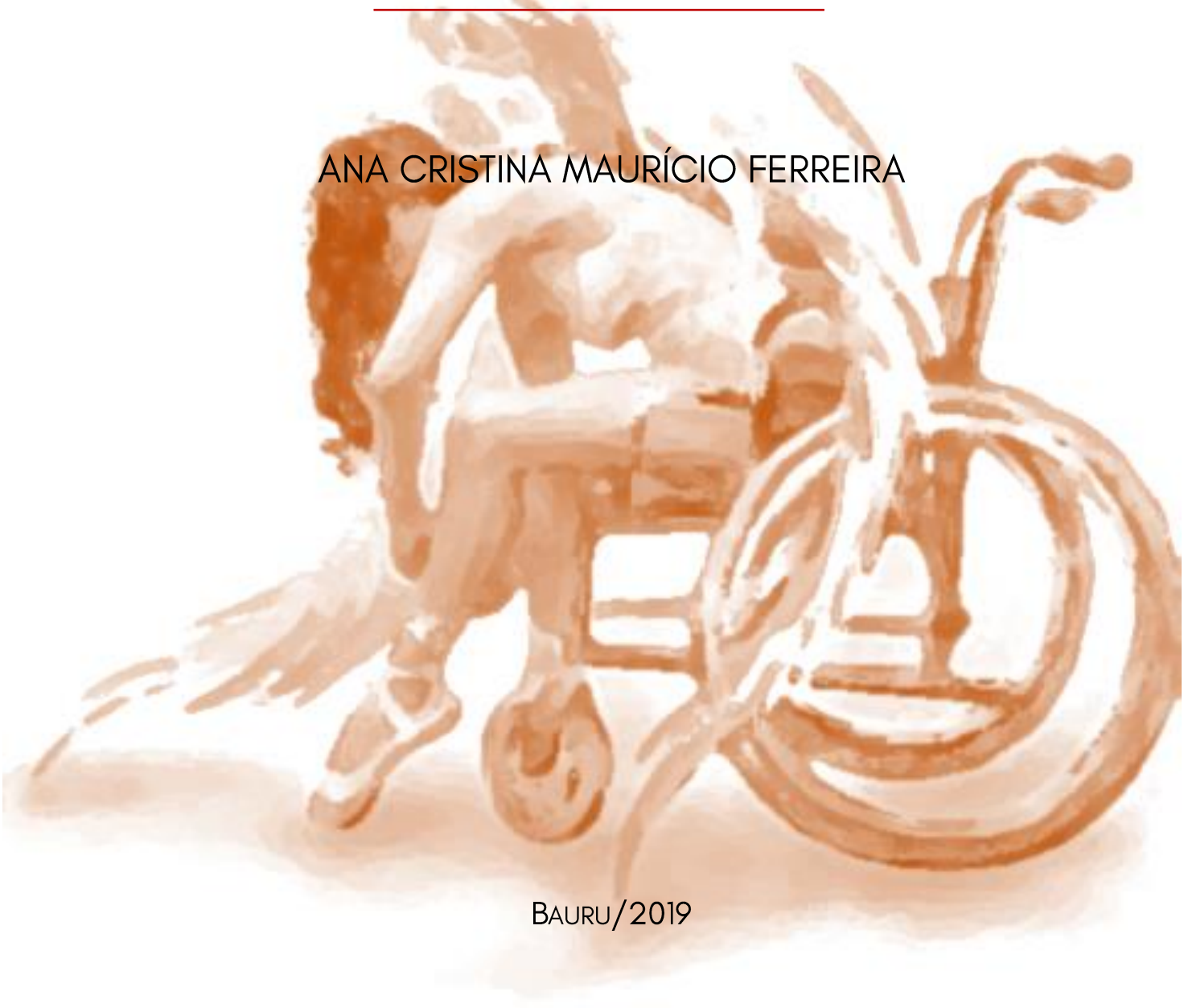
UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO – CÂMPUS DE BAURU
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

# AVALIAÇÃO DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM USUÁRIOS DE CADEIRA DE RODAS:

## influências para o design de almofadas

ANA CRISTINA MAURÍCIO FERREIRA



BAURU/2019

ANA CRISTINA MAURÍCIO FERREIRA

# AVALIAÇÃO DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM USUÁRIOS DE CADEIRA DE RODAS: influências para o design de almofadas

TESE APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO DA UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO", CAMPUS BAURU, COMO REQUISITOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE DOUTORA EM DESIGN – LINHA DE PESQUISA EM ERGONOMIA.

ORIENTADOR: PROF. DR. LUIZ CARLOS PASCHOARELLI
COORIENTADOR: PROF. DR. FAUSTO ORSI MEDOLA

BAURU – 2019

Ferreira, Ana Cristina Maurício.
AVALIAÇÃO DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM USUÁRIOS DE CADEIRA DE RODAS: influência para o design de almofadas / Ana Cristina Maurício Ferreira, 2019
154 f.

Orientador: Luis Carlos Paschoarelli

Tese (Doutorado)–Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2019

1. Tecnologia Assistiva. 2. Cadeira de Rodas. 3. Almofada de Cadeira de Rodas. 4. Vibração. 5. Vibração de Corpo Inteiro. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação. II. AVALIAÇÃO DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM USUÁRIOS DE CADEIRA DE RODAS: influência para o design de almofadas.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

**Câmpus de Bauru**

**ATA DA DEFESA PÚBLICA DA TESE DE DOUTORADO DE ANA CRISTINA MAURÍCIO FERREIRA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN, DA FACULDADE DE ARQUITETURA, ARTES E COMUNICAÇÃO - CÂMPUS DE BAURU.**

Aos 06 dias do mês de junho do ano de 2019, às 09:00 horas, no(a) Sala "C" da Secretaria de Pós-Graduação da FAAC, reuniu-se a Comissão Examinadora da Defesa Pública, composta pelos seguintes membros: Prof. Titular LUIS CARLOS PASCHOARELLI - Orientador(a) do(a) Departamento de Design / Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação - UNESP/ Campus de Bauru, Prof. Dr. JOAO EDUARDO GUARNETTI DOS SANTOS do(a) Departamento de Engenharia Mecânica / Faculdade de Engenharia de Bauru - UNESP, Prof. Dr. JOÃO CARLOS RICCÓ PLACIDO DA SILVA do(a) Centro de Ciências Exatas e Sociais Aplicada / Universidade do Sagrado Coração - USC, Prof. Dr. JOSÉ ANTONIO POLETTO FILHO do(a) - / Faculdade de Tecnologia de Garça., Profª. Drª. JAMILLE NORETZA DE LIMA LANUTTI do(a) de Design / Faculdades Integradas de Bauru, sob a presidência do primeiro, a fim de proceder a arguição pública da TESE DE DOUTORADO de ANA CRISTINA MAURÍCIO FERREIRA, intitulada **AVALIAÇÃO DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM USUÁRIOS DE CADEIRA DE RODAS: INFLUÊNCIA PARA O DESIGN DE ALMOFADAS**. Após a exposição, a discente foi arguida oralmente pelos membros da Comissão Examinadora, tendo recebido o conceito final: _APROVADO_. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelos membros da Comissão Examinadora.

Prof. Titular LUIS CARLOS PASCHOARELLI

Prof. Dr. JOAO EDUARDO GUARNETTI DOS SANTOS

Prof. Dr. JOÃO CARLOS RICCÓ PLACIDO DA SILVA

Prof. Dr. JOSÉ ANTONIO POLETTO FILHO

Profª. Drª. JAMILLE NORETZA DE LIMA LANUTTI

*“A deficiência não pode ser um obstáculo para o sucesso”.*

*Stephen W. Hawking*

*Dedico este trabalho às pessoas que estiveram sempre ao meu lado e que enchem minha vida de alegria e luz, Eli e minhas filhas Beatriz e Juliana.*

# AGRADECIMENTOS

Foram muitas as pessoas que participaram, de diferentes formas, da realização deste trabalho, me auxiliando, estando ao meu lado ou simplesmente me apoiando e sou grata a todas.

