsal	Não	15	78,9%
	Sim	4	21,1%
Coluna lombar	Não	5	26,3%
	Sim	14	73,7%
Ancas/Coxas	Não	17	89,5%
	Sim	2	10,5%
Pernas/Joelhos	Não	13	68,4%
	Sim	6	31,6%
Tornozelos/Pés	Não	15	78,9%
	Sim	4	21,1%

A observação à coluna da porcentagem da Tabela 11 evidencia que, nos últimos 7 dias, é sentida sintomatologia majoritariamente na coluna lombar (73,7%), em concordância com as estatísticas descritas para os últimos 12 meses. De modo a reforçar este resultado, um estudo composto também por motoristas relata que a sintoma musculoesquelética com maior prevalência foi a dor lombar (prevalência: 72,5%), para os últimos 7 dias, apresentando um valor médio de dor de 2,9 na mesma escala de 10 pontos em que 0 significa "sem dor" e 10 significa "pior dor que você possa imaginar" (Kim *et al.*, 2016). De referir que estes resultados são apoiados numa amostra composta por 105 participantes convidados, onde apenas 69 responderam aos questionários (taxa de resposta: 65,7%) baseados no modelo concebido por (Kuorinka *et al.*, 1987).

De um modo geral, e considerando apenas o número de respostas afirmativas às zonas corporais relatadas na Tabela 11, a Figura 27 indica, sob a forma de porcentagem, qual o segmento

corporal que reporta maior fadiga, desconforto ou dor nos últimos 7 dias, vivenciada por estes motoristas.

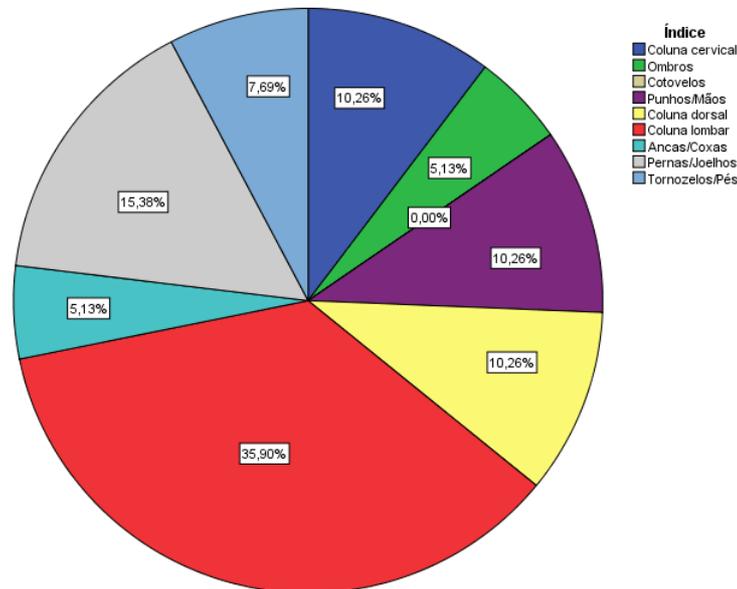


Figura 27. Representação gráfica da zona corporal com maior fadiga, desconforto ou dor vivenciada, últimos 7 dias.

A Figura 27 volta a evidenciar que a zona corporal com maior sintomatologia é a coluna lombar (35,90%). Mais uma vez esta zona corporal surge com maior destaque em outros estudos. Num estudo protagonizado por (Sekky *et al.*, 2018), entre os inquiridos que reportam dor musculoesquelética nos últimos 7 dias, a maior prevalência foi observada na região lombar (14,6%), seguida de perto pelos ombros (13,8%) e pescoço (8,9%) (Sekky *et al.*, 2018).

Por fim, os voluntários foram chamados a responder à última pergunta do questionário: “Nos últimos 12 meses esteve impedido de realizar o seu trabalho normal devido a este problema?”. Os resultados descritos na Tabela 12 acima indicam que, nos últimos 12 meses, a sintomatologia reportada não foi impedimento para a realização do trabalho normalmente, situando as respostas entre os 84% e os 100% de concordância. No entanto, e apesar dos resultados obtidos reportarem negativamente a resposta à pergunta, relatos como “o trabalho tem que ser feito na mesma”; “vai-se até ao limite”; “impede-me de dormir tranquilo”; “sair do camião com maior rapidez” ou “evito o trabalho no quintal” não devem deixar de ser reportados. Independentemente da sintomatologia vivenciada e da limitação que esta pode provocar nas rotinas diárias, os motoristas não deixam de executar a sua atividade laboral, bem como as atividades executadas a nível particular, como a agricultura de subsistência.

Tabela 12. Tabela de Frequências da sintomatologia musculoesquelética ligada ao trabalho (impedido de realizar trabalho normal nos últimos 12 meses).

Zona Corporal	Resposta	Frequência (n)	Porcentagem (n)
Coluna cervical	Não	17	89,5%
	Sim	2	10,5%
Ombros	Não	18	94,7%
	Sim	1	5,3%
Cotovelos	Não	18	94,7%
	Sim	1	5,3%
Punhos/Mãos	Não	19	100,0%
	Sim	0	0,0%
Coluna dorsal	Não	18	94,7%
	Sim	1	5,3%
Coluna lombar	Não	16	84,2%
	Sim	3	15,8%
Ancas/Coxas	Não	19	100,0%
	Sim	0	0,0%
Pernas/Joelhos	Não	17	89,5%
	Sim	2	10,5%
Tornozelos/Pés	Não	18	94,7%
	Sim	1	5,3%

Até este ponto, os resultados evidenciam exposição ocupacional a VCI e existência de fadiga, desconforto ou dor vivenciada pelos motoristas. Resta agora procurar significância entre as variáveis de estudo.

5.4 Fatores implicativos na exposição ocupacional às VCI

Narradas todas as estatísticas descritivas e resultados alusivos deste estudo, importa responder à pergunta de investigação, procurando significância estatística entre os valores registados e as variáveis de estudo. De modo a responder à pergunta de investigação, recorreu-se à correlação de Spearman, cujo procedimento estatístico determina o grau de associação entre as variáveis. Posto isto, procurou-se relação entre os valores registados para cada eixo x, y e z e as variáveis relativas à identificação e construção dos veículos. Excluíram-se as variáveis “tipo de assento”

e “regulação do amortecimento do assento” relativas à construção dos veículos por ser consensual a opção de resposta já descrita na Tabela 7. As restantes variáveis foram tratadas como um todo, não fazendo distinção por teste. A seguinte tabela retrata as correlações obtidas entre as variáveis de estudo.

Tabela 13. Correlação de Spearman entre x, y e z e variáveis de identificação e construção do veículo.

Correlações ^a	Variáveis		Comando do assento	Suspensão da cabine	Suspensão do chassis	Marca	Idade	Quilómetros
	Eixos basicêntricos do corpo humano							
Coefficiente de correlação	x		0,026*	-0,040**	0,038**	0,013	-0,034**	-0,035**
Sig. (bilateral)				0,021	0,000	0,001	0,249	0,003
Coefficiente de correlação	y		0,006	0,022	0,001	0,020	-0,001	-0,008
Sig. (bilateral)				0,599	0,051	0,909	0,079	0,898
Coefficiente de correlação	z		-0,083**	0,054**	-0,021	0,004	0,069**	0,082**
Sig. (bilateral)				0,000	0,000	0,066	0,725	0,000

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral).

** . A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

^a N=7615

Através da consulta à Tabela 13 verificaram-se associações do eixo x com as variáveis comando do assento (p=0,021), suspensão da cabine (p=0,000), suspensão do chassis (p=0,001), idade (p=0,003) e quilómetros (p=0,002). Para o eixo z verificaram-se associações com as variáveis comando do assento (p=0,000), suspensão da cabine (p=0,000), idade (p=0,000) e quilómetros (p=0,000). No entanto, verifica-se uma relação fraca entre as associações de variáveis e os eixos basicêntricos do corpo humano x e z. Para o eixo y não se verificaram quaisquer associações entre variáveis e os eixos descritos (p>0,05).

