

PROGRAMA DOUTORAL EM SEGURANÇA E SAÚDE OCUPACIONAIS

ESTUDO DO EFEITO DA PRESSÃO E DA VIBRAÇÃO NA INTERFACE ASSENTO/CONDUTOR NA CONDUÇÃO DE VEÍCULO AUTOMÓVEL

Izac Josué Moreira

D

2023



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto



**ESTUDO DO EFEITO DA PRESSÃO E DA VIBRAÇÃO NA INTERFACE
ASSENTO/CONDUTOR NA CONDUÇÃO DE VEÍCULO AUTOMÓVEL**

Izac Josué Moreira

Orientador: Mário Augusto Pires Vaz

Co-orientador: Maurília de Almeida Bastos

**Porto, Portugal
2023**

RESUMO

Condutores de veículos automóveis ao dirigir durante longos períodos, especialmente com uma postura inadequada ou com movimentos pouco frequentes, podem sofrer distúrbios da estrutura muscular e dos tecidos que a constituem. Interferem no conforto do condutor aspectos como o piso de rolamento, o tipo de veículo por exemplo com seleção automática ou manual de velocidade. Estes aspectos proporcionam uma condição de condução diferente para as pernas do condutor.

Para contribuir na melhoria do conforto ao dirigir veículos automotores, este trabalho se propôs a fazer um estudo para compreender o comportamento de condutores deste veículos, procurando identificar a movimentação das pernas dos mesmos ao dirigir, através de análise das vibrações e da distribuição de pressão na interface assento/condutor, com tipos de caixa de seleção automática e manual de velocidades, com pavimento asfáltico e de paralelepípedo. Para a caracterização do comportamento das pernas dos condutores verificou-se a distribuição da pressão na *interface* assento/operador, identificado a partir de mapas de pressão de cada um dos condutores. A vibração foi registrada através de acelerômetros colocados sobre o banco/assento do condutor e sobre o piso do veículo, na base do banco do mesmo.

Apesar das limitações impostas pela pandemia do Covid19, que se instalou logo após o início dos trabalhos de coleta de dados em campo e impediu ampliar a amostra de condutores bem como a distâncias dos trajetos, devido as restrições nas relações sociais e na circulação de pessoas, verificou-se através da análise dos experimentos realizados, que a metodologia aplicada foi eficiente e houve uma diferença significativa no comportamento entre ambas pernas dos condutores dos veículos automotores, submetidas ao efeito da pressão e da vibração, tanto em veículos com sistemas automático e manual de velocidade, bem como em piso asfáltico e de paralelepípedo.

Palavras chave: Movimento das pernas durante a condução, interface do banco do motorista, mapa de pressão, vibração

ABSTRACT

Drivers of automotive vehicles, when driving for long periods with an inadequate posture or infrequent movements, may suffer disorders of the muscle structure and the tissues that constitute it. Aspects such as: the road surface, the type of vehicle they have, for example, automatic or manual gear selection, interfere with the driver's comfort. These aspects provide a different condition for the driver's legs.

In order to contribute to the improvement of comfort when driving automotive vehicles, this work consists in an exploratory study of the behavior of drivers' legs, identifying its movement when driving. The analysis of vibrations and pressure distribution at the seat/driver interface of vehicles, with different types of speed selection box - automatic and manual, when traveling on asphalt and cobblestone pavement, are methodological resources for this analysis. To characterize the behavior of the drivers' legs, the pressure distribution at the seat/operator interface was verified, identified from the pressure maps of each driver. Vibration was recorded using accelerometers placed on the driver's seat and on the vehicle's floor, at the base of the seat.

Despite the limitations imposed by the Covid19 pandemic, which was installed shortly after the start of data collection work, preventing the expansion of the sample of drivers, as well as the distances of the routes - since the restrictions on social relations and circulation of people was an imposition, it was verified, through the analysis of the performed experiments, that the applied methodology was efficient and robust, showing a significant difference in the behavior between both legs of automotive vehicle drivers, when subjected to the effect of pressure and vibration. Both in vehicles with automatic and manual speed systems, as well as on asphalt and cobblestone pavements.

Keywords: leg movement while driving, driver seat interface, pressure map, vibration

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que de forma singular me conduziu até aqui e por ter permitido que eu tivesse saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho.

À minha esposa Clarisse, que teve um papel de enorme importância para a finalização deste trabalho, sendo minha conselheira, incentivadora e companheira, enfrentando juntos todos os desafios e distância de casa, com muita paciência e amor. Sua força e presença foram inspiração para minha caminhada.

Ao meu filho e meu neto, pela compreensão em razão das minhas ausências.

À minha nora, pelos conselhos sempre muito importantes e motivadores.

À minha mãe, meus irmãos pelo carinho e incentivo, especialmente à minha irmã Bernadete pelo seu apoio incansável.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina (IFSC), por conceder o afastamento temporário dos afazeres de docência.

Aos meus colegas professores, do curso de Manutenção auto veicular pela compreensão durante meu período de ausência.

Ao meu amigo, Prof. Dr. Hélio pelas suas orientações e ajuda na organização dos trabalhos e grande incentivo para sua finalização.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Mario A. P. Vaz, obrigado pela paciência, educação, contribuição técnica e incentivo. Sua orientação, foi sem dúvida, de enorme valia e essencial para a finalização deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Santos Baptista pela, sua amizade e grande ajuda quando da minha estada em Portugal.

À Prof. Dr. Joana Guedes, pelo seu apoio e incentivo.

À Prof. Dr. Luiza, pela sua colaboração na coleta e organização de dados coletados de campo.

À Raquel, pelo seu grande apoio e amizade a frente da secretaria do DemSSO.

Ao amigo Lucas Seara Manoel pelo apoio, compreensão e ajuda na construção deste trabalho.

E a todos os demais que direta ou indiretamente colaboraram para a finalização de meu trabalho. Muito obrigado a todos.

ÍNDICE

RESUMO.....	ii
ABSTRACT.....	iv
AGRADECIMENTOS.....	vi
Índice.....	viii
Lista de figuras.....	x
Lista de tabelas.....	xiii
Lista de abreviaturas e Símbolos.....	xiv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
2.1. Aspetos anatômicos e biomecânicos do corpo humano.....	3
2.2. A ergonomia e a postura sentada ao dirigir veículo automotor.....	9
2.2.1. Ergonomia.....	9
2.2.2. A posição sentada ao dirigir.....	14
2.2.3. Conforto e desconforto – conceitos fundamentais para a ergonomia.....	16
2.3. O veículo.....	16
2.3.1. A suspensão como sistema de amortecimento do veículo automotor.....	16
2.3.2. Diferenças na condução de veículos automotores com seleção manual e automática de velocidade para o operador.....	21
2.3.2.1. Transmissão Manual.....	21
2.3.2.2. Transmissão Automática.....	22
2.3.2.3. Modo de operação do sistema transmissão manual e automático pelo condutor.....	22
2.3.3. O banco/assento como interface do veículo com o condutor.....	25
2.3.3.1. O banco: aspectos construtivos e a postura sentada.....	25
2.4. Distribuição da pressão e vibração como fenômenos e parâmetros de análise.....	29
2.4.1. Distribuição da pressão na postura sentada.....	29
2.4.2. Transmissibilidade das vibrações.....	31
3.OBJETIVOS.....	42
3.1. Objetivo geral.....	42
3.2. Objetivos específicos.....	42
4. METODOLOGIA.....	43
4.1. Amostra.....	43
4.2. Caracterização dos veículos.....	44

4.3. Caracterização dos percursos.....	48
4.3.1. Acompanhamento da mediação da velocidade, tempo de deslocamento e informações relativas ao percurso - Sistema de posicionamento global - GPS.....	48
4.3.2. Pavimento asfáltico.....	48
4.3.3. Pavimento de paralelepípedo.....	49
4.4. Ensaios de medições das vibrações e da distribuição da pressão na interface assento/conductor.....	49
4.4.1. Ensaio de medição de vibração.....	50
4.4.1.1. Equipamentos de medição de vibrações.....	50
4.4.1.2. Montagem do equipamento medidor de vibrações Svantek 106 no veículo.....	51
4.4.1.3. Tratamento dos dados obtidos durante os ensaios de vibração.....	52
4.4.2. Ensaio de mediação da distribuição da pressão na interface assento/conductor.....	53
4.4.2.1. Equipamentos de medição da distribuição da pressão na interface assento/conductor.....	53
4.4.2.2. Montagem da manta sensor de pressão de interface TATILUS no veículo.....	54
4.4.2.3. Tratamento dos dados obtidos durante os ensaios de mediação da distribuição da pressão na interface assento/conductor.....	55
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	58
5.1. Antropometria dos condutores.....	58
5.2. Numero de sensores ativos.....	58
5.3. Distribuição de pressão média a na interface assento condutor.....	60
5.4. Percentual da distribuição da pressão - SPD%	70
5.5. Testes de vibração cinco condutores (Acelerômetro).....	75
5.5.1. Aceleração eficaz a_w	75
5.5.2. SEAT% - (<i>Seat Effective Amplitude Transmissibility</i>).....	77
6. CONCLUSÕES.....	80
7. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS.....	81
8. BIBLIOGRAFIA.....	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Coluna Vertebral e suas divisões. Fonte: adaptada de Netter (2011)	4
Figura 2: Alterações da curvatura da coluna na passagem da postura em pé para a postura sentada. Fonte: adaptada de Netter (2011)	5
Figura 3: Corte frontal da pelve. Fonte: adaptada de Grandjean (1998)	6
Figura 4: Músculo piriforme. Fonte: adaptado de Dangelo & Fanttini (2003)	7
Figura 5: Sistema circulatório nos membros inferiores. Fonte: adaptada de Dangelo & Fanttini (2003)	8
Figura 6: Pé - músculos e tendões. Netter (2011)	9
Figura 7: Principais dimensões interiores para acomodação do condutor e ocupantes de veículos de passeio. Fonte: SAE J1100 (2001)	12
Figura 8: Dinâmica Veicular. Fonte: adaptado de Gillespie (1992),.....	18
Figura 9: Modelagem de um sistema de suspensão (passiva). Fonte: HERSZENHAUT (2013, p.4)	20
Figura 10 (a): Manopla da caixa de velocidade manual e (b): Posição dos pedais em veículos com caixa de velocidade manual. Fonte: a) Manual de instruções Opel ADAM GLAM 2019, https://www.opel.pt/pos-venda/manuais.htm e b) Pedais de um veículo da caixa manual	23
Figuras 11 (a): Manopla da caixa de velocidade automática e (b) : Posição dos pedais em veículos com caixa de velocidade automática. Fonte: a) www.citroen.pt e b) Pedais de um veículo da caixa automática.....	24
Figura 12: Posturas e ângulos do motorista ao sentar. Fonte: adaptado de Dreyfuss (1993)...	26
Figura 13: Regulagens de banco. Fonte: adaptado de SAE (2001)	28
Figura 14: Região de pressão das coxas e região de pressão das tuberosidades isquiáticas. Fonte: O autor, adaptado de Grandjean.....	31
Figura 15: Categorização dos movimentos oscilatórios. Fonte: adaptado de Griffin (1990)..	32
Figura 16: Representação das ondas de vibração de acordo com movimentos oscilatórios. Fonte: adaptado de Griffin (1990)	33
Figura 17: Eixos de direção da transmissão da VCI. Fonte: adaptado de Brasil (2013)	34
Figura 18 - Curvas de transmissibilidade de vibrações verticais, considerando o corpo humano na posição em pé. Fonte: Balbinot (2001)	37
Figura 19 - Curvas de transmissibilidade de vibrações verticais considerando o corpo humano na posição sentado. Fonte: Balbinot (2001)	37

Figura 20: Modelo teórico biomecânico com as frequências naturais de ressonância. Fonte: adaptado de Brüel & Kjaer (1989)	40
Figura 21: Citroen C3 PURETECH: Veículo com seleção manual de velocidade (SMV) .	45
Figura 22: Opel Adam, modelo GLAM 2019: Veículo com seleção automática de velocidade (SAV). Fonte: https://www.ultimatespecs.com/pt/car-specs/Opel/70933/2019-Opel-Adam-Glam-14-87HP-Easytronic.html Manual de instruções Opel Adam (2019), 2022	46
Figura 23: Localização do trajeto em pavimento asfáltico. Avenida 25 de Abril - Campanhã-Porto/PT. Fonte: adaptado de Google (2019)	48
Figura 24: Localização do trajeto em pavimento Paralelepípedo. Rua do Monte da Estação e Rua de Justino Teixeira-Campanhã-Porto/PT Fonte: adaptado de Google (2019).	49
Figura 25: Equipamento para medição da vibração. Fonte: adaptado de SVANTEK SP. Z O.O. Warszawa, Polônia. (Fabricante).....	51
Figura 26: Posicionamento do acelerômetro sobre o assento.	52
Figura 27: Fluxograma do estudo da vibração.	53
Figura 28 - Equipamento para medição da distribuição da pressão. Fonte: adaptado de Sensor Products Inc, USA (Fabricante).....	54
Figura 29: Posicionamento da manta de pressão sobre o assento. Fonte: O Autor.....	54
Figura 30: Fluxograma do estudo da pressão na interface assento/condutor. Fonte: O Autor.....	55
Figura 31: Mapa de pressão sobre o assento. Fonte: Sensor Products Inc, USA (Fabricante).....	56
Figura 32: Numero de sensores ativos por banco por condutor.....	59
Figura 33: Numero de sensores ativos por perna no banco para cada condutor.....	60
Figura 34: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 1, no piso de paralelepípedo com relação a pressão média.....	61
Figura 35: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 1 no piso de asfalto. com relação a pressão média.....	62
Figura 36: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 2 no piso de paralelepípedo com relação a pressão média.....	63
Figura 37: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 2 no piso de asfalto com relação a pressão média.....	64
Figura 38: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 3 no piso de paralelepípedo com relação a pressão média.....	65

Figura 39: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 3 no piso de asfalto com relação a pressão média.....	66
Figura 40: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 4 no piso de paralelepípedo com relação a pressão média.....	67
Figura 41: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 4 no piso de asfalto com relação a pressão média.....	68
Figura 42: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 5 no piso de paralelepípedo com relação a pressão média.....	69
Figura 43: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 5 no piso de asfalto com relação a pressão média.....	70
Figura 44: Distribuição da pressão nos assentos dos bancos dos veículos contato integral geral.	71
Figura 45: Distribuição da pressão no assento dos bancos observando o percentual individualmente por cada uma das pernas. Direita e esquerda.	72
Figura 46: Distribuição de pressão média por perna dos condutores em cada piso e com a condição automática e manual.	74
Figura 47 - Aceleração eficaz (a_w) para os condutores, veículos SVA e SVM nos pisos de paralelepípedo e asfalto.....	77
Figura 48 – SEAT (%) para os condutores, veículos automáticos e manuais nos pisos de paralelepípedo e asfalto.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Ângulos posturais de conforto recomendados pela literatura para o condutor.....	13
Tabela 2: Limites de exposição à vibração.....	35
Tabela 3: Efeitos das frequências sobre o corpo humano.....	38
Tabela 4: Tipos de veículos automotores e sistemas de seleção de velocidade.....	44
Tabela 5: Ficha técnica veículo automotor Citroen C3 (SMV).....	45
Tabela 6: Ficha técnica veículo automotor Opel Adam GLAM, (SAV).....	46
Tabela 7: Ensaio relacionando veículo, condutores e pista de rodagem.....	47
Tabela 8: Dimensões antropométricas dos condutores.....	58
Tabela 9: Distribuição de pressão média SPD% por perna dos condutores em cada piso e com a condição automática e manual.....	73
Tabela 10 - Aceleração eficaz (a_w) com veículo Automático Asfalto.....	75
Tabela 11 - Aceleração eficaz (a_w) com veículo Automático Paralelo.....	76
Tabela 12 - Aceleração eficaz (a_w) com veículo Manual Asfalto.....	76
Tabela 13 - Aceleração eficaz (a_w) com veículo Manual Paralelo.....	76
Tabela 14 Valores calculados do fator de crista.....	78

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

a_w - Aceleração eficaz

GPS - Sistema de posicionamento global – GPS

IMC (índice de massa corpórea)

L- Movimentação perna esquerda

R- Movimentação de perna direita

RMS – Aceleração Média Quadrada

SAE (Society of Automotive Engineers)

SEAT%-Seat Effective Amplitude Transmissibility (Amplitude efetiva da transmissibilidade de vibração do banco)

SPD% – Percentual de distribuição de pressão sobre área

SVA – Sistema Velocidade Automático

SVM – Sistema Velocidade Manual

VCI – Vibração der Corpo Inteiro

VDV – Valor de Dose de Vibração

1. INTRODUÇÃO

Um condutor de veículo automóvel ao dirigir durante longos períodos, especialmente com uma postura inadequada ou com movimentos pouco frequentes, podem sofrer distúrbios da estrutura muscular e dos tecidos que a constituem (Coury, 1995).

Porter (1998) refere a postura sentada ao dirigir como fundamental na avaliação de conforto e saúde do condutor. Para um veículo automóvel, este tempo de permanência pode ser uma escolha do condutor, o que tende a minimizar os reflexos para a saúde dele.

A postura sentada é foco de muitos estudos na atualidade, pois a sua inadequação interfere no conforto do ocupante do assento, podendo acarretar inúmeros problemas de saúde que vão desde lombalgias, a deformidades irreversíveis da coluna vertebral, entre outros, comprometendo a qualidade de vida dos condutores de veículos automotores. Quando esta atividade constitui trabalho (condução de veículos) demanda muito tempo sentado, e em diversas condições de tráfego e piso rodoviário (Yong Peng et al 2022).

A condução de veículos com seleção automática de marchas proporciona uma condição de condução diferente para as pernas do condutor do que o veículo de seleção manual. Neste caso a postura sentada adquire especificidades, que se repercutem nos membros superiores e inferiores.

Nos veículos com seleção automática de marchas, a postura das pernas tende a ser diferente da adotada no veículo com seleção manual. Supostamente, na seleção automática de marchas, o esforço na perna esquerda é menor pois o condutor não a usa na operação do veículo. Em princípio, menos uso tende a menos desgaste, o que sugere uma condição de conforto ao condutor. No entanto, as consequências para a saúde do condutor de uma condição postural assimétrica, devida a essa condição, precisam ser consideradas.

Na postura das pernas de condutores de veículos, manter-se na posição sentada por longos períodos, principalmente com a coxa em rotação externa, verifica-se que diminui o aporte sanguíneo para a região de músculos da bacia e ao longo do tempo pode alterar a sua fisiologia provocando o encurtamento destes (Pascaline Lantoiné, 2021).

Com o aumento na tensão dos músculos, a falta de alongamento, sintomas como dores, amolecimento, fadiga, aparecem e poderão agravar-se quando já existentes (Porter, 1998).

O estudo das questões relacionadas com a postura sentada envolve inúmeras variáveis, tais como: tipo de banco/assento, tipo de veículo, sistema de amortecimento que possui, características antropométricas do condutor, carga ou massa sobre o assento, tempo

de permanência sentado, tipo de tarefa executada ao dirigir, tipo de rodovias sobre o qual o veículo se desloca e as vibrações geradas por estas, entre outras.

Diante do exposto acima torna-se de suma importância um estudo para compreender os efeitos da vibração bem como a relação da postura sentada versus distribuição da pressão na interface assento/condutor, avaliando o movimento das pernas esquerda e direita, comparativamente, em veículos automóveis com seleção automática de marchas e veículos com seleção manual, em diferentes pavimentos de rolamento que é o objeto deste estudo. Pretende-se ainda identificar, a existência ou não de assimetrias nos movimentos do condutor e como estas se manifestam. Entende-se, portanto, que este estudo venha agregar conhecimento à área de saúde e higiene ocupacional, fornecendo subsídios a fabricantes de assentos e veículos automóveis, entre outras aplicações.

Para realizar o estudo, buscou-se uma por uma metodologia experimental onde foi definido o universo de estudo composto por 5 (cinco) condutores de veículos automotores de passageiros da cidade do Porto/Portugal, com o objetivo de identificar a movimentação das pernas do condutor ao dirigir veículos através de análise das vibrações e da distribuição de pressão na interface assento/condutor, com tipos de caixa de seleção de velocidade manual SVM e caixa de seleção velocidade automática SVA, em percursos urbanos, com pavimento asfáltico e paralelepípedo.

Para realizar os experimentos utilizou-se alguns materiais específicos, como por exemplo: veículos automóveis, computador, manta de medição de pressão no assento e a definição de trajeto urbano que permitisse a verificação proposta. Para a caracterização do comportamento das pernas dos condutores verificou-se a distribuição da pressão na *interface* assento/operador, identificado a partir de mapas de pressão de cada um dos condutores. A vibração foi registada através de acelerômetros colocados sobre o banco/assento do condutor e sobre o piso do veículo, na base do banco dele.

O trabalho aqui apresentado motivado pelo acima exposto, possui uma estrutura ou espinha dorsal composta de uma revisão de literatura, bem como a descrição da metodologia aplicada, análise dos resultados e discussões e as conclusões obtidas com o mesmo. Entendeu-se que os experimentos realizados mostraram que ele atingiu os objetivos a que se propôs conforme pode ser observado nas transcrições apresentadas a seguir.

2. REVISÃO DA LITERATURA

A anatomia e o funcionamento do organismo humano, em especial os aspectos biomecânicos na postura sentada, são elementos importantes para compreender os movimentos das pernas decorrentes da ação de dirigir veículos automóveis com seleção automática ou seleção manual de marcha. Compreender o comportamento do condutor na postura sentada, quando este dirige o veículo é fundamental para o entendimento dos reflexos dessa condução na saúde do motorista, especialmente na sua relação com o tempo de permanência na mesma posição. Conhecer, por exemplo, o funcionamento da suspensão e da caixa de velocidades (manual e automática) do veículo, a interface banco/assento com o condutor, o piso em que o veículo transita são de fundamental importância pois refletem-se diretamente na distribuição da pressão sobre o assento na postura sentada e na vibração do veículo em relação ao condutor. Estas variáveis constituem aspectos importantes para a compreensão do tema proposto neste trabalho.

2.1. Aspetos anatômicos e biomecânicos do corpo humano:

O estudo dos aspetos anatômicos e biomecânicos do corpo humano são fundamentais para a compreensão dos efeitos resultantes da movimentação das pernas na sua relação com a postura sentada, ao dirigir um veículo automóvel. Para isso devem ser caracterizados os movimentos executados, assim como a intensidade da força realizada e a frequência com que estes movimentos são executados.

A coluna vertebral é o eixo central do corpo humano, ela protege a medula espinhal que está alojada no seu interior, suporta e dá mobilidade à cabeça, e fixa inúmeros músculos, possibilitando a movimentação do tronco. A sua função principal consiste em suportar o peso da maior parte do corpo e transmiti-lo, através da articulação sacroilíaca, para os ossos do quadril (Dangelo & Fanttini, 2003).

Formada por 33 vértebras, a coluna vertebral, possui discos intervertebrais com estruturas fibrocartilaginosas capazes de absorver as alterações de pressão decorrentes da sobrecarga da coluna e garantir mobilidade entre as vértebras. A coluna vertebral divide-se em quatro partes, como se pode observar na Figura 1. As partes lombar e cervical têm mobilidade. Entre estas localiza-se a torácica com menor mobilidade e por baixo da lombar,

temos o sacro, preso à pelve. Esta última constitui uma a estrutura óssea dos quadris e suporta os ossos espinhais, protegendo os órgãos abdominais. O sacro é a fusão de cinco vértebras sacrais; e o cóccix, ou osso da cauda é constituído por uma fusão de quatro pequenas vértebras (Chaffin, Anderson, & Martin, 2001)

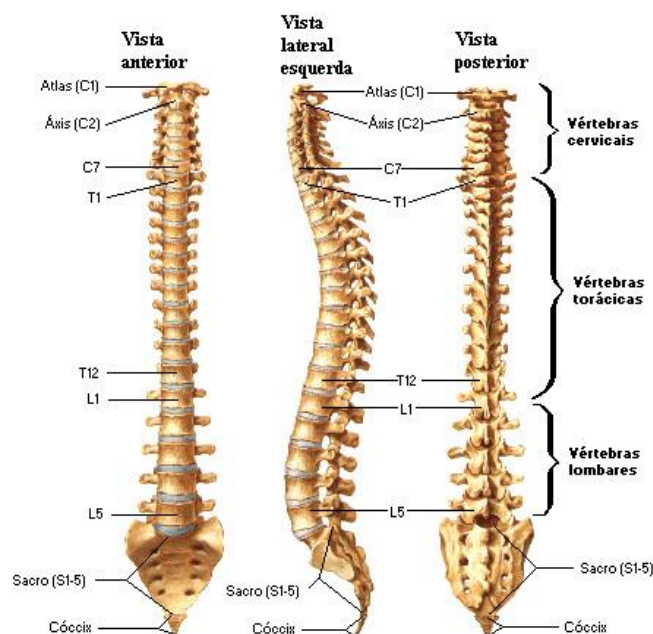


Figura 1: Coluna Vertebral e suas divisões. Fonte: adaptada de Netter (2011)

O formato da coluna lombar se altera ao passar da posição de pé para a posição sentada. A pelve gira posteriormente cerca de 40° e a coluna lombar reposiciona-se quando a pessoa se senta de forma relaxada (Keegan, 1953 e Chaffin, Anderson & Martin, 2001). A Figura 2 mostra como a coluna altera sua curvatura na postura sentada: a rotação da bacia para trás causa uma cifose, aumentando a pressão nos discos intervertebrais da coluna lombar (Grandjean, 1998).

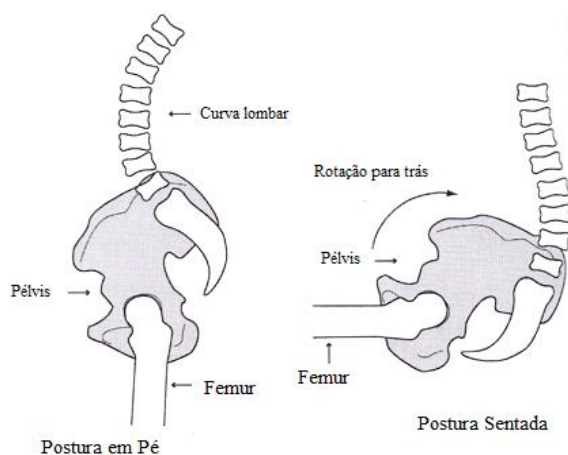


Figura 2: Alterações da curvatura da coluna na passagem da postura em pé para a postura sentada. Fonte: adaptada de Netter (2011)

Nachemson & Morris (1964) e Coury (1995) estudaram a questão das pressões intradisciais de indivíduos. Os primeiros apontaram o aumento dessas pressões quando o indivíduo passa da posição de pé para a sentada sem apoio dorsal da ordem de 30%. Já Coury (1995) refere a importância de considerar os ângulos ao sentar com o apoio dorsal, para essa avaliação da pressão interdiscal. Afirma que a pressão dentro do disco aumenta de forma inversamente proporcional à diminuição do ângulo entre tronco e coxas. Lesões nos discos, nas vértebras e outras áreas da coluna podem decorrer deste aumento de pressão quando se verifica a permanência por longos períodos na posição sentada. Com a diminuição da curva lombar, que ocorre na postura sentada, a posição das vértebras é alterada e o espaçamento entre elas diminui na frente e aumenta atrás. Assim, o núcleo do centro do disco é empurrado para trás ao nos sentarmos, provocando aumento da pressão dentro do disco. As estruturas que estão na parte posterior da coluna são esticadas e o núcleo vai pressionar a parede de trás do disco intervertebral (Coury, 1995). A Figura 3 mostra a anatomia da região da pelve num corte frontal para evidenciar o volume de estruturas que se interconectam, mostrando a complexidade e importância desta questão.