Devo esta pesquisa as minhas lindas e amadas filhas Beatriz e Juliana, que por muitas vezes sentiram minha ausência, sendo maduras para compreender o valor do conhecimento. Eli, companheiro de longa data, além de toda a ajuda, supriu junto às meninas, a minha falta, se fazendo presente por mim.

Agradeço ao meu pai (Antonio) que sempre esteve ao meu lado me ajudando a concretizar minhas ideias, meus conceitos de produto; não está mais aqui, mas em meu coração permanece. A minha mãe (Inês), pessoa de valores muito rígidos, sérios e eficazes em minha vida, agradeço de coração.

Aos professores doutores Luis Carlos Paschoarelli, Fausto Orsi Medola e João Eduardo Guarnetti agradeço por toda ajuda e disponibilidade em transmitir conhecimento, orientar na escolha do melhor caminho e, principalmente, instigar seus alunos a evoluir intelectualmente, deixando ao nosso país contribuições significativas na área científica.

Aos voluntários que participaram da coleta de dados, meus queridos alunos da Fatec Bauru, meu muito obrigada, vocês contribuíram não somente com esta pesquisa, mas para com toda a sociedade que poderá ser beneficiada.

Aos amigos Lucas da Silva Doimo e Victor Manieri Schutzer, por todo auxílio. À coordenadora do curso de Tecnologia em Sistemas Biomédicos, Profa. Dra. Wangner Barbosa da Costa, pelo auxílio à coleta de dados e pela amizade.

À Freedom Veículos Elétricos, pelo apoio com o fornecimento de exemplar de almofada.

Agradeço a todos que estiveram e se fizeram presentes em minha vida.

Enfim, agradeço a Deus por me manter forte em meio às adversidades diárias.

# RESUMO

**AVALIAÇÃO DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM USUÁRIOS DE CADEIRA DE RODAS: influence on the design of cushions.** Dos dispositivos de auxílio à mobilidade, a cadeira de rodas é o mais utilizado, proporcionando ao usuário, além do deslocamento, melhora na qualidade de vida, na saúde, no bem-estar social e econômico. É um equipamento comumente utilizado por tempo prolongado, estando sujeito à ocorrência de vibração e consequente transmissão da Vibração de Corpo Inteiro (VCI) ao usuário por meio das superfícies de contato, como os apoios para braços, pés, cabeça, encosto e assento. A VCI pode causar danos à saúde do usuário de cadeira de rodas se os seus níveis ultrapassarem os limites seguros. Desta forma, o objetivo principal deste trabalho foi verificar a influência das almofadas nos níveis de vibração transmitidos aos usuários de cadeira de rodas, tendo como principal foco de estudo a análise de diferentes tipos de almofadas e a vibração transmitida ao longo do eixo z, o mais afetado em posições sentadas. Também foram avaliadas as almofadas implementadas com uma superfície plana de madeira compensada. Trata-se de uma pesquisa quantitativa, aplicada, exploratória, experimental e transversal realizada com vinte e sete voluntários do gênero masculino, não usuários de cadeira de rodas. Os resultados mostram que a cadeira de rodas sem almofada transmite o menor nível de vibração [WAz=0,39m/s$^2$]. As almofadas comerciais obtiveram valores de VCI entre WAz=0,45m/s$^2$ e WAz=0,52m/s$^2$. Os assentos implementados com uma superfície de madeira compensada apresentaram níveis de VCI de WAz=0,41m/s$^2$ a WAz=0,44m/s$^2$. Concluiu-se que as almofadas comerciais ampliam a vibração se comparadas a cadeira de rodas sem almofadas, sendo que os níveis de VCI aferidos na pesquisa são relevantes, muitas vezes ultrapassando o nível de ação, podendo interferir nas atividades rotineiras, assim como causar desconforto e danos à saúde ao longo do tempo. Também foi possível concluir que, ao se inserir uma superfície de madeira sob as almofadas, esta capta a vibração e a transmite ao usuário em níveis mais baixos, sugerindo que apesar da dificuldade em evitar a vibração, ela pode ser atenuada por meio de uma superfície sob a almofada que absorva, parcialmente, as ondas oscilatórias.

**Palavras-chave:** Tecnologia Assistiva. Cadeira de Rodas. Almofada de Cadeira de Rodas. Vibração. Vibração de Corpo Inteiro.

# ABSTRACT

**EVALUATION OF WHOLE BODY VIBRATION IN WHEELCHAIR USERS.** Of the wheelchair mobility aids is the most used, providing the user, besides the displacement, improvement in the quality of life, health, social and economic well-being. It is a commonly used equipment for a long time, being subject to the occurrence of vibration and consequent transmission of Whole Body Vibration (WBV) to the user through contact surfaces, such as armrests, feet, headrest, backrest and seat. WBV can cause damage to the health of a wheelchair user if their levels exceed safe limits. In this way, the main objective of this work was to verify the influence of the cushions on the vibration levels transmitted to the wheelchair users, having as main focus the analysis of different types of cushions and the vibration transmitted along the z axis, the most affected in seated positions. Also evaluated were the pillows implemented with a flat plywood surface. It is a quantitative, applied, exploratory, experimental and cross-sectional study carried out with twenty-seven male volunteers, not wheelchair users. The results show that the wheelchair without cushion transmits the lowest level of vibration [WAz=0.39m/s$^2$]. The commercial cushions obtained WBV values between WAz=0.45m/s$^2$ and WAz=0.52m/s$^2$. The seats implemented with a plywood surface showed WBV levels of WAz=0.41m/s$^2$ at WAz=0.44m/s$^2$. It was concluded that the commercial cushions amplify the vibration when compared to the wheelchair without cushions, and the WBV levels measured in the research are relevant, often exceeding the level of action, being able to interfere in routine activities, as well as cause discomfort and damages to health over time. It was also possible to conclude that by inserting a wooden surface under the cushions, it picks up the vibration and transmits it to the user at lower levels, suggesting that despite the difficulty in avoiding vibration, it can be attenuated by means of a surface under the cushion that partially absorbs oscillatory waves.

**Keywords:** Assistive Technology. Wheelchair. Wheelchair Cushion. Vibration. Whole Body Vibration.

# SIGLAS

| | |
|---|---|
| ABERGO | Associação Brasileira de Ergonomia |
| ABNT | Associação Brasileira de Normas Técnicas |
| ABRIDEF | Associação Brasileira da Indústria, Comércio e Serviços de Tecnologia Assistiva |
| ASHA | American Speech Language Hearing Association |
| CAA | Comunicação Aumentativa e Alternativa |
| DP | Desvio Padrão |
| HVM | Human Vibration Monitor |
| IBGE | Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística |
| IMC | Índice de Massa Corporal |
| ISO | International Organization for Standardization |
| NBR | Norma Brasileira |
| NHO | Norma de Higiene Ocupacional |
| OMS | Organização Mundial da Saúde |
| RMS | Root Mean Square |
| TCLE | Termo de Consentimento Livre e Esclarecido |
| UNESCO | Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura |
| VCI | Vibração de Corpo Inteiro |
| WA | Aceleração Ponderada (Weighted Acceleration) |

# FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da tese ..... 36
Figura 2 - Cadeiras de rodas ..... 43
Figura 3 – Componentes da cadeira de rodas ..... 44
Figura 4 – Frequências naturais do corpo ..... 47
Figura 5 – Representação esquemática dos ciclos do movimento oscilatório 49
Figura 6 – Representação esquemática das posições de um movimento oscilatório ..... 50
Figura 7 – Valores relacionados à amplitude de vibração ..... 51
Figura 8 – Eixos ortogonais de direção da vibração no corpo humano ..... 54
Figura 9 – Faixas de exposição à vibração ..... 56
Figura 10 – Etapas metodológicas ..... 63
Figura 11 – Cadeira utilizada no Teste 01 ..... 65
Figura 12 – Cadeira de rodas utilizada na coleta de dados ..... 66
Figura 13 – Configurações da PL001 ..... 67
Figura 14 – Superfícies de rolamento do piloto ..... 68
Figura 15 – Componentes do pavimento intertravado ..... 69
Figura 16 – Dimensionamento da peça hexagonal ..... 70
Figura 17 – Pavimento do estacionamento da FATEC Bauru ..... 71
Figura 18 – Assentos escolhidos para a coleta de dados ..... 73
Figura 19 – Almofadas de células de ar ..... 74
Figura 20 – Almofada de poliuretano ..... 75
Figura 21 – Almofada de gel ..... 75
Figura 22 – Almofada inflável de espuma viscoelástica ..... 76
Figura 23 – Almofada mista ..... 77
Figura 24 – Madeira compensada ..... 78
Figura 25 – Laminação cruzada ..... 78
Figura 26 – Medidor integrador de vibração HVM-100 ..... 79
Figura 27 – Sensores do seat pad ..... 80
Figura 28 – Posicionamento do seat pad no assento ..... 82
Figura 29 – Distribuição etária dos participantes ..... 86
Figura 30 – Relação Peso e Altura e identificação de IMC ..... 87
Figura 31 – Fluxograma das ações iniciais da coleta de dados ..... 88
Figura 32 – Exemplo de sequência dos assentos (sujeito P01) ..... 89

Figura 33 – Posicionamento do seat pad.....91
Figura 34 – Percurso.....92
Figura 35 – Média (com desvios padrão) das velocidades dos sujeitos. .....94
Figura 36 – Média (com desvios padrão) das velocidades dos sujeitos. .....94
Figura 37 – Níveis de vibração em cadeira de rodas em piso cerâmico sem almofadas. .....95
Figura 38 – Níveis de vibração em cadeira de rodas em piso cerâmico com almofada de poliuretano. .....96
Figura 39 – Níveis de vibração em cadeira de rodas em piso cerâmico com almofada mista .....97
Figura 40 – Níveis de vibração em cadeira de rodas em piso cerâmico com almofada de células de ar.....98
Figura 41 – Níveis de vibração em cadeira de rodas em piso asfáltico sem almofada.....99
Figura 42 – Níveis de vibração em cadeira de rodas em piso asfáltico e almofada de poliuretano .....100
Figura 43 – Níveis de vibração em cadeira de rodas em piso asfáltico e almofada mista .....100
Figura 44 – Níveis de vibração em cadeira de rodas em piso asfáltico e almofada de células de ar.....101
Figura 45 – Comparação das acelerações médias por eixo nos pisos cerâmico e asfáltico .....102
Figura 46 – Box-plot dos grupos amostrais teste – PISO ASFÁLTICO .....104
Figura 47 – Box-plot dos grupos amostrais teste – PISO CERÂMICO.....105
Figura 48 – Grupos amostrais .....108
Figura 49 – Dispersão (VCI e Idade) (r= -0,23).....111
Figura 50 – Dispersão (VCI e Altura) (r= -0,10).....111
Figura 51 – Dispersão (VCI e Massa).....112
Figura 52 – Dispersão (VCI e IMC).....112
Figura 53 – Dispersão (VCI e Velocidade).....112
Figura 54 – Gráfico de linhas das medianas da velocidade e medianas dos níveis de vibração por sujeito .....113
Figura 55 – Estrutura da análise dos dados.....114
Figura 56 – Níveis de VCI do grupo de amostras A (sem almofada) .....115
Figura 57 – Níveis de VCI do grupo de amostras B (almofada de células de ar) .....116

Figura 58 – Níveis de VCI do grupo de amostras C (almofada de poliuretano) ..... 116
Figura 59 – Níveis de VCI do grupo de amostras D (gel) ..... 117
Figura 60 – Níveis de VCI do grupo de amostras E (viscoeslática inflável) ..... 117
Figura 61 – Níveis de VCI do grupo de amostras F (almofada mista)..... 118
Figura 62 – Níveis de VCI do grupo de amostras G (superfície de madeira) .. 118
Figura 63 – Níveis de VCI do grupo de amostras H (almofada de células de ar e madeira)..... 119
Figura 64 – Níveis de VCI do grupo de amostras I (almofada de poliuretano e madeira)..... 119
Figura 65 – Níveis de VCI do grupo de amostras J (almofada de gel e madeira) .....120
Figura 66 – Níveis de VCI do grupo de amostras K (almofada viscoeslática inflável e madeira) .....120
Figura 67 – VCI grupos A, B, C, D, E e F.....121
Figura 68 – VCI grupos G, H, I, J e K..... 122
Figura 69 – Comparação entre os grupos A e G .....123
Figura 70 – Comparação entre grupo B e grupo H..... 124
Figura 71 – Comparação entre grupo C e grupo I .....125
Figura 72 – Comparação entre grupo D e grupo J.....125
Figura 73 – Comparação entre grupo E e grupo K .....126
Figura 74 – Comparação entre as almofadas sem e com madeira .....127

# QUADROS

Quadro 1 – Hipóteses secundárias da pesquisa ..... 34
Quadro 2 – Características da Cadeira Ortobras AVD ..... 66
Quadro 3 – Características técnicas da Prolife PL001 .....67
Quadro 4 – Características da almofada de células de ar interligadas ..... 74
Quadro 5 – Características da almofada de espuma de poliuretano ..... 75
Quadro 6 – Características da almofada de gel .....76
Quadro 7 – Características da almofada de espuma viscoelástica inflável ...76
Quadro 8 – Características da almofada mista ..... 77
Quadro 9 – Características da madeira compensada ..... 78
Quadro 10 – Ficha de identificação do sujeito participante ..... 83
Quadro 11 – Eixos do seat pad .....91

# TABELAS

Tabela 1 – Inclinações da superfície de rolamento ..... 72
Tabela 2 – Classificação internacional de obesidade segundo o IMC .....85
Tabela 3 – Características dos participantes da pesquisa ..... 85
Tabela 4 – Ficha de informações da coleta de dados (Exemplo Sujeito P01) 90
Tabela 5 – Medidas de estatística descritiva da VCI dos grupos amostrais testes ..... 103
Tabela 6 – Resultados dos testes de normalidade Shapiro-Wilk ..... 109
Tabela 7 – Resumo descritivo das amostras de VCI ..... 110
Tabela 8 – Coeficiente de Correlação de Pearson ..... 111

# EQUAÇÕES

Equação 1 – Cálculo da aceleração ponderada RMS .....57
Equação 2 – Total das acelerações ponderadas RMS .....57
Equação 3 – Inclinação transversal da superfície de rolamento .....71
Equação 4 – Inclinação longitudinal da superfície de rolamento .....71
Equação 5 – Índice de Massa Corporal .....84
Equação 6 – Velocidade média das quatro repetições .....93

# SUMÁRIO


1 INTRODUÇÃO ..... 31
1.1 JUSTIFICATIVA ..... 32
1.2 QUESTÃO DA PESQUISA ..... 34
1.3 HIPÓTESES ..... 34
1.4 OBJETIVO PRINCIPAL ..... 35
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 35
1.6 ESTRUTURA DA TESE ..... 35

2 REVISÃO DE LITERATURA ..... 37
2.1 DEFICIÊNCIA ..... 37
2.2 TECNOLOGIA ASSISTIVA ..... 39
2.3 DISPOSITIVOS DE AUXÍLIO À MOBILIDADE ..... 42
2.4 VIBRAÇÃO ..... 45
2.5 VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO ..... 52
2.6 ESTUDOS SOBRE VCI ..... 58