Apesar da literatura não evidenciar variáveis semelhantes ao comando do assento, em variados estudos o assento pneumático, tipo de assento também testado aqui, menciona-se o efeito significativo na exposição às VCI (Blood *et al.*, 2011, 2015; Du *et al.*, 2018; Johnson *et al.*, 2018). Relativamente à variável assento, a consulta ao manual do veículo, disponibilizado por cada marca, é fator preponderante na disponibilização de informação para ajuste do assento. A

título de exemplo, descreve-se de seguida 10 recomendações contantes no Manual do Condutor proposto pela marca Scania (2016):

- Sente-se o mais encostado possível às costas do banco;
- Regule o amortecimento do banco para que seja adequado ao seu peso;
- Regule a posição horizontal e vertical do banco para ter boa visibilidade e poder manobrar o volante e os pedais de forma confortável. Verifique a posição da almofada do banco, em comprimento. Deve poder colocar dois ou três dedos entre a almofada do banco e a parte inferior dos joelhos;
- Regule a inclinação da almofada do banco para que a pressão sob as coxas seja igual. O ângulo entre a almofada do banco e as costas do banco deve ser superior a 90 graus;
- Empurre para trás ligeiramente as costas do banco por forma a poder segurar o volante confortavelmente, com os braços ligeiramente dobrados e as costas encostadas às costas do banco;
- Regule o volante de modo a poder trabalhar com os braços junto ao corpo e os ombros relaxados. Em viagens longas, considere posicionar as mãos mais abaixo no volante, de modo a ser mais fácil relaxar os ombros;
- É imprescindível que o apoio lombar esteja bem regulado. Ajuste o apoio lombar para que a sua posição sentada não fique bloqueada;
- Regule os apoios laterais junto da zona superior do tórax para garantir um bom apoio estável;
- Regule o apoio de cabeça para que possa facilmente inclinar-se para trás e descansar o pescoço;
- Os apoios de braço devem possibilitar apoio para os braços e cotovelos sem tolher os movimentos. Devem ajudar a aliviar a tensão na cervical e nos ombros.

Relativamente à suspensão de cabine, apesar de não se registar literatura que procure significância entre VCI e a variável suspensão de cabine, é provado que uma cabine totalmente suspensa e a sua localização de montagem, revela ser mais eficaz na atenuação das vibrações (Roy & Law, 2016). Posto isto, a conclusão deste estudo reforça os resultados obtidos relacionando de alguma forma as VCI registadas com a suspensão da cabine.

Um dado importante retirado da utilização deste coeficiente de correlação é que não existe associação entre os eixos e a marca dos veículos ($p > 0,05$). Enquanto neste estudo não foi evidente a associação entre as variáveis x, y e z e a marca do veículo, no estudo protagonizado por Kim *et al.*, (2016) o fabricante do caminhão, ou seja a marca, teve efeito nas exposições à VCI, apesar de escasso.

Relativamente às variáveis idade e quilómetros verifica-se uma correlação positiva para o eixo z, o que indica que quanto maior a idade ou o número de quilómetros maior é a vibração no eixo z. O estudo protagonizado por Cann *et al.* (2004) não verificou significância entre as VCI e a variável quilómetros. Neste estudo encontra-se esta significância, estando de alguma forma os quilómetros correlacionados com a exposição a VCI. Neste estudo é encontrada significância estatística para a variável idade. Em conformidade com este resultado, o estudo protagonizado por Aziz *et al.*, (2014) conclui que a idade do veículo afeta a exposição do motorista a VCI, sendo um veículo novo mais confortável que um veículo velho. Também no estudo realizado por Kim *et al.*, (2016) a idade do caminhão parece influenciar as exposições à VCI.

Por último, e relativamente à suspensão de *chassis*, apesar de não encontrada significância estatística entre as variáveis relativas à exposição a VCI e suspensão de *chassis* na literatura, contrariamente ao resultado apresentado na Tabela 13 para o eixo x, esta indica um dado importante apontando que o contato entre os pneus e a estrada é a principal fonte de vibrações e oscilações no sistema de *chassis* (Aziz *et al.*, 2014).

6. CONCLUSÃO

Apresentados todos os resultados, resta agora comentar quais as principais conclusões retiradas desta investigação e sugerir a aplicação de medidas preventivas, identificar quais as limitações que surgiram na sua elaboração e por fim sugerir a continuidade deste estudo, promovendo a contínua análise deste posto de trabalho e dos contextos em que os motoristas exercem a sua profissão, contribuindo para a melhoria das suas condições de trabalho.

6.1 Principais conclusões

A primeira conclusão retirada desta investigação resulta do cálculo do valor eficaz total da vibração (NP ISO 2631-1:2007), para cada teste, e indica a necessidade de se tomarem precauções no que se refere a potenciais riscos para a saúde. A execução da tarefa de condução acima das 8h prevê uma probabilidade de ocorrência de lesões acima desse número de horas.

O eixo x revela-se superior em todos veículos analisados, comparativamente aos outros eixos do corpo humano. Nas publicações revistas não é encontrada nenhuma situação semelhante e a principal justificação pode estar relacionada com o facto do circuito de teste realizado não ser um circuito livre de trânsito. Durante todos os testes, foi verificado o frequente pára-arranca derivado dos veículos que circulavam na via pública, veículos estes que se protagonizaram como obstáculos à livre circulação, promovendo a consecutiva obrigação na redução da marcha do camião de teste, através da utilização do travão.

Com base no Decreto-Lei n.º 46/2006, os resultados obtidos do cálculo para a exposição diária e semanal às VCI, com suporte no Regulamento (CE) n.º 561/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 15 de março de 2006, revelam que A(8), para 9 e/ou 10 horas de condução, e para A(8)_{semanal}, para 56 horas de condução, resultam em valores que se situam-se entre o VAE e o VLE. Deste modo, todos os veículos avaliados não excedem os valores limite estipulados pela legislação, no entanto são recomendadas ações com o intuito de reduzir a transmissão de VCI para os motoristas. Isto pode querer dizer que as grandes construtoras deste tipo de veículos caminham ao encontro das preocupações no que diz respeito à exposição ocupacional a VCI. No entanto as ações desenvolvidas até agora não são suficientes.

Os resultados obtidos sugerem a adoção de estratégias para o controle da vibração. Sendo atualmente evidente a impossibilidade de remover o trabalhador do seu posto de trabalho, e sendo ainda baixo o nível da automatização dos veículos, a solução passa pela redução das

vibrações na origem, pela diminuição da transmissão de energia mecânica e redução da amplitude de vibração (Miguel, 2014). A redução das vibrações na origem passa, por exemplo, pela aquisição de equipamentos com sistema de amortecimento e manutenção adequada dos equipamentos (ACT, 2016b). Sistemas de redução de vibrações na fonte como molas em espiral, sistemas hidráulicos ou pneumáticos projetados para reduzir a vibração na fonte podem mostrar-se ainda insuficientes. A nível técnico, a literatura remete para uma solução de engenharia, projetando a criação de novos tipos de assento, nomeadamente o assento ativo. Neste seguimento, uma das soluções passará por adquirir veículos com assentos equipados com suspensão ativa, em detrimento da suspensão passiva composta por suspensão pneumática, de modo a diminuir A(8) (Du *et al.*, 2018). Esta medida de engenharia reduz eficazmente a exposição às VCI (Blood *et al.*, 2011, 2015; Du *et al.*, 2018; Johnson *et al.*, 2018). No entanto, apesar desta medida de controlo de vibrações na fonte poder ser mais eficiente, pode não ser exequível, sendo a sua adoção uma modificação onerosa (Miguel, 2014). A seleção dos assentos para motoristas profissionais é geralmente feita com a durabilidade, o custo e o conforto como principais critérios de seleção, sendo a potencial exposição do motorista a VCI uma consideração menor (Blood *et al.*, 2015). Em primeiro lugar, os empregadores devem considerar a inclusão da atenuação da vibração do assento como um critério primário ao selecionar assentos para frotas de camiões e em segundo lugar, os construtores devem fazer um esforço renovado para projetar e desenvolver produtos que reduzam a transmissão de vibrações do veículo para o motorista (Blood *et al.*, 2015). O cumprimento do plano de manutenção de todas as componentes transmissoras de VCI para o motorista devem ser alvo de revisão frequente, cumprindo todas as recomendações das marcas construtoras. A diminuição da transmissão das vibrações através dos assentos que amortecem as vibrações e comandos que reduzem a transmissão das vibrações (ACT, 2016b) são medidas de segurança a adotar nesta temática.