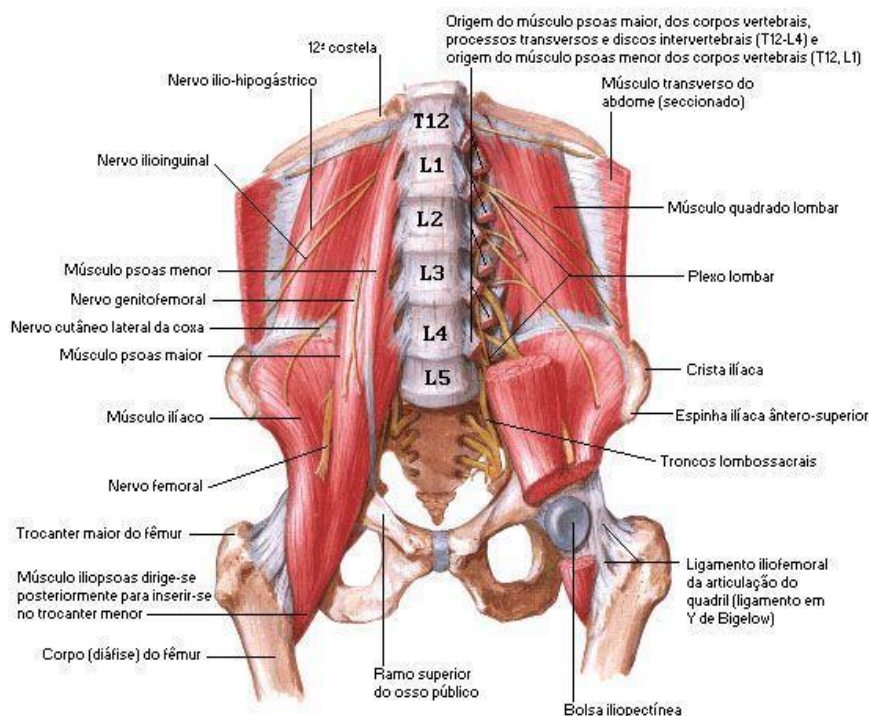


Figura 3: Corte frontal da pelve. Fonte: adaptada de Grandjean (1998)

Entre os músculos que recobrem mais externamente os ísquios temos os glúteos: máximo, médio e menor. O glúteo máximo é um músculo que promove a extensão do quadril. Numa região mais profunda e abaixo dele fica o músculo piriforme, que é um estabilizador da articulação do quadril. O piriforme é importante na anatomia pélvica, pois próximo a ele passa o nervo ciático, um dos mais extensos do corpo humano (Figura 4). Esta proximidade pode gerar problemas se o músculo piriforme for fortemente afetado. Neste caso pode surgir a citalgia, dor com dormência, formigamento ou choque na perna. No caso da postura sentada, o músculo glúteo máximo permanece mais relaxado. Por sua vez, a retroversão da pelve, quando a bacia se encontra rodada para trás, comprime o músculo piriforme. Quando esta compressão é ampliada por fraqueza ou desvantagem mecânica, os quadros de dor são mais evidentes (Huet, 2003 e Chaffin, Anderson, & Martin, 2001).



Figura 2: Músculo piriforme. Fonte: adaptado de Dangelo & Fanttini (2003)

Compreender o funcionamento dessas estruturas anatômicas é fundamental para o entendimento dos aspectos que afetam a movimentação das pernas do condutor ao dirigir veículos automotores. A expressão “perna”, conforme se verifica nos dicionários de anatomia humana e afins, refere-se ao membro que se articula na parte inferior da pelve, também chamado “membro inferior” e compreende: a coxa, o joelho, a perna propriamente dita, o tornozelo e o pé (Dangelo & Fanttini, 2003). Neste trabalho a expressão “perna” será utilizada como sinônimo de “membro inferior”.

O conhecimento do sistema circulatório do corpo humano apresentado na figura 5, auxilia na compreensão de um tema relevante para este trabalho que é o estudo da possibilidade da assimetria na movimentação das pernas do condutor e o longo tempo de permanência numa única posição, favorecerem a flacidez muscular e poderem comprometer o retorno venoso.

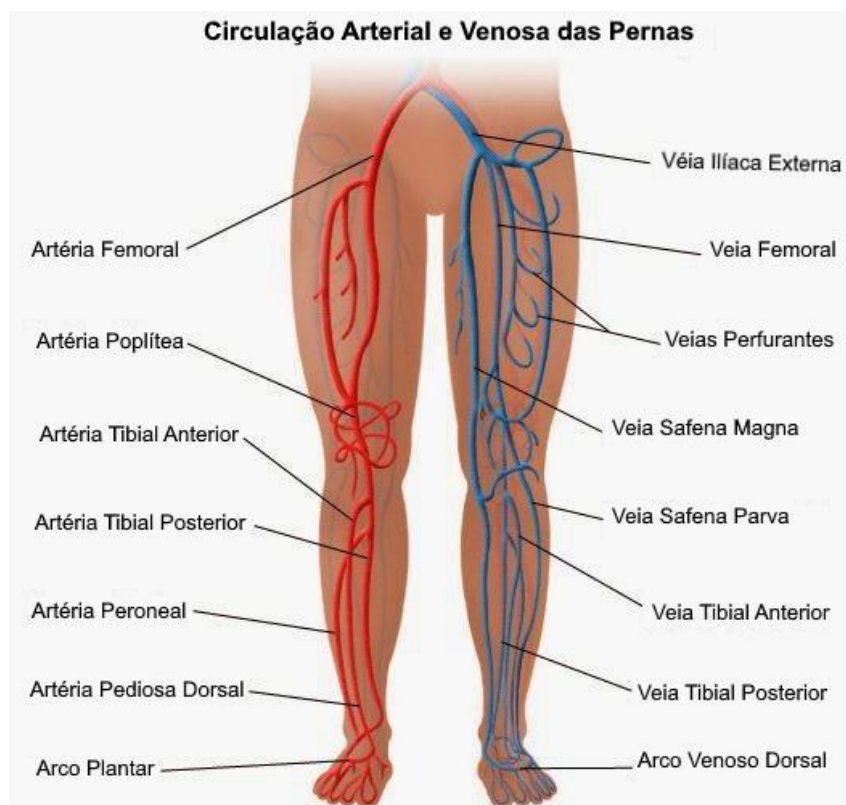


Figura 5: Sistema circulatório nos membros inferiores. Fonte: adaptada de Dangelo & Fanttini (2003)

As veias drenam o sangue dos membros inferiores através de dois sistemas: o superficial e o profundo. O sistema superficial drena 20% das toxinas e gás carbônico circulante e tem na veia safena magno sua principal veia, enquanto o sistema profundo drena 80% destes resíduos e a veia poplítea é a sua principal veia.

Importante atentar que esta é uma das regiões do corpo que sofre com o estresse na posição sentada, pois a compressão dos tecidos dificulta a circulação periférica quando da permanência por longos períodos sem movimentação. Um dos problemas decorrentes da longa permanência sentada é que pode gerar a trombose venosa, a exemplo do que ocorre em passageiros de voos de longa duração.

No que diz respeito a anatomia humana três áreas nodais merecem destaque neste estudo: a região dos ísquios, frequentemente referida nos estudos acerca da posição sentada. Neste caso, a vascularização periférica é a mais diretamente atingida, embora a dor possa se manifestar também pela compressão do músculo piriforme, região posterior interna da pelve, e se estender à região lateral da perna. Outra área nodal é a região poplítea, por estar situada logo acima dos “corações periféricos”, região da panturrilha onde se localiza o músculo

gastrocnêmio, responsáveis pelo incremento do retorno venoso dos membros inferiores. A falta do estímulo venoso compromete o a movimentação desta região e repercute-se na assimetria do movimento de pernas do condutor de veículo. A terceira área nodal é a região da articulação do tornozelo, pois se esta ficar estática, a contração muscular não se processa já que os movimentos de extensão (dorsificação), eversão e inversão do tornozelo não ocorrem. Consequentemente, o retorno venoso fica limitado. A Figura 6 mostra o pé e suas estruturas musculares e de tendões para elucidar esta questão.



Figura 6: Pé - músculos e tendões. Netter (2011)

A permanência na posição sentada durante a condução de veículos pode trazer consequências para o condutor. Estas assumem maior gravidade se ocorrerem simultaneamente com restrições à movimentação à postura e ocorrerem durante longo tempo de permanência.

2.2. A ergonomia e a postura sentada ao dirigir veículo automóvel.

2.2.1. Ergonomia

O estudo da ergonomia no local de trabalho se destina a promover o conforto do trabalhador, harmonizando o ambiente e os instrumentos de trabalho às capacidades e limites humanos, para aumentar a produtividade e a eficiência e o conforto. O homem, portanto, deve ser o ponto de partida para os projetos de trabalho que envolvem esta área.

“A Ergonomia objetiva modificar os sistemas de trabalho para adequar as atividades nele existentes às características, habilidades e limitações das pessoas com vistas ao seu desempenho eficiente, confortável e seguro” (ABERGO, 2000).

Por ser uma área de estudos ampla, utiliza conhecimento de várias disciplinas científicas para criar uma metodologia de análise e intervenção que permita a melhor adaptação da relação homem-posto de trabalho. Assim sendo, nas diversas abordagens que realiza considera fatores de ordem física, cognitiva, social, ambiental, organizacional, entre outros. Com a ergonomia os aspectos fisiológicos, antropométricos, biomecânicos, psicológicos, de higiene, constituem-se em elementos fundamentais na concepção de máquinas, equipamentos, ferramentas, mobiliário e instalações e na conformação do ambiente de trabalho, a qual deve considerar também a temperatura, a luz, as cores e as vibrações e ruído que ocorram nesses espaços.

A ergonomia, como disciplina científica, possui áreas de especialização como: Física, Cognitiva e Organizacional. Na indústria automotiva constitui-se num recurso importante para a melhor adequação do veículo às necessidades do condutor e dos passageiros. Um especial destaque para a ergonomia física, que estuda a relevância das características anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas do ser humano, para compreender as posturas durante a condução de veículos automotores. Para isso procura estudar como a manipulação dos comandos, o arranjo físico, os movimentos repetitivos e problemas músculo-esqueléticos decorrentes, interferem com a segurança do condutor e dos passageiros, dentre outros aspectos (Nabilah Sabri, 2022).

Nos projetos de veículos automóveis de transporte de passageiros, o conforto é uma grande preocupação ergonômica, pois pode gerar implicações na saúde e neste sentido, fatores como: vibrações, climatização, índice de ruídos, ângulos assumidos pelas articulações do corpo, merecem especial atenção das equipes projetistas (Neil Mansfield, 2020).

As irregularidades das pistas de rolagem, sejam elas vias urbanas ou estradas de circulação rápida e autoestradas, produzem vibrações que embora filtradas pelas suspensões do veículo, são transmitidas à carroceria, podendo manifestar-se externa ou internamente, afetando o conforto e a saúde de seus ocupantes. Este conforto também é afetado pela climatização e o nível de ruído da cabine, que além de incômodo, pode afetar os sentidos se

a exposição se der em altas intensidades e por tempo prolongado.

Quanto aos ângulos assumidos pelas articulações do corpo, a concepção do banco assume a centralidade das preocupações quando se fala em conforto, em especial o do condutor, pois a posição ideal para dirigir é aquela que permite compatibilizar as melhores condições de visibilidade e de acesso aos comandos do veículo.

As dimensões e pontos de referência internos utilizados por engenheiros e ergonomistas para projeção das acomodações dos ocupantes de um veículo de passeio seguem a normatização padrão, sendo a SAE (Society of Automotive Engineers) uma das grandes referências na área. Dentre as normas utilizadas, a SAE J1100, denominada Dimensões de Veículos a Motor, define as dimensões mais relevantes do interior do veículo, e são usadas para a determinação das dimensões dos espaços internos e sua relação com os ocupantes. A Figura 7 mostra essas dimensões padronizadas que estão relacionadas com a postura do motorista, sendo as mais importantes descritas a seguir:

a – **Ponto H:** Ponto que representa a articulação do quadril, fornecendo uma referência para a localização de uma posição sentada. É um ponto fundamental porque determina a postura confortável, a posição de maior segurança e o espaço para os membros superiores e inferiores do motorista, bem como a posição da cabeça e zona de visão do mesmo.

b – **Ponto SgRP** (ponto de referência do banco): é definido pela SAE como um ponto H específico e único para uma dada posição de sentar, é designado pelo fabricante e serve como uma referência para definir cada posição sentada. Há apenas um SgRP para cada passageiro do veículo: o motorista, o passageiro da frente e os passageiros de trás. Bancos ajustáveis possuem várias trajetórias de ponto H, mas apenas é definido um SgRP para cada posição sentada. O SgRP é definido no início do processo de design do veículo, e o mais importante a ser definido é o do motorista, dado que os comandos dos veículos automotivos como pedais, alavanca de transmissão e volante, entre outros, são relacionados com esse ponto.

c – **Ponto BOF** (*Ball of foot*): é ponto em que o pé do motorista está em contato com o pedal do acelerador.

d – **Ponto AHP** (Heel Point): é o ponto em que calcanhar (do sapato do motorista) está em contato com o carpet do assoalho do veículo, estando o pé do motorista posicionado no pedal do acelerador, sem pressioná-lo.

e – **Ângulo A40** é o ângulo formado pela direção longitudinal do tronco com a vertical,

também chamado de ângulo do encosto do banco.

f – Ângulo A42 é o ângulo do quadril, formado pelas direções longitudinais da coxa e do tronco.

g – Ângulo A44 é o ângulo do joelho, formado entre a direção longitudinal da coxa e do membro inferior (perna).

h – Ângulo A46 é o ângulo do tornozelo, formado pela direção longitudinal do membro inferior (perna) e a direção dada pela planta do pé descalço, medido sempre na perna direita.

i – Ângulo A47 é o ângulo do pedal do acelerador em relação à horizontal.

j – L53 é a distância horizontal entre o ponto de referência do banco (SgRP) e o ponto do calcanhar-acelerador (AHP).

k – H30 é a distância vertical entre o ponto de referência do banco (SgRP) e o ponto do calcanhar-acelerador (AHP).

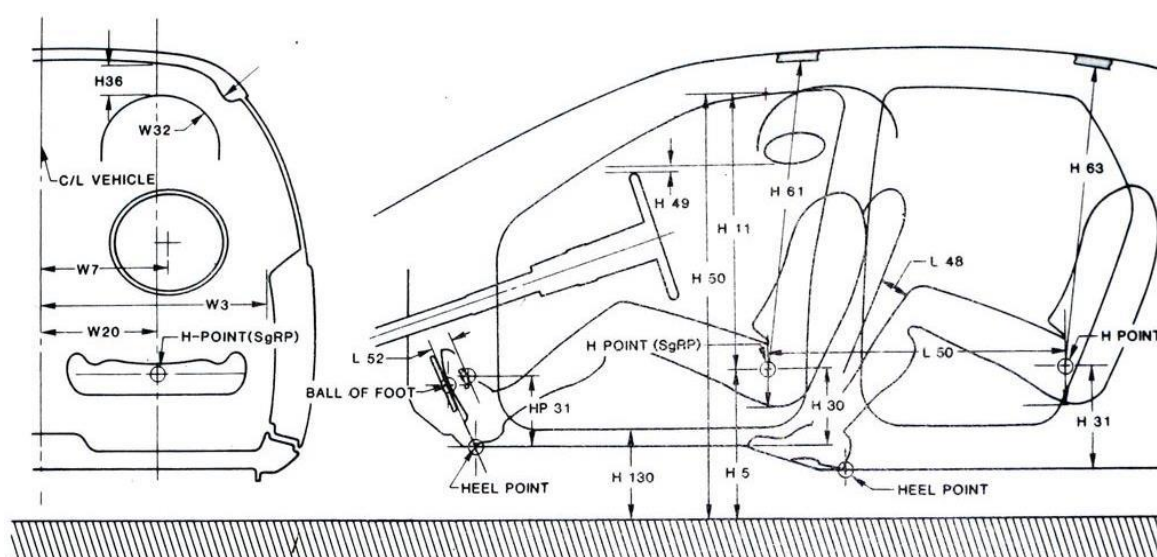


Figura 7: Principais dimensões interiores para acomodação do condutor e ocupantes de veículos de passeio. Fonte: SAE J1100 (2001)

Interessante atentar que estudos relacionados com biotipos diferentes, com dimensões antropométricas distintas, por conta de traços étnicos próprios, acarretam variações nos valores dessas medidas. Para definição da posição relativa de assentos e controles, por exemplo, as projeções, segundo esses mesmos estudos, precisam acomodar um percentil entre 5% (feminino) à 95% (masculino). Contudo, os pontos a serem considerados para esse dimensionamento são os mesmos.

Acerca da ergonomia dos membros inferiores de motoristas de veículos de passeio, Schmidt et al (2013) resgata a discussão que vários autores fizeram a este respeito, e refere diferenças nos métodos adotados para o estabelecimento de ângulos posturais de conforto. Aponta a dificuldade de comparação desses dados, pois os enfoques de análise variam segundo as articulações estudadas, a classe de veículo e o tipo de banco e a composição e características das amostras (antropometria, gênero, idade, etnia). Apresenta, entretanto, um comparativo de ângulos posturais de conforto para as principais articulações do condutor na postura de direção do veículo. A tabela 1 mostra ângulos posturais de conforto recomendados pela bibliografia para o condutor.

Tabela 1: Ângulos posturais de conforto recomendados pela bibliografia para o condutor.

Autor Articulação	Rebiffé (1969)	Grandjean (1980)	Porter e Gyi (1998)	Park et AL (2000)	Anfreoni et al (2002)	Freeman e Haslegrave (2004)
P (quadril)	95° - 120°	100° - 120°	90° - 115°	103° - 131°	83° - 105°	90° - 120°
Q (joelho)	95° - 135°	110° - 130°	99° - 138°	120° - 152°	123° - 149°	95° - 138°
R (tornozelo)	90° - 110°	90° - 110°	80° - 113°	82° - 124°	xxx	80° - 113°

Fonte: Adaptado de REBIFFÉ (1969), GRANDJEAN (1980), PORTE; GYI (1998), FREEMAN; HASLEGRAVE (2004) citado por Schmidt et al (2013)

A comparação entre os ângulos posturais recomendados pelos autores para uma condição ótima de conforto precisa considerar, além das pontuações já mencionadas, que posturas confortáveis não são determinadas por um único ângulo isoladamente, mas por uma combinação de ângulos de diferentes articulações (Schmidt et al, 2013). Não somente as angulações são importantes para definição de um banco/assento confortável ao motorista como a distância entre determinados pontos como, por exemplo, o SgRP e calcanhar também são fundamentais.

A existência de modelos biomecânicos diferentes para análise do conforto do usuário dos veículos automóveis de transporte de passageiros, a altura, a profundidade, o curso horizontal do banco/assento, o efeito da força feita pelo condutor nas articulações da perna e pé, as atividades musculares decorrentes e a fadiga, mostram a complexidade dos estudos relativos ao tema em questão.

2.2.2. A posição sentada ao dirigir

A postura do condutor é uma das questões mais importantes a considerar num projeto de um veículo automotor. A possibilidade de alteração postural é, pois, essencial para a saúde e também um critério de avaliação de conforto/desconforto.

As possibilidades de ajuste dos comandos dos veículos conferem conforto ao ocupante. Contudo, a bibliografia científica deixa evidente que se o ocupante permanecer na postura sentada por períodos prolongados está submetendo seu corpo a riscos ergonômicos, pois a condição estática do mesmo afeta as articulações e provoca desordens nas estruturas do corpo. Lueder (1983) é elucidativo a este respeito, ao afirmar que as posturas estáticas podem levar a uma variedade de desordens crônicas, tais como: artrites, inflamações nos tendões, degeneração crônica das articulações (artrose), dores nos músculos. Portanto, a movimentação torna-se fator importante na prevenção das disfunções das estruturas do corpo humano, o que aconselha a adoção de posturas que permitam ou estimulem esta movimentação. A mudança de posição é importante para a manutenção do fluxo sanguíneo para evitar a isquemia dos tecidos e facilitar a sua nutrição.

Na posição sentada ocorre uma transferência de aproximadamente 75% do peso total do corpo para uma área de cerca de 26%, correspondente à área dos ísquios, comprimindo a região caudal das nádegas. Longas permanências nesta posição podem provocar dores e outros sintomas de desconforto e dar início e/ou provocar o agravamento de patologias. (Coury, 1995). A sobrecarga das tuberosidades isquiáticas pode ser ampliada com a idade, já que os tecidos moles que as circulam apresentam desgastes próprios decorrentes dessa condição. Nesse sentido, os danos para a saúde dos condutores tendem a aumentar com a idade.

Akerblom (1948) observou que um assento confortável deve acomodar mudanças na postura. Afirma que a circulação sanguínea melhora e a fadiga muscular diminui com o a

alteração postural. Dhingra & Singh (2003) sugeriram que mudanças na posição do corpo deveriam contribuir para aliviar a pressão nos grupos musculares e permitir o seu relaxamento.

A postura sentada altera a curvatura da coluna vertebral e da pelve obrigando o indivíduo a mudar de posição para aliviar a pressão sobre as tuberosidades isquiáticas e coxas, e permitir que o fluxo sanguíneo não seja comprometido ou interrompido (Sember III, 1994 e Moraes & Pequini, 2000). Esta compreensão é partilhada por Guimarães (2001) que afirma que mesmo que o projeto de banco seja dimensionado de acordo com as variáveis antropométricas, não será confortável para ao utilizador que, em sua atividade laboral, permanecer na postura sentada por longos períodos. Assim sendo, os apoios de coluna que garantam a amplitude dos movimentos de ombros e braços, a acomodação adequada da curvatura das nádegas e as dimensões da base do assento assumem centralidade na discussão destes pontos.

Marques (1990) estudou a relação entre a exposição à vibração na posição sentada e tipos de suspensão de bancos de tratores. A partir de suas reflexões percebe-se que o estofamento do banco possibilita a redução da pressão sobre os discos vertebrais e região posterior das coxas, assim como reduz a compressão dos vasos, de forma que a circulação seja menos comprometida. Estas alterações decorrem da melhor distribuição da pressão que o estofamento proporciona. Por esta razão, a qualidade das espumas e demais revestimentos do assento precisam garantir a aderência necessária ao assento e facilitar a ventilação. A utilização de materiais esponjosos como os poliuretanos com densidades variadas para este fim vem ganhando aplicação na indústria automotiva (Wu Pan-Zagorski, 2022).

No caso de veículos com seleção automática de velocidade, existe, ainda, a possibilidade de movimentação dos membros inferiores de modo assimétrico. Enquanto o pé direito é usado para controlar os pedais, com posturas mais restritas e com apoio menos consistente, o pé esquerdo está livre sobre o piso do veículo ou sobre o apoio de pés. O condutor não o tem imóvel por imposição da estrutura do veículo. Contudo, face ao relaxamento de tal membro pelo seu não uso, a movimentação espontânea acaba não se verificar como devido, podendo levar ao seu amortecimento. A regulagem e dimensionamento do banco/assento, portanto, deverá também observar a condição da perna esquerda. A acomodação de ambas as pernas precisa ser equalizada para não contribuir para a descompensação e/ou problemas nos membros inferiores do operador. De igual modo o

giro de pelve que ocorre na postura sentada é aspecto importante na construção de apoio de pernas (Joshua P. Drost, 2020).

2.2.3. Conforto e desconforto – conceitos fundamentais para a ergonomia

Para alguns autores, o conforto e o desconforto são dois extremos opostos de uma escala contínua. Alguns mencionam a falta de consenso a respeito deste assunto, mas falam em representação fisiológica, psicológica, comportamental e até performática desse conceito, agregando um conteúdo subjetivo à expressão, como o caso de Lueder (1983). Outros, a exemplo de Zhang (1996), ao analisarem o conforto sentado, constataram que o conforto e o desconforto são entes distintos, determinados por diferentes variáveis o que significa dizer que a ausência de desconforto não leva necessariamente ao conforto. Num estudo sobre as propriedades multidimensionais de conforto e desconforto, estes autores constataram que as sensações de desconforto estavam associadas a dor e incômodos decorrentes de constrangimentos físicos causados pelo *layout* do local de trabalho. Fatores como: ângulos de articulações, pressões nos tecidos, contrações musculares e bloqueio da circulação sanguínea são fatores utilizados para medir esse desconforto. O conforto, por outro lado, tem em sua avaliação um componente mais subjetivo e baseado em sentimentos de bem-estar e impressões estéticas do assento. Helander & Zhang (1997) mostraram, ainda, que o conforto e o desconforto podem ser quantificados independentemente, sendo o desconforto afetado por fatores biomecânicos e fadiga. A compreensão destes conceitos, contudo, relaciona-se com aspectos do veículo a com o ato de dirigir, isto é, tem a ver com aspetos construtivos do veículo e com as atividades necessárias à sua condução.

2.3. O veículo

2.3.1. A suspensão como sistema de amortecimento do veículo automóvel:

O veículo é um sistema dinâmico e, quando em movimento, é submetido a diversas forças excitadoras que afetam direta ou indiretamente a condição de dirigibilidade. Como

fontes excitadoras, podemos citar: a pista e suas irregularidades e o próprio sistema mecânico, que envolve motor, rodas, transmissão, chassis, entre outros.

A suspensão é um conjunto mecânico do veículo, que tem como função absorver as vibrações geradas pelas fontes excitadoras, proporcionando condições de conforto e segurança aos seus ocupantes, isto é, isola o chassi das irregularidades transmitidas do solo e mantém os pneus em contato com a superfície da pista de rolamento. Considerando as variações de carga, a suspensão contribui para controlar as forças produzidas pelos pneus, sejam elas longitudinais (decorrentes da aceleração e frenagem), forças laterais (decorrentes das curvas do trajeto) e torque auto-alinhante no sistema de direção.

Entre os componentes das suspensões ocorrem interações durante a condução pelo que é e necessário o controle dessas interações para estabilizar o comportamento dinâmico do veículo em seus movimentos.

A Figura 8 mostra esquematicamente a Dinâmica do Veículo. Esta dinâmica diz respeito ao comportamento da máquina, quando em movimento, e está relacionado a dois aspectos importantes: o isolamento e o controle.

O isolamento consiste em separar o motorista das perturbações resultantes da operação do veículo, sejam elas de ordem interna ou externa. As de ordem interna são aquelas que são geradas pelo próprio veículo, a exemplo da vibração e ruído do motor. E as de ordem externa estão relacionadas ao mundo exterior, tais como: as curvas e as ondulações nas estradas, as condições da superfície da via e a interação aerodinâmica do veículo. A interação destes aspectos, que se constituem em condições excitatórias, afetam a sua condição de rolagem, provocando respostas de ordem vertical, longitudinal e lateral. Estes comportamentos interagem e afetam o seu controle, repercutindo na dirigibilidade e velocidade do mesmo, determinando a sua estabilidade, a sua manobrabilidade, a sua fidelidade à manobra e/ou comando do condutor, e a linearidade do movimento decorrente deste comando.