3 MATERIAL E MÉTODOS ..... 63
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO ..... 64
3.2 MATERIAL ..... 65
3.3 ASPECTOS ÉTICOS ..... 80
3.4 TESTE 01 (PILOTO) ..... 81
3.4.1 SUJEITO – TESTE 01 ..... 81
3.4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS – TESTE 01 ..... 81
3.5 TESTE 02 ..... 83
3.5.1 SUJEITOS – TESTE 02 ..... 83
3.5.1.1 Características antropométricas dos sujeitos ..... 84
3.5.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS – TESTE 02 ..... 88
3.5.2.1 Abordagem ao sujeito ..... 88
3.5.2.2 Sequência dos tipos de assento ..... 89

3.5.2.3 Posicionamento do seat pad na cadeira de rodas ..... 91
3.5.2.4 Percurso e coleta de dados..... 92
3.5.2.5 Velocidade de deslocamento ..... 93
3.5.3 VARIÁVEIS..... 94

4 RESULTADOS ..... 95
4.1 RESULTADOS DO TESTE 01 (PILOTO)..... 95
4.1.1 PISO CERÂMICO E CADEIRA SEM ALMOFADAS..... 95
4.1.2 PISO CERÂMICO COM ALMOFADA DE POLIURETANO..... 96
4.1.3 PISO CERÂMICO COM ALMOFADA MISTA ..... 97
4.1.4 PISO CERÂMICO COM ALMOFADA DE CÉLULAS DE AR INTERLIGADAS..... 98
4.1.5 PISO ASFÁLTICO E CADEIRA DE RODAS SEM ALMOFADA..... 98
4.1.6 PISO ASFÁLTICO E ALMOFADA DE POLIURETANO..... 99
4.1.7 PISO ASFÁLTICO E ALMOFADA MISTA ..... 100
4.1.8 PISO ASFÁLTICO E ALMOFADA DE CÉLULAS DE AR..... 101
4.1.9 ANÁLISE DAS MÉDIAS DAS ACELERAÇÕES PONDERADAS..... 102
4.1.10 ANÁLISE COMPARATIVA DO EIXO Z ..... 103
4.2 RESULTADOS DO TESTE 02..... 108
4.2.1 RESULTADOS DAS CORRELAÇÕES ENTRE VCI E DEMAIS VARIÁVEIS DA PESQUISA..... 111
4.2.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES DA VCI POR GRUPO AMOSTRAL .... 113
4.2.2.1 Níveis de vibração por tipo de assento ..... 115
4.2.2.2 BOX-PLOT – GRUPO DE CONTROLE A (SEM ALMOFADA) E ALMOFADAS COMERCIAIS (B, C, D, E e F)..... 121
4.2.2.3 BOX-PLOT – GRUPO DE CONTROLE G (SUPERFÍCIE DE MADEIRA) E ALMOFADAS COMERCIAIS SOBREPOSTAS À SUPERFÍCIE DE MADEIRA (H, I, J e K) 122
4.2.2.4 COMPARAÇÃO ENTRE O GRUPO DE CONTROLE A E O GRUPO DE CONTROLE G..... 123
4.2.2.5 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ALMOFADAS (B, C, D e E) E ALMOFADAS ASSOCIADAS À MADEIRA (H, I, J e K)..... 124
4.2.2.6 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS GRUPOS AMOSTRAIS B, C, D, E, F, H, I, J e K. ..... 127

5 DISCUSSÃO ..... 128
5.1 DISCUSSÃO SOBRE O TESTE PILOTO ..... 128
5.2 DISCUSSÃO SOBRE AS VARIÁVEIS CORRELACIONADAS À VCI . 129
5.3 DISCUSSÃO SOBRE OS NÍVEIS DE VCI NOS DIFERENTES TIPOS DE ALMOFADAS ..... 130
5.4 DISCUSSÃO SOBRE OS NÍVEIS DE VCI EM ALMOFADAS ASSOCIADAS À SUPERFÍCIE DE MADEIRA ..... 132

6 CONCLUSÃO ..... 135

REFERÊNCIAS ..... 137

APÊNDICE 1 ..... 145

APÊNDICE 2 ..... 147

ANEXO 1 ..... 149

ANEXO 2 ..... 151

ANEXO 3 ..... 153

# 1 NTRODUÇÃO

Cerca de um quarto da população brasileira apresenta algum tipo de deficiência, seja visual, auditiva, intelectual ou motora, em decorrência de diversos fatores, como os fatores congênitos, os fatores externos e os fatores decorrentes do processo de envelhecimento onde, naturalmente, há perdas funcionais (IBGE, 2010).

Desta porção da população com algum tipo de deficiência, 7% apresenta deficiência motora, temporária ou permanente. São indivíduos que, para resgatar as funções do corpo, fazem uso de dispositivos de tecnologia assistiva, que são objetos, técnicas e métodos que auxiliam no resgate às funções corporais (IBGE, 2010).

Os indivíduos com deficiência devem ter preservados seus direitos humanos e suas liberdades fundamentais, como o acesso seguro e de forma autônoma às edificações em geral, aos meios de transporte, aos meios de comunicação e ao uso pleno dos equipamentos urbanos. Também devem ter a possibilidade de exercer seus direitos básicos como educação, saúde, trabalho, lazer, entre outros.

As tecnologias assistivas, mais do que propiciar o resgate às funções corporais, lhes devolve a possibilidade de realização de tarefas rotineiras, promovendo a autonomia, a dignidade e a inserção às atividades socioculturais e econômicas, permitindo que usufruam de todos os seus direitos como cidadão.

Para os indivíduos com restrição ou redução da mobilidade, os dispositivos de auxílio à mobilidade agem como alternativa ou complemento à locomoção. Como alternativa à mobilidade, a cadeira de rodas garante o deslocamento (intrínseco do ser humano), a autonomia necessária à realização de suas atividades sociais, laborais, educacionais ou de lazer, garantindo, acima de tudo, qualidade de vida.

A cadeira de rodas é como uma extensão do corpo humano, sendo que usuários chegam a utilizá-la cerca de treze horas diárias, tanto para o

deslocamento, quanto para as atividades estáticas. Seu conforto e adequação ao usuário são essenciais para a sua eficiência. Importante ressaltar que a cadeira de rodas deve executar a função primordial que é o deslocamento, a função decorrente do seu uso, que é o acesso aos direitos humanos, não ocasionando qualquer tipo de dano à saúde do usuário e nem causando dores ou desconfortos. Para seu uso, recomenda-se prescrição e orientação realizadas por profissionais habilitados da área da saúde, assim como a aplicação de um design ergonômico na atividade projetual.

Um dos riscos ergonômicos a que usuários de cadeira de rodas podem estar sujeitos é a exposição à vibração, que pode interferir no conforto e, principalmente, na saúde dos indivíduos, caso extrapole os valores de exposição recomendados por normas. No caso da Vibração de Corpo Inteiro, que atinge o corpo todo do indivíduo através de superfícies que o suportam em posição ortostática, sentada ou em pé, esses danos podem ser perda do equilíbrio, lentidão de reflexos, falta de concentração, aumento da frequência de batimento do coração, distúrbios visuais, náuseas, vômitos e mal-estar generalizado. Em longo prazo, podem surgir gastrites, úlceras gastrointestinais, comprometimento permanente em órgãos, degeneração gradativa do tecido muscular e nervoso, problemas na coluna vertebral, entre outros. Especificamente, em usuário de cadeiras de rodas, a VCI atinge a coluna vertebral através do eixo vertical z, causando desconforto, dores, desgaste físico e emocional, degeneração dos tecidos e músculos da região, assim como lesões secundárias.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A exposição à VCI em usuários de cadeira de rodas que a utilizam por períodos prolongados pode estar associada às irregularidades presentes nas superfícies de rolamento, como pequenas depressões, configurações do piso ou transposição de obstáculos como guias de sarjeta e desníveis em calçadas, podendo resultar em lesões secundárias na coluna vertebral, dores nas costas e no pescoço, dor e fadiga muscular (WOLF et al., 2005).