Outras medidas organizacionais podem ser implementadas, como por exemplo permitir que os motoristas parem e se exercitem uma vez por hora, disponibilizar suporte lombar sempre que possível, como por exemplo adquirir assentos com regulação de apoio lombar, (Daugherty, 1999), a escolha dos itinerários e a limitação da duração da exposição (ACT, 2016b).

Em suma, a Autoridade para as Condições do Trabalho (2016a) sugere algumas medidas preventivas, relacionadas com esta temática, a adotar com vista à melhoria das condições de trabalho dos motoristas: Avaliar os riscos profissionais da atividade de condução automóvel profissional; Promover informação, formação e consultar os trabalhadores, sobre os riscos

associados à atividade e os métodos e técnicas mais adequadas para realizar as suas tarefas; Planificação de viagens tendo em conta a duração previsível; Aquisição de equipamentos e veículos que respeitem os princípios ergonómicos de adaptabilidade; Manutenção adequada dos equipamentos de trabalho e dos elementos que os compõem; Adequar o habitáculo do veículo às características do utilizador, isto é, ajustar o banco, espelho retrovisor e espelhos laterais e outros mecanismos passíveis de ajustabilidade; Programação do trabalho com alternância das tarefas e do tempo de exposição às vibrações; Proporcionar ao trabalhador períodos suficientes de descanso e recuperação fisiológica; Assegurar a vigilância médica.

Relativamente à aplicação do QNM, a sintomatologia vivenciada pelos motoristas, que relatam ter sentido fadiga, desconforto ou dor nos últimos 12 meses, revela-se, por ordem decrescente, a zona corporal com maior reporte: coluna lombar (94,7%); coluna cervical (63,2%); coluna dorsal (52,6%); pernas/joelhos (52,6%); ombros (direito 5,3%; esquerdo 21,1%; nos dois 21,1%); tornozelos/pés (36,8%); ancas/coxas (26,3%); punhos/mãos (direito 10,5%; esquerdo 5,3%; nos dois 10,5%); cotovelos (nos dois 5,3%). Estes resultados evidenciam concordância com a revisão da literatura realizada, evidenciando que a coluna lombar é o segmento com maior reporte por parte dos indivíduos. Quando solicitado a cada voluntário para quantificar a intensidade do incômodo/dor vivenciada para cada zona corporal verifica-se que a coluna lombar é a zona que reporta maior intensidade do incômodo/dor (6,5 pontos), numa escala de zero a dez. Para os últimos 7 dias, é sentida sintomatologia maioritariamente na coluna lombar (73,7%), em concordância com as estatísticas descritas para os últimos 12 meses. Todos outros reportes relativos às zonas corporais situam-se abaixo dos 32%. Por fim, verificou-se que os resultados descritos para os últimos 12 meses, a sintomatologia reportada não foi impedimento para a realização do trabalho normalmente, situando as respostas positivas entre os 84% e os 100% de concordância.

Os resultados obtidos através do QNM direcionam-nos para o conhecimento prévio das características do camião relacionadas com a transmissão de vibrações. Este conhecimento é uma mais valia que os empregadores devem adotar, para a manutenção da saúde do trabalhador no que se relaciona com o seu posto de trabalho. Características relacionadas com a construção do assento, nomeadamente o ajuste do apoio lombar, trará maior conforto nas longas horas de condução realizadas pelos motoristas. É importante ajustar regularmente a posição do banco e utilizar as definições do banco para evitar, por exemplo, lesões de pressão nas costas e no pescoço (Scania, 2016). No entanto a criação de sistemas que vão ao encontro da comodidade do motorista na tarefa de condução devem ser devidamente executadas através da consulta aos

manuais de cada veículo. Neles está descrita toda a informação necessária não só para o conhecimento do veículo e modo de operação, mas também informações relevantes no modo como devem ajustar o assento.

O fornecimento de informação e formação ao operador de uma determinada máquina é essencial, tendo implicações diretas não só na segurança, mas também na saúde do trabalhador. A elaboração de um plano prévio de viagem entre o motorista e as suas chefias, através da inclusão de pausas frequentes, ajudará na saúde e bem-estar do mesmo. A promoção da ginástica laboral, realizada diariamente aquando a realização de paragens durante a viagem libertará a tensão provocada pelas longas horas de condução. Apesar de não ser variável de estudo nesta pesquisa, fica a ressalva relativamente ao tipo de estrada indicando que conduzir a longo prazo numa estrada bem pavimentada também induz efeitos negativos à saúde da coluna lombar humana (Fan *et al.*, 2018).

Por fim procurou-se verificar associações entre as variáveis em estudo. Através da correlação de Spearman encontrou-se significância estatística do eixo x com as variáveis comando do assento ($p=0,021$), suspensão da cabine ($p=0,000$), suspensão do chassis ($p=0,001$), idade ($p=0,003$) e quilómetros ($p=0,002$). Para o eixo z verificaram-se associações com as variáveis comando do assento ($p=0,000$), suspensão da cabine ($p=0,000$), idade ($p=0,000$) e quilómetros ($p=0,000$). No entanto, verifica-se uma relação fraca entre as associações de variáveis e os eixos basicêntricos do corpo humano x e z. De modo a reforçar os dados aqui apresentados, uma amostra maior de veículos poderia fortalecer a relação entre as variáveis. Para o eixo y não se verificaram quaisquer associações entre variáveis e os eixos descritos ($p>0,05$). Aqui concluiu-se que, de alguma forma, as variáveis acima identificadas estão relacionadas com a exposição ocupacional às VCI.

6.2 Limitações

A realização deste estudo teve algumas limitações que merecem ser consideradas. A primeira grande limitação verificada na realização deste estudo prendeu-se com o posto de trabalho destes indivíduos. A condução de camiões repercute um posto de trabalho móvel, podendo alcançar variados locais num só dia de trabalho, condicionando a realização da avaliação da exposição ocupacional às VCI. O fator disponibilidade do veículo e da carga surgiram como uma evidente limitação. Devido à constante mobilidade destes trabalhadores, a recolha de dados também se tornou morosa. Por conseguinte, o tamanho da amostra também surgiu como uma

limitação, abrangendo só o público-alvo a que o investigador teve acesso relativamente facilitado.

Também, nesta dissertação, a velocidade não se repercutiu como variável de estudo, bem como a condição de carga vazio e as diferentes superfícies de estrada como por exemplo estradas em terra e/ou paralelepípedos. Apesar destes tipos de estrada não serem os mais frequentes nas rotas realizadas por estes motoristas, esta variável não deve ser desvalorizada. De modo a colmatar estas situações, foi estabelecido um circuito de teste e situação de carga, proporcionando as mesmas condições a todos os veículos que incluem este estudo. No entanto evidencia-se aqui outra limitação, ou seja, o fato de a recolha de dados não ser realizada em contexto real de trabalho. Apesar do percurso de teste compreender o tipo de estrada normalmente usada pela amostra, a utilização de um percurso de teste pode ter influenciado os resultados. Consequentemente, as exposições simuladas podem ter sido uma subestimação das exposições reais. Um estudo que inclua uma situação real de trabalho, através do mesmo percurso transitado, com os mesmos veículos de teste e características de carga semelhantes, podem reforçar o estudo realizado.

As condições ambientais também são uma limitação ao estudo da exposição ocupacional às VCI, devido à sua impossibilidade de controlo. No entanto esta situação deve ser ressalvada.