O controle refere-se principalmente ao comportamento do veículo em resposta às demandas do condutor, que ao percorrer um trajeto qualquer, varia a curvatura e velocidade deste veículo, considerando os limites e capacidades do mesmo.

A variação de velocidade depende da disponibilidade de potência de tração e da massa do veículo incluindo a carga. A variação da força de tração e as oscilações não intencionais da transmissão interagem diretamente com o caminho percorrido pelo veículo.

O ajuste da curvatura do caminho (direção) refere-se a capacidade de interação entre a “taxa de guinada”, a velocidade de rotação e o percurso do veículo na sua resposta às demandas do motorista ao fazer um caminho curvo. Em baixa velocidade, na direção normal, o veículo possui uma curvatura máxima de percurso chamada círculo de viragem (taxa de esterso). Com o aumento da velocidade, a taxa de guinada também aumenta. A capacidade do veículo de aumentar a taxa de guinada em resposta à demanda do motorista, em velocidades ligeiramente maiores, é chamada “linearidade”. Importante referir que quando o veículo está viajando em um trajeto curvo, ele não está em equilíbrio.

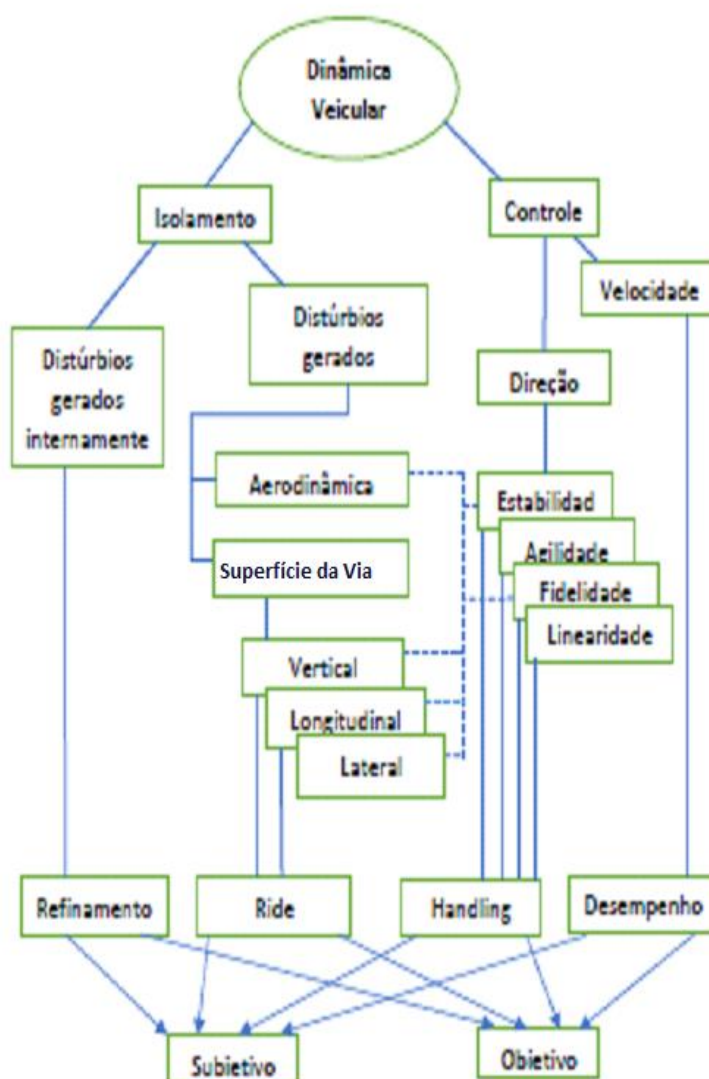


Figura 8: Dinâmica Veicular. Fonte: adaptado de Gillespie (1992)

O Refinamento diz respeito ao aprimoramento construtivo do veículo, mais diretamente ao acabamento interno do mesmo. Estes acabamentos interferem/provocam distúrbios internos que interagem com o condutor e passageiros, sofrem a influência de fatores objetivos e subjetivos, e provocam sensações destas mesmas naturezas. O fator Ride diz respeito ao passeio ou a forma como se delineia o tráfego do veículo, considerando os efeitos longitudinais, verticais e laterais decorrentes das interações entre a aerodinâmica do mesmo e superfície da via. É objetiva e subjetivamente afetado por fatores relacionados com o condutor. Já o Handling refere-se à forma como são tratados aspectos como estabilidade, agilidade, fidelidade e linearidade do veículo, de modo a permitir uma condição de controle de direção do veículo por parte do condutor. Também afetado por elementos objetivos e subjetivos. Este controle afeta e permite maior variação de velocidade, correspondendo a um melhor desempenho do veículo.

Os sistemas de suspensão podem controlar o comportamento dinâmico de toda a massa do veículo durante a condução, de modo a evitar acidentes e, também, evitar que esta atividade tenha consequências nocivas para a saúde do condutor/ocupante do veículo. A massa localizada acima da suspensão é a massa suspensa, e envolve o chassi e todas as estruturas diretamente ligadas a ele. Já a massa não suspensa refere-se àquela que fica na parte abaixo da suspensão, composta pelos eixos, rodas, diferencial, dentre outros itens.

Um sistema de suspensão tem vários objetivos, dos quais o principal é separar os componentes da parte suspensa das acelerações da parte não suspensa, protegendo os componentes do lado suspenso dos danos causados por forças inerciais, e permitindo o deslocamento do veículo por uma trajetória mais rapidamente e com menos vibração. É importante assegurar que a transferência de forças verticais aplicadas nas rodas pela superfície se deem de forma mais suave possível garantindo que a força de contacto se mantém com intensidade suficiente. *“Picos de força podem levar à uma situação em que a força normal é mais baixa que o necessário para criar atrito suficiente para transferir as forças verticais e longitudinais. Isso causa uma transição de atrito estático para atrito dinâmico, levando a um comportamento inesperado (imprevisível) e inseguro”.* (Herszenhaut, 2013, p.2)

Os sistemas de suspensão tem, ainda, como objetivos: a prevenção de danos e a geração de ângulos de rolagem e arfagem aceitáveis ao desempenho do veículo. Herszenhaut (2013)

A resposta dinâmica do veículo a uma ou várias excitações decorrem do pavimento da via, do conjunto pneus-rodas em contacto com esta, do sistema de transmissão e até mesmo do motor. Gillespie (1992) afirma que nas perturbações de baixa frequência o chassi e todas as estruturas diretamente ligadas à ele, se movem integrados com a suspensão, caracterizando um movimento de corpo rígido que acompanha o espectro da excitação. Já os eixos, os conjuntos pneu-roda e suas respectivas conexões, também se movimentam como corpo rígido, impondo forças excitadoras no restante do veículo.

Herszenhaut (2013) menciona, em seu estudo, quatro tipos de suspensões veiculares (passiva, ativa, semi-ativa e interconectada), sendo que os sistemas de suspensão ótimos precisam cumprir as funções de:

- Absorver as imperfeições e solavancos da superfície da via;
- Controlar o ângulo de rolagem durante uma curva;
- Manter a altura do centro de gravidade do veículo;
- Controlar o ângulo de arfagem durante a aceleração e desaceleração;
- Isolar o lado suspenso de lado não-suspenso;
- Proporcionar conforto ao ocupante/passageiro.

De maneira simplificada um sistema de suspensão pode ser representado conforme a Figura 9. Observe-se que o traçado das ondas vibracionais que se apresentam da entrada no sistema são atenuados. Embora existam tipos de suspensão com diferentes características e comportamentos, as ondas vibracionais na entrada sempre têm impacto na parte suspenso.

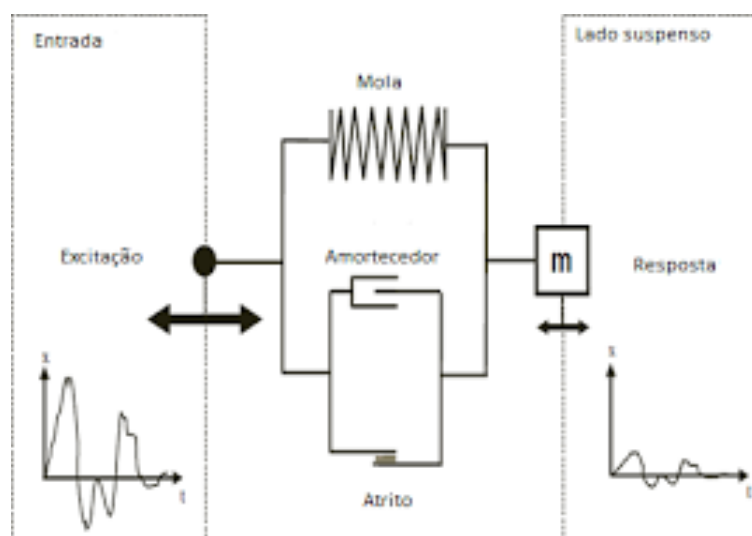


Figura 9: Modelagem de um sistema de suspensão (passiva). Fonte: HERSZENHAUT (2013, p.4)

Os sistemas que compõem o veículo possuem frequências naturais de vibração que devem ser evitadas ou amortecidas, para reduzir o risco de danos ao veículo e ao condutor. Quando os sistemas de suspensão não são bem dimensionados os riscos de danos, quer nos passageiros, quer no veículo são potenciados.

A qualidade do isolamento entre a parte suspensa e a superfície determina o conforto proporcionado pelo sistema de suspensão, cujo desempenho será melhor, quanto menor for a transferência de energia. A norma ISO 2631-1 descreve a relação entre a vibração no sistema e a avaliação do operador. O assunto vibração será tratado com mais detalhe no item 2.4.2.

2.3.2. Diferenças na condução de veículos automóveis com seleção manual e automática de velocidade.

Os veículos, para transmitirem a potência do motor às rodas para o colocar em movimento, possuem uma cadeia cinemática que integra uma caixa de câmbio, também chamada caixa de marchas ou caixa de velocidades. Para entender como o movimento de rotação gerado pelo motor chega às rodas motrizes, aumentando ou reduzindo torques e rotações, é importante entender o princípio do funcionamento da transmissão; tanto manual, quanto automática. Embora o estudo do seu funcionamento detalhado não seja objeto de estudo deste trabalho, o seu funcionamento interfere diretamente nas questões anatômicas da condução.

2.3.2.1. Transmissão Manual

A transmissão manual é constituída por um conjunto de engrenagens conectadas entre si, em que cada dente da engrenagem funciona como uma alavanca, promovendo a alternância de função entre as engrenagens menores e maiores, alterando a velocidade ou a tomada de torque do veículo (Husselbee,1986). Este dispositivo utiliza engrenagens para permitir ao condutor optar por maior ou menor velocidade e torque, considerando a carga do veículo, a via sobre a qual trafega, permitindo obter maior eficiência em relação ao consumo de combustível e tempo de deslocamento.

A marcha desejada é selecionada através do posicionamento da alavanca de câmbio (Figura 10a), localizada no interior da cabine do veículo. Essa alavanca possibilita, através de um mecanismo de seleção e engate, a escolha da marcha adequada. Simultaneamente à

utilização da alavanca, o condutor aciona a embreagem, promovendo o engate da marcha com o motor desacoplado da cadeia cinemática. Nesse contexto, a embreagem permite interromper o torque do motor e garantir que a alteração de engrenagens ocorre sem a ação do torque do motor. Após a alteração do engrenamento a libertação da embreagem permite restabelecer a cadeia cinemática e a ligação do motor às rodas.

2.3.2.2. Transmissão automática

A transmissão automática é caracterizada pelo uso de engrenagens que se apresentam sob a forma de conjuntos de redutores planetários. As engrenagens planetárias possuem tamanhos diferentes e estão distribuídas em conjuntos, engrenados entre si. Conversores de torque e sistemas de atuadores hidráulicos e eletrônicos auxiliam nas trocas de marcha. Um conversor de torque faz o papel da embreagem promovendo a conexão entre o motor e o câmbio. A troca de marchas é determinada pelo próprio sistema do veículo, sem intervenção do condutor (Lechner, 1999). O sistema de transmissão do veículo detecta a relação entre a velocidade (Km/h) e a rotação do motor (rpm) para decidir pela troca automática da marcha, mantendo a rotação do motor praticamente constante. O sistema de câmbio procede automaticamente à troca das marchas de forma praticamente imperceptível. A rotação é transmitida por meio do óleo ou fluído que circula no conversor de binário. Quando o óleo está em baixa pressão, o motor está no giro mínimo e o carro pode ficar parado com o freio levemente pressionado. Grande parte dos veículos equipados com este tipo de caixa de câmbio, diferentemente da transmissão manual, tem as transmissões controladas eletronicamente.

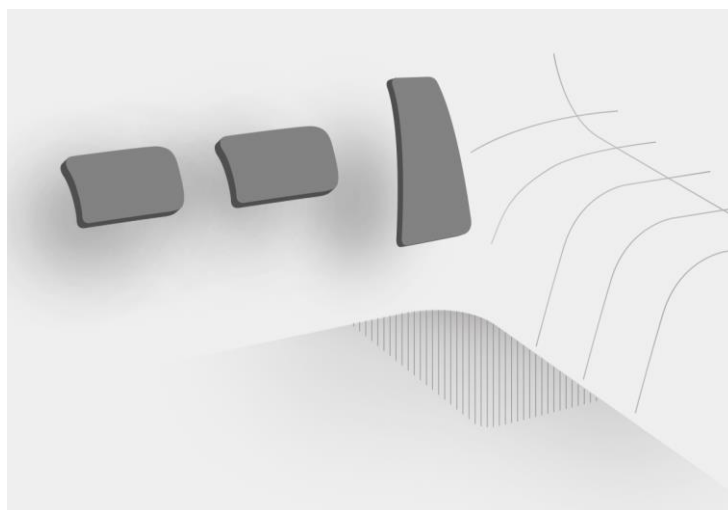
O controle de uma transmissão automática consiste em selecionar a relação de transmissão apropriada do eixo de entrada para o eixo de saída em função da condição de operação. As condições de operação, neste caso, incluem carga, rotação do motor e velocidade do veículo (ou rotação equivalente do eixo de transmissão). A relação da transmissão é definida pela ativação de embreagens que atuam nos componentes dos vários sistemas de engrenagens planetárias. Assim, a relação da força é dada de acordo com a ordem em que essas engrenagens estão conectadas. As embreagens relevantes são ativadas pela pressão do fluído da transmissão, atuando em mecanismos do tipo pistão. A pressão é ligada na embreagem adequada, por meio de válvulas ativadas por solenoide, que são alimentadas com fluído de transmissão automática sob pressão (Husselbee, 1986).

2.3.2.3. Modo de operação do sistema de transmissão manual e automático pelo condutor

Considerando as implicações ergonômicas, a caixa manual de velocidades acarreta condições de utilização diferentes da caixa automática, uma vez que a troca de marchas ocorre de forma distinta, exigindo intervenção do condutor. Na primeira situação, a alavanca de troca exige movimentação do condutor. O número de pedais é maior, no caso três, sendo um deles a embreagem, o que exige o envolvimento de ambos os pés/pernas do condutor na manobra. Observe as Figuras 10(a) e (b).



(a)



(b)

Figura 10 (a): Manopla da caixa de velocidade manual e (b): Posição dos pedais em veículos com caixa de velocidade manual. Fonte: a) Manual de instruções Opel ADAM GLAM 2019, <https://www.opel.pt/pos-venda/manuais.htm>, e b) Pedais de um veículo da caixa manual.

Já a caixa automática dispensa o condutor do uso de um dos pés/perna pois não existe o pedal de embreagem e exige menos acionamento da manopla ou alavanca de troca (Figura 11 “a” e “b”). Neste caso a manopla é acionada somente no início da movimentação do veículo, ao retirá-lo da inércia, e quando da inversão de sentido do movimento do mesmo, no acionamento da marcha atrás/ré.



Figuras 11 (a): Manopla da caixa de velocidade automática e (b) : Posição dos pedais em veículos com caixa de velocidade automática. Fonte: a) www.citroen.pt e b) Pedais de um veículo da caixa automática.

As Figuras 11 e 12 mostram as diferenças no acionamento dos comandos do veículo de passageiros durante a condução. Em ambas as situações (direção em veículo manual e direção em veículo automático), pedais e manoplas são acionadas pelo condutor. Mas esses movimentos ocorrem de forma e em ritmos diferentes, o que acarreta alterações na postura sentada.

2.3. 3. O banco/assento como interface do veículo com o condutor:

2.3.3.1. O banco: aspectos construtivos e a postura sentada

O banco é o elemento de ligação entre o motorista e o veículo pelo que o correto dimensionamento deste conjunto mecânico, interface entre o veículo e condutor (motorista), é fundamental (Yong Peng et al 2022). O banco é um conjunto composto, basicamente, por uma estrutura de suporte metálica, ligada ao veículo por trilhos ou conjunto de mecanismos de regulação, revestida por um elemento de absorção de impacto (espuma de poliuretano) e um elemento de revestimento estético (tecido) (Dae Young Kim a, et al 2018). Ajustado e dimensionado de forma a atender as necessidades das diversas condições antropométricas do ocupante, a otimização deste conjunto melhora a condição de operação do veículo e a realização de trabalhos com mais condições de conforto, segurança e, conseqüentemente, saúde para seu condutor.

Diversos estudos são desenvolvidos pela indústria, visando adequar o uso do veículo às várias condições antropométricas de condutores no desempenho de suas atividades. O objetivo é permitir que as dimensões do banco/assento comportem as necessidades do ocupante e de sua tarefa. A relação do banco com o ocupante e a relação do banco com o veículo deve considerar a condição de conforto/desconforto do condutor. O ideal seria desenvolver um banco que trouxesse as mesmas condições de conforto, independentemente do tipo de veículo, de sua dinâmica de funcionamento e das condições antropométricas do condutor. Mas, a literatura científica aponta o quão difícil é responder a este objetivo.

A Figura 12 mostra ângulos e posturas referenciais, a partir de estruturas antropométricas diferentes, utilizadas para estabelecer as posições ideais de dirigir, em diversos tipos de veículos. A referência para a construção do banco é baseada na altura do assento em relação ao piso do veículo. Observa-se na figura 12, ângulos de posição de pé tendo como vértice o ponto abaixo do acelerador (AHP), que mostram as alturas de piso para diversos veículos ou para posições de sentar. Estes ângulos, se não observados, podem comprometer o conforto do ocupante.

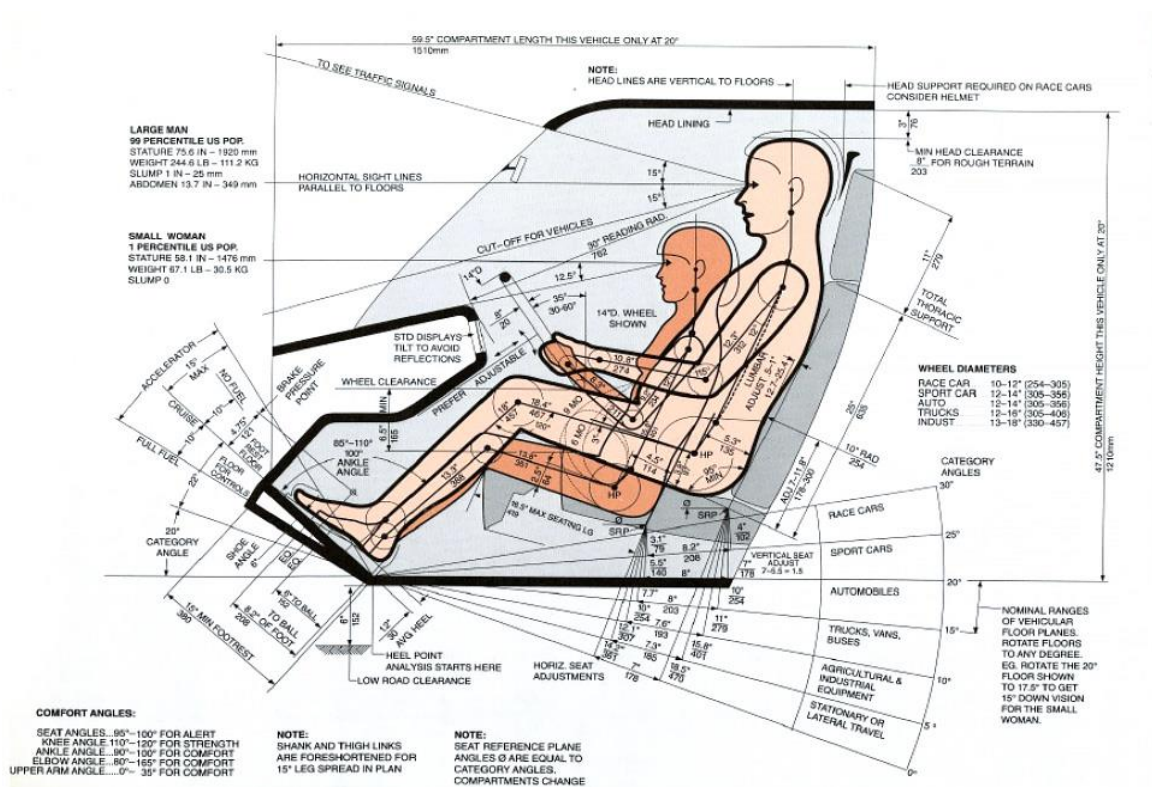


Figura 12: Posturas e ângulos do motorista ao sentar. Fonte: adaptado de Dreyfuss (1993)

Há dimensões básicas que devem ser consideradas num projeto de assento. Panero & Zelnik, 2002, ao discutirem o dimensionamento humano para espaços interiores, referem dimensões básicas, geralmente aceitas no projeto de cadeiras e afins. Este dimensionamento inclui: altura, profundidade e largura no assento, altura do encosto e altura e espaçamento dos apoios para braços. Referem que a profundidade e a largura da superfície do assento, mesmo em medidas consideradas adequadas, não garantem a completa estabilidade ao condutor. Esta só será possível por ação das forças musculares, com a intervenção das pernas, pés, costas, e sendo o centro de gravidade do tronco do corpo sentado localizado a aproximadamente a 2,5 cm do umbigo, posicionado sobre as tuberosidades isquiáticas. (Panero & Zelnik, 2002).

Em se tratando de veículo automotor, em que a posição sentada é ainda mais curvada, há outras especificidades a considerar, sendo o comprimento nádega-área poplíteia uma das medidas fundamentais.

Estudos sobre bancos/assentos de veículos de trabalho referem que o tempo de permanência na postura sentada, por período ininterrupto, em decorrência da atividade ocupacional, é preponderante na definição do perfil de assento de banco e do quão confortável seja inicialmente (Roebuck, 1995 e Bendix, 1994).

Queiróga (1999) avança na discussão do projeto de construção de banco/assento, dizendo que é necessário ainda considerar as características específicas e exigências mental e física de cada categoria funcional. Pois existem fatores de risco próprios destas categorias, e a exposição a esses riscos contrapõem a possibilidade de um único modelo ou tipo de banco satisfazer as várias necessidades de uso e variações antropométricas.

É fato que a natureza da tarefa ou do posto de trabalho frequentemente determina a postura do condutor na sua condição sentada. Contudo, entre os fatores que influenciam essa postura, algumas exigências merecem destaque: visibilidade, precisão da movimentação, magnitude das forças aplicadas, ritmo de execução das tarefas, plano de trabalho e disposição dos instrumentos e/ou controles. Em se tratando da postura sentada do condutor de veículo automotores de passageiros os assentos devem cumprir as funções de: suportar o condutor de forma estável e com o máximo de funcionalidade, posicionar o condutor com espaço adequado de cabeça, com ampla visibilidade externa e através de retrovisores, bem como garantir proximidade e fácil acesso aos comandos do veículo e ainda prover conforto ao condutor e proteger o ocupante do assento, garantido a sua segurança.

Parâmetros como o tipo de veículo e as características dos bancos/assentos (as possibilidades de ajuste e propriedades de amortecimento) são fatores que determinam a adequação às diferentes antropometrias. E um assento deve ser ajustável ao maior número possível delas.

O alcance dos controles do veículo pelo condutor é outra característica importante no projeto de assentos, tanto dos chamados controles primários como dos secundários. Os controles primários, essenciais à operação do veículo, são: controle do volante, alavanca de câmbio, indicador de direção, chave de ignição, buzina, comando dos faróis, limpador de para-brisa, desembaçador, luz de emergência, freios de estacionamento e lavadores de vidro. Já os secundários, direcionados ao conforto e conveniência dos ocupantes, são: regulação de faróis, climatização, controle de rádio, acendedor de cigarros, cinzeiro, controle de acessórios. (SAE 2001).

Os veículos automóveis atuais têm dispositivos para ajustar a inclinação do encosto, a altura do assento, a distância até o volante e o encosto de cabeça (Figura 13). Uma sessão

de trabalho segura e confortável deve considerar o ajuste destes itens. Vários recursos adicionais, como suporte lombar, inclinação do assento e comprimento do assento do banco, são por vezes implementados para diminuir as cargas. Ajustes na profundidade e inclinação inferior do assento, no apoio lombar e nos apoios bilaterais de braços são recursos que modelam uma condição ideal, geralmente restrita a alguns carros de luxo, devido ao custo adicional (Porter, 1998).

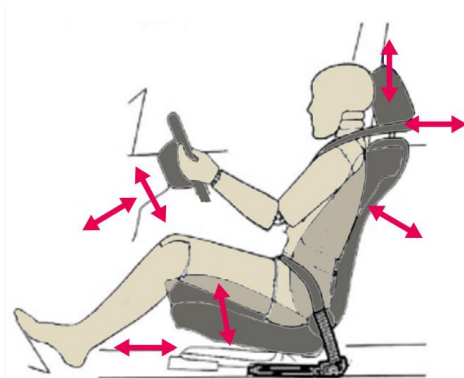


Figura 13: Regulagens de banco. Fonte: adaptado de SAE (2001)

Como o corpo sentado é um organismo vivo num estado dinâmico de atividade contínua (Zhang L. H., 1996 e Panero & Zelnik, 2002), o seu peso distribui-se na superfície do assento, sobre o estofamento. Por esta razão, a densidade da espuma e sua capacidade de carga são importantes para dar suporte à pressão exercida sobre as tuberosidades isquiáticas (Guimarães, 2001). Diebschlag et al (1995) afirmam que a dureza do assento e do encosto do banco aumentam o desconforto na região onde os tecidos estão sob excesso de pressão.

Wu, Miyamoto H & Noro (1998) descrevem sobre a deformação dos materiais e o formato do assento dos bancos mostrando que as mesmas interferem nas respostas a estudos sobre a mensuração e análise da distribuição das forças na interface assento-condutor.

O revestimento para os bancos de automóveis é, pois, um importante elemento na definição do conforto para o ocupante. Esse revestimento envolve dois grupos de materiais: as espumas flexíveis de poliuretano e o material de acabamento. As primeiras possuem grande capacidade de conformação e ajuste, decorrentes de sua estrutura físico-química, garantindo adequação às diversas condições antropométricas dos ocupantes, tanto à sua forma anatômica quanto ao seu peso. O ajuste das formulações dos componentes químicos durante a sua produção permite ajustar a capacidade de suporte de carga, resiliência e

resistência à deformação permanente, atributos que respondem às necessidades de conforto dos ocupantes. Entre as propriedades físicas da espuma, mais relacionadas com o conforto do ocupante do assento, podemos mencionar: densidade, dureza (tanto para efeito de indentação como deformação), tensão, alongação, resistência ao rasgamento e resiliência. Para complementar existem ainda os revestimentos de acabamento como: os couros ou peles, os laminados poliméricos e os tecidos. Esses materiais também possuem características próprias em função da sua forma construtiva e podem favorecer maior ou menor condição de conforto num projeto de banco.