Silva et al. (2018) destacam que a VCI é um problema reconhecido pelos usuários de cadeiras de rodas e que, apesar de existirem esforços no sentido

de mensurar a quantidade de vibração transmitida para os cadeirantes durante seu deslocamento, os estudos são ainda insuficientes na compreensão das relações entre a VCI e os fatores que possam contribuir para a transmissão da mesma.

A VCI ocorrida durante a autopropulsão da cadeira afeta o usuário na diminuição do conforto e do seu desempenho, assim como aumento da fadiga muscular, além dos demais problemas relacionados aos sistemas funcionais do corpo. Por tais motivos, o usuário também é afetado psicológica e socialmente pelo cansaço ocasionado, o que vem a prejudicar suas atividades rotineiras, levando-o ao afastamento e isolamento social (DIGIOVINE et al., 2003).

Garcia-Mendez et al. (2013), Kwarciak et al. (2008) e Cooper et al. (2003) analisaram modelos distintos de quadros, comparando quadros com e sem suspensão, não apontando, porém, vantagens relacionadas à absorção de vibração para nenhum dos modelos estudados. Requejo et al. (2009), por sua vez, em estudo comparativo entre cadeiras de rodas com quadro rígido e com quadro com suspensão, concluíram que os quadros com sistemas de suspensão apresentaram choques mais brandos, atenuando a magnitude e reduzindo as acelerações.

Vorrink et al. (2010) e Hughes et al. (2005) estudaram diferentes tipos de pneus na absorção da vibração, porém nenhum dos modelos estudados mostram-se eficientes.

Estudos como o de Faria (2015), Wolf et al. (2005), Wolf et al. (2007) e Silva et al. (2018) apontam como importante fator que contribui para a transmissão da vibração aos usuários as superfícies de rolamento que, sendo mais homogêneas, tendem a transmitir níveis mais baixos de vibração.

Alguns estudos, como os de Digiovine et al. (2003), Vansickle et al. (2001) e Wolf et al. (2004) avaliam a ação das almofadas na transmissão da VCI sugerindo que estas não se mostram apropriadas para fins de absorção energética de vibração. Sendo as almofadas componentes pouco estudados no que diz respeito a sua influência na transmissão da vibração e, como a transmissão da vibração ocorre através da superfície de contato com o corpo e, no caso de posições sentadas, através do assento, são essenciais mais

estudos que buscam a compreensão da influência das almofadas na transmissão da VCI.

## 1.2 QUESTÃO DA PESQUISA

Partindo de observações de estudos sobre Vibração de Corpo Inteiro em sujeitos que fazem uso de equipamentos em posição sentada, como é o caso de cadeira de rodas e da constatação de que este usuário está sujeito à exposição da VCI no ato de seu deslocamento, foi elaborada a questão principal desta pesquisa:

*"O uso da almofada influencia na transmissão de vibração?"*

Em decorrência desta, surgiu uma segunda questão:

*"De que forma o design da almofada influencia nesta transmissão?"*

## 1.3 HIPÓTESES

Considerando a VCI cujos usuários de cadeiras de rodas são expostos e as questões que norteiam o desenvolvimento desta pesquisa, foi formulada a hipótese básica: *"As almofadas atenuam a vibração de corpo inteiro em usuários de cadeiras de rodas".*

Também foram elaboradas hipóteses secundárias, conforme Quadro 1.

Quadro 1 - Hipóteses secundárias da pesquisa

| HIPÓTESE | DESCRIÇÃO |
|---|---|
| **1** | O tipo de piso exerce influência sobre os níveis de vibração |
| **2** | A variável Idade do usuário da cadeira de rodas exerce influência sobre os níveis de vibração |
| **3** | A variável Massa (peso) do sujeito que faz uso da cadeira de rodas exerce influência sobre os níveis de vibração |
| **4** | A variável Altura do sujeito exerce influência sobre os níveis de vibração |
| **5** | A variável Índice de Massa Corporal (IMC) do sujeito exerce influência sobre os níveis de vibração |
| **6** | A variável Velocidade de Deslocamento exerce influência sobre os níveis de vibração |
| **7** | Diferentes almofadas transmitem níveis diferentes de vibração |
| **8** | Almofadas reduzem os níveis de vibração se comparados à cadeira de rodas sem almofadas |
| **9** | O design da almofada (com uso de uma superfície de madeira sob a almofada) influencia na transmissão da VCI |

Fonte: A autora

## 1.4 OBJETIVO PRINCIPAL

Esta pesquisa teve como objetivo principal verificar a influência das almofadas nos níveis de vibração transmitidos aos usuários de cadeira de rodas.

## 1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos foram determinados:

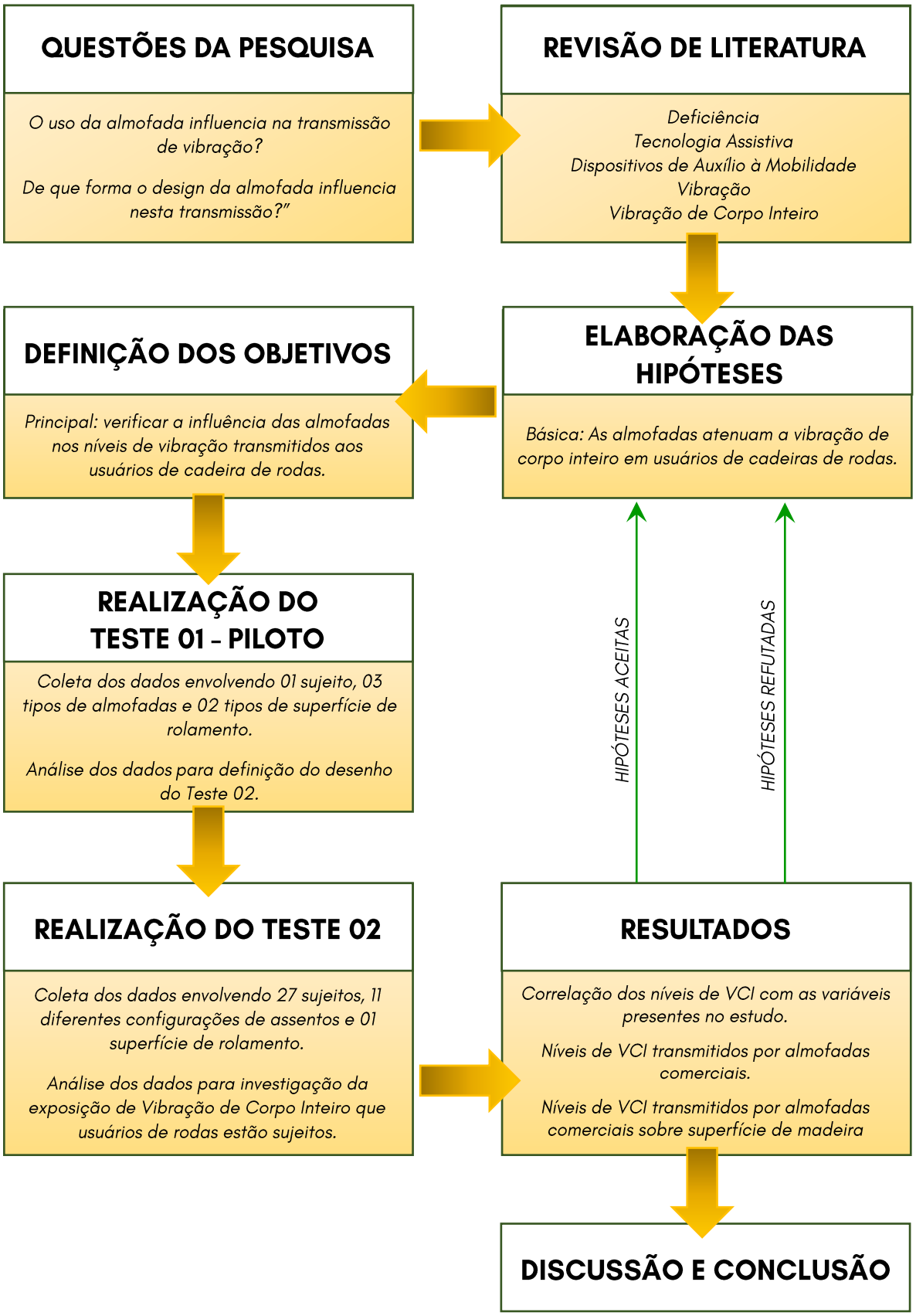
a) Realizar teste piloto;
b) Determinar o desenho da pesquisa por meio da realização de teste piloto;
c) Após a determinação do desenho da pesquisa, coletar dados para verificação dos níveis de VCI;
d) Verificar a correlação entre a variável VCI e a variável Idade;
e) Verificar a correlação entre a variável VCI e a variável Massa;
f) Verificar a correlação entre a variável VCI e a variável IMC;
g) Verificar a correlação entre a variável VCI e a variável Altura;
h) Verificar a correlação entre a variável VCI e a variável Velocidade;
i) Analisar diferentes tipos de almofadas e a influência destas na transmissão da VCI;
j) Analisar a influência da madeira (adicionada sob as almofadas) na transmissão da VCI ao usuário da cadeira de rodas.