O aparelho de recolha de dados também surge como uma limitação. O fato da recolha de dados só se prender com o máximo de 1000 ciclos, correspondentes a 1000 segundos, na configuração utilizada, não é possível a recolha da totalidade dos dados num dia normal de trabalho, sendo necessário o recurso à amostragem. Esta limitação pode ter implicação nos resultados recolhidos, levando à perda de informação revelante.

6.3 Trabalhos futuros

As principais conclusões obtidas através deste estudo sugerem a contínua investigação do posto de trabalho dos motoristas de camião, relativamente à tarefa de condução, procurando a redução da vibração na fonte. No entanto, o conhecimento intrínseco do Regulamento (CE) n.º 561/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 15 de março de 2006 sugere outra problemática que não deve ser desvalorizada em qualquer estudo que contemple motoristas de longo curso, camiões e VCI, nomeadamente a tripulação múltipla. Para que esta situação ocorra são necessários dois motoristas dentro do mesmo veículo. Posto isto, a legislação em termos de amplitude de trabalho altera substancialmente, visto haver a permissão para o aumento da mesma. Por consequência, a permissão para a condução de dois motoristas aumenta o número

de horas de exposição a VCI, situação em que um motorista conduz e outro permanece sentado ou deitado dentro da cabine do veículo em andamento. Esta situação deve expor os motoristas a uma maior dose de VCI, pelo que deve ser investigada.

Outra realidade deve ser investigada diz respeito ao fato de haverem motoristas que, além de conduzir o seu caminhão, durante o seu turno de trabalho, também operam outras máquinas nomeadamente empilhadores e/ou *stackers*. A operação de mais que uma máquina durante um turno de trabalho também deve ser alvo de averiguação.

Estudos também devem ser realizados abrangendo indivíduos do sexo feminino. A introdução desta variável pode trazer informações relevantes no que diz respeito à resposta do corpo humano às VCI.

Investigações que contemplem o estudo aprofundado da pressão do pneu bem como o tipo de pneu, tendo em conta a sua aproximação maior ou menor ao chão, podem dar um contributo maior nesta temática.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACT. (2014). *Segurança e Saúde no Trabalho da Condução Automóvel Profissional - Outros Instrumentos de Informação*. Retrieved from [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/Campanhas/Campanhasrealizadas/SegurancaeSaudeoTrabalhodaConducaoAutomovelProfissional/Documents/Programa Enquadrador_ConducaoAutomovelProfissional.pdf](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/Campanhas/Campanhasrealizadas/SegurancaeSaudeoTrabalhodaConducaoAutomovelProfissional/Documents/Programa%20Enquadrador_ConducaoAutomovelProfissional.pdf)
- ACT. (2016a). Prevenção de Lesões musculoesqueléticas.
- ACT. (2016b). *Segurança e Saúde no Trabalho da Condução Automóvel Profissional - Riscos Profissionais e Medidas Preventivas*. Retrieved from [http://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/Campanhas/Campanhasrealizadas/SegurancaeSaudeoTrabalhodaConducaoAutomovelProfissional/Instrumentos da Campanha/Documents/MANUAL SST CONDUÇÃO AUTOMÓVEL PROFISSIONAL FINAL.pdf](http://www.act.gov.pt/(pt-PT)/Campanhas/Campanhasrealizadas/SegurancaeSaudeoTrabalhodaConducaoAutomovelProfissional/Instrumentos%20da%20Campanha/Documents/MANUAL%20SST%20CONDUÇÃO%20AUTOMÓVEL%20PROFISSIONAL%20FINAL.pdf)
- Aziz, S. A. A., Nuawi, M. Z., & Mohd Nor, M. J. (2014). Predicting whole-body vibration (WBV) exposure of Malaysian Army three-tonne truck drivers using Integrated Kurtosis-Based Algorithm for Z-Notch Filter Technique 3D (I-kaz 3D). *International Journal of Industrial Ergonomics*, 52, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2015.08.008>
- Blood, R. P., Dennerlein, J., Lewis, C., Rynell, P., & Johnson, P. W. (2011). Evaluating Whole-Body Vibration reduction by comparison of active and passive suspension seats in semi-trucks. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society*, (September), 1750–1754. <https://doi.org/10.1177/1071181311551363>
- Blood, R. P., Yost, M. G., Camp, J. E., & Ching, R. P. (2015). Whole-body vibration exposure intervention among professional bus and truck drivers: A laboratory evaluation of seat-suspension designs. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 12(6), 351–362. <https://doi.org/10.1080/15459624.2014.989357>
- Boeijsinga, A., Hoeken, H., & Sanders, J. (2016). Health promotion in the trucking setting: Understanding Dutch truck drivers' road to healthy lifestyle changes. *Work*, 55(2), 385–397. <https://doi.org/10.3233/WOR-162409>
- Bortolini, A., Miguel, L. F. F., & Becker, T. (2019). Measurement and evaluation of whole-body vibration exposure in drivers of cargo vehicle compositions. *Human Factors and Ergonomics In Manufacturing*, 29(3), 253–264. <https://doi.org/10.1002/hfm.20780>
- Bovenzi, M. (1996). Low back pain disorders and exposure to whole-body vibration in the workplace. *Seminars in Perinatology*, 20(1), 38–53. [https://doi.org/10.1016/S0146-0005\(96\)80056-5](https://doi.org/10.1016/S0146-0005(96)80056-5)
- Bovenzi, Massimo. (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. <https://doi.org/10.1007/s00420-008-0376-3>
- Bovenzi, Massimo, Rui, F., Negro, C., D'Agostin, F., Angotzi, G., Bianchi, S., ... Stacchini, N. (2006). An epidemiological study of low back pain in professional drivers. *Journal of Sound and Vibration*, 298(3), 514–539. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2006.06.001>
- Bovenzi, Massimo, Schust, M., & Mauro, M. (2017). An overview of low back pain and occupational exposures to whole-body vibration and mechanical shocks. *Medicina Del Lavoro*, 108(6), 419–433. <https://doi.org/10.23749/mdl.v108i6.6639>
- Cann, A. P., Salmoni, A. W., & Eger, T. R. (2004). Predictors of whole-body vibration exposure experienced by highway transport truck operators. *Ergonomics*, 47(13), 1432–1453. <https://doi.org/10.1080/00140130410001712618>
- Costa, N. (2012). *A influência da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro em veículos no desempenho cognitivo e visual dos trabalhadores*. Universidade do Minho.