O papel da espuma na transmissão da vibração do veículo para o condutor e na deformação do assento pela pressão exercida pelo corpo do condutor do veículo, é inegável. Porter (1998) apresenta sinteticamente os processos de constituição deste polímero utilizado amplamente na indústria automotiva atualmente.

2.4. Distribuição da pressão e vibração como fenômenos e parâmetros de análise:

2.4.1. Distribuição da pressão na postura sentada

A distribuição da pressão na interface assento-operador descreve a interação entre a superfície do assento e do encosto de um banco com as nádegas e a área lombar do operador. Essa interação física é caracterizada pela distribuição da pressão exercida pelo seu corpo sobre o assento. Muito se tem estudado acerca deste assunto, e os primeiros estudos procuravam relacionar a minimização dos riscos de ulceração na pele de pessoas com deficiência de locomoção, conforme Wu, Miyamoto & Noro (1998). Estes estudos mostraram que os riscos poderiam diminuir se a pressão atuante na região dos ísquios fosse minimizada com uma melhor distribuição. Estudos posteriores propuseram que o peso do corpo deveria ser distribuído sobre toda a área do assento do banco (Wu, Miyamoto & Noro, 1998).

A pressão, determinada pela força exercida sobre um corpo sobre uma superfície, pode atingir um valor maior do que a pressão capilar, pelo que pode restringir o fluxo sanguíneo para o local e comprometer a irrigação dos tecidos (Johanson & Nilsson, 2006) por esta razão é necessário reduzir esta pressão a uma condição mais suportável pelo corpo

humano. Nessa equação, o tempo de permanência sob o efeito dessa pressão é elemento fundamental a ser considerado, pois tanto maiores as consequências quanto maior o tempo sob exposição.

Em se tratando da condução de um veículo automotor, a interação física onde ocorre a distribuição da pressão exercida pelo corpo do operador sobre o assento traz consequências que podem acarretar desconforto ou riscos ergonômicos para ele. E embora a tolerância à pressão seja variável de uma pessoa para outra, o estabelecimento de parâmetros numéricos de análise possibilita a avaliação de soluções para questões relacionadas ao conforto/desconforto e com a saúde do ocupante do assento.

Acerca da distribuição da pressão na *interface* assento/operador existem, basicamente, duas linhas principais de análise: A primeira sugere que distribuir a força exercida sobre uma área maior resultará em menos desconforto. Assim, distribuir a pressão de maneira mais uniforme sobre o assento reduzirá a pressão sobre as tuberosidades isquiáticas, resultando mais conforto, solução proposta pela teoria da pressão distribuída uniformemente, segundo Seigler et al (2002). Por outro lado, a segunda linha de análise, baseada numa analogia com as estruturas mecânicas, sugere que é melhor concentrar as pressões nas partes mais resistentes, já que terão mais possibilidades de resistir à fadiga. Em se tratando do corpo humano, carregar as partes mais fortes/resistentes do corpo acarretará menos desconforto. Esta é a teoria da carga concentrada, conforme referiu o mesmo autor (Seigler et al, 2002).

Uma terceira possibilidade de análise é sugerida pela teoria da soma espacial, segundo a qual o corpo é composto por muitos sensores, e uma resposta sensorial maior é experimentada quando a área estimulada é maior. Em se tratando de tolerância à pressão, entende-se que acima de uma pressão crítica, uma força distribuída numa área maior é menos desconfortável do que a mesma força concentrada em uma pequena área (Seigler, 2002).

Na bibliografia consultada observou-se que não há consenso sobre parâmetros ideais de distribuição da pressão sobre assento. Contudo, Treaster (1987) ao utilizar a técnica dos mapas de pressão sobre poltronas, alerta sobre as mudanças no ângulo do encosto do banco, que alteram o centro de gravidade e a magnitude da pressão, assim como as alterações na postura sentada ao elevar os pés ou reposicionar a perna, alteram a distribuição da pressão na região da pelve. Já autores como Floyd & Roberts (1958) e Dhingra & Singh (2003) apontam que a área de coxas (Figura 14 - a), próxima à parte posterior do joelho, deve ser poupada a sobrecarga de pressão, evitando a compressão de vasos e o comprometimento da circulação sanguínea do local, já que ali se localizam os chamados “corações periféricos” do

corpo humano. A maior pressão na região dos ísquios ocorre na posição sentada ereta. Enquanto na posição sentada reclinada, as áreas lombar e torácica são as mais sobrecarregadas. Esta sobrecarga, todavia, possibilita o alívio da pressão sobre as regiões das tuberosidades isquiáticas (Figura 14 - b)

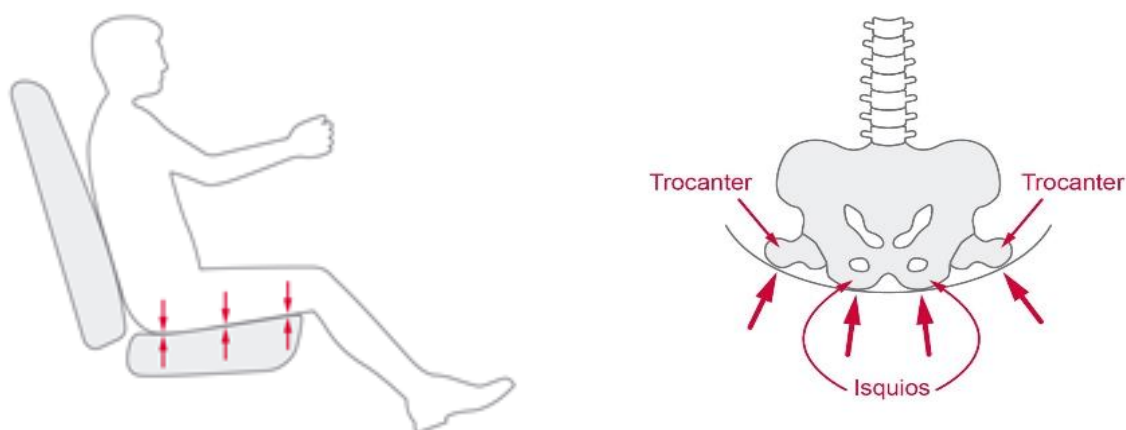


Figura 14: Região de pressão das coxas e região de pressão das tuberosidades isquiáticas.
Fonte: O Autor, adaptado de Grandjean

Observe-se na Figura 14 (a) a região do assento do banco sobre a qual o condutor do veículo se posiciona e sobre a qual o seu corpo exerce maior pressão, superfície onde também é transmitida a vibração do veículo.

A discussão da pressão na *interface* assento/operador, para além de sugerir a proposição de parâmetros de conforto/desconforto, constituem um recurso metodológico para mapear as diferenças na expressão do comportamento das pernas do condutor ao dirigir veículo de passageiros com um e de outro tipo de seletor de velocidade.

2.4.2. Transmissibilidade das vibrações

A vibração caracteriza-se pelo movimento oscilatório alternado de um corpo em torno de uma posição de referência, decorrente de um fenômeno mecânico. Sua magnitude é determinada pela amplitude do movimento, que se manifesta na forma de ondas, cuja frequência é determinada pela taxa de repetição desse movimento. As vibrações podem apresentar oscilações diferentes, considerando o movimento das ondas que as caracterizam. Neste sentido, a Figura 15 mostra uma classificação dos tipos de movimentos que caracterizam as oscilações.

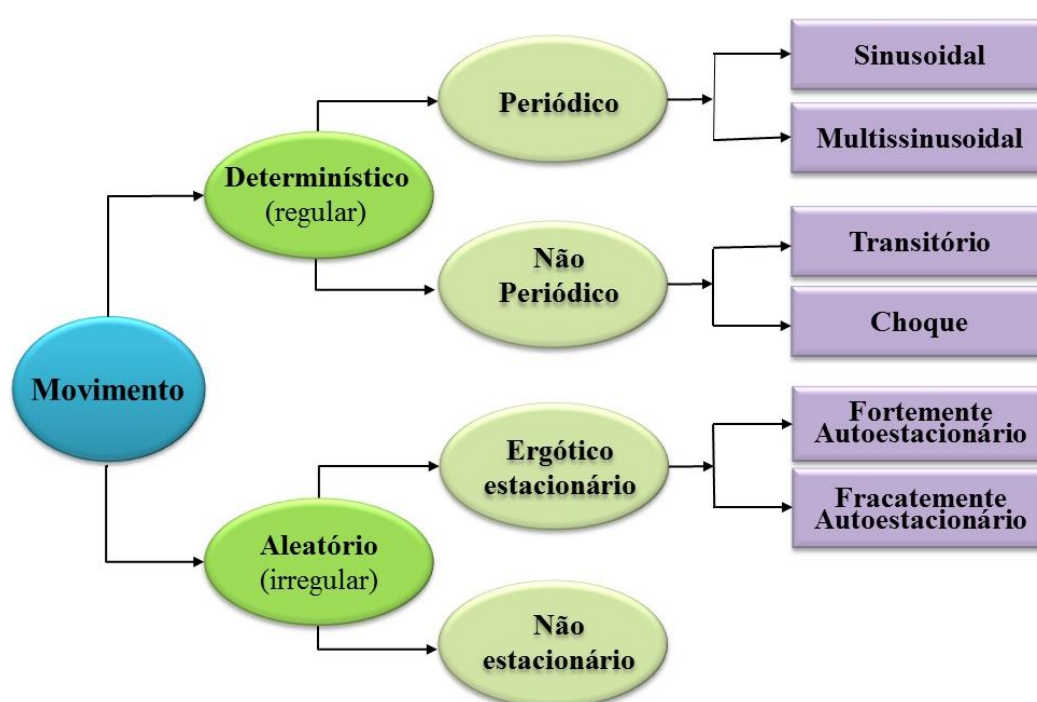


Figura 15: Categorização dos movimentos oscilatórios. Fonte: adaptado de Griffin (1990).

Para melhor entendimento, a Figura 16 apresenta o desenho das ondas de vibração correspondentes às suas categorizações que se referem na figura 15.

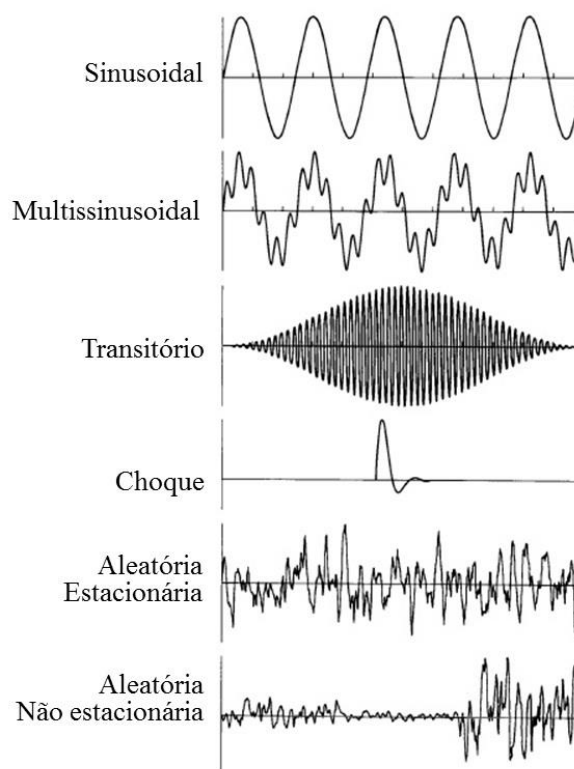


Figura 16: Representação das ondas de vibração de acordo com movimentos oscilatórios.

Fonte: adaptado de Griffin (1990).

A vibração mecânica é transmitida ao corpo humano pelo contato dos equipamentos e dispositivos com a pele e tecidos. No posto de trabalho, algumas atividades ocupacionais expõem regiões do corpo humano aos seus efeitos e por esta razão essas regiões funcionam como área de contato. As mãos e os pés, por excelência, são exemplos dessas áreas, mesmo variando a posição de execução da atividade, sentado ou em pé (Smith e Leggat, 2005).

Assim, a transmissão da vibração para o corpo pode ocorrer pelos contatos: (1) pé/corpo: transmitidas através da superfície de apoio, denominada vibração de corpo inteiro (VCI), (2) vibração localizada ou segmentar, pelo contato mão-braço, transmitidas através do contato com um objeto (Griffin 1990). A Figura 17 apresenta os eixos de transmissão da vibração pelo corpo inteiro a partir das áreas de contato com as superfícies geradoras de vibração como elementos principais na sua transmissão.

Estes contatos podem ocorrer com veículos automóveis terrestres, náuticos e aéreos; máquinas e equipamentos; mas também resultar de atividades como: caminhar, correr, falar, mastigar, entre outras. São os efeitos resultantes das interações com estas fontes que podem atenuar ou amplificar os efeitos e mesmo conduzir a situações patológicas.

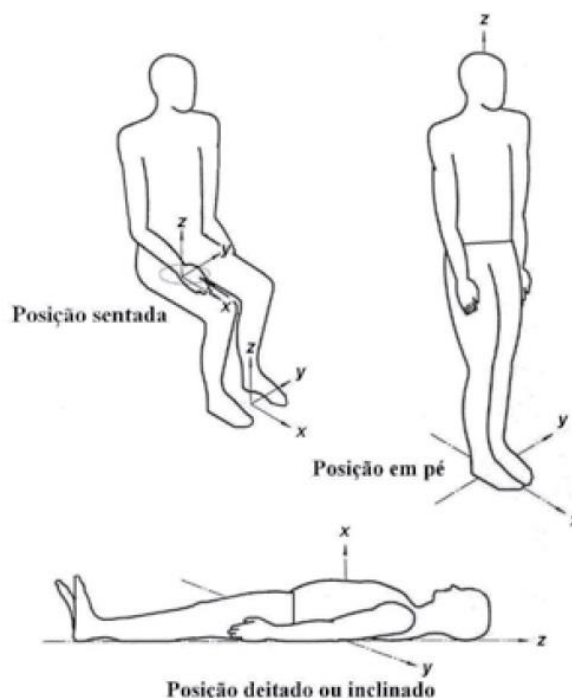


Figura 17: Eixos de transmissão da VCI. Fonte: adaptado de Brasil (2013)

A transmissibilidade da vibração depende de fatores, como: a fonte de vibração, a direção das ondas oscilatórias, a localização e características do organismo submetido às ondas vibracionais (massa corpórea, o tamanho dos órgãos e membros). Entre as variáveis que afetam a transmissibilidade da vibração, é importante destacar: a posição do indivíduo em relação ao plano em vibração, identificando a superfície de contato do mesmo com esse plano; a postura e orientação do corpo do indivíduo e o grau de tensão em diferentes grupos de músculos do tronco e extremidades. Isto porque as variações na postura do corpo provocam alterações nas propriedades elásticas e de amortecimento do organismo, alterando frequências de ressonância de segmentos do corpo, e modificando a transmissão de vibrações em faixas de frequência particulares de cada indivíduo.

A transmissibilidade pode ser definida como a razão entre as acelerações medidas em dois pontos diferentes do corpo. Se a razão for maior do que 1, indica que ocorreu amplificação da vibração; se for menor do que 1, diz-se que ocorreu atenuação da vibração original; e se for igual a 1, indica que a vibração de entrada é igual à da saída. (ISO 2631-1:1997)

Para a compreensão dos efeitos da vibração sobre o corpo humano, é importante observar os seguintes fatos físicos:

1. **Ponto de aplicação no corpo:** a entrada das vibrações no corpo humano, cujos efeitos ergonômicos mais significativos ocorrem nas nádegas, nos pés e nas mãos.
2. **Direção de aplicação:** geralmente as oscilações no sentido vertical são as que afetam a maior parte do corpo, e as oscilações que se manifestam perpendicularmente à linha que passa pela mão e braço afetam mais estes membros.
3. **Frequência das oscilações:** as frequências das vibrações são importantes do ponto de vista dos riscos ergonômicos e destacadamente as mais nocivas estão na faixa das frequências naturais do corpo por causarem ressonância. As vibrações dos veículos automotores normalmente pertencem às baixas frequências. Vibrações de alta frequência podem também manifestar-se e podem trazer consequências danosas.
4. **Aceleração das oscilações:** A aceleração das oscilações é comumente medida como carga vibracional, e o efeito da gravidade é adotado como referência para este fim sendo avaliada em g ($g=9,8\text{m/s}^2$).
5. **Duração do efeito:** os efeitos danosos das vibrações dependem também do tempo a que o corpo humano fica submetido a elas, aumentando proporcionalmente com o aumento do tempo sob sua exposição.

Estes fenômenos aparecem na ISO 2631-1:1997 como variáveis que definem e influenciam os efeitos da vibração sobre o corpo humano. Esta norma estabelece limites de exposição humana, segundo os quais o conforto/desconforto são avaliados. A Tabela 2 apresenta os parâmetros definidos como limites de exposição à vibração do corpo humano.

Tabela 2: Limites de exposição à vibração

Aceleração	Reações com relação ao conforto
$< 0,315\text{m/s}^2$	Confortável
$0,315\text{m/s}^2$ a $0,63\text{m/s}^2$	Pouco desconfortável
$0,5\text{ m/s}^2$ a $1,0\text{ m/s}^2$	Razoavelmente desconfortável
$0,8\text{m/s}^2$ a $1,6\text{m/s}^2$	Desconfortável
$1,25\text{m/s}^2$ a $2,5\text{m/s}^2$	Muito desconfortável
$> 2,0\text{m/s}^2$	Extremamente desconfortável

Fonte: ISO 2631-1:1997

Os valores de magnitude das Vibrações de Corpo Inteiro (VCI) que acarretam reflexos ao ser humano situam-se na faixa de 0,01 a 10,0 m.s^{-2} , em valores de pico. Valores abaixo de 0,01 raramente são sentidos, se ocorrem na frequência abaixo de 1 Hz. Acima de 20 Hz precisam atingir magnitudes muito altas para se tornarem perceptíveis pelo ser humano. Situações em que ocorrem VCI de 10,0 ms^{-2} podem ser consideradas perigosas para o ser humano. No entanto, o risco dependerá sempre da frequência, direção e duração da vibração e poderá considerar-se sempre algum risco para uma magnitude de vibração acima de 1,0 ms^{-2} (Griffin, 1990).

A exposição a VCI por longos períodos e a execução de tarefas laborais nesse contexto, são dois dos fatores de risco que podem acarretar transtornos e dores (Bernard, 1997 apud Blood et al. 2015, 351). As vibrações de baixa frequência e grandes amplitudes são as que mais afetam as VCI e entre os sintomas mais comuns decorrentes dessa exposição temos: fadiga, dor de cabeça, tremores, insônia que podem manifestar-se durante ou após a exposição.

Segundo Misael (2001), vibrações em baixa frequência sobre o corpo humano, na direção vertical, provocam aumento dos efeitos da ressonância, pois vibram na mesma direção da força da gravidade. Este efeito potencia a ressonância e podem provocar problemas na respiração e na fala decorrentes de alterações no fluxo de ar para os pulmões, diminuição da acuidade visual pela ressonância do globo ocular, entre outros fenômenos. As vibrações em baixas frequências nas direções transversais do corpo podem ter seus efeitos nocivos para a saúde reduzidos ou ampliados de acordo com a distribuição da massa do corpo, uma vez que as ondas se propagam com maior facilidade em tecidos moles tais como o tecido adiposo.

Vibrações cujas frequências são inferiores a 1 Hz estão associadas a indisposições próprias de movimentos lentos tais como vômitos e tonturas. Frequências de 30 a 200 Hz, mesmo em baixas amplitudes, podem conduzir a doenças cardiovasculares (Sales, 2001).

Dickmann (1957) citado por Wasserman (1987), em estudos sobre a vibração vertical em indivíduos nas posturas em pé e sentado, observou que para as pessoas em pé, a primeira ressonância no quadril, ombros e cabeça ocorre em frequências em torno de 5 Hz. Já para o indivíduo sentado, a primeira ressonância do corpo humano ocorre em torno de 4 Hz para a cabeça e ombros.

As figuras 18 e 19 apresentam curvas de transmissibilidade de vibrações verticais, considerando o corpo humano na posição em pé e sentado, e foram reconstituídas por Balbinot (2001) a partir de Dickmann (1957), citada por Chaffin et all (1998).

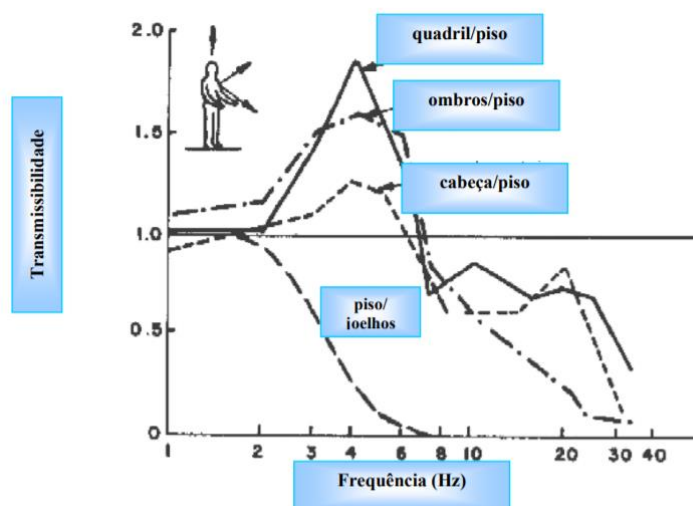


Figura 18 - Curvas de transmissibilidade de vibrações verticais, considerando o corpo humano na posição em pé.
Fonte: Balbinot (2001)

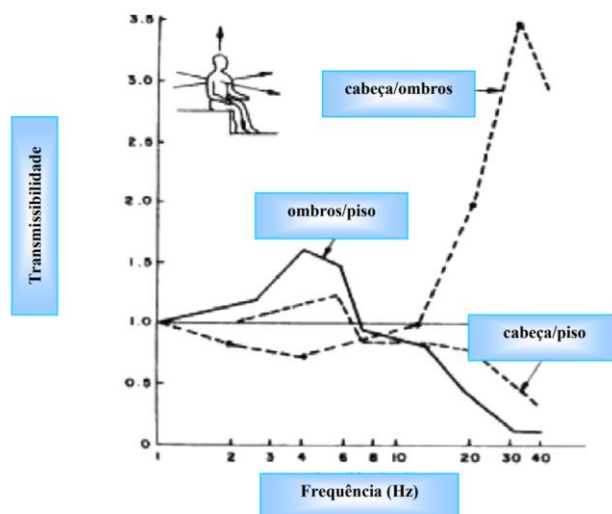


Figura 19 - Curvas de transmissibilidade de vibrações verticais considerando o corpo humano na posição sentado. Fonte: Balbinot (2001)

A ISO 2631/1: 1997 menciona que as vibrações cujas frequências são superiores a 80 Hz provocam sensações e efeitos sobre o corpo humano. Mas estes dependem muito do ponto de aplicação, da direção e posição em que a vibração foi transmitida ao indivíduo. Já as VCI inferiores a este valor, situados entre 1 e 80 Hz, oferecem riscos para o corpo humano, podendo causar lesões nos ossos, articulações e tendões.

Importante observar que a sensibilidade do corpo humano às vibrações pode manifestar-se em várias regiões ou zonas do corpo e os efeitos, por sua vez, também são diversos, dependendo do tipo e intensidade das frequências, do tempo de exposição e de fatores individuais específicos.

A Tabela 3 apresenta os efeitos danosos para a saúde provocados pela vibração numa série de trabalhos compilados por Misael (2001).

Tabela 3: Efeitos das frequências sobre o corpo humano

Faixa de Frequência (Hz)	Efeitos
0,1 a 0,7	Náuseas
1 a 2	Aumento da pressão sanguínea; aumento de taxa de respiração e sudorese
2 a 12	Dor de cabeça; dores abdominais e nos testículos; aumento da frequência cardíaca; dificuldade de respiração
Acima de 12	Problemas relacionados com o desempenho de tarefas e influência na fala
25 a 90	Diminuição da acuidade visual.
Ultra-sônicas	Alterações químicas e térmicas no corpo

Fonte: Misael (2001)

Para a investigação dos efeitos da vibração sobre o corpo humano, utiliza-se um modelo que o associa a um sistema biomecânico onde são identificadas as diferentes massas e características de inércia, assim como as propriedades de rigidez e amortecimento. Deste modo, se relaciona a variação com a resposta à vibração e às características de cada ser humano, por este apresentar maior ou menor sensibilidade a diferentes magnitudes de frequência (Griffin, 1990).

Importante reforçar que a frequência de ressonância apresenta alto grau de nocividade na medida em que duplica sua capacidade de impacto. A figura 20 apresenta o

modelo teórico biomecânico com as frequências naturais de ressonância utilizadas como referência.

Na exposição à vibração o padrão de percepção de intensidade da excitação é mais intenso nos membros inferiores quando o indivíduo está posicionado em pé, seguido pelo tronco e cabeça. E a percepção da magnitude da vibração é menor nos membros superiores (Sonza et al. 2015). É importante atentar que o organismo humano apresenta frequências naturais diferentes para as várias regiões e órgãos do corpo, razão porque não se pode tomar uma única frequência de ressonância como basal para todos os fenômenos ou sintomas experimentados por todos os indivíduos. Sanders & McCormick (1993); Wasserman et al. (1997) referem que tal fenômeno pode ocorrer numa gama de frequências compreendidas entre 4 e 8 Hz, quando as vibrações ocorrem segundo o eixo Z, ou seja, na vertical, por outro lado, quando as vibrações ocorrem na horizontal, a frequência de ressonância situa-se entre 1 e 2 Hz (Griffin,1990). Quando as frequências se manifestam acima de 2 Hz o corpo humano passa a reagir como um conjunto de massas interligadas, cada qual com sua frequências própria de ressonância, que pode variar segundo a postura adotada e de pessoa para pessoa .

A sensibilidade humana às vibrações é assunto bastante complexo uma vez que envolve aspectos,tanto físicos quanto psicológicos, logo estabelecer a noção de conforto/desconforto humano acarreta imprecisões, porém o seu estudo assume particular importância em biomecânica ocupacional.

A avaliação das vibrações é, portanto, muito importante para análise do comportamento do conforto do condutor quando está dirigindo. Uma maneira de fazer essa avaliação é através da análise da aceleração eficaz (a_w) assim como utilizando o cálculo do parâmetro SEAT% - (*Seat Effective Amplitude Transmissibility*).