## 1.6 ESTRUTURA DA TESE

Partindo das questões da pesquisa, estruturou-se este trabalho com o levantamento teórico, com estudo dos temas pertinentes a este estudo. Após esta etapa, foi possível a formulação das hipóteses, assim como definição dos objetivos.

Após as etapas iniciais descritas, partiu-se para a realização dos experimentos, com a coleta, tratamento e análise dos dados, possibilitando, desta forma, testas as hipóteses da pesquisa, assim como responder às questões que conduziram este estudo (Figura 1).

Figura 1 - Estrutura da tese




Fonte: Os autores

# 2 REVISÃO DE LITERATURA

## 2.1 DEFICIÊNCIA

A Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência - Estatuto da Pessoa com Deficiência (Lei 13.146, de 06 de junho de 2015), em seu artigo 2º considera pessoa com deficiência:

> (...) aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas.

Em síntese, deficiência pode ser conceituada como a perda ou anormalidade de estrutura ou função psicológica, fisiológica ou anatômica, temporária ou permanente (AMIRALIAN et al.,2000).

Os números da deficiência são muito expressivos, tanto em nível mundial quanto nacional, pois como consta no Relatório Global da UNESCO (UNESCO, 2014) e, segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) cerca de 15% da população mundial apresenta ao menos um tipo de deficiência.

No Brasil, os números oficiais da deficiência são dados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) por meio do Censo Demográfico. As deficiências investigadas pelo Censo são intelectual, visual, auditiva e motora, sendo que a severidade foi autodeclarada, considerando ausência de visão, audição e locomoção. O Censo Demográfico de 2000 (DEMOGRÁFICO, 2000) mostrava que 24,6 milhões de brasileiros, que à época representava 14,5% do total da população brasileira com ao menos um dos tipos de deficiências investigadas. No Censo de 2010 (DEMOGRÁFICO, 2010), esse número foi para 45,6 milhões de brasileiros com ao menos um dos tipos de deficiências investigadas, representando 23,9% da população total.

O aumento do número de deficientes ocorreu por razões como as alterações metodológicas na investigação das deficiências realizadas pelo

IBGE, o aumento da expectativa de vida e a violência urbana (RESENDE; VITAL, 2008).

Do percentual de 23,9 em 2010, tem-se que:

a) 26,5% das mulheres e 21,2% dos homens apresentam um dos tipos de deficiência;
b) 7,5% de crianças de 0 a 14 anos, 24,9% de pessoas de 15 a 64 anos e 67,7% de pessoas com 65 anos ou mais se declararam deficientes.

O aumento na faixa etária de 65 anos ou mais se dá em decorrência do processo de envelhecimento, onde há a natural perda de visão, audição, ocorrendo por vezes a perda da capacidade motora do indivíduo. A deficiência decorrente do processo de envelhecimento reflete na maior ocorrência em mulheres, pois estas têm expectativa de vida maior. Entre os jovens, a existência de ao menos uma deficiência tem percentuais muito significativos, o que vem a refletir em seu estilo de vida, nas atividades sociais e econômicas próprias das idades em questão.

Quanto ao tipo de deficiência, dos 23,9% de pessoas com algum tipo de deficiência, 7% apresenta deficiência motora.

Dentre a população que se declara deficiente, 8,3% da população brasileira apresentou deficiência severa, que é a incapacidade de executar determinada função do corpo (não vê, não ouve ou não anda), sendo 3,46% com deficiência visual severa, 1,12% auditiva severa, 2,33% deficiência motora severa e 1,4% deficiência intelectual (DEMOGRÁFICO, 2010).

A deficiência no Brasil tem distribuição heterogênea entre as regiões do país, sendo o Nordeste a região com maior prevalência de pessoas com algum tipo de deficiência. Este fato por si só não indica que a pobreza seja uma causa determinante na ocorrência da deficiência, pois os fatores que contribuem para tal fenômeno são de natureza ambiental, genética e demográfica (SANTOS et al., 2015).

Um indivíduo pode ter perdas funcionais, caracterizando uma deficiência, sem que isto o torne incapaz, pode ter uma deficiência sem sentir-se deficiente se o seu meio socioambiental lhe prouver condições de acessos e qualidade de vida (SCHIRMER et al., 2007).

Boiani et al. (2015) descrevem que as razões que levam os indivíduos a ter alguma deficiência física, seja ela temporária ou permanente, são diversas e, sendo a necessidade de locomoção essencial à existência humana, pode-se recorrer aos dispositivos de tecnologia assistiva que resgatam funções do corpo humano.

O uso de métodos ou dispositivos de tecnologia assistiva pode minimizar os impactos negativos da deficiência, resgatando não somente as funções do corpo, mas devolvendo a possibilidade de convivência social e atuação na economia brasileira.

## 2.2 TECNOLOGIA ASSISTIVA

O termo tecnologia assistiva refere-se a qualquer objeto ou conhecimento utilizado para auxiliar nas habilidades funcionais do indivíduo com limitações funcionais (ROCHA; CASTIGLIONI, 2005).

Sobre o conceito de tecnologia assistiva, Galvão Filho (2009) destaca que esta tecnologia se diferencia de outras, como a tecnologia médica ou de reabilitação, por tratar de dispositivos ou recursos voltados às necessidades individuais de um determinado usuário, lhe proporcionando independência e autonomia no desenvolvimento de suas atividades rotineiras.

A Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República, propõe o seguinte conceito:

> Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2007).

A tecnologia assistiva é dividida em categorias, conforme consta na Portaria Interministerial Nº 362, de 24 de outubro de 2012, que dispõe sobre o limite de renda mensal dos tomadores de recursos nas linhas de crédito para aquisição de produtos de tecnologia assistiva.

As categorias, de acordo com a referida portaria são:

a) Produtos de auxílio para a vida diária, recursos de comunicação aumentativa e/ou alternada;
b) Recursos de acessibilidade ao computador;
c) Sistema de controle de ambiente;
d) Projetos arquitetônicos para a acessibilidade;
e) Órteses e próteses;
f) Adequação postural;
g) Auxílios de mobilidade;
h) Auxílios para qualificação da habilidade visual;
i) Auxílios para ampliação da habilidade auditiva e para autonomia na comunicação de pessoas com déficit auditivo;
j) Adaptação em veículos ou ambientes de acesso ao veículo;
k) Dispositivos para esporte e lazer.

Os dispositivos que auxiliam a vida diária e a vida prática consistem em materiais e produtos destinados à autonomia e independência dos usuários na realização de suas rotineiras ou à facilitação de cuidados realizados por terceiros.