- Retrieved from <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/20455>
- Daugherty, J. E. (1999). *Industrial Safety Management, a practical approach* (Government). Rockville.
- Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro. *Prescrições mínimas de segurança e saúde respeitantes à exposição dos trabalhadores aos riscos devidos a vibrações mecânicas*.
- Du, B. B., Bigelow, P. L., Wells, R. P., Davies, H. W., Hall, P., & Johnson, P. W. (2018). The impact of different seats and whole-body vibration exposures on truck driver vigilance and discomfort. *Ergonomics*, *61*(4), 528–537. <https://doi.org/10.1080/00140139.2017.1372638>
- European Agency for Safety and Health at Work. (2011). *OSH in figures: Occupational safety and health in the transport sector — An overview*. Luxembourg. Retrieved from https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/reports/transport-sector_TERO10001ENC
- Europeia, C. (2014). Compreender as políticas da União Europeia: transportes, 20. <https://doi.org/10.2775/15111>
- Fan, R. X., Liu, J., Li, Y. L., Liu, J., & Gao, J. Z. (2018). Finite Element Investigation of the Effects of the Low-Frequency Vibration Generated by Vehicle Driving on the Human Lumbar Mechanical Properties. *BioMed Research International*, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/7962414>
- INE. (2018). *Estatísticas dos Transportes e Comunicações 2017*. INE. Lisboa. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- INE. (2019). *Anuário Estatístico Portugal 2018*. Lisboa.
- Jin, A., Zhang, W., Wang, S., Yang, Y., & Zhang, Y. (2014). Modeling Air-Spring Suspension System of the Truck Driver Seat. *SAE International Journal of Commercial Vehicles*, *7*(1), 157–162. <https://doi.org/10.4271/2014-01-0846>
- Johnson, P. W., Zigman, M., Ibbotson, J., Dennerlein, J. T., & Kim, J. H. (2018). A Randomized Controlled Trial of a Truck Seat Intervention: Part 1 - Assessment of Whole Body Vibration Exposures. *Annals of Work Exposures and Health*, *62*(8), 990–999. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxy062>
- Kim, J. H., Zigman, M., Aulck, L. S., Ibbotson, J. A., Dennerlein, J. T., & Johnson, P. W. (2016). Whole Body Vibration Exposures and Health Status among Professional Truck Drivers: A Cross-sectional Analysis. *Annals of Occupational Hygiene*, *60*(8), 936–948. <https://doi.org/10.1093/annhyg/mew040>
- Kim, J. H., Zigman, M., Dennerlein, J. T., & Johnson, P. W. (2018). A Randomized Controlled Trial of a Truck Seat Intervention: Part 2 - Associations between Whole-Body Vibration Exposures and Health Outcomes. *Annals of Work Exposures and Health*, *62*(8), 1000–1011. <https://doi.org/10.1093/annweh/wxy063>
- Krajnak, K. (2018). Health effects associated with occupational exposure to hand-arm or whole body vibration. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part B: Critical Reviews*, *21*(5), 320–334. <https://doi.org/10.1080/10937404.2018.1557576>
- Kuorinka, I., Jonsson, B., Kilbom, A., Vinterberg, H., Biering-Sørensen, F., Andersson, G., & Jørgensen, K. (1987). Standardised Nordic questionnaires for the analysis of musculoskeletal symptoms. *Applied Ergonomics*, *18*(3), 233–237. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(87\)90010-X](https://doi.org/10.1016/0003-6870(87)90010-X)
- Lei n.º 72/2013. (n.d.). *Código da estrada*. Lisboa.
- Mansfield, N. J. (2005). *Human response to vibration*. Boca Raton, Flórida: CRC Press LLC.
- Mayton, A. G., Porter, W. L., Xu, X. S., Weston, E. B., & Rubenstein, E. N. (2018). Investigation of human body vibration exposures on haul trucks operating at U.S. surface mines/quarries relative to haul truck activity. *International Journal of Industrial Ergonomics*, *64*, 188–198. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2017.05.007>

- Melo, R. B. M. (2006). *Exposição Ocupacional a Vibrações Transmitidas Ao Corpo Inteiro: Factores condicionantes na condução de autocarros urbanos - Doutoramento no Ramo de Motricidade Humana, Especialidade em Ergonomia*. Universidade Técnica de Lisboa.
- Mesquita, C. C., Ribeiro, J. C., & Moreira, P. (2010). Portuguese version of the standardized Nordic musculoskeletal questionnaire: Cross cultural and reliability. *Journal of Public Health, 18*(5), 461–466. <https://doi.org/10.1007/s10389-010-0331-0>
- Miguel, J. P. (2003). *A Dor como quinto sinal vital- registro sistêmico da intensidade da dor (Nº 09/DGCG) de 14/06*. Lisboa. Retrieved from <http://www.myos.com.pt/files/circular5sinalvital.pdf>
- Miguel, S. (2014). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho* (13º Edição). Porto Editora.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, A. D. (2015). Principais itens para relatar Revisões sistemáticas e Meta-análises: A recomendação PRISMA. *Epidemiologia e Serviços de Saúde, 24*(2), 335–342. <https://doi.org/10.5123/s1679-49742015000200017>
- Neto, H. & Areosa, J. (2018). *Segurança ocupacional em transportes*. Porto: Publishing, Civeri.
- NP ISO 2631-1:2007. (2007). *Vibrações mecânicas e choque - Avaliação da Exposição do corpo inteiro a vibrações. Parte 1: Requisitos gerais*. IPQ. Caparica, Portugal.
- Okunribido, O. O., Magnusson, M., & Pope, M. H. (2008). The role of whole body vibration, posture and manual materials handling as risk factors for low back pain in occupational drivers. *Ergonomics, 51*(3), 308–329. <https://doi.org/10.1080/00140130701637262>
- Parlamento Europeu. (2006). *REGULAMENTO (CE) n.º 561/2006 do Parlamento Europeu e do Conselho de 15 de Março de 2006 relativo à harmonização de determinadas disposições em matéria social no domínio dos transportes rodoviários*. Estrasburgo.
- Robb, M. J. M., & Mansfield, N. J. (2007). Self-reported musculoskeletal problems amongst professional truck drivers. *Ergonomics, 50*(6), 814–827. <https://doi.org/10.1080/00140130701220341>
- Roy, J., & Law, E. H. (2016). Effect of Cab Suspension Configuration and Location on Tractor Semi-Trailer Driver Comfort. *SAE International Journal of Commercial Vehicles, 9*(2), 405–416. <https://doi.org/10.4271/2016-01-9018>
- Saunders, M., Lewis, P., & Thornhill, A. (2009). *Research methods for business students* (Fifth edit, Vol. 176). Harlow: Pearson Education Limited. <https://doi.org/10.1055/s-2004-813651>
- Scania. (2016). *Manual do condutor* (PT Série 6). Södertälje: The Author(s).
- Sekky, F., Imbeau, D., Chinniah, Y., Dubé, P. A., de Marcellis-Warin, N., Beaugard, N., & Trépanier, M. (2018). Risk factors associated with self-reported musculoskeletal pain among short and long distance industrial gas delivery truck drivers. *Applied Ergonomics, 72*(May), 69–87. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.05.005>
- Serranheira, F., Pereira, M., Santos, C., & Cabrita, M. (2003). Auto-referência de sintomas de LME numa grande empresa em Portugal. *Revista Portuguesa de Saúde Pública, 21*(1), 37–48.
- Thalheimer, E. (1996). Practical approach to measurement and evaluation of exposure to whole-body vibration in the workplace. *Seminars in Perinatology, 20*(1), 77–89. [https://doi.org/10.1016/S0146-0005\(96\)80060-7](https://doi.org/10.1016/S0146-0005(96)80060-7)
- Velmurugan, P., Kumaraswamidhas, L. A., & Sankaranarayanan, K. (2014). Whole body vibration analysis for drivers of suspended cabin tractor semitrailer. *Experimental Techniques, 38*(2), 47–53. <https://doi.org/10.1111/j.1747-1567.2011.00786.x>

ANEXO I – QUESTIONÁRIO NÓRDICO MUSCULOESQUELÉTICO APLICADO.

QUESTIONÁRIO NÓRDICO MUSCULOESQUELÉTICO

Código: _____

Este questionário é anónimo e pretende obter informações sobre a sua sintomatologia musculoesquelética ligada ao trabalho. Seja, por favor, o mais coerente possível nas suas respostas.

Data atual: ____/____/____

Sexo: Masculino
Feminino

Peso: _____ kg

Idade: _____

Altura: _____ cm

Número de anos nesta atividade: _____

Preencha a tabela seguinte, assinalando com uma cruz o quadrado correspondente ao seu estado de incómodo, fadiga ou dor, em função dos segmentos corporais considerados. No caso de sentir desconforto, refira qual a intensidade do mesmo, de acordo com a seguinte escala:

Intensidade do incómodo/dor: Sem dor 😊 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 😞 Dor máxima

Teve algum problema durante os últimos 12 meses (fadiga, desconforto ou dor) nos seguintes segmentos? Se sim, refira qual a sua intensidade, assinalando-a no quadrado.

Teve algum problema durante os últimos 7 dias?

Nos últimos 12 meses esteve impedido de realizar o seu trabalho normal devido a este problema?