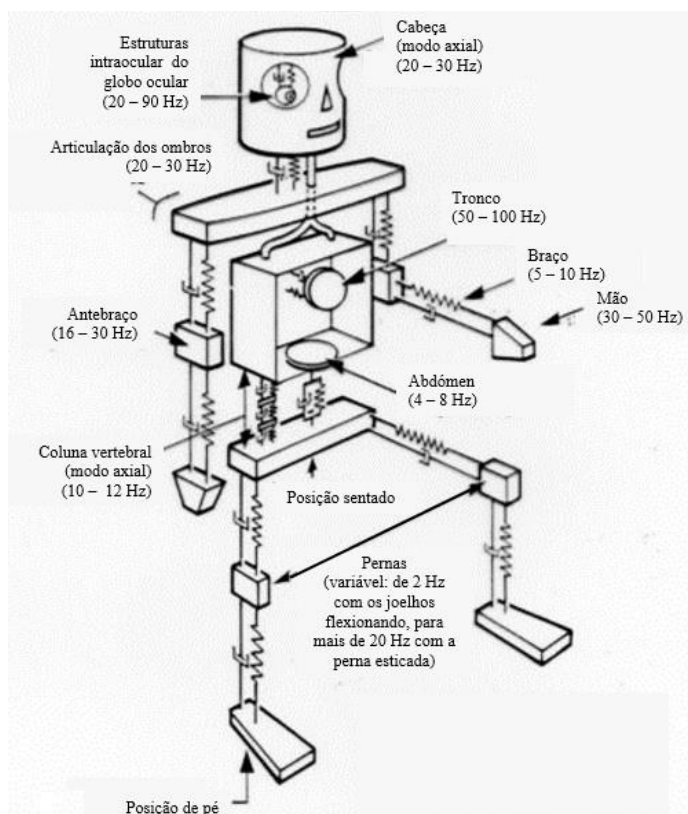


Figura 20: Modelo teórico biomecânico com as frequências naturais de ressonância. Fonte: adaptado de Brüel & Kjaer (1989)

No que diz respeito a a_w , a percepção da vibração e seus efeitos no corpo humano, relativos ao conforto nas atividades ocupacionais e na saúde, são dependentes das condições pela qual essa vibração se distribui pelo corpo, determinadas pela postura e pela transferência através das interfaces entre o corpo e o ambiente. Quando uma pessoa está sentada, a exposição à vibração pode ser determinada de acordo com a ISO 2631-1(1997), pela aceleração r.m.s obtida numa *interface* e pode ser calculado de acordo com a equação 1 no domínio da frequência:

Valor da aceleração eficaz definido pela equação 1.

$$a_w = \left[\frac{1}{T} \int_0^T a_w^2(t) dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad (\text{equação 1})$$

A aceleração eficaz “ a_w ” é a raiz da média quadrática, expressa em m/s^2 , dos diversos valores da aceleração instantânea $a_w^2(t)$, ocorridos durante um período de medição T (em segundos) na direção escolhida

Um atributo importante do valor RMS, é que este apresenta pouca sensibilidade para choques eventuais sofridos durante o período de medição. Isso ocorre porque os valores se diluem com o tempo no cálculo do valor do RMS.

Porém, estes choques ou picos de aceleração, podem gerar também danos à saúde, assim a fim de evitar esse problema é necessária uma análise também dos valores de pico de aceleração ocorridos durante a medição.

O fator de crista (FC) é obtido através da divisão do valor de pico pelo valor de RMS, ambos ponderados na frequência. A norma ISSO 2631-1:1997 determina que caso o fator de crista seja maior que 9, o simples uso do valor RMS não é suficiente para a avaliação de exposição. Para os casos em que o fator de crista é maior que 9, utiliza-se o valor de dose de vibração (VDV).

No que diz respeito a transmissibilidade da magnitude de vibração desde a fixação do banco até a superfície de contato do assento com o condutor é feita a partir da amplitude efetiva da transmissibilidade, ou seja, o SEAT%.

Assim um dos métodos mais usados para analisar a transmissibilidade é o parâmetro SEAT%, que possibilita avaliar a eficácia do isolamento de um assento. Considerando que as vibrações do veículo devem passar pelo assento antes atingir o condutor e a dinâmica do assento é um dos elementos mais críticos para a redução da vibração (Ahmadian et al 2002) e permite calcular a transmissibilidade de vibração do piso para o motorista. Uma maneira de calcular SEAT % é através do valor de dose de vibração VDV que é utilizado quando existem picos de vibração. Caso não ocorram picos, calcula-se o valor do SEAT através do RMS conforme a equação 2

$$SEAT\% = \frac{RMS \text{ banco}}{RMS \text{ piso}} \times 100 \quad (\text{equação 2})$$

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Desenvolver uma metodologia para analisar o comportamento das pernas do condutor ao dirigir um veículo automotor com caixa de velocidade automática e manual, durante a condução em trajetos urbanos pré-definidos de pavimento asfáltico e em paralelepípedo.

3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar a distribuição de pressão (SPD) na área de contato entre o assento do banco e o condutor e as alterações devidas aos movimentos das pernas;
- b) Caracterizar a distribuição da pressão exercida pelo condutor na *interface* com o assento do banco, identificando a pressão média exercida por cada uma das pernas;
- c) Analisar a distribuição da pressão sobre o assento do banco, identificando a taxa de variação da pressão na *interface* assento-condutor;
- d) Determinar a transmissibilidade da vibração da base do chassi para o assento do banco dos veículos;
- e) Analisar os dados referente à vibração do condutor, identificando os valores de RMS e fator SEAT%.

4. METODOLOGIA

Pensar na análise do comportamento das pernas do condutor na direção de veículos com caixas de velocidades diferentes (automática e manual), implica pensar nas razões pelas quais elas se movimentam. Neste sentido, o acionamento e condução dos veículos, por si só, já implica uma diferença na movimentação das pernas do condutor, pois caixas de velocidades diferentes exigem movimentos diferentes, em momentos e ritmos distintos.

Para analisar esta movimentação optou-se por fazer a medição da pressão e da vibração na *interface* assento-condutor. Entendendo que, apesar das limitações na objetivação da avaliação do movimento das pernas propriamente dito, a quantificação da pressão e da vibração sobre o assento e na *interface* mencionada são, atualmente, reconhecidos como medidas objetivas de conforto, e que respondem por uma análise da movimentação que se pretendeu estudar.

4.1. Amostra

Para planejar a componente experimental foi necessário definir o universo de estudo. Nesse sentido, entende-se que este universo é composto por condutores de veículos automotores de passageiros da cidade do Porto/Portugal, habilitados para a direção de veículos automotores, sem manifestação de necessidades especiais, deficiência física e ou mental. Esta definição partiu do princípio de que o objetivo é identificar a movimentação das pernas do condutor ao dirigir veículos com tipos de caixa de seleção de velocidades diferentes, SVM e SVA, em percursos urbanos, com tipos de pavimentação diferentes, ou seja, asfalto e paralelepípedo. Assim, a exigência foi: a habilitação para a condução de veículos automotores em condições ditas normais. Como se trata de um estudo exploratório, a amostra necessariamente não precisaria ser exaustiva do ponto de vista do número de condutores. Já o caráter aleatório parece interessante, até porque, a avaliação proposta aponta para a verificação da movimentação das pernas do condutor, e não para a avaliação entre condutores. Por conseguinte, definiu-se uma amostra de 5 (cinco) condutores, voluntários, que dirigiram os mesmos veículos, com SVM e com SVA no piso de asfalto e piso de paralelepípedos.

Para realizar os experimentos sobre a identificação da movimentação das pernas do condutor ao dirigir veículos foram necessários alguns recursos materiais específicos, como por exemplo: veículos automotores, computador, manta de medição de pressão no assento e a definição de trajeto urbano que permitisse a verificação proposta. Para a caracterização do comportamento das pernas dos condutores verificou-se a distribuição da pressão na *interface* assento/operador, identificado a partir de mapas de pressão de cada um dos condutores, nas situações mencionadas acima. A vibração foi registrada através de acelerômetros colocados sobre o banco/assento do condutor e sobre o piso do veículo, na base do banco do mesmo.

4.2. Caracterização dos veículos

Para realização dos ensaios de campo foram utilizados veículos de passageiros com SVM e com SVA. A tabela 4 mostra os tipos de veículos modelos, fabricantes e ano de fabricação desses veículos, bem como o tipo de seleção de velocidade de cada um deles.

Ao selecionar os veículos para utilização nas medições procurou-se a utilização de veículos da mesma gama mantendo os padrões de motorização, suspensão e acabamento, de forma a minorar a interferência destas características na observação do fenômeno em estudo.

Tabela 4: Tipos de veículos automotores e sistemas de seleção de velocidade

Fabricante	Modelo	Ano de fabricação	Sistema de seleção de velocidade
Citroen	C3	2019	SVM
Opel	Adam	2019	SVA

Fonte: O autor

Os veículos utilizados e suas fichas técnicas estão apresentados nas figuras 21, 22 e tabelas 5 e 6 respectivamente.



Figura 21: Citroen C3 PURETECH: Veículo com seleção manual de velocidade (SVM).

Tabela 5: Ficha técnica veículo automotor Citroen C3 (SVM)

IDENTIFICAÇÃO	MOTORIZAÇÃO	TRANSMISSÃO	CARROCERIA	SUSPENSÃO
FABRICANTE: CITROEN	Pure Tech 83 S&S CVM5 – 3 cilindros	Seleção de velocidades: Manual	Peso: 1540 Kg	Dianteira: Mac Pherson
MODELO: NOVO C3 PURETECH	Posição: Dianteiro Transversal	Relação: 6 velocidades	Comprimento: 3996 mm	Traseira: Eixo de torsão, rodas semi- independentes e molas helicoidais
	Comb.: Gasolina	Tração: Dianteira	Largura: 1749 mm	Dimensão dos Pneus: 205/55 R16 91H
			Altura: 1490 mm	
			Entre eixos 2539 mm	

Fonte: www.citroen.pt, 2022



Figura 22: Opel Adam, modelo GLAM 2019: Veículo com seleção automática de velocidade (SAV). Fonte: <https://www.ultimatespecs.com/pt/car-specs/Opel/70933/2019-Opel-Adam-Glam-14-87HP-Easytronic.html> Manual de instruções Opel Adam (2019), 2022

Tabela 6: Ficha técnica veículo automotor Opel Adam GLAM, (SVA)

IDENTIFICAÇÃO	MOTORIZAÇÃO	TRANSMISSÃO	CARROCERIA	SUSPENSÃO
FABRICANTE: OPEL	Motor Transversal 4 cilindros	Seletor de Velocidade Automática (Easytronic 3.0)	Comprimento: 3698 mm	Dianteira: Mac Pearson
MODELO: ADAM GLAM	Comb. Gasolina	Seleção: 5 velocidades	Largura: 1720 mm	Traseira: Eixo de torção e molas helicoidais
	Cilindrada: 1398 cm ³		Altura: 1484 mm	Pneus 195/55 R16
	Potencia: 100 cv		Entre eixos: 2311 mm	
			Peso: 1135 Kg	

Fonte: <https://www.ultimatespecs.com/pt/car-specs/Opel/70933/2019-Opel-Adam-Glam-14-87HP-Easytronic.html>, 2022

Na realização das medições participaram cinco condutores para dirigir o veículo Citroen C3 (SVM) na pista de rodagem asfáltica e no paralelepípedo e os mesmos cinco condutores para o veículo Opel Adam (SVA) nas mesmas condições de pista de rolamento. Desta forma, cada condutor realizou quatro percursos de condução conforme se observa na tabela 7, perfazendo um total de 40 (quarenta) ensaios para os cinco condutores.

A tabela 7 caracteriza as medições realizadas relacionando o tipo de veículo, o condutor e o tipo de pista de rodagem.

Tabela 7: Ensaios relacionando veículo, condutores e pista de rodagem

Veículo	Condutor	Pista de rodagem	Ensaio
Citroen C3 (SVM)	01	Asfalto	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
		Paralelepípedo	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
	02	Asfalto	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
		Paralelepípedo	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
	03	Asfalto	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
		Paralelepípedo	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
	04	Asfalto	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
		Paralelepípedo	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
	05	Asfalto	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
		Paralelepípedo	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
Opel Adam (SVA)	01	Asfalto	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
		Paralelepípedo	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
	02	Asfalto	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
		Paralelepípedo	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
	03	Asfalto	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
		Paralelepípedo	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
	04	Asfalto	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
		Paralelepípedo	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
	05	Asfalto	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor
		Paralelepípedo	Vibração
			Distribuição de pressão na interface assento/condutor

4.3. Caracterização dos percursos

Foram selecionados dois percursos urbanos em zonas da cidade do Porto, nas proximidades da FEUP- Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, onde o fluxo de tráfego tinha baixa interferência nas medições. Nos percursos foram identificados o tipo de piso, a distância percorrida e a superfície de pavimentação das vias, ou seja asfalto e paralelepípedo.

4.3.1. Acompanhamento da mediação da velocidade, tempo de deslocamento e informações relativas ao percurso - Sistema de posicionamento global - GPS

Para registro das velocidades, das condições relativas ao trajeto e do tempo gasto no percurso realizado pelo condutor, foi utilizado o aplicativo de GPS-MY Tracker, instalado em telemóvel, que registrou a posição no percurso e a velocidade do veículo durante o experimento. Este aplicativo foi acionado no momento em que os veículos começavam o movimento, dando início ao ensaio.

4.3.2. Pavimento asfáltico

O percurso selecionado com revestimento asfáltico localiza-se na Avenida 25 de abril, na Região de Campanhã, na Cidade do Porto. A distância percorrida é de 1,2 km, conforme indicado na figura 23.

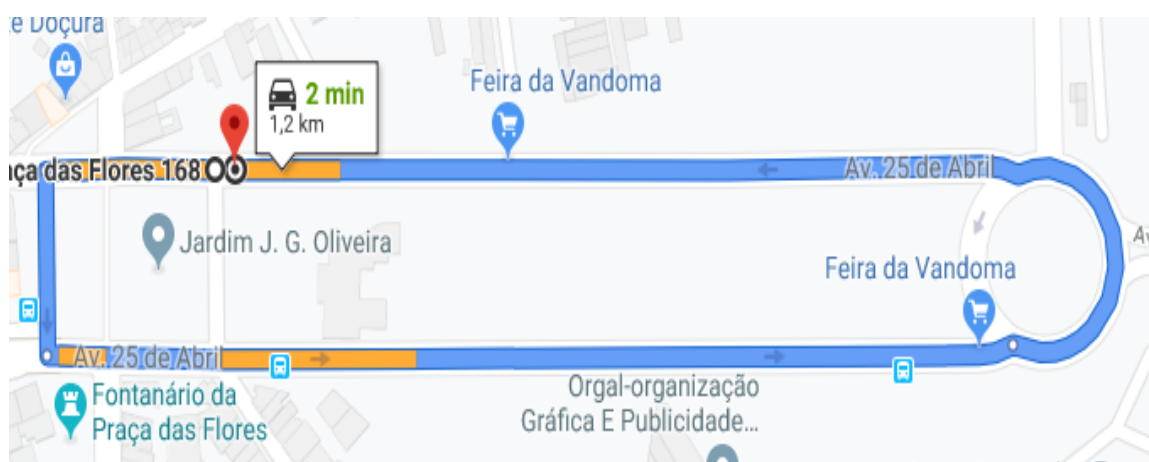


Figura 23: Localização do trajeto em pavimento asfáltico. Avenida 25 de Abril - Campanhã-Porto/PT. Fonte: adaptado de Google (2019)

4.3.3. Pavimento de paralelepípedo

O percurso com revestimento de paralelepípedo localiza-se na região de Campanhã, no perímetro das ruas do Monte da Estação e Justino Teixeira, Cidade do Porto, com distância percorrida de cerca de 1km, conforme indicado na Figura 24.



Figura 24: Localização do trajeto em pavimento de Paralelepípedo. Rua do Monte da Estação e Rua de Justino Teixeira - Campanhã - Porto/PT Fonte: adaptado de Google (2019)

4.4. Ensaios de medições das vibrações e da distribuição da pressão na interface assento/conductor

Como a pressão na interface condutor/assento e a vibração não poderiam ser registadas simultaneamente uma vez que a colocação dos dois equipamentos juntos comprometia a fidelidade da medida, procedeu-se como se descreve a seguir:

a) Primeira situação: veículo com SVM: O veículo foi instrumentado com o equipamento de **medição de vibração** no piso e no assento do condutor, e cada condutor executou os dois percursos, um com revestimento asfáltico e um em paralelepípedo.

b) Segunda situação: veículo com SVM: O veículo foi instrumentado com o equipamento **manta de pressão no assento** e equipamento de vibração no piso, e cada condutor percorreu os mesmos dois percursos já mencionados.

c) Terceira situação, veículo com SVA: O veículo foi instrumentado com o equipamento de **medição de vibração** no piso e no assento do condutor, e cada condutor executou os dois percursos mencionados.

d) Quarta situação, veículo com SVA: O veículo foi instrumentado com o equipamento **manta de pressão no assento** e equipamento de vibração no piso, e cada condutor percorreu os mesmos dois percursos.

As sessões de medição tinham início com a identificação dos condutores. Seguidamente era feita a montagem do equipamento de medição e coleta de dados. O acionamento do equipamento de medição dava-se no exato momento em que o veículo entrava em movimento.

Com relação aos condutores foram registradas as variáveis como peso e altura, e calculado o índice de massa corporal de cada um.

Cada um dos condutores do veículo fez livremente o ajuste das regulagens internas do mesmo de modo para o adequar às suas características pessoais e a sentir-se confortável na sua condução. Estes ajustes referem-se ao encosto do banco, distância entre o assento do banco e o volante, distância entre o assento do banco e os pedais, altura do assento do banco e piso do veículo e posicionamento dos espelhos do veículo. A posição sentada assumida pelos operadores durante os ensaios foi determinada a partir das posições de regulagem do banco. As medições foram realizadas sempre através do mesmo protocolo, com os operadores permanecendo sentados durante cada ensaio e com as duas mãos no volante.

4.4.1. Ensaio de medição de vibração

A seguir são relatados os ensaios de medição de vibração.

4.4.1.1. Equipamentos de medição de vibrações

A medição e registo das vibrações foram realizados com a utilização do equipamento da marca SVANTEK, modelo SV 106, conforme ilustrado na Figura 25. Este equipamento cumpre integralmente com os requisitos da Norma ISO 2631-1(1997), fornecendo o valor de exposição à vibração a partir do registo de vibração total para a avaliação de conforto. Este medidor permite a ligação em simultâneo a dois sensores triaxiais de vibração de corpo inteiro. O valor de exposição de vibração é calculado em tempo real e os resultados de ambos os sensores são exibidos simultaneamente em unidades VDV e RMS ou em medições

pontuais. Além dos valores de exposição, o SV106 calcula também o tempo até ao limite de exposição recomendada sugerindo o tempo de trabalho seguro para o utilizador.



Figura 25: Equipamento para medição da vibração. Fonte: adaptado de SVANTEK SP. Z O.O. Warszawa, Polónia. (Fabricante)

4.4.1.2. Montagem do equipamento medidor de vibrações Svantek 106 no veículo.

O primeiro acelerômetro foi instalado junto à base do banco, mantendo a indicação de posição do sensor, direcionando o eixo X (Figura 26), apontado para dianteira do veículo, o eixo Y no sentido transversal do mesmo, e o eixo Z no sentido do eixo longitudinal do corpo do condutor, fixado de maneira a evitar movimentação durante o percurso do ensaio. Já o segundo acelerômetro foi montado na superfície do assento do banco, com indicação de posicionamento do eixo X, apontado para a parte frontal do veículo, na sua direção de movimento e foi fixado de forma a evitar deslocamento quando da movimentação, por ocasião do ensaio.

Os fios de conexão do sensor com o gravador de dados do equipamento foram acomodados de forma a não gerar danos ao instrumento nem desconforto ao condutor.

O *software* instalado para gravação dos dados de vibração foi o SvanPC++, do próprio fabricante.

Quando o condutor colocava o veículo em movimento, o instrutor dava início a operação de recolha de dados, acionando os equipamentos de dentro do veículo, no qual era passageiro.

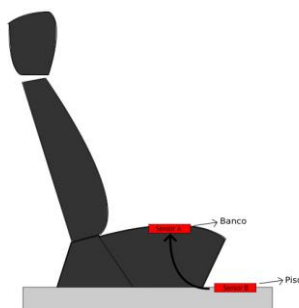


Figura 26: Posicionamento do acelerômetro sobre o assento e na estrutura do veículo.

4.4.1.3. Tratamento dos dados obtidos durante os ensaios de vibração.

As avaliações de conforto referentes às vibrações e à pressão utilizam padrões específicos criados internacionalmente e expressos em normas, e baseiam-se em limites numéricos de tolerância humana aos seus efeitos. No caso da vibração, a ISO 2631-1:1997 define limites de fadiga humana para diferentes modos de vibração, e aqui tomar-se-á a transmissibilidade efetiva da vibração sobre o assento, denominada SEAT (definido na forma de percentual - %), como método de aferição/avaliação.

Este método é uma medida da transmissão da aceleração do piso para a almofada do assento do banco do condutor do veículo, aferida pela diferença entre os espectros de potência de ambos, respectivamente, sendo G_{ss} o espectro do assento e G_{ff} o espectro do piso. O valor da SEAT % pode ser entendido como a razão entre o deslocamento ponderado pela frequência registrado no assento e o deslocamento ponderado pela frequência registrado no piso do veículo, expresso em porcentagem. No seu cálculo há um fator de ponderação dependente da frequência $-W_i(f)$, definido com base em pesquisa de conforto humano. Neste método, comumente utilizado para avaliação de conforto de bancos, valores decrescentes indicam mais conforto para o ocupante, e um valor de 100% indica que o assento não oferece isolamento, sendo, portanto, desconfortável. No presente estudo, em que o objetivo é a análise do comportamento das pernas do condutor, considerou-se somente a vibração na direção vertical. Este dado aponta para a possibilidade de movimentação das pernas, na medida em que o condutor tenderia a experimentar a fadiga decorrente da contratura muscular resultante da transmissibilidade da vibração experimentada, durante o tempo em que permanece na postura sentada.

O estudo da vibração pode ser visualizado a partir do Fluxograma expresso na Figura 27.

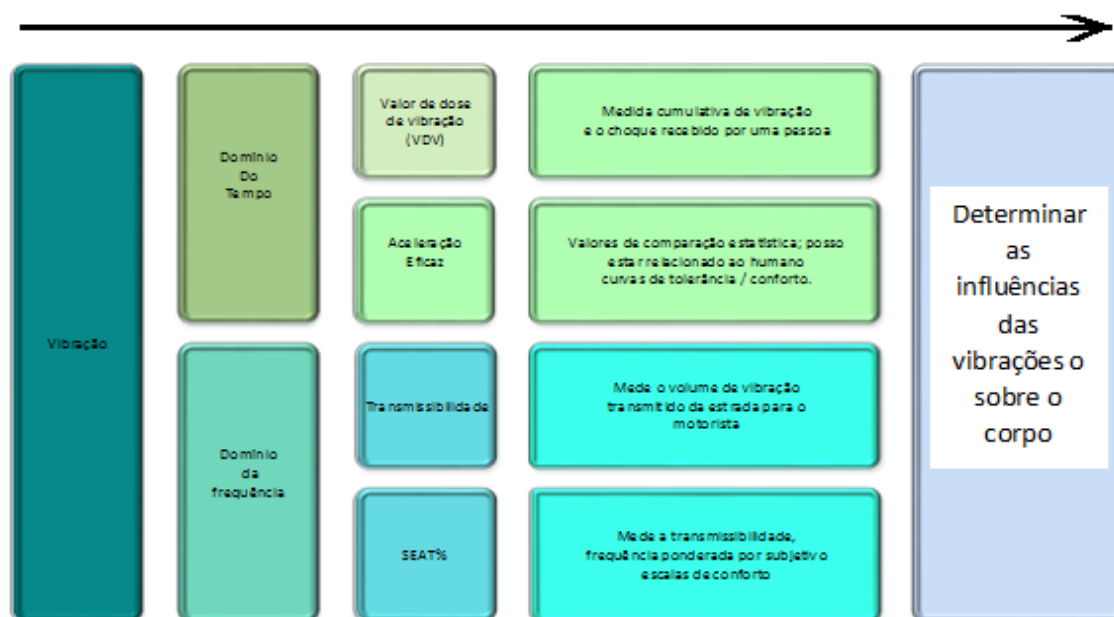


Figura 27: Fluxograma do estudo da vibração.

4.4.2. Ensaio de mediação da distribuição da pressão na interface assento/conductor.

4.4.2.1. Equipamentos de medição da distribuição da pressão na interface assento/conductor.

O equipamento utilizado para as medições da pressão na *interface* assento/conductor foi o sistema TACTILUS Versão 8.1, conforme apresentado na Figura 28. Ele é uma plataforma de medição da distribuição de pressão em *interfaces*, composto de sensores resistivos dispostos em uma manta que se molda às superfícies do banco. A manta sensora foi ligada ao computador através de um software para processamento de dados dos valores de pressão. Tanto as pressões estáticas como as dinâmicas, atuantes sobre as áreas de contato do condutor com o assento/banco, foram registradas.



Figura 28: Equipamento para medição da distribuição da pressão. Fonte: adaptado de Sensor Products Inc, USA (Fabricante)

4.4.2.2. Montagem da manta sensor de pressão de interface TATILUS no veículo

Inicialmente a manta foi colocada sobre o assento do banco (Figura 29) de forma a cobrir toda a sua superfície, evitando dobras ou rugas que pudessem prejudicar a tomada de dados ou provocar danos ao equipamento. De seguida, através da entrada USB, ligou-se o equipamento a um computador portátil que acompanhava o equipamento TACTILUS 8.1.

Ao embarcar no veículo cada condutor seguiu as orientações do instrutor que envolviam as seguintes etapas: o sentar de modo como habitualmente, regulação livre do banco com o cuidado de manter o equipamento posicionado de forma a não provocar enrugamento nem o deslocar da posição central.

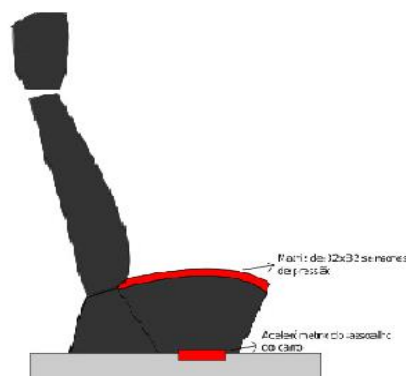


Figura 29: Posicionamento da manta de pressão sobre o assento.

4.4.2.3. Tratamento dos dados obtidos durante os ensaios de mediação da distribuição da pressão na *interface* assento/conducutor

As avaliações objetivas de conforto referentes às vibrações e à pressão utilizam padrões específicos criados internacionalmente, expressos em normas, e baseiam-se em limites numéricos definidos para a tolerância humana aos seus efeitos. No caso da vibração, utiliza-se a ISO 2631-1:1997, tratando-se do estudo da pressão na *interface* assento/conducutor. Na definição da metodologia para compreensão da movimentação das pernas do operador na condução de veículos com caixa de velocidades automática e com caixa de velocidades manual, recorreu-se à utilização de parâmetros já conhecidos e descritos segundo o Fluxograma apresentados na figura 30.