A Comunicação Aumentativa e Alternativa (CAA) consiste em recursos destinados à ampliação de habilidades de comunicação, como dispositivos para ajudar a pessoa a receber, enviar, produzir e/ou processar informações em diferentes formatos. De acordo com a *American Speech-Language-Hearing Association* (ASHA) a CAA destina-se a pessoas que apresentam distúrbios que interferem na comunicação, seja ela falada, escrita ou gesticulada e são recursos, procedimentos ou processos que compensam o prejuízo na comunicação complementando ou mesmo substituindo a fala ou a escrita (MCNAUGHTON; LIGHT, 2013).

Os recursos de acessibilidade ao computador configuram-se em conjuntos de hardware e software especialmente desenvolvidos para tornar o computador acessível a pessoas com privações sensoriais (visuais e auditivas), intelectuais e motoras, sendo alguns exemplos a serem citados são os dispositivos auxiliares à digitação, acionador projetado para uso com a boca,

cabeça ou olhar e softwares desenvolvidos para a inclusão digital de pessoas com deficiências ou idosos (BRASIL, 2012).

Os sistemas de controle de ambiente são destinados às pessoas com restrições ou limitações motoras. Por meio de controle remoto, estas podem ligar, desligar e ajustar aparelhos eletroeletrônicos como a luz, o som, televisores, ventiladores, executar a abertura e fechamento de portas e janelas, receber e fazer chamadas telefônicas, acionar sistemas de segurança, entre outras ações (BRASIL, 2012).

Os projetos arquitetônicos para acessibilidade são projetos de edificação e urbanismo que objetivam permitir o acesso, funcionalidade e mobilidade a todas as pessoas, independentemente de sua condição física, intelectual e sensorial (BRASIL, 2012).

As órteses, de acordo com Agnelli e Toyoda (2010), são dispositivos utilizados junto a um determinado segmento do corpo, a fim de restaurar uma habilidade motora, auxiliar uma função, garantir um posicionamento adequado, propiciar estabilização à região de uso ou imobilizar a região. O seu uso pode ocorrer por tempo determinado ou indeterminado, considerando a etiologia e necessidade.

Tem a finalidade de estabilizar (articulações, pescoço, tronco, membros), sustentar, proporcionar descarga de peso, imobilizar articulações ou segmentos corporais com presença de fratura, prevenir ou corrigir deformidades, possibilitar a marcha, auxiliar na locomoção, aliviar dores, controlar movimentos involuntários e substituir ou auxiliar funções. Auxiliam as pessoas que possuem alguma dificuldade ou incapacidade, como problemas motores, visuais, auditivos a efetuar suas atividades da vida diária, podem ser óculos, aparelhos auditivos, talas, botas imobilizadoras, palmilhas, calçados especiais, adaptações funcionais, entre outra (LARANJEIRA, 2005).

As órteses podem ser classificadas em passivas, que são utilizadas para imobilizar ou restringir os movimentos e ativas (quando seu funcionamento é controlado por sinais elétricos) (ARAÚJO, 2010).

As próteses, por sua vez, são componentes artificiais desenvolvidos para suprir necessidades e funções de determinadas áreas corpóreas, substituindo

membros ou partes ausentes do organismo, sendo utilizadas de forma permanente ou temporária (BRASIL, 2012).

Uma outra categoria de produtos de tecnologia assistiva são os destinados à adequação postural, que proporcionam alinhamento postural, estabilidade, distribuindo adequadamente o peso corporal, auxiliando na prevenção de deformidades corporais.

Diversos são os produtos desta categoria, podendo ser citados adaptações feitas em cadeiras, mesas de atividades, cadeiras de rodas, mesas de atividades para cadeira de rodas, almofadas para prevenção de úlceras de pressão, entre outros.

Os auxílios para qualificação da habilidade visual e recursos que ampliam a informação a pessoas com visão baixa ou inexistente. São exemplos desta categoria os óculos, as lupas, displays em Braille, teclados ampliados, leitores falados de livros digitais, entre outros.

Os auxílios para ampliação da habilidade auditiva e para autonomia na comunicação de pessoas com déficit auditivo, como os dispositivos e softwares de conversão de voz e textos digitais em língua de sinais (BRASIL, 2012).

As categorias de tecnologia assistiva ainda englobam adaptações em veículos ou ambientes de acesso ao veículo, que acessórios e adaptações que possibilitam uma pessoa com deficiência física dirigir um automóvel ou ser deslocado por meio dele.

São inúmeros os recursos que favorecem a prática de esporte e participação em atividades de lazer, como bicicletas adaptadas, lâminas de corrida, touca que sinaliza o momento em que o nadador deve virar na piscina e, por fim, detalhado na próxima seção, têm os dispositivos de auxílios à mobilidade (BRASIL, 2012).

## 2.3 DISPOSITIVOS DE AUXÍLIO À MOBILIDADE

Os dispositivos de auxílio à mobilidade são equipamentos ou estratégias destinadas ao auxílio da mobilidade pessoal, a fim de conceder ao usuário autonomia de movimento e melhora na qualidade de vida, se classificando em

andadores, muletas canadenses, bengalas, cadeiras de banho, scooters e cadeiras de rodas (BRASIL, 2012).

De acordo com Bersch (2017), os dispositivos de auxílio à mobilidade podem ser qualquer veículo, equipamento ou estratégia com finalidade de melhorar a mobilidade pessoal, agindo como alternativa ou complemento à locomoção.

Boiani et al. (2015) destacam que o auxílio à locomoção, em casos de restrição total de mobilidade, ocorre por meio do uso de cadeiras de rodas de propulsão manual (Figura 2a), motorizadas (Figura 2b) ou scooters (Figura 2c).

Figura 2 - Cadeiras de rodas

Fonte: https://www.sunrisemedical.co.uk/company-information

A cadeira de rodas é um dispositivo de deslocamento, categorizado na tecnologia assistiva como dispositivo de auxílio à mobilidade (SARTORETTO; BERSCH, 2014).

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (OMS, 2012, p. 2):

> A cadeira de rodas é um dos dispositivos assistivos mais comumente usados para melhorar a mobilidade pessoal. Para pessoas com dificuldades para andar, uma cadeira de rodas que seja adequada para suas necessidades físicas, de estilo de vida e de ambiente é uma ferramenta essencial, permitindo-lhes desfrutar de uma grande melhora em sua saúde e seu bem-estar social e econômico. A mobilidade abre oportunidades para os usuários estudarem, trabalharem, participarem de atividades culturais e acessarem serviços como atendimento de saúde.

Para Costa et al. (2010) a cadeira de rodas, que é uma extensão do corpo humano aos usuários com restrição na mobilidade, promove a possibilidade de locomoção, garantindo autonomia para a execução das atividades da vida diária, dignidade e qualidade de vida.

Os principais componentes da cadeira de rodas são mostrados na Figura 3 (KHASNABIS et al., 2012).

Figura 3 – Componentes da cadeira de rodas

**Legenda:**

A Apoio de braços: componente que serve de apoio e descanso para os braços, podendo ser fixo ou removível

B Almofada: acessório opcional colocado sobre o assento da cadeira

C Assento: parte da cadeira que suporta o usuário em posição sentada

D Apoio de pernas: componente que suporta o peso das pernas, protegendo contra impactos

E Apoio de pés: componente que serve de apoio aos pés do usuário, podendo ser fixo ou removível

F Encosto: componente da cadeira de rodas que apoia as costas do usuário

G Aro de propulsão: aro acoplado às rodas, permitindo a propulsão manual da cadeira

H Rodas: rodas maiores que promovem o deslocamento da cadeira, que podem ser munidas de pneus rígidos ou infláveis

I Quadro: parte da cadeira que suporta todos os acessórios e componentes

J Rodízios: rodas dianteiras que permitem o direcionamento da cadeira

Fonte: Adaptado de: https://www.medjet.com.br/produto/cadeiras-de-rodas/cadeira-de-rodas-pl-102-confort-flex-44-prolife/2061/33

É recomendado prescrição e orientação ao uso da cadeira de rodas, realizadas por profissionais habilitados da área da saúde. Todos os componentes descritos são passíveis de transmissão da VCI ao usuário. Tais elementos devem ser considerados no estudo da vibração, não somente para a realização de análises, mas, principalmente, para a aplicação da ergonomia no desenvolvimento do projeto.