	1. Coluna cervical Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	2. Coluna cervical Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	3. Coluna cervical Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	4. Ombros Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> No direito <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> No esquerdo <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Nos dois <input type="checkbox"/>	5. Ombros Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> No direito <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> No esquerdo <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Nos dois <input type="checkbox"/>	6. Ombros Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	7. Cotovelos Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> No direito <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> No esquerdo <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Nos dois <input type="checkbox"/>	8. Cotovelos Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> No direito <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> No esquerdo <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Nos dois <input type="checkbox"/>	9. Cotovelos Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	10. Punhos/mãos Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> No direito <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> No esquerdo <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Nos dois <input type="checkbox"/>	11. Punhos/mãos Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> No direito <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> No esquerdo <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Nos dois <input type="checkbox"/>	12. Punhos/mãos Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	13. Coluna dorsal Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	14. Coluna dorsal Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	15. Coluna dorsal Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	16. Coluna lombar Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	17. Coluna lombar Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	18. Coluna lombar Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	19. Ancas/coxas Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	20. Ancas/coxas Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	21. Ancas/coxas Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	22. Pernas/joelhos Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	23. Pernas/joelhos Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	24. Pernas/joelhos Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
	25. Tornozelos/pés Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	26. Tornozelos/pés Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	24. Tornozelos/pés Não <input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

Versão portuguesa: Mesquita et al., 2010; Serranheira et al., 2003.

Obrigado pela sua colaboração!

ANEXO II – RESULTADOS, COM RECURSO AO PROGRAMA SPSS.

Output 1: Teste à Normalidade dos dados

Testes de Normalidade

	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estatística	gl	Sig.
Eixo x	,177	7615	,000

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Testes de Normalidade

	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estatística	gl	Sig.
Eixo y	,198	7615	,000

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Testes de Normalidade

	Kolmogorov-Smirnov ^a		
	Estatística	gl	Sig.
Eixo z	,155	7615	,000

a. Correlação de Significância de Lilliefors

Output 2: Teste de hipóteses: Correlação de Spearman

Correlações

		Comando do assento		x
rô de Spearman	Comando do assento	Coefficiente de Correlação	1,000	,026*
		Sig. (bilateral)	.	,021
		N	7615	7615
x		Coefficiente de Correlação	,026*	1,000
		Sig. (bilateral)	,021	.
		N	7615	7615

*. A correlação é significativa no nível 0,05 (bilateral).

Correlações

		Comando do assento		y
rô de Spearman	Comando do assento	Coefficiente de Correlação	1,000	,006
		Sig. (bilateral)	.	,599
		N	7615	7615
y		Coefficiente de Correlação	,006	1,000
		Sig. (bilateral)	,599	.
		N	7615	7615

Correlações

		Comando do assento		z
rô de Spearman	Comando do assento	Coefficiente de Correlação	1,000	-,083**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	7615	7615
z		Coefficiente de Correlação	-,083**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	7615	7615

** . A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

Correlações

		Suspensão da cabine		x
rô de Spearman	Suspensão da cabine	Coefficiente de Correlação	1,000	-,040**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	7615	7615
x		Coefficiente de Correlação	-,040**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	7615	7615

** . A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

Correlações

		Suspensão da cabine		y
rô de Spearman	Suspensão da cabine	Coefficiente de Correlação	1,000	,022
		Sig. (bilateral)	.	,051
		N	7615	7615
y		Coefficiente de Correlação	,022	1,000
		Sig. (bilateral)	,051	.
		N	7615	7615

Correlações

		Suspensão da cabine		z
rô de Spearman	Suspensão da cabine	Coefficiente de Correlação	1,000	,054**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	7615	7615
z	Suspensão da cabine	Coefficiente de Correlação	,054**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	7615	7615

** . A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

Correlações

		Suspensão do chassi		x
rô de Spearman	Suspensão do chassi	Coefficiente de Correlação	1,000	,038**
		Sig. (bilateral)	.	,001
		N	7615	7615
x	Suspensão do chassi	Coefficiente de Correlação	,038**	1,000
		Sig. (bilateral)	,001	.
		N	7615	7615

** . A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

Correlações

		Suspensão do chassi		y
rô de Spearman	Suspensão do chassi	Coefficiente de Correlação	1,000	,001
		Sig. (bilateral)	.	,909
		N	7615	7615
y	Suspensão do chassi	Coefficiente de Correlação	,001	1,000
		Sig. (bilateral)	,909	.
		N	7615	7615

Correlações

		Suspensão do chassi		z
rô de Spearman	Suspensão do chassi	Coefficiente de Correlação	1,000	-,021
		Sig. (bilateral)	.	,066
		N	7615	7615
z	Suspensão do chassi	Coefficiente de Correlação	-,021	1,000
		Sig. (bilateral)	,066	.
		N	7615	7615

Correlações

		Marca do veículo		x
rô de Spearman	Marca do veículo	Coefficiente de Correlação	1,000	,013
		Sig. (bilateral)	.	,249
		N	7615	7615
	x	Coefficiente de Correlação	,013	1,000
		Sig. (bilateral)	,249	.
		N	7615	7615

Correlações

		Marca do veículo		y
rô de Spearman	Marca do veículo	Coefficiente de Correlação	1,000	,020
		Sig. (bilateral)	.	,079
		N	7615	7615
	y	Coefficiente de Correlação	,020	1,000
		Sig. (bilateral)	,079	.
		N	7615	7615

Correlações

		Marca do veículo		z
rô de Spearman	Marca do veículo	Coefficiente de Correlação	1,000	,004
		Sig. (bilateral)	.	,725
		N	7615	7615
	z	Coefficiente de Correlação	,004	1,000
		Sig. (bilateral)	,725	.
		N	7615	7615

Correlações

		Idade do veículo		x
rô de Spearman	Idade do veículo	Coefficiente de Correlação	1,000	-,034**
		Sig. (bilateral)	.	,003
		N	7615	7615
	x	Coefficiente de Correlação	-,034**	1,000
		Sig. (bilateral)	,003	.
		N	7615	7615

** . A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

Correlações

			Idade do veículo	y
rô de Spearman	Idade do veículo	Coefficiente de Correlação	1,000	-,001
		Sig. (bilateral)	.	,898
		N	7615	7615
y		Coefficiente de Correlação	-,001	1,000
		Sig. (bilateral)	,898	.
		N	7615	7615

Correlações

			Idade do veículo	z
rô de Spearman	Idade do veículo	Coefficiente de Correlação	1,000	,069**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	7615	7615
z		Coefficiente de Correlação	,069**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	7615	7615

** . A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

Correlações

			Quilômetros do veículo	x
rô de Spearman	Quilômetros do veículo	Coefficiente de Correlação	1,000	-,035**
		Sig. (bilateral)	.	,002
		N	7615	7615
x		Coefficiente de Correlação	-,035**	1,000
		Sig. (bilateral)	,002	.
		N	7615	7615

** . A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

Correlações

			Quilômetros do veículo	y
rô de Spearman	Quilômetros do veículo	Coefficiente de Correlação	1,000	-,008
		Sig. (bilateral)	.	,474
		N	7615	7615
y		Coefficiente de Correlação	-,008	1,000
		Sig. (bilateral)	,474	.
		N	7615	7615

Correlações

			Quilómetros do veículo	z
rô de Spearman	Quilómetros do veículo	Coeficiente de Correlação	1,000	,082**
		Sig. (bilateral)	.	,000
		N	7615	7615
z	z	Coeficiente de Correlação	,082**	1,000
		Sig. (bilateral)	,000	.
		N	7615	7615

** . A correlação é significativa no nível 0,01 (bilateral).

ANEXO III – CARATERIZAÇÃO DOS VEÍCULOS DE TESTE UTILIZADOS.