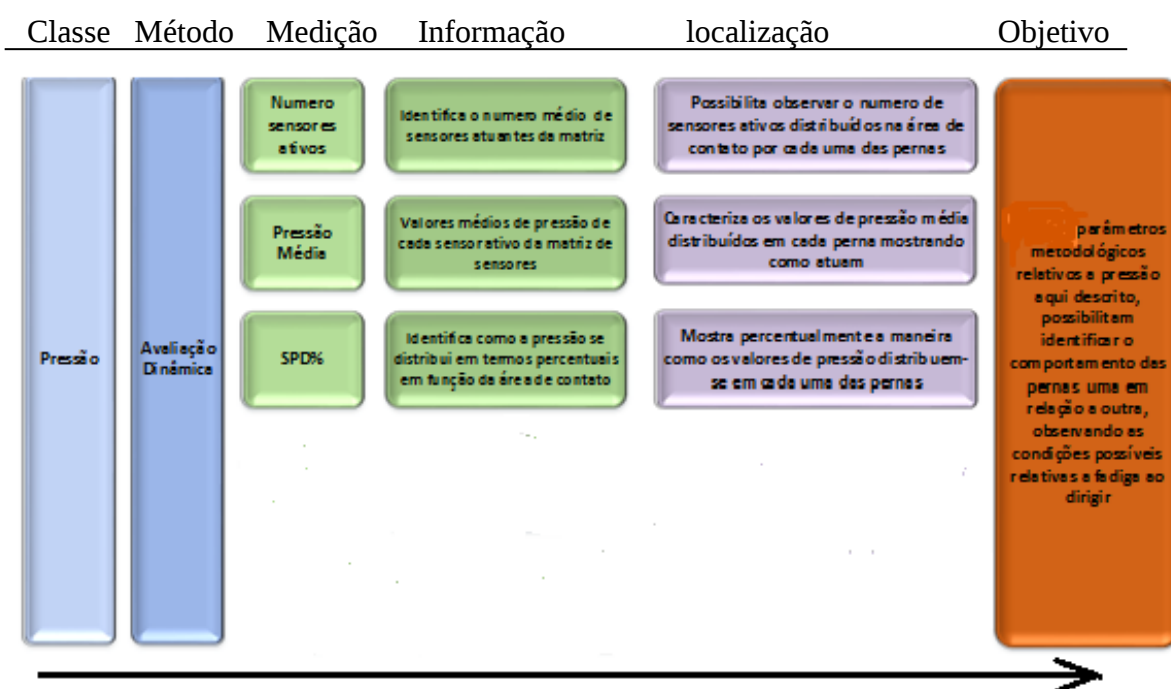


Figura 30: Fluxograma do estudo da pressão na interface assento/conducutor.

O Sistema de Mapeamento de Pressão gera o mapa de pressão que é uma maneira de mostrar quantitativamente e de forma dinâmica, o comportamento da pressão no principal apoio de um indivíduo sentado e como esta se distribui nas regiões de contato entre a almofada do assento e o conducutor. As informações são captadas por sensores resistivos, dispostos em uma manta, de forma matricial segundo uma distribuição de 32X32, totalizando 1024 sensores. Durante as medições foram recolhidos 32 frames (quadros) por segundo. Através do software fornecido com este equipamento essas informações são

processadas, gerando imagens que identificam as regiões que apresentam valores de pressão maiores e menores, os pontos onde há maior ou menor concentração dessa pressão e também identifica a área efetiva do contato. A distribuição bidimensional mostrada na Figura 31 corresponde a uma imagem precisa da distribuição da pressão. As áreas de alta pressão e sua localização exatas podem ser identificados imediatamente usando a legenda com código de cores como indicadores dos níveis de pressão.

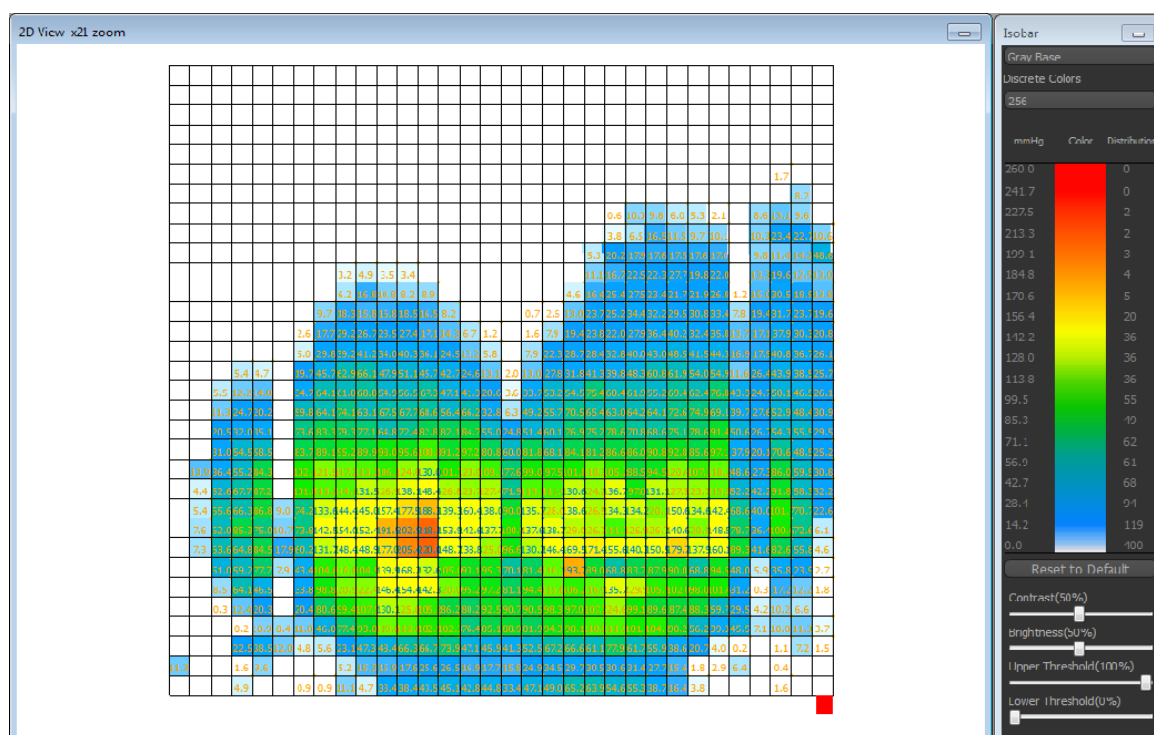


Figura 31: Mapa de pressão sobre o assento. Fonte: Sensor Products Inc, USA (Fabricante)

Para obter os parâmetros metodológicos que caracterizam o fenômeno em estudo foi necessário o processamento dos dados obtidos no mapeamento de pressão. Os arquivos de dados gerados foram processados utilizando o software Python, versão 3.8.2, licenciado pela (Python Foundation License).

Número de sensores ativos

Como sensores ativos são considerados todos os sensores da matriz que apresentaram valores acima de 1 mmHg, ou seja, que sofreram ação de carga durante a medição. A identificação desses sensores torna-se necessária dado que a análise da distribuição da pressão é realizada de forma comparativa, entre as duas pernas, com o objetivo de identificar

qual delas apresenta maior ou menor pressão. Esta informação é importante para as análises dos outros parâmetros a serem calculados.

Distribuição da pressão média do assento (SPD%)

A pressão média é calculada a partir dos valores registados por cada um dos sensores ativos que compõem a manta censora durante o período do ensaio e na área de contato entre o assento e o condutor. Os dados obtidos resultam numa matriz onde esses valores são apresentados estão codificados numa escala de cores de acordo com a intensidade da pressão na *interface*. Com esta distribuição de pressões é também identificada a ação das pernas do condutor.

Este parâmetro identifica como a pressão se distribui percentualmente por toda a área de contato e permite verificar os pontos ou regiões onde existe maior ou menor uniformidade na distribuição dessa pressão. Assim é possível analisar, de forma quantitativa, a capacidade de resposta da almofada do assento em distribuir a pressão no contacto, mas também sinaliza a movimentação das pernas. O cálculo do SPD% (*seat pressure distribution*) pode ser definido segundo a equação 4:

$$SPD\% = \frac{\sum_{i=1}^n (P_i - P_m)^2}{4nP_m^2} \times 100 \quad (\text{equação 4})$$

Este parâmetro é usado em conjunto com o sistema de mapeamento de pressão, onde n é o número total de sensores ativos, registando valores diferentes de zero, P_i é a pressão em cada célula e P_m é a pressão média dos n elementos. Um menor valor de SPD% indica uma maior uniformidade da distribuição da pressão no assento do banco, e para que a esta distribuição atinja uma condição ideal, cada pressão P_i deve estar próxima ou igual à pressão média P_m , resultando num valor próximo ou igual a zero.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1. Antropometria dos condutores

Fez-se o levantamento das dimensões antropométricas dos condutores, altura, peso e índice de massa corporal que estão apresentados na tabela 8. A proposta deste estudo compreendia uma amostra aleatória de condutores, cuja única exigência era a habilitação para a condução de veículos automotores. A amostra foi definida com um único gênero, neste caso o masculino, com indivíduos de altura entre 1,72 e 1,90 metros; pesos entre 68,0 e 90,0 quilos; e com esses dados determinou-se a massa corporal que ficou entre 22,1 e 28,7 IMC (índice de massa corporal).

Tabela 8: Dimensões antropométricas dos condutores

CONDUTOR	MASSA (Kg)	ALTURA (m)	INDICE DE MASSA ($IMC=M/A^2$)
1	68,0	1,73	22,7
2	90,0	1,90	24,4
3	78,0	1,88	22,1
4	73,0	1,81	22,3
5	85,0	1,72	28,7

Analisando a tabela 8, observa-se uma variação antropométrica entre os condutores, com diferentes biotipos e conseqüentemente diferentes posicionamentos em relação à manta de pressão. A variação de IMC do condutor 5 que é de 28,7 é cerca de 17% constitui o maior desvio à média do IMC dos demais condutores.

5.2. Numero de sensores ativos

Os sensores ativos que apresentaram valores acima de 1 mmHg, ou seja, que sofreram ação de carga durante a medição foram determinados e codificados segundo a figura 32. A identificação desses sensores torna-se necessária para determinar os valores da distribuição da pressão média SPD para cada condutor e permite de forma comparativa entre as duas pernas, identificar qual delas apresenta maior pressão.

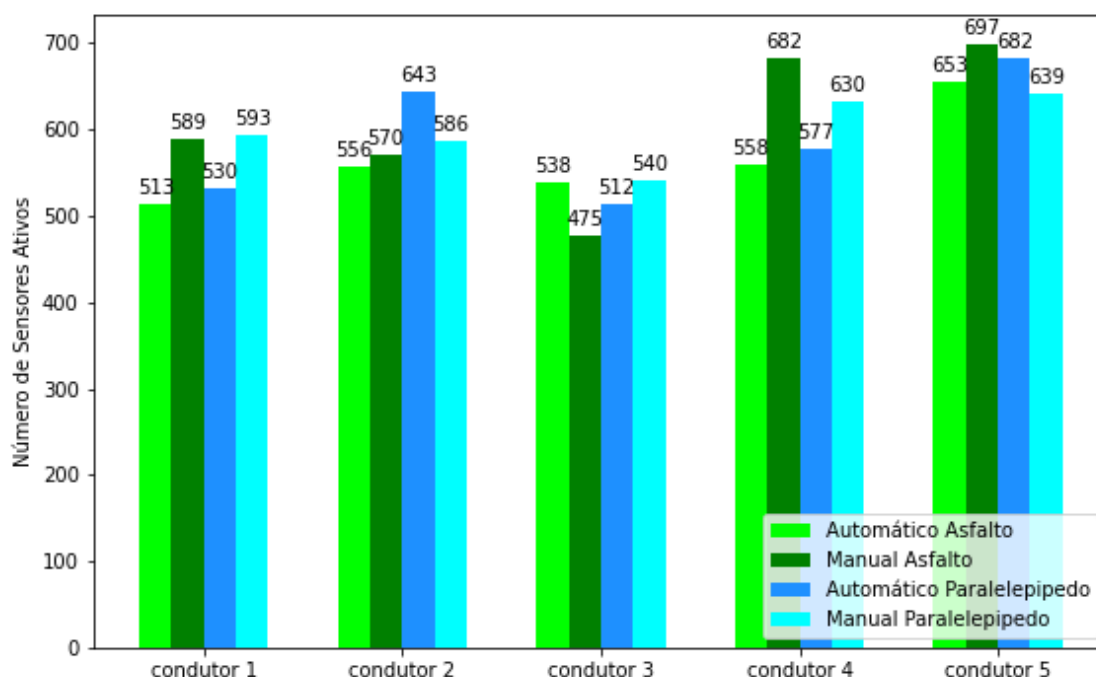


Figura 32: Numero de sensores ativos por banco por condutor.

Verifica-se pela análise da figura 32 que o condutor 5 é o que apresenta o maior numero de sensores ativos. Faz sentido este resultado uma vez que o mesmo apresenta um IMC 17% maior que a média dos demais condutores e consequentemente apresenta um maior contato com a manta sobre o banco.

Verifica-se nos percursos com os veiculos dotados de câmbios automáticos e manuais e nos dois tipos de piso que não houve grande discrepância de números de sensores ativos para cada condutor, o que parece significar que o piso e o tipo de veículo não tiveram forte influência sobre o numero de sensores ativos para as situações de ensaio. Os resultados também apresentam um grande numero de sensores ativos o que reforça a confiabilidade dos resultados obtidos nos ensaios executados.

A figura 33 por sua vez apresenta o numero de sensores ativos para cada perna do condutor. Por esta figura percebe-se que para todos os condutores a perna esquerda apresenta um menor número de sensores ativos. Entende-se que isto ocorre em qualquer tipo de veículo, manual ou automático, devido à perna esquerda ficar por mais tempo apoiada sobre o piso do habitáculo do veículo. Assim sendo fica mais afastada da manta ou do banco e é menos utilizada pelo condutor durante o trajeto. Já a perna direita está em constante movimentação o que proporciona maior numero de contato com os sensores.

Este resultado também já mostra uma tendencia a ser comprovado pela pressão média SPD, de que sobre a perna esquerda haverá uma menor pressão exercida durante o trajeto dos veículos.

Por fim, verifica-se novamente um maior numero de sensores atuantes e em especial na perna direita do condutor 5 que apresenta maior IMC e logo tem maior area de contato a perna com o banco.

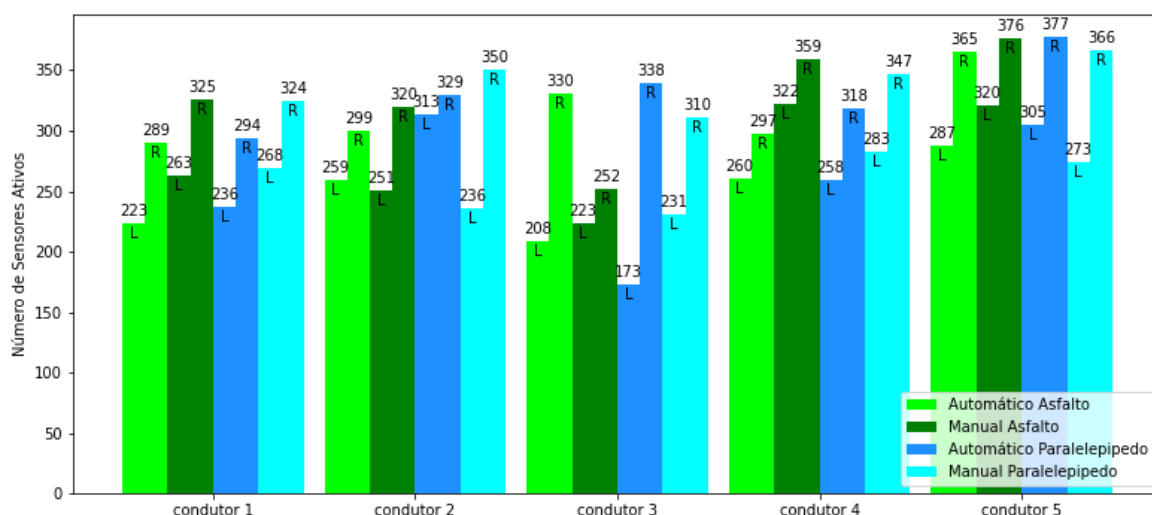


Figura 33: Numero de sensores ativos por perna para cada condutor

5.3. Distribuição da pressão média na interface assento/condutor

Com base nos resultados do mapeamento da pressão calculou-se uma pressão média para cada sensor, criando uma matriz codificada por cores. Ao lado direito desta matriz estão representados numa coluna, também através de uma escala de cores, os valores numéricos correspondentes às respectivas pressões médias nela mostradas (SPD%). A matriz contribui para a compreensão de como essa pressão é distribuída, isto é, onde estão localizados os respectivos valores médios para cada um dos sensores da mesma. Retrata a deformação do assento/banco pela pressão das pernas do condutor do veículo ao longo dos trajetos percorridos, evidenciando posição de pernas e possíveis movimentos.

As figuras 34 a 43 apresentam uma comparação entre o comportamento, quanto a pressão SPD, das pernas direita e esquerda dos condutores nos pisos objetos deste estudo.

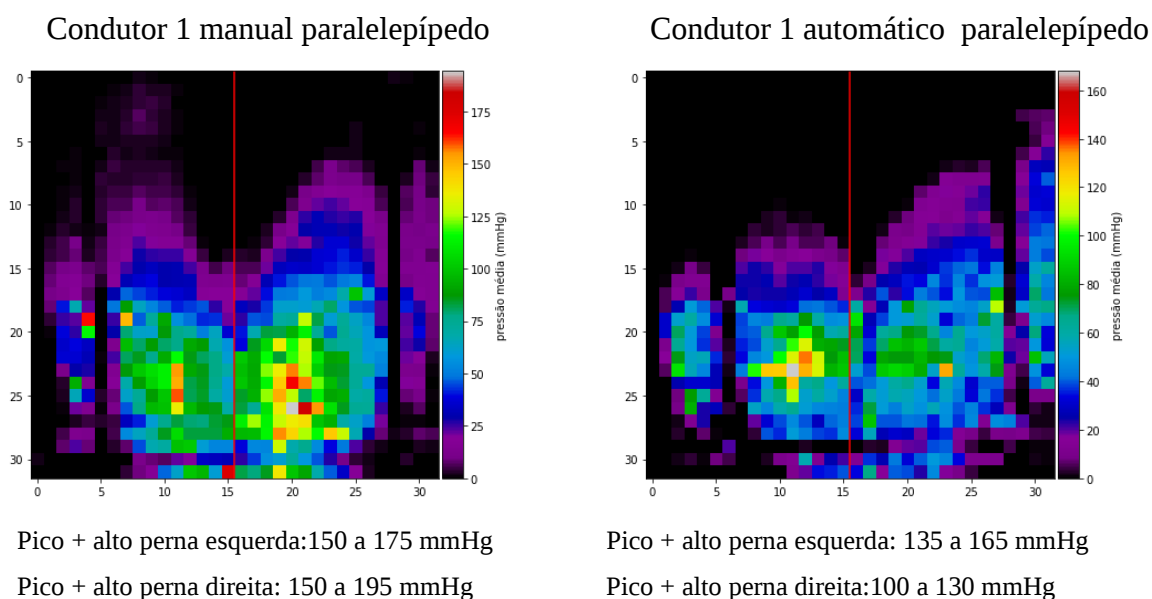


Figura 34: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 1, no piso de paralelepípedo com relação a pressão média

Os resultados do mapa da pressão média relativos ao condutor 1, no percurso com revestimento em paralelepípedo (figura 34), num veículo com SVM, mostra uma forma de área de contato onde a perna esquerda se apresenta projetada para a dianteira do veículo, sugerindo o apoio da coxa sobre o banco. Já no veículo com SVA, a mesma perna está encolhida e o pé parece apoiado no assoalho. A perna direita, por sua vez, aparece projetada à frente em ambos os veículos, com uma área de contato visivelmente maior para o veículo SVA embora a concentração de picos mostre valores menores que os referentes à perna esquerda neste mesmo veículo. O comportamento das pressões distribuídas pela área de contato mostra os picos mais altos destas pressões localizados nas regiões dos ísquios, oscilando entre 150 a 175 mmHg para a perna esquerda, no veículo com SVM e entre 135 a 165 mmHg no veículo com SVA. A oscilação destas pressões médias fica entre 150 e 195 mmHg para a perna direita no veículo com SVM, e entre 100 e 130 mmHg no veículo com SVA para a mesma perna. Sintetizando o comportamento destas pressões, verifica-se que elas aqui tendem a diminuir no veículo com SVA.

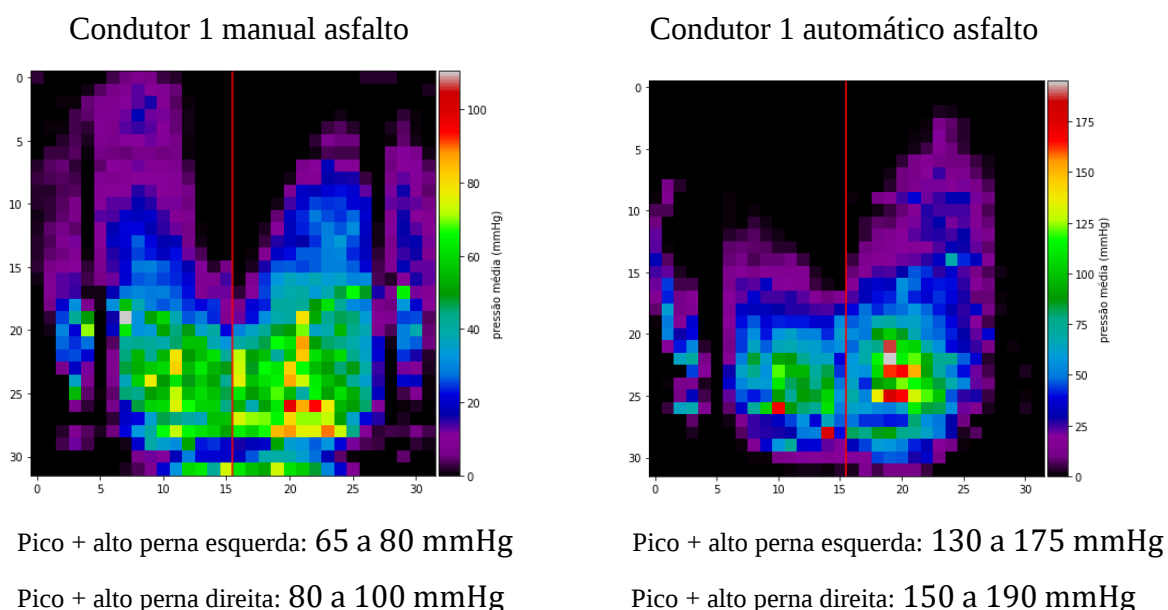


Figura 35: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 1 no piso de asfalto. com relação a pressão média

Avaliando comparativamente o comportamento das pernas do condutor 1 circulando sobre pavimento em asfalto (figura 35), dirigindo os mesmos veículos com SVM e outro com SVA, podem observar-se diferenças relativas às formas mostradas, identificando quais as regiões de glúteo e coxas se interrelacionam com a amofada do assento. A perna esquerda, no veículo com SVM apresenta um contato mais alongado, indicando um perfil projetado em direção à frente do veículo. A mesma perna, agora no veículo com SVA, apresenta projeção menor. Analisando a perna direita em ambos os veículos, pode observar-se similaridade no contorno do contato, considerando a projeção à frente. Este fato decorre do acionamento dos pedais do acelerador e freio, condição de igualdade em ambos os veículos. Outro fato a ser observado está relacionado com as pressões médias nas áreas de contato. Percebe-se que no veículo automático as pressões são mais altas que no veículo manual, e destas, as regiões dos ísquios são as que se destacam. As pressões na perna esquerda do veículo SVM são menores, oscilando em valores de 65 a 80 mmHg. E a mesma perna, no veículo SVA, tem pressões registradas de 130 a 175 mmHg, representando uma diferença percentual de 50 à 55 % à maior. Na perna direita, na mesma comparação, verifica-se que os valores de pressão no veículo são mais baixos, da ordem de 80 a 100 mmHg. E no veículo SVA, as pressões oscilam entre 150 a 190 mmHg.

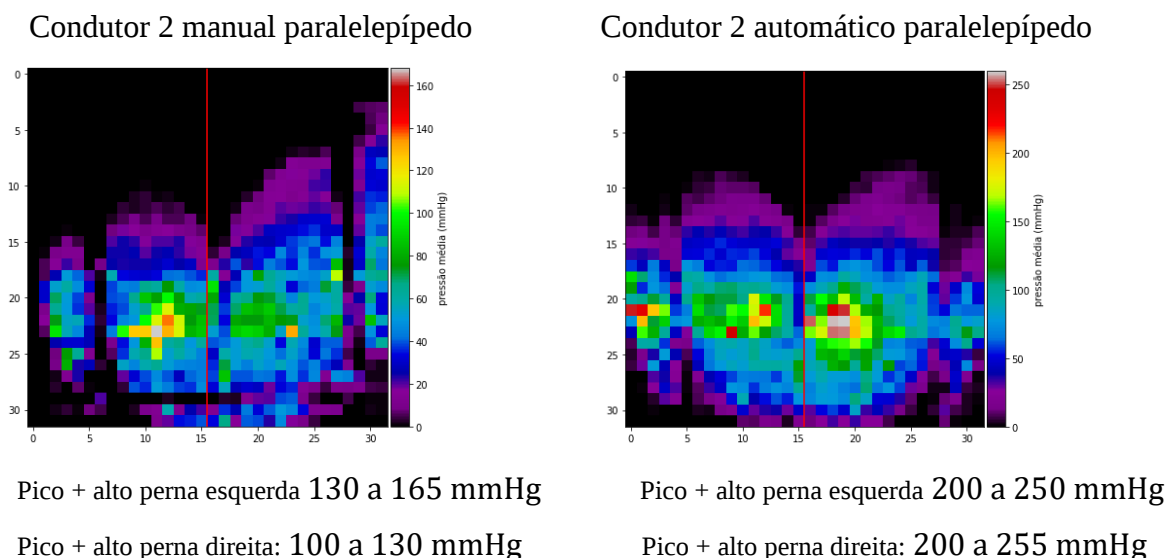


Figura 36: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 2 no piso de paralelepípedo com relação a pressão média.

Os resultados do mapa da pressão média relativos ao Condutor 2, no percurso com revestimento em paralelepípedo (figura 36), mostram um contorno da área de contato da perna esquerda menor que a direita em ambos os tipos de veículo, esta parece encolhida com o pé apoiado no assoalho. Já a perna direita apresenta uma projeção à frente e lateralmente, mais evidente no veículo com SVM onde esta área é maior que no veículo com SVA. O contorno apresenta maior similaridade entre as pernas no SVA, onde a distribuição da pressão sobre o assento se mostra mais homogênea entre ambas as pernas.

O comportamento das pressões médias mostra os valores de pico oscilando entre 130 e 165 mmHg para a perna esquerda, no veículo com SVM, e mais altos, entre 200 a 250 mmHg, no veículo com SVA. A oscilação destas pressões médias fica entre 100 e 130 mmHg para a perna direita, no veículo com SVM, e entre 200 e 250 mmHg no veículo com SVA, para a mesma perna. Em síntese, o comportamento destas pressões, no veículo com SVA, apresentaram aumento importante em relação à perna direita. Deve referir-se que a perna esquerda apresentou valores de pico menores que a direita neste mesmo veículo, diferentemente do registado com o Condutor 1.

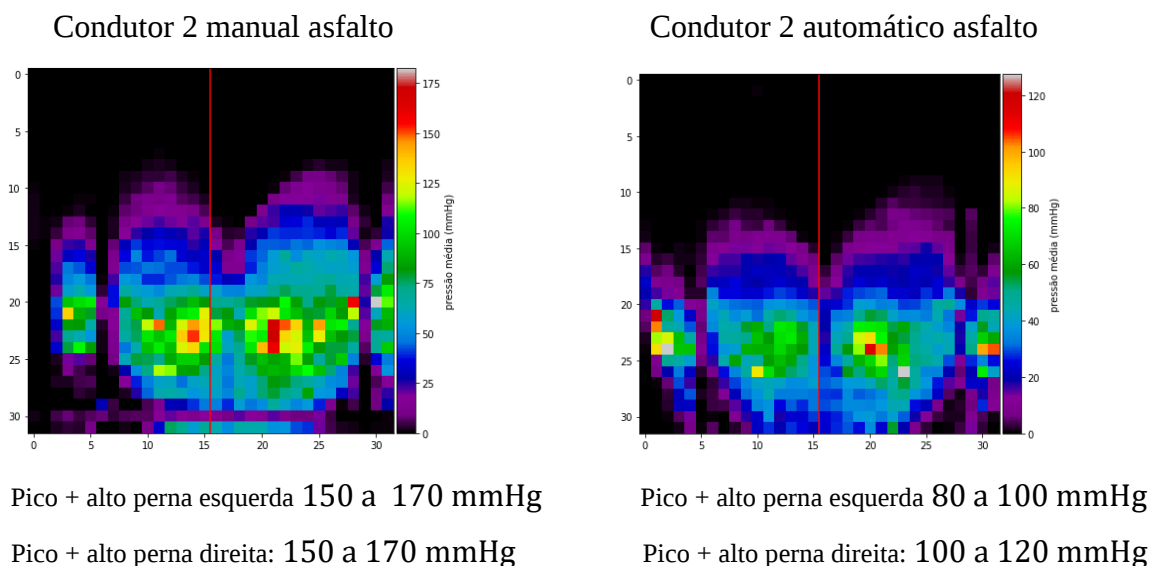


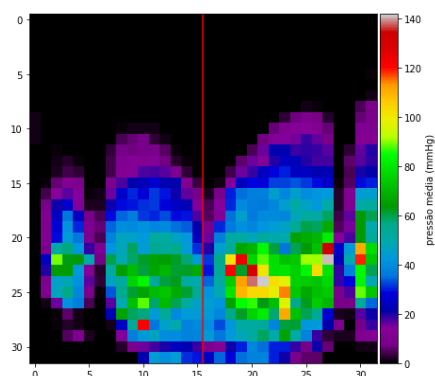
Figura 37: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 2 no piso de asfalto com relação a pressão média.

Os resultados do mapa da pressão média relativos ao Condutor 2, no percurso com revestimento em asfalto (figura 37), mostram um contorno de área de contato da perna esquerda menor que a direita em ambos os tipos de veículo. Quando se compara o contorno de área da perna esquerda, no veículo automático com o manual, observa-se que no primeiro este contorno é um pouco menor que no segundo, parecendo que a esquerda se encontrava encolhida, com o pé apoiado no assoalho.

Já a perna direita apresenta uma projeção à frente e lateralmente, mais evidente no veículo com SVM onde esta área é maior que no veículo com SVA. O contorno apresenta maior similaridade entre as pernas no SVA, onde a distribuição da pressão sobre o assento se mostra mais homogênea entre ambas as pernas.

O comportamento das pressões médias mostra os valores de pico oscilando entre 150 a 170 mmHg para a perna esquerda, no veículo com SVM, e mais baixo, entre 80 a 100 mmHg, no veículo com SVA. A oscilação destas pressões médias fica entre 150 e 170 mmHg para a perna direita, no veículo com SVM, e entre 100 e 120 mmHg no veículo com SVA, para a mesma perna. Em síntese, o comportamento destas pressões, no veículo com SVA, apresentaram diminuição importante em relação à perna direita. Deve referir-se que a perna direita apresentou valores de pico menores que a direita neste mesmo veículo.

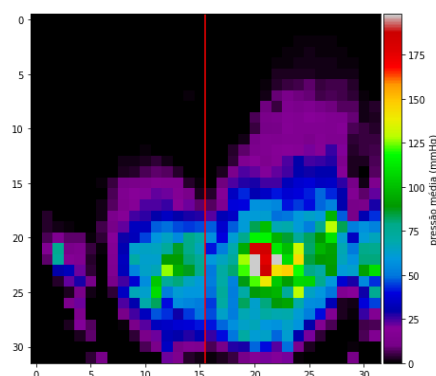
Condutor 3 manual paralelepípedo



Pico + alto perna esquerda 80 a 120 mmHg

Pico + alto perna direita: 110 a 140 mmHg

Condutor 3 automático paralelepípedo



Pico + alto perna esquerda 100 a 125 mmHg

Pico + alto perna direita: 150 a 200 mmHg

Figura 38: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 3 no piso de paralelepípedo com relação a pressão média.

O Condutor 3 apresenta resultados do mapa da pressão média no percurso com revestimento em paralelepípedo (figura 38), com valores de pico máximo oscilando entre 80 e 120 mmHg para a perna esquerda, no veículo com SVM, e entre 100 a 125 mmHg, no veículo com SVA. A oscilação destas pressões médias fica entre 110 e 140 mmHg para a perna direita, no veículo com SVM, e entre 150 e 200 mmHg no veículo com SVA, para a mesma perna. O comportamento destas pressões apresenta aumento na perna direita em ambos os tipos de veículos. Quanto ao contorno de área de contato, observa-se que o da perna esquerda se mostra menor em ambos os tipos de veículos que parece encontrar-se encolhida e com o pé apoiado no assoalho. Por sua vez, a perna direita apresenta uma projeção à frente e lateralmente, sendo que no veículo com SVM esta área é maior que no veículo com SVA.

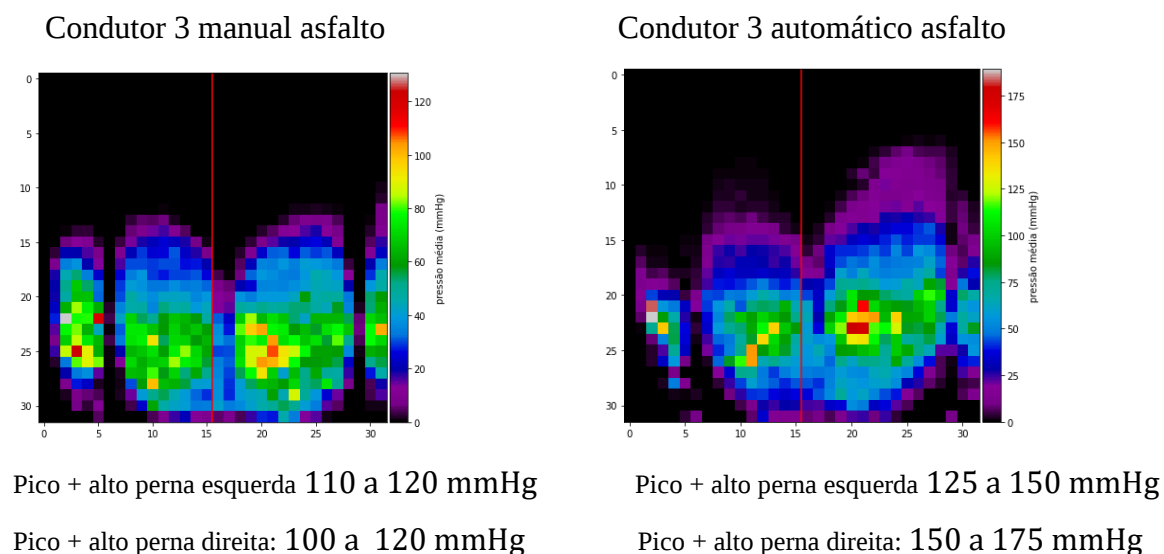
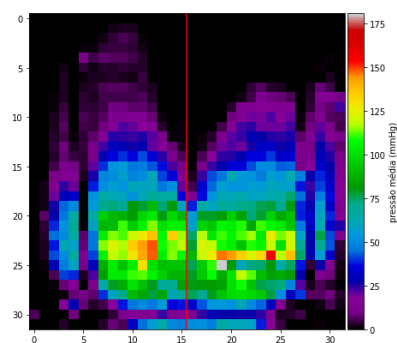


Figura 39: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 3 no piso de asfalto com relação a pressão média.

Os resultados do mapa da pressão média relativos ao Condutor 3, no percurso com revestimento em asfalto (figura 39), mostram o mapa da pressão média no percurso com revestimento em asfalto, com valores de pico máximo oscilando entre 110 a 120 mmHg para a perna esquerda, no veículo com SVM, e entre 125 a 150 mmHg, no veículo com SVA. A oscilação destas pressões médias fica entre 100 e 120 mmHg para a perna direita, no veículo com SVM, e entre 150 e 175 mmHg no veículo com SVA, para a mesma perna. O comportamento destas pressões apresenta aumento na perna direita em ambos os tipos de veículos. Quanto ao contorno da área de contato, observa-se que o da perna esquerda se mostra menor em ambos os tipos de veículos, parecendo encontrar-se encolhida, com o pé apoiado no assoalho. Enquanto a perna direita apresenta uma projeção à frente e lateralmente, sendo que no veículo com SVM esta área é maior que no veículo com SVA.

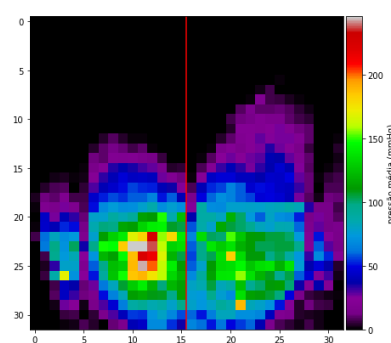
Condutor 4 manual paralelepípedo



Pico + alto perna esquerda 130 a 150 mmHg

Pico + alto perna direita: 130 a 180 mmHg

Condutor 4 automático paralelepípedo



Pico + alto perna esquerda 200 a 250 mmHg

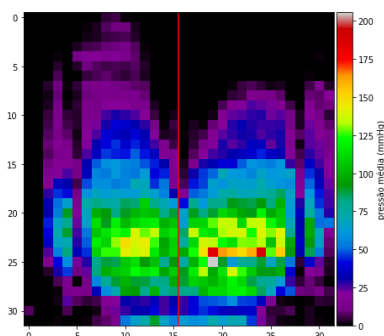
Pico + alto perna direita: 150 a 190 mmHg

Figura 40: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 4 no piso de paralelepípedo com relação a pressão média

Da análise dos resultados do Condutor 4, no percurso revestido com paralelepípedo (figura 40), evidencia-se a perna esquerda apoiada sobre o assento, a projeção em direção à frente no veículo com SVM, enquanto no veículo com SVA o perfil da área mostra o posicionamento da mesma mais encostada ao banco. A perna direita, por sua vez, mostra uma projeção menor em direção à frente em ambos os veículos, com um contorno mais similar nas duas situações.

Os picos máximos de pressão, entretanto, apresentam comportamento inverso do veículo com SVM (onde estão na faixa de 130 a 180) comparado com o veículo com SVA, no que diz respeito à perna esquerda. Isto é, enquanto esta perna, no veículo SVM, tem picos da ordem de 130 a 150, no veículo SVA tais valores atingem máximas de 200 e 250 mmHg, maiores que a perna direita.

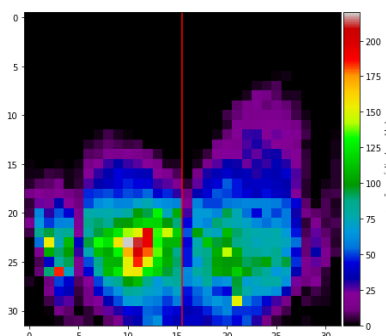
Condutor 4 manual asfalto



Pico + alto perna esquerda 130 a 150 mmHg

Pico + alto perna direita: 155 a 190 mmHg

Condutor 4 automático asfalto



Pico + alto perna esquerda 175 a 200 mmHg

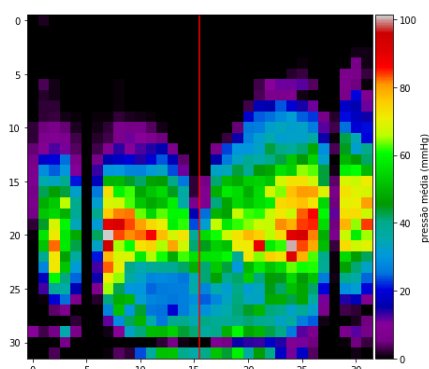
Pico + alto perna direita: 125 a 150 mmHg

Figura 41: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 4 no piso de asfalto com relação a pressão média

Os resultados do mapa da pressão média relativos ao Condutor 4, no percurso com revestimento em asfalto (figura 41), evidencia-se a perna esquerda apoiada sobre o assento, a projeção em direção à frente no veículo com SVM, enquanto no veículo com SVA o perfil da área mostra o posicionamento da mesma mais rente ao banco. A perna direita, por sua vez, mostra uma projeção menor em direção à frente em ambos os veículos, com um contorno mais similar nas duas situações.

Os picos máximos de pressão, entretanto, apresentam comportamento inverso do veículo com SVM (onde estão na faixa de 155 a 190), considerando a perna esquerda, isto é, enquanto esta perna, no veículo SVM, tem picos da ordem de 130 a 150, no veículo SVA tais valores atingem máximos de 175 e 200 mmHg, maiores que na perna direita.

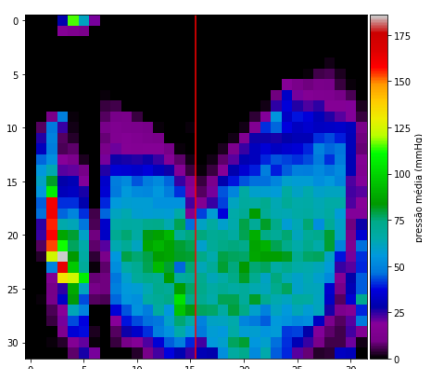
Condutor 5 manual paralelepípedo



Pico + alto perna esquerda 80 a 100 mmHg

Pico + alto perna direita: 80 a 100 mmHg

Condutor 5 automático paralelepípedo



Pico + alto perna esquerda 80 a 110 mmHg

Pico + alto perna direita: 75 a 90 mmHg

Figura 42: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 5 no piso de paralelepípedo com relação a pressão média.

Da análise dos resultados contidos no mapa das pressões médias do Condutor 5 no piso de paralelepípedo (figura 42) depreende-se a pequena variação entre os valores de pico, denotando um comportamento mais uniforme na sua distribuição entre as duas pernas, especialmente no veículo com SVM onde os picos se mostram iguais para ambas, da ordem de 80 a 100 mmHg. As pressões no veículo com SVA tenderam ao mesmo comportamento do apresentado pelo Condutor 4 - a perna direita teve valores de pico inferiores aos da perna esquerda. Já os contornos das áreas de contato sinalizam mais homogeneidade nos perfis, onde as pressões, mais baixas do que as demais condutores, ainda sinalizam as regiões de ísquios como pontos de maior sobrecarga.

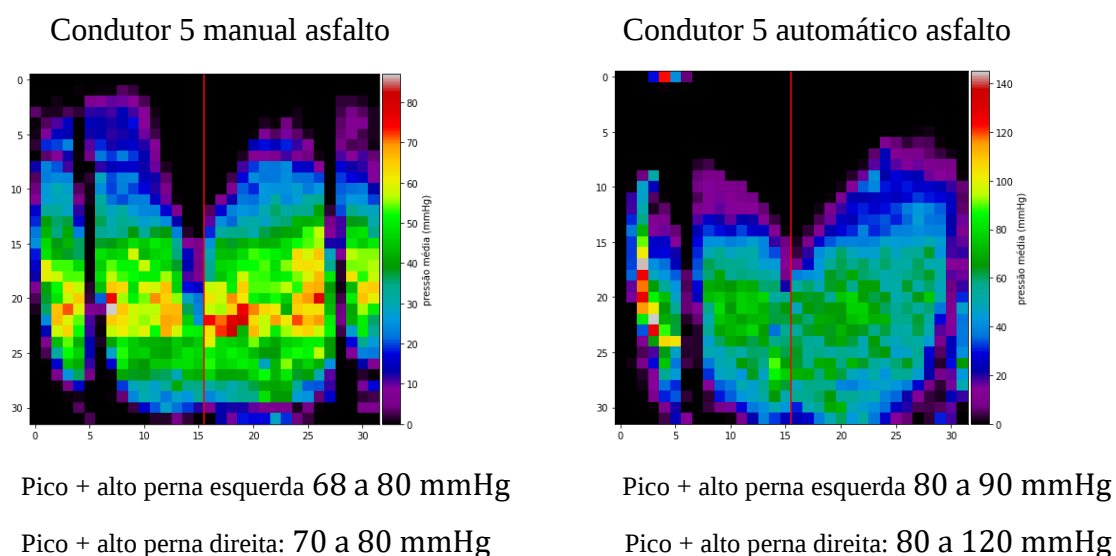


Figura 43: Comportamento das pernas direita e esquerda do condutor 5 no piso de asfalto com relação a pressão média.

Da análise dos resultados contidos no mapa das pressões médias do Condutor 5 no piso de asfalto (figura 43) depreende-se a pequena variação entre os valores de pico, denotando um comportamento mais uniforme na sua distribuição entre as duas pernas, especialmente no veículo com SVM onde os picos se mostram muito próximos para ambas, da ordem de 68 a 80 mmHg na perna esquerda e 70 a 80 mmHg para a perna direita. As pressões no veículo com SVA tenderam para um comportamento oposto ao apresentado pelo Condutor 4. Pela figura 43 observa-se ainda que a perna esquerda teve valores de pico de 80 a 90 mmHg que são inferiores aos da perna direita cujos valores de picos são de 80 a 120 mmHg. Já os contornos das áreas de contato sinalizam mais homogeneidade nos perfis, onde as pressões, mais baixas do que as dos demais condutores, ainda sinalizam as regiões de ísquios como pontos de maior sobrecarga.

5.4. Percentual da distribuição da pressão - SPD%

A partir dos resultados destes mapas e utilizando a equação 4 que determina o valor de SPD%, pode chegar-se aos resultados de Distribuição de Pressão Média SPD% (SEAT

pressure distribution), e então analisar o comportamento da distribuição dessa pressão nas pernas dos condutores na *interface* acento/operador.

A figura 44 apresenta os resultados obtidos de SPD%, a partir dos dados recolhidos durante os ensaios realizados nos trajetos de paralelepípedo e asfalto, veículos SVM e SVA bem como para os cinco condutores. Os resultados apresentados no gráfico mostram a diferença de comportamento da pressão média nos ensaios realizados durante a condução do veículo e os respectivos condutores nos trajetos especificados.

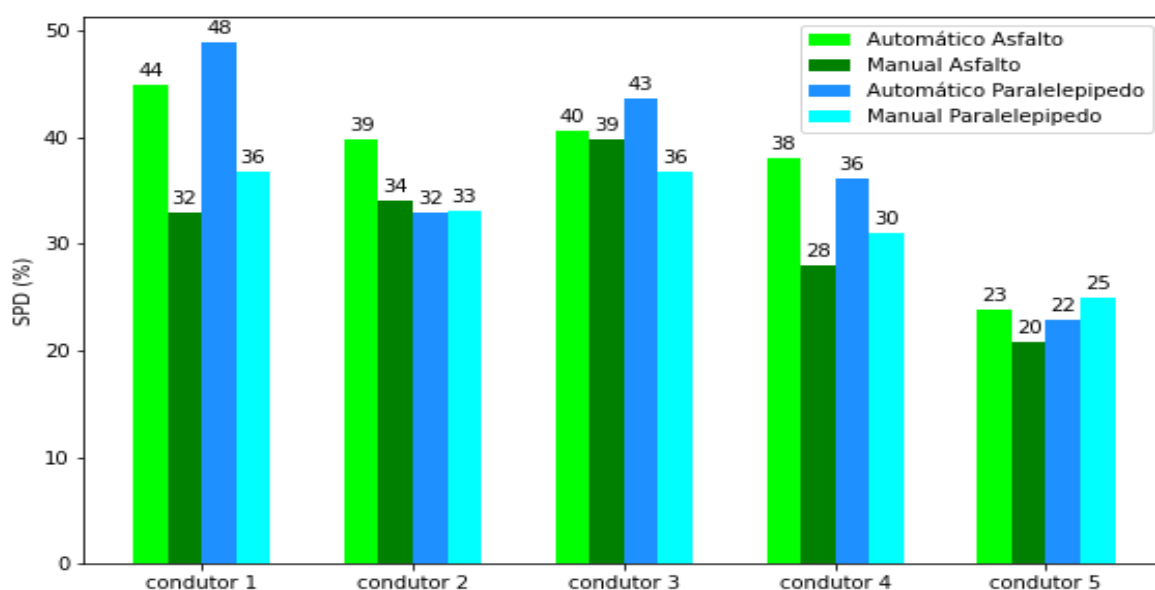


Figura 44: Distribuição da pressão nos assentos dos bancos dos veículos contato integral geral.

Pelos resultados apresentados pode observar-se que condutores com um IMC maior, (condutor 5) apresentaram os menores valores de SPD em relação aos condutores com menor IMC, como o condutor 1 por exemplo, o que é plenamente justificável pelo fato de o mesmo ocupar uma maior área de contato com a manta quando sentado no banco do veículo. Constata-se ainda que aqueles condutores que dirigiram veículos com SVA tiveram SPD% maiores que os dos veículos com SVM, em ambos os percursos, com exceção do condutor 5 cujos valores estão muito próximos. O seu maior IMC justifica esta reduzida variação. Entende-se que os maiores valores de pressão encontrados nos veículos SVA são devido ao fato de não haver necessidade de acionamento de pedais de embreagem e o menor acionamento dos pedais de freio o que proporciona um maior tempo de contato das pernas do condutor e a manta/banco.

Embora não se tenha parâmetros ideais definidos, valores de distribuição de pressão SPD mais baixo e uniformes apresentam respostas positivas de conforto conforme estudos feitos por Ahmadian (2003) com condutores em percursos de longa duração. Tal fato é plenamente justificado pois os mesmos apresentam mais área de contato e logo menor pressão. Assim sendo é de esperar então que devido ao IMC e aos resultados de SPD o condutor 5 apresente durante o trajeto percorrido menores resultados de Pressão Média e, portanto, menos diferença de atividades entre as pernas direita e esquerda.

Na figura 45 são apresentados os resultados do percentual de distribuição de pressão SPD% calculado individualmente para cada uma das pernas de cada condutor, nos percursos definidos, com os revestimentos especificados (paralelepípedo e asfalto), com o objetivo de identificar quais das pernas está sujeita a uma maior carga de pressão, uma em relação a outra, a partir do valor total.

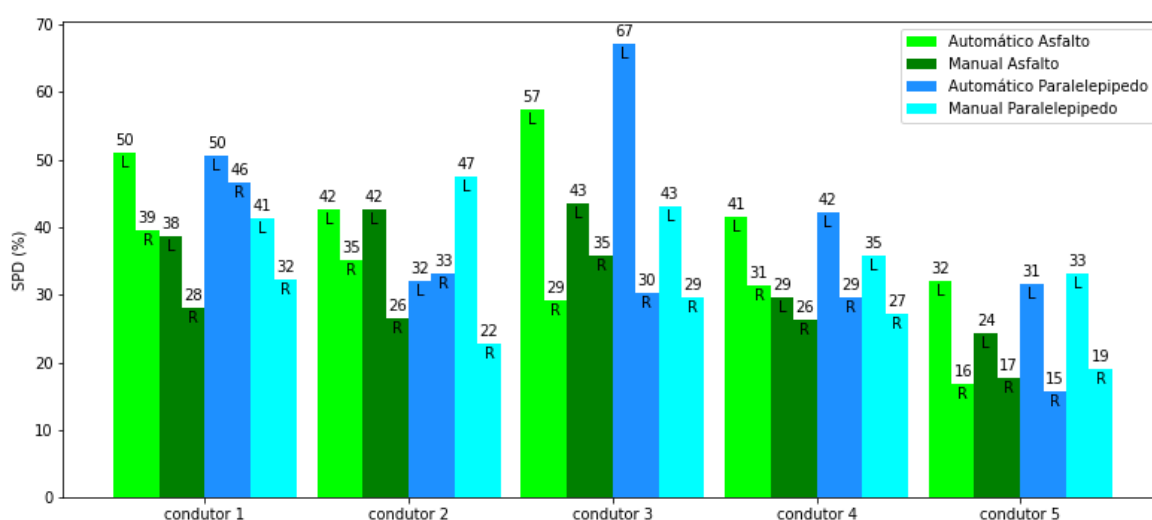


Figura 45: Distribuição da pressão no assento dos bancos observando separadamente o percentual por cada uma das pernas.

Nos resultados apresentados do experimento identifica-se que a perna esquerda registra valores mais altos de SPD, exceto para o condutor 2 na condução de veículo SVA no piso de paralelepípedo cujos valores podem ter sofrido alterações por ações externas como a existência de tráfego mais pesado durante o percurso. Entende-se que os resultados apresentados são coerentes pois a perna esquerda nos veículos SVA não executa nenhuma função junto aos pedais de aceleração e freio portanto, ficam

mais tempo pressionando e deformando o banco ou a manta logo, maior será o valor de SPD desta perna em relação a perna direita.

Já para veículos SVM a perna esquerda tem por função acionar o pedal da embreagem, momento em que parte dela se desacopla do banco ou da manta, mas mesmo assim ainda exerce maior pressão SPD que a perna direita que é responsável por constantemente acionar o pedal do freio e acelerador.

Observa-se ainda pela análise da figura 45 que condutor de maior IMC reproduz menor valor de pressão média SPD como é o caso do condutor 5, devido a ocupar uma maior área de contato no banco e com isso gera menores pressões.

A partir das figuras 44 e 45 determinou-se a pressão média de todos os condutores por piso de rolamento por onde os veículos transitaram e os valores obtidos estão apresentados na tabela 9. A partir dessa tabela construiu-se a figura 46 que apresenta a distribuição de pressão média por perna dos condutores em cada piso e com a condução automática e manual.

Tabela 9: Distribuição de pressão média por perna dos condutores em cada piso e com a condução automática e manual.