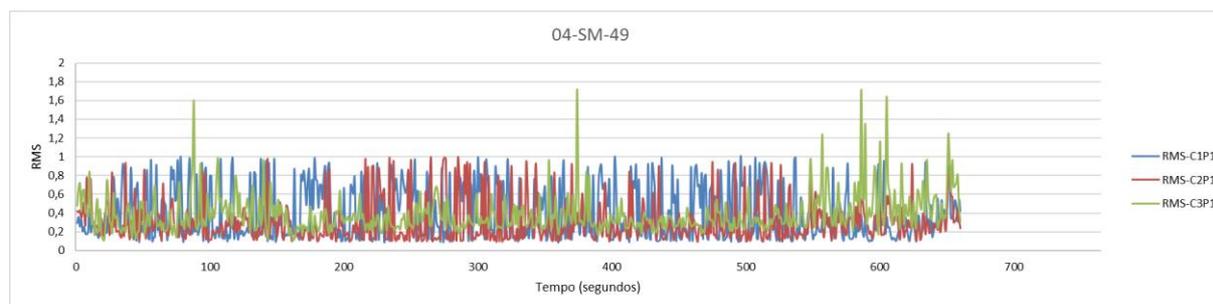
Data da avaliação: 14/06/2019

Teste 1

Código Matrícula	Marca	Modelo	Alimentação	Potência (kW)	Rotações (RPM)	Peso (kg)
04-SM-49	Renault	HR 460/Premium	Diesel	346	1800	6730



Gráfico espectro de vibração



Teste 2

Código Matrícula	Marca	Modelo	Alimentação	Potência (kW)	Rotações (RPM)	Peso (kg)
12-SM-25	Mercedes	934.03/Actros 1846 LS	Diesel	335	1800	8144

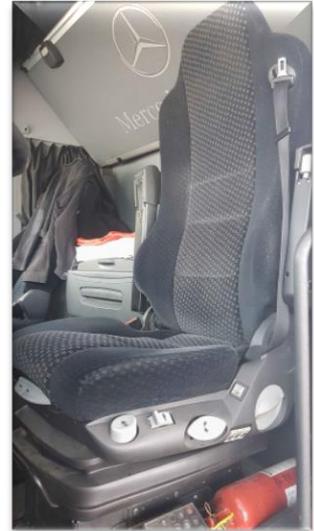
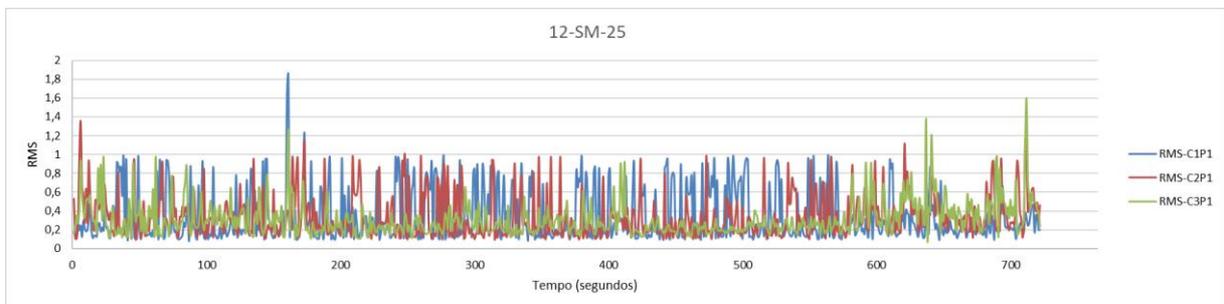


Gráfico espectro de vibração

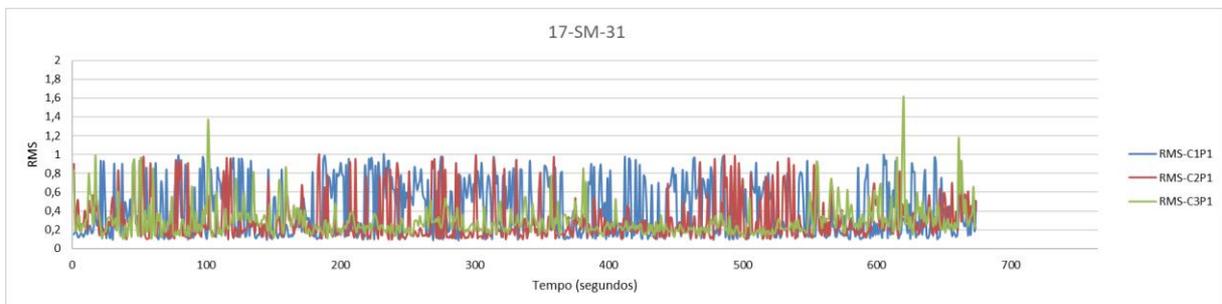


Teste 3

Código Matrícula	Marca	Modelo	Alimentação	Potência (kW)	 rotações (RPM)	Peso (kg)
17-SM-31	Renault	Magnum 4x2/AE 480	Diesel	360	1900	7605



Gráfico espectro de vibração

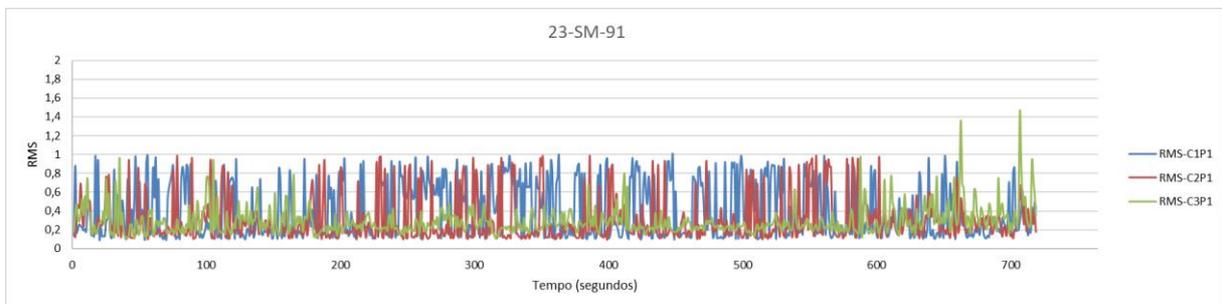


Teste 4

Código Matrícula	Marca	Modelo	Alimentação	Potência (kW)	Rotações (RPM)	Peso (kg)
23-SM-91	Renault	Magnum 4x2/AE 480	Diesel	360	1900	8496



Gráfico espectro de vibração

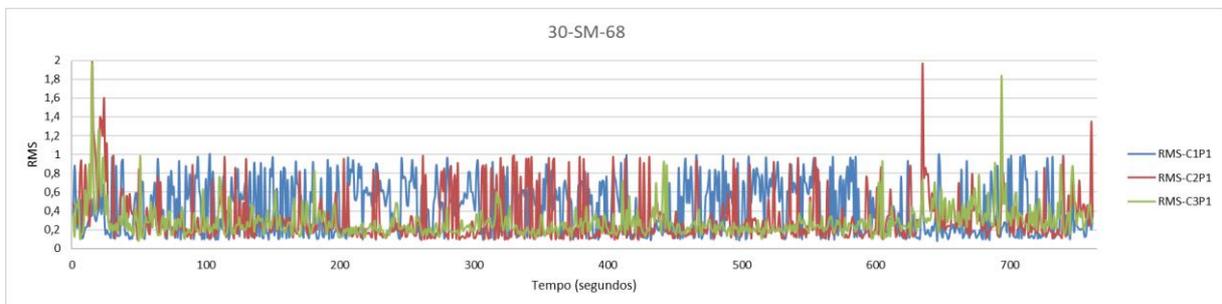


Teste 5

Código Matrícula	Marca	Modelo	Alimentação	Potência (kW)	Rotações (RPM)	Peso (kg)
30-SM-68	Iveco	BA3C/Stralis AS440T/P	Diesel	338	1900	8525



Gráfico espectro de vibração

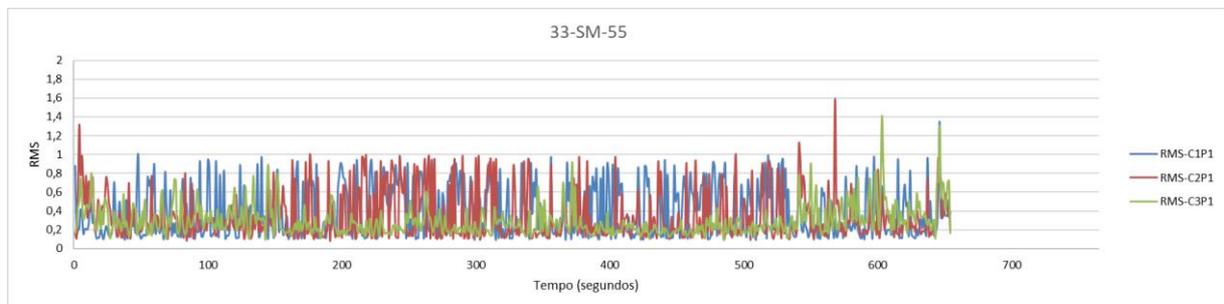


Teste 6

Código Matrícula	Marca	Modelo	Alimentação	Potência (kW)	Rotações (RPM)	Peso (kg)
33-SM-55	Volvo	24A3C/FH (4x2)	Diesel	375	1800	8762