Manual paralelepípedo		Automático paralelepípedo		Manual asfalto		Automático asfalto	
Valor L	Valo R	Valor L	Valo R	Valor L	Valo R	Valor L	Valo R
41	32	50	46	38	28	50	39
47	22	32	33	42	26	42	35
43	29	67	30	43	35	57	29
35	27	42	29	29	26	41	31
33	19	31	15	24	17	32	16
Média 40	Média 26	Média 44	Média 31	Média 35	Média 26	Média 44	Média 30

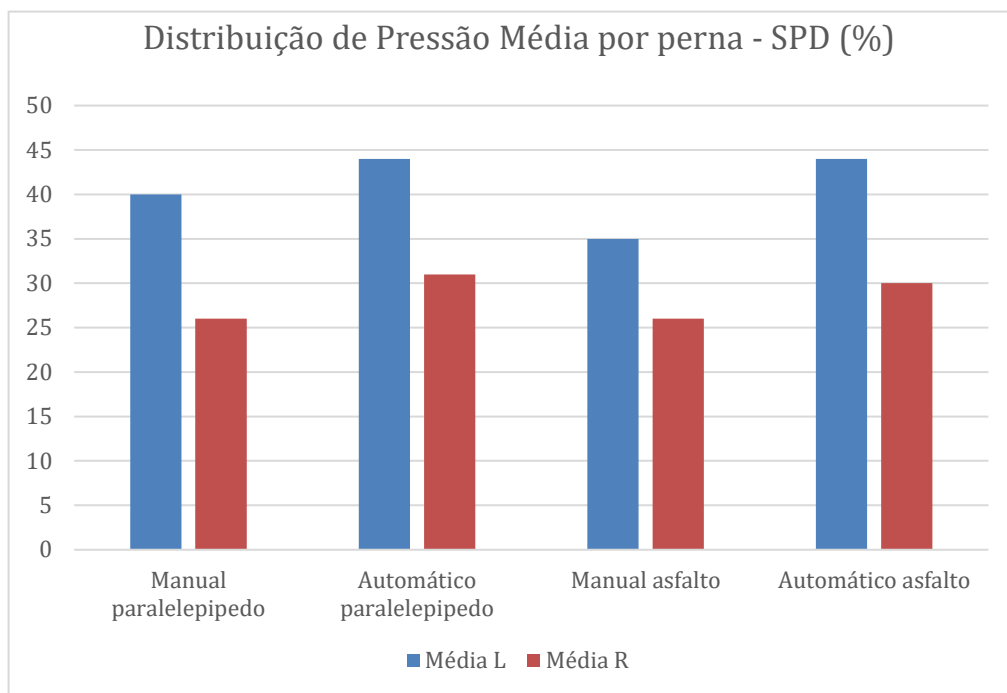


Figura 46: Distribuição de pressão média por perna dos condutores em cada piso e com a condição automática e manual.

Observa-se pela análise desse gráfico, uma sistemática diferença na movimentação das pernas direita e esquerda dos condutores, seja para a condição manual e automática e nos dois tipos de piso, asfalto e paralelepípedo.

A perna esquerda apresenta uma pressão maior do que a perna direita, devido ao fato de se movimentar menos e, portanto, estar mais tempo em contato com o banco.

Observa-se também que tanto no piso de paralelepípedo como no asfalto a condução automática apresenta maiores pressões, tanto na perna esquerda quanto na direita, o que também se justifica pelo fato das pernas se movimentarem menos nos veículos automáticos e portanto terem maior tempo de contato com o banco.

Pode também avaliar-se que para a condução automática, tanto no asfalto como no paralelepípedo, os valores são muito próximos para ambas as pernas, mostrando que para veículos automáticos nas condições do ensaio não há diferença quanto a pressão devida a variação do piso.

Já para veículos SVM transitando em piso de paralelepípedo e asfalto, a perna direita não apresenta diferença, porém a perna esquerda apresenta uma pressão média maior no paralelepípedo o que leva a crer numa maior movimentação do chassi do veículo provoca maior transmissão de vibração para o habitáculo, com maior movimentação desta perna e

mais contado da mesma com o banco enquanto que no caso do asfalto essa perna se movimenta menos e maioritariamente permanece apoiada no piso do veículo.

5.5. Testes de vibração (Acelerômetro)

A avaliação das vibrações é, portanto, muito importante para análise do comportamento do conforto do condutor quando está dirigido. Uma maneira de fazer essa avaliação é através da análise da aceleração eficaz (a_w) bem como os valores do SEAT% - (*Seat Effective Amplitude Transmissibility*)

5.5.1. Aceleração eficaz (a_w)

No que diz respeito a a_w , a percepção da vibração e seus efeitos no corpo humano, relativos ao conforto nas atividades ocupacionais e na saúde, são dependentes das condições pela qual essa vibração se distribui pelo corpo, determinadas pela postura e pela transferência através das interfaces entre o corpo e o ambiente. Quando uma pessoa está sentada, a exposição à vibração pode ser determinada de acordo com a ISO 2631-1(1997), pela aceleração a_w (r.m.s) obtida numa interface e pode ser calculado de acordo com a equação 1 no domínio da frequência:

As tabelas de 10 a 13 apresentam os valores de aceleração eficaz (a_w) e os valores do SEAT % calculados segundo a equação 2 para os diversos condutores.

Tabela 10 – Aceleração eficaz (a_w) com veículo SVA em Asfalto

	banco_aw	piso_aw	SEAT %
Condutor 1	0,181	0,161	112,422
Condutor 2	0,167	0,149	112,080
Condutor 3	0,219	0,180	121,667
Condutor 4	0,163	0,145	112,414
Condutor 5	0,186	0,160	116,250

Tabela 11 - Aceleração eficaz (a_w) com veículo SVA em Paralelo

	banco_aw	piso_aw	SEAT %
Condutor 1	0,620	0,623	99,518
Condutor 2	0,560	0,585	95,726
Condutor 3	0,686	0,714	96,078
Condutor 4	0,541	0,552	98,007
Condutor 5	0,535	0,500	107,000

Tabela 12 - Aceleração eficaz (a_w) com veículo SVM em Asfalto

	banco_aw	piso_aw	SEAT %
Condutor 1	0,131	0,131	100,000
Condutor 2	0,139	0,132	105,303
Condutor 3	0,132	0,134	98,507
Condutor 4	0,133	0,134	99,254
Condutor 5	0,143	0,131	109,160

Tabela 13 - Aceleração eficaz (a_w) com veículo SVM em Paralelepípedo.

	banco_aw	piso_aw	SEAT %
Condutor 1	0,450	0,464	96,983
Condutor 2	0,419	0,488	85,861
Condutor 3	0,494	0,584	84,589
Condutor 4	0,377	0,397	94,962
Condutor 5	0,431	0,452	95,353

A figura 47 apresenta graficamente os valores de aceleração eficaz (a_w) para os vários condutores, veículos SVA e SVM nos pisos de paralelepípedo e asfalto.

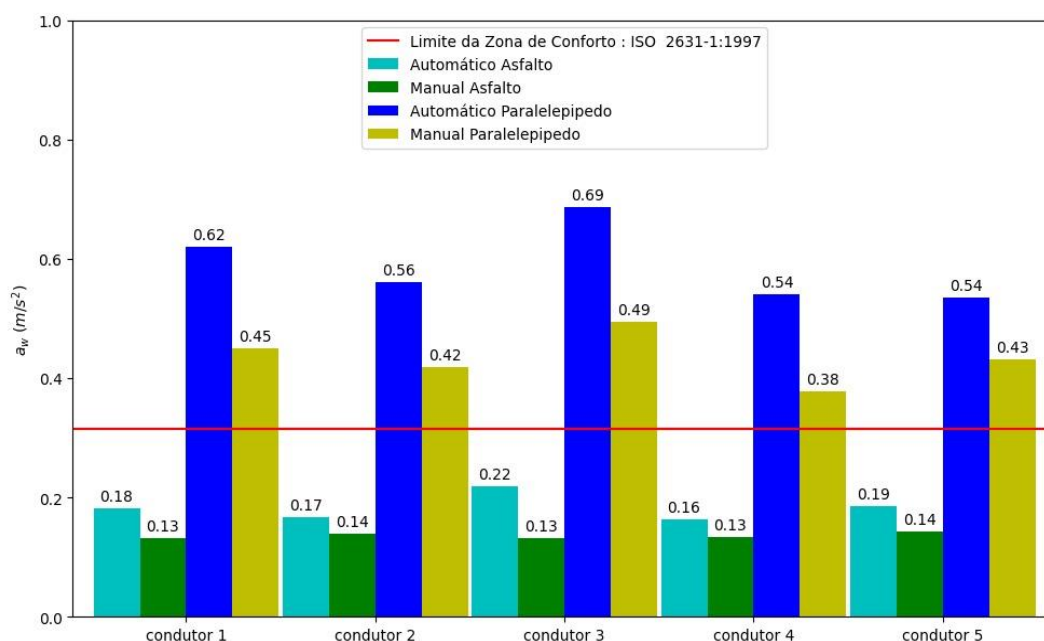


Figura 47 - Aceleração eficaz (a_w) do banco para os condutores, veículos SVA e SVM nos pisos de paralelepípedo e asfalto.

Observa-se no piso asfáltico que os valores de aceleração eficaz (a_w) estão dentro da zona “Confortável” segundo a norma ISO 2631, cujo valor limite é de $0,315 \text{ m/s}^2$ (tabela2). Já para o piso de paralelepípedo as acelerações eficazes mostram que saíram da zona de conforto e se enquadraram dentro de uma zona “Pouco Desconfortável”. Isto se justifica em função do piso asfáltico ser menos irregular.

5.5.2. SEAT% - (*Seat Effective Amplitude Transmissibility*)

A transmissibilidade da vibração desde o piso até a superfície do banco é verificada a partir da amplitude efetiva da transmissibilidade, ou seja, o SEAT%. Logo esse parâmetro possibilita avaliar a eficácia do isolamento de um assento, considerando que as vibrações do veículo devem ser atenuadas antes de atingir o condutor. O SEAT% pode ser calculado de duas maneiras, utilizando os valores de RMS ou VDV como aceleração. Para saber qual a aceleração utilizar, RMS ou VDV foi calculado o fator de crista apresentado na tabela 14, com o objetivo de identificar a existência ou não de picos de aceleração. Se houver picos significativo, conforme a norma, o fator de crista será maior que 9.

Tabela 14 Valores calculados do fator de crista.

	SVA Asfalto	SVA Paral.	SVM Asfalto	SVM Paral.
Condutor 1	1,613	1,918	1,748	1,913
Condutor 2	1,725	1,820	1,647	1,894
Condutor 3	1,379	1,893	1,477	1,933
Condutor 4	1,767	2,098	1,684	1,857
Condutor 5	1,720	2,097	0,818	1,800

A figura 48 apresenta graficamente os valores de SEAT (%) para os vários condutores, veículos automáticos e manuais nos pisos de paralelepípedo e asfalto.

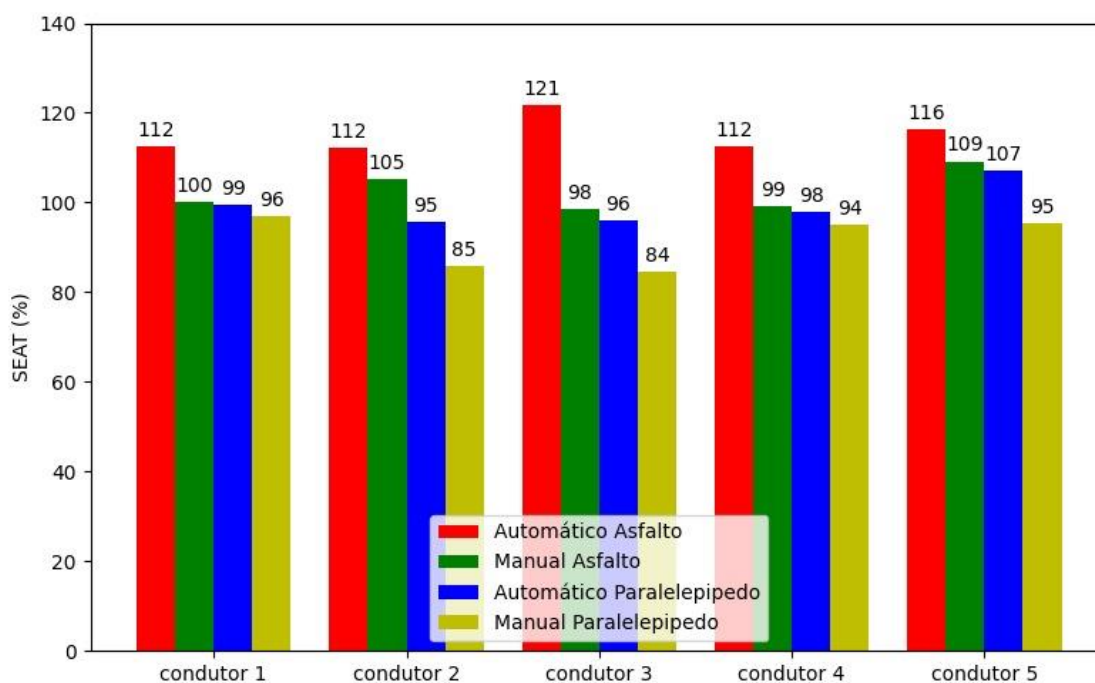


Figura 48 – SEAT (%) para os condutores, veículos SVA e SVM nos pisos de paralelepípedo e asfalto, calculados usando os valores de RMS.

Nas avaliações dos resultados obtidos a partir dos ensaios de vibração dos cinco condutores, nos percursos de pisos com revestimento em asfalto e paralelepípedo e com os sistemas de seleção de velocidade automático e manual, utilizou-se como padrão de referência os critérios estabelecidos pela norma ISO 2631.

Segundo a norma, um SEAT menor que 100%, indica que não existe degradação no conforto produzido pelo assento. Para valores de SEAT% maiores que 100% há uma amplificação das vibrações enquanto para valores menores que 100% há uma atenuação.

Assim pelo gráfico da figura 48, verifica-se que no piso de paralelepípedo para a maioria dos condutores, com exceção do condutor 5, houve uma atenuação das vibrações o que mostra a eficiência do banco em reduzir o desconforto provocado por esse tipo de piso extremamente irregular.

Observa-se ainda que para todos os condutores o SEAT% no piso de asfalto é maior que o de paralelepípedo. Isto pode estar ocorrendo devido ao fato de que o banco, nesta condição, esteja vibrando próximo da frequência de ressonância e desta forma provocando a amplificação do SEAT%.

6. CONCLUSÕES

Para as conclusões abaixo relatadas, deve-se ter em mente que os experimentos deste trabalho tiveram seu início no período pré-pandemia do Covid19 e não foi possível dar prosseguimento ao mesmo, o que possibilitaria obter uma amostra maior de condutores e em percursos mais longos, uma vez que logo a seguir houve determinações de ordem legal que geraram limitações nas relações sociais e na circulação de pessoas. Cientes das limitações impostas pelo contexto em que foi realizado a pesquisa em campo, chegou-se as seguintes conclusões:

- a) Através dos ensaios executados e de seus resultados, observa-se que a metodologia desenvolvida foi robusta e eficaz para efetuar a análise e determinar o comportamento das pernas do condutor ao dirigir um veículo automotor, quer com caixa de velocidade automática, quer manual, durante a condução em trajetos urbanos pré-definidos, em pavimento asfáltico ou em paralelepípedo.
- b) Pelos ensaios de campo foi possível determinar a área efetiva de contato no assento do banco e as alterações devidas aos movimentos das pernas, uma vez que os mesmos mostraram que houve uma diferença significativa no comportamento entre ambas pernas e que a pernas esquerdas da maioria dos condutores sofreram maior pressão que a perna direita.
- c) Pelos resultados obtidos para a pressão média verifica-se que os condutores na condução de veículos em piso asfáltico tiveram uma menor pressão do que em piso de paralelepípedo.
- d) Condutores com maior IMC geraram uma distribuição da carga mais ampla sobre os bancos e com isso a pressão média foi menor do que os condutores com menor valor de IMC.
- e) Observa-se que no piso asfáltico os valores de aceleração eficaz (a_w) estão dentro da zona “Confortável” segundo a norma ISO 2631, embora SEAT% mostra uma eficiência menor na filtragem pois a maioria dos valores está acima de 100%.
- f) No piso de paralelepípedo a relação banco/piso atenuam as vibrações mostrando um SEAT% menor que 100%, porém, com uma aceleração eficaz com valores que mostram que os mesmos saíram da zona de conforto e se enquadraram dentro de uma zona “Pouco Desconfortável”.

7. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

As limitações deste trabalho não permitem considerar as conclusões obtidas suficientemente amplas. Por isso seria desejável que a metodologia aqui aplicada pudesse ser utilizada em condições mais abrangentes, quer de piso, quer de amostra procurando consolidar as conclusões. Sugere-se então:

- a) Aplicar e avaliar a metodologia proposta para percursos maiores procurando atenuar a influência do percurso na atividade de condução. A inclusão da condução em autoestrada, onde a inatividade do condutor é maior, seria desejável.
- b) Aplicar e avaliar a metodologia propostas para condutores femininos e mistos procurando atenuar as limitações introduzidas pelo tamanho e tipologia da amostra.
- c) Aplicar e avaliar a metodologia proposta para pisos diferentes como estrada de terra batida ou em mau estado de conservação.
- d) Aplicar e avaliar a validade da metodologia em outros tipos de veículos como SUVs, caminhonetes, caminhões e ônibus.

8. BIBLIOGRAFIA

- Akerblom, B. (1948). *Standing and Siting Posture*. Nordiska Bokhandeln, Stockholm, Sweaden.
- Alessandro Naddeo, R. C. (19 de April de 2018). The effect of posture, pressure and load distribution on (dis) comfort. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, pp. 1179–1188.
- BALBINOT, A., & TAMAGNA, A. (2002). Avaliação da transmissibilidade da vibração em bancos de motoristas de ônibus urbanos: um enfoque no conforto e na saúde. Em *Revista Brasileira de Engenharia Biomédica* (pp. v. 18, n. 1, p. 31-38).
- Bendix, T. (1994). Low back pain and seating. . Em R. N. Lueder, & Hard Facts about Soft Machines (Ed.), *The Ergonomics of Seating* (pp. 147 - 155). London: Taylor & Francis Ltda.
- Brasil 2001 Ministério do trabalho e Emprego, C. N. (2001). Nota Técnica 060/2001. Brasil.
- C.S., W., & Miyamoto H, N. K. (1998). Research on pelvic angle variation when using a pelvic support. . *Ergonomics* , 41, 317 - 27.
- Caffin, D. B., Anderson, G. B., & Martin, B. J. (2001). Biomecânica ocupacional.
- Carros, F. T. (25 de Março de 2019). Fonte: <https://www.ultimatespecs.com/pt/car-specs/Opel/70933/2019-Opel-Adam-Glam-14-87HP-Easytronic.html>,
- Carros, F. t. (s.d.). *Ficha tecnica Carros*. Fonte: <https://www.ultimatespecs.com/pt/car-specs/Opel/70933/2019-Opel-Adam-Glam-14-87HP-Easytronic.html>, 2
- Chaffin, D. B., Anderson, G. B., & Martin, B. J. (2001). Biomecânica ocupacional.
- Citroen, P. (2019). Fonte: www.citoen.pt.
- Coury, H. J. (1995). *Trabalhando Sentado*. (EDUFSCCar, Ed.) São Carlos, São Paulo: Manual para Posturas Confortaveis .
- Dae Young Kim a, J. H. (2018). Numerical evaluation of time-dependent sagging for low density polyurethane foams to apply the long-term driving comfort on the seat cushion design. *International journal of industrial ergonomics. Volume 64*, pp. Pages 178-187.

- Dangelo, j. G., & Fanttini, C. C. (2003). *Anatomia Humana Sistêmica e segmentar*. (Atheneu, Ed.) São Paulo, São Paulo.
- Dhingra, H. T., & Singh, S. (2003). Discomfort, pressure distribution and safety in operator's seat: a critical review. *Agricultural Engineering International: the CIGR Journal of Scientific Research and Development*, 5, 1 - 15.
- Diebschlag, W., F., H., H., D., E., H., & H., M. (1995). Seat ergonomics. *Die Bibliothek der Technik, Landsberg, Germany*, , 1995.
- Dreyfuss, H. (1993). *The Measure of Man and Woman, Human Factors in Design*. New York: Whitney Library of Design.
- Floyd, W. F., & Roberts, D. (1958). Anatomical and physiological principles in chair and table design. *Ergonomics*, 2, 1 - 16.
- Giesbert Lechner, H. N. (1999). *Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application*. Heidelberg: Springer - Verlag.
- Gillespie, T. D. (1982). *Fundamentals of Dynamics*. Warrendale: SAE.
- Glam, O. A. (s.d.). Acesso em 25 de Março de 2019, disponível em <https://www.ultimatespecs.com/pt/car-specs/Opel/70933/2019-Opel-Adam-Glam-14-87HP-Easytronic.html>
- Gould, A. j. (1993). Fisioterapia na ortopedia e na medicina do esporte. Em E. Manole (Ed.). São Paulo, Brasil.
- Grandjean, E. (1998). O Dimencionamento do local de trabalho. Em E. Bookman (Ed.), *Manual de Ergonomia - Adaptando o Trabalho ao Homen* (pp. 45-72). Porto Alegre, Porto Alegre.
- Griffin, M. J. (1990). *Handbook of human vibration*. New York : Academic Press.
- Guimarães, L. B. (2001). Ergonomia de Processo. 2.
- Helander, M., M.G., & Zang, L. F. (1997). *Studies of comfort and discomfort in sitting*. (Vol. 40). Ergonomics.
- Huet, M. (2003). Avaliação Ergonomica e Cinesiológica dos Constrangimentos Musculo esqueléticos da região Sacro-lombar.

- Husselbee, W. L. (1986). *Fundamentos da transmissão automática* . Londres, Inglaterra: Pearson College Div.
- ISO 2631-1:1997. (s.d.). Mechanical vibration and shock. *Evaluation of human exposure to wholebody vibration. Part I: General*.
- Jiang Yongxiang, D. J. (3 de December de 2019). Sitting posture recognition by body pressure distribution and airbag regulation strategy . *The Journal of Engineering*, pp. Edição 23 Pages 8910 - 8914.
- JOHANSON, A., & NILSSON, L. (2006). Evaluation of seat discomfort using real-time measurements of whole body vibration and seat pressure distribution while driving trucks. Master`s . *Thesis in Ergonomic design and production. Lulea University of Thecnology, Division of Sound and Vibration*.
- Joshua P. Drost, M. D. (May de 2020). Comfortable leg splay of mid-sized males in automotive seats. *Applied Ergonomics*, p. Volume 85.
- Kajaer, B. &. (1989). *Human Vibration*. Denmark: Booklet Ed. Bruel and Kajaer.
- Keegan, J. (1953). Alterations of The Lumbar Curve Related to Posture And Seating. *Journal of Bone And Joint Surgery*, 35A, 589-603.
- Lechner, G. H. (1999). *Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application*. Heidelberg: Springer - Verlag.
- Li, M., Gao, Z., Gao, F., Zhang, T., Mei, X., & Yang, F. (17 de June de 2020). Quantitative Evaluation of Vehicle Seat Driving Comfort During Short and Long Term Driving. *IEEE Access*, pp. 111420 - 111432.
- Lueder, R. K. (1983). Seat comfort: a review of the construct in the office environment. . Em *Human Factors* (Vol. 25, pp. 701 - 711).
- Márques, L. S. (1990). *Ergonomía y Seguridad en los Tractores*. Madrid, Espanha: Laboreo.
- Moraes, A., & Pequini, S. M. (2000). Ergodesign para trabalhos com terminais informatizados. (2AB, Ed.) Rio de Janeiro, Brasil.
- Nabilah Sabri, N. K. (Feb de 2022). Impact of Anthropometric Parameters on Pressure Variables for Determining Comfort and Safety of Automotive Seat: A Systematic Review. *Iranian Journal Public Health* , pp. 240–252.

- Nachemson, A., & Morris, J. M. (1964). In Vivo Measurement of Intradiscal Pressure Discometry, a Method for the Determination of pressure in The Lower Lumbar Disc. *Journal of Bone and Joint Surgery American*, 1077 - 1092.
- Neil Mansfield, A. N. (janeiro de 2020). Integrando e aplicando modelos de conforto. *Ergonomia Aplicada, Volume 82*.
- Netter, F. H. (2011). *Atlas de Anatomia Humana*. Rio de Janeiro, Brasil: Elsevier.
- Opel. (2019). <https://www.opel.pt/pos-venda/manuais.htm>.
- Panero, J., & Zelnik, M. (2002). *Dimencionamento Humano para Interiores*. Barcelona, Espanha: Gustavo Guili.
- Pascaline Lantoine, M. L.-M. (16 de November de 2021). Car seat impact on driver's sitting behavior and perceived discomfort during prolonged real driving on varied road types. *PLOS ONE Journal*.
- Porter, L. G. (1998). *Interface pressure and the prediction of car seat discomfort*. Int. J. Vehicle.
- Portugal, C. (2019). Fonte: www.citroen.pt.
- Queiróga, M. R. (1999). Influência de fatores individuais na incidência de dor músculo-esquelético em motoristas de ônibus da cidade de Londrina/PR. *Universidade Federal de Santa Catarina*. Florianópolis.
- Roebuck, J. A. (1995). *Anthropometric Methods: Designing to Fit the Human Body*. Santa Monica, California, usa: Human Factors & Ergonomics Society.
- SAE. (2001). SAE J1100 Dimensionamento do Veículo. SAE.
- SAE. (2009). *Handbook, Society of Automotive Engineers*. Warrendale, PA.
- Schmidt, S. e. (2013). A Literature review on optimum and preferred joint angles in automotive sitting posture. *Applied Ergonomics*, v.45, n. 2, p. 1-14.
- SEIGLER, M., & AHMADIAN, M. (2002). Evaluation of an alternative seating technology for truck. *Evaluation of an alternative seating technology for truck*, (p. 10).
- Sember III, J. A. (1994). Em R. N. Lueder, & H. F. Machines (Ed.), *The Ergonomics of Seating* (pp. 221 - 229). London: Taylor & Francis.

- Treaster, D. (5 de Oct. de 1987). Measurement of Seat Pressure Distributions. (C. O. Hopkins, Ed.) *Human Factors*, Vol 29, 563 - 575.
- Ultimatespecs. (25 de março de 2019). [www.ultimatespecs.com](https://www.ultimatespecs.com/pt/car-specs/Opel/70933/2019-Opel-Adam-Glam-14-87HP-Easytronic.html). Fonte: <https://www.ultimatespecs.com/pt/car-specs/Opel/70933/2019-Opel-Adam-Glam-14-87HP-Easytronic.html>
- Verderi, E. (2003). A importância da avaliação postural. *Revista Digital*, p. 57.
- Wu C.S, M. H. (1998). Research on pelvic angle variation when using a pelvic support. . *Ergonomics* , 41, 317 - 327.
- Wu Pan-Zagorski, P. W. (16 de April de 2022). Automotive Seat Comfort and Vibration Performance Evaluation in Dynamic Settings. *Applied Sciences Congresso Conforto* 202.
- Yong Peng, D. S. (December de 2022). Research on the comfort degradation mechanism of high-speed railway passengers: a field study using dynamic interface pressure. *Transportation Safety and Environment*, Volume 4, Issue 4.
- Zhang, L. H. (1996). Identifying factors of comfort and discomfort in sitting . *Human Factors*, 38, 377 - 389.

**ESTUDO DO EFEITO DA PRESSÃO E DA
VIBRAÇÃO NA INTERFACE
ASSENTO/CONDUTOR NA CONDUÇÃO
DE VEÍCULO AUTOMÓVEL**

Izac Josué Moreira

SEDE ADMINISTRATIVA

**FACULDADE DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITECTURA
FACULDADE DE BELAS ARTES
FACULDADE DE CIÊNCIAS DA NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO
FACULDADE DE CIÊNCIAS
FACULDADE DE DESPORTO
FACULDADE DE DIREITO
FACULDADE DE FARMÁCIA
FACULDADE DE LETRAS
FACULDADE DE MEDICINA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA
FACULDADE DE PSICOLOGIA E DE CIÊNCIAS DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOMÉDICAS ABEL SALAZAR**