Gráfico espectro de vibração



Teste 7

Código Matrícula	Marca	Modelo	Alimentação	Potência (kW)	Rotações (RPM)	Peso (kg)
36-SM-53	Renault	HD001/T	Diesel	360	1800	8609

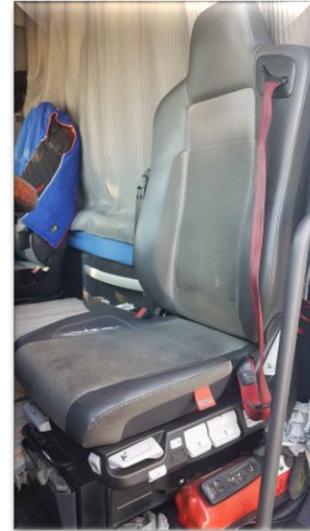
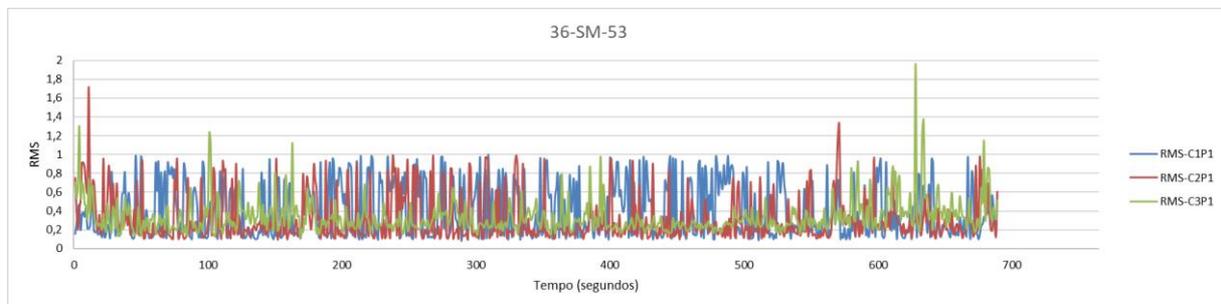


Gráfico espectro de vibração

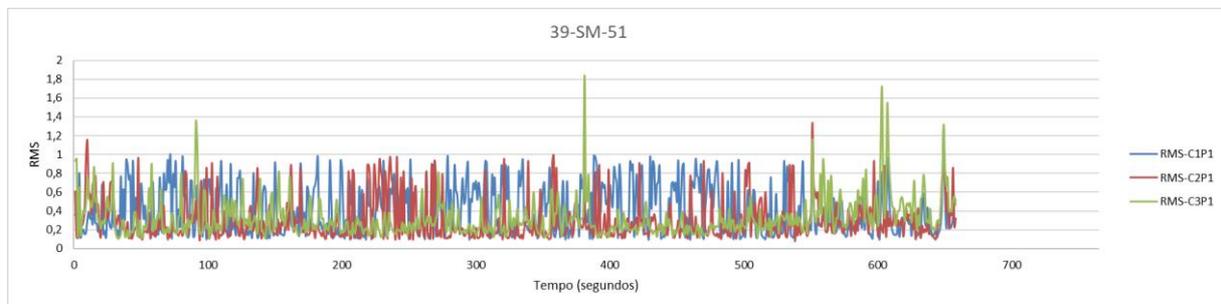


Teste 8

Código Matrícula	Marca	Modelo	Alimentação	Potência (kW)	Rotações (RPM)	Peso (kg)
39-SM-51	Scania	N323/R500	Diesel	368	1900	8797



Gráfico espectro de vibração

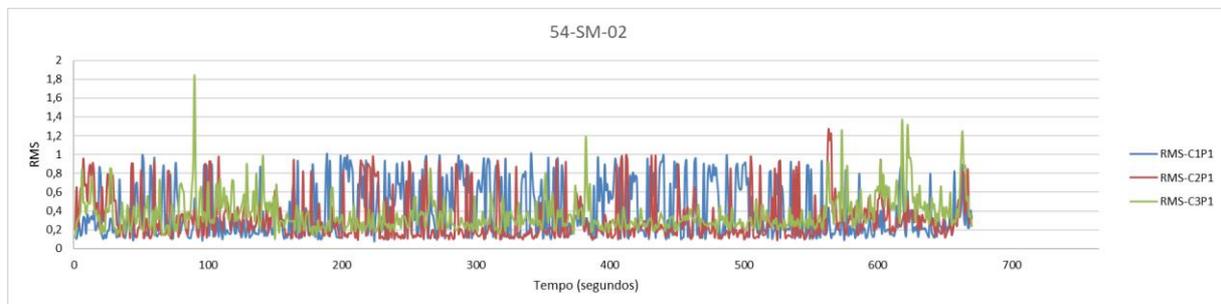


Teste 9

Código Matrícula	Marca	Modelo	Alimentação	Potência (kW)	Rotações (RPM)	Peso (kg)
54-SM-02	Scania	N320/R450	Diesel	331	1900	8645



Gráfico espectro de vibração



Teste 10

Código Matrícula	Marca	Modelo	Alimentação	Potência (kW)	Rotações (RPM)	Peso (kg)
83-SM-17	Volvo	FHA3C/FH (4x2)	Diesel	345	1800	8632

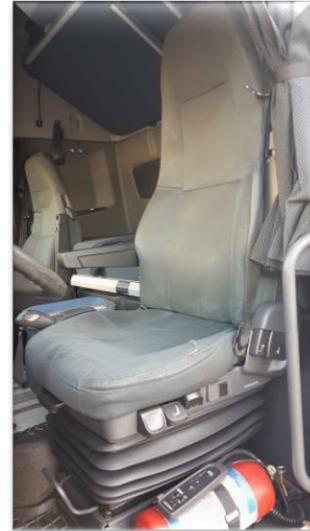
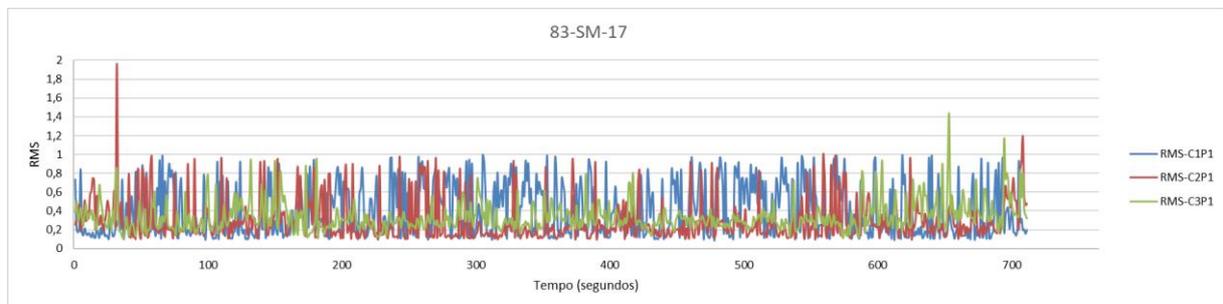


Gráfico espectro de vibração



Teste 11

Código Matrícula	Marca	Modelo	Alimentação	Potência (kW)	Rotações (RPM)	Peso (kg)
85-SM-25	Iveco	BA3C/Stralis AS440T/P	Diesel	368	1900	8561



Gráfico espectro de vibração