## 2.4 VIBRAÇÃO

A ergonomia tem caráter multidisciplinar, envolvendo as várias áreas do conhecimento humano, como organização do trabalho, meio ambiente, arquitetura, urbanismo, medicina, psicologia, sociologia, fisiologia, engenharias, design, entre outras, tendo por tem por objetivo estudar aspectos do comportamento humano relacionados a produtos ou sistemas. Os fatores

ergonômicos básicos se dividem em requisitos do projeto, ações de manejo e ações de percepção (GOMES FILHO, 2016):

a) Requisitos do projeto: os fatores ergonômicos relacionados aos requisitos do projeto referem-se às atividades laborais, à segurança, aos alcances físicos, ao conforto, à adequação postural, à aplicação de forças e materiais. Estas informações são utilizadas no design ergonômico;
b) Ações de manejo: são as ações que envolvem movimentos do corpo, como braços, mãos, pernas e pés;
c) Ações de percepção: são fatores que envolvem os órgãos dos sentidos do usuário que recebem informações visuais, auditivas, táteis, cinestésicas e de vibração, assim como definição de signos e códigos visuais.

Segundo Iida e Buarque (2016) fatores como temperatura, ruído, vibração, luminosidade, geometria, posturas inadequadas, entre outros, necessitam de atenção no design ergonômico de forma a melhorar a qualidade do produto, sistema ou processo, propiciando conforto e segurança ao usuário.

Assim como outros fatores ergonômicos, a vibração pode interferir no conforto e, principalmente, na saúde dos indivíduos, caso extrapole os valores de exposição recomendados por normas (FERREIRA et al., 2017).

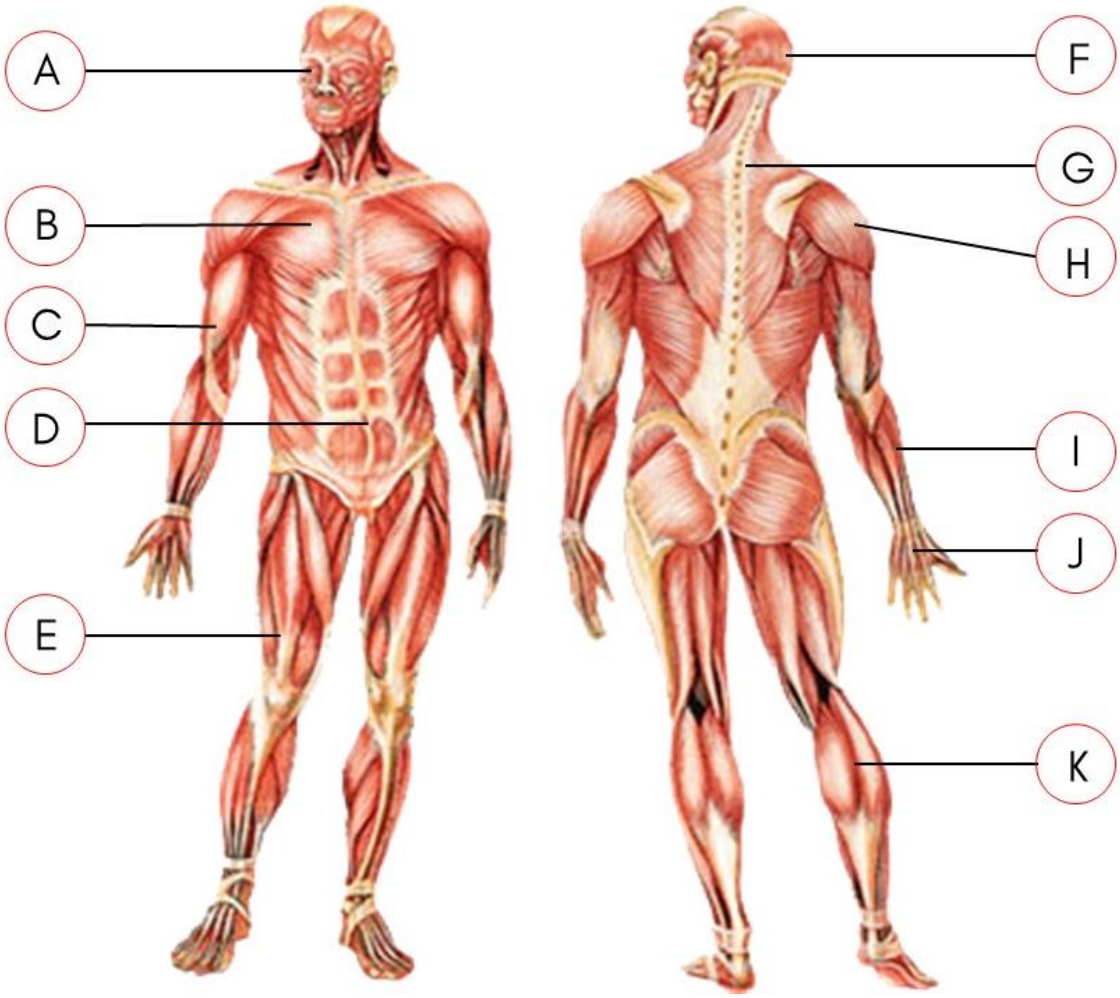
As vibrações são fenômenos comuns que se manifestam com frequência e que podem, por vezes, liberar grande quantidade de energia, como no caso de tremores gerados na crosta terrestre. São estudadas desde os primórdios, mas obteve maior importância e relevância a partir da revolução industrial, com o aumento extraordinário da produção de equipamentos, máquinas e bens de consumo em geral. No contexto da produção de produtos ou sistemas, procura-se controlar a vibração (se a mesma não for desejada) na fase de projeto, por meio da simulação de problemas que possam vir a causar falhas prematuras de equipamentos ou componentes de máquinas (BRESSANI, 2009).

Ao se estudar a vibração, são realizados estudos dos movimentos oscilatórios dos corpos e as forças a eles associadas. Um sistema vibratório inclui, basicamente, um meio para armazenar energia potencial (mola ou

elasticidade), um meio para armazenar energia cinética (massa ou inércia) e um meio para perda gradual de energia (amortecedor). Desta forma, a vibração de um sistema envolve a transferência alternada de energia potencial em cinética e de energia cinética em potencial e, se o sistema for amortecido, certa quantidade de energia é dissipada em cada ciclo de vibração (RAO, 2008).

Faria (2015) descreve a vibração como um movimento que é intrínseco aos corpos que possuem massa e elasticidade, como é o caso do corpo humano, que apresenta, a cada segmento do corpo, valores naturais de frequência (Figura 4), sendo que a energia absorvida de vibração pelo corpo é resultante da atenuação que ocorre em função dos órgãos e tecidos.

Figura 4 – Frequências naturais do corpo



**Legenda:**

A Olhos – 20 a 90 Hz
B Parede torácica – 50 a 100 Hz
C Braço – 5 a 10 Hz
D Abdômen – 4 a 8 Hz
E Perna rígida – 20 Hz
F Cabeça – 20 a 30 Hz
G Coluna vertebral – 10 a 12 Hz
H Ombro – 4 a 5 Hz
I Antebraço – 16 a 30 Hz
J Mãos – 30 a 50 Hz
K Perna dobrada – 2 Hz

Fonte: Adaptado de: http://blog.safemed.pt/ruido-de-baixa-frequencia-um-problema-para-a-saude-publica/frequencias-do-corpo-humano/

Muitas das ações e percepções humanas dependem da vibração, como a audição, cuja vibração ocorrida no tímpano nos possibilita ouvir, os movimentos vibratórios determinados pelos batimentos cardíacos, a vibração das cordas vocais que permite ao ser humano emitir a fala e até mesmo a oscilação dos braços e pernas na ação de deambular (POLETTO FILHO, 2013).

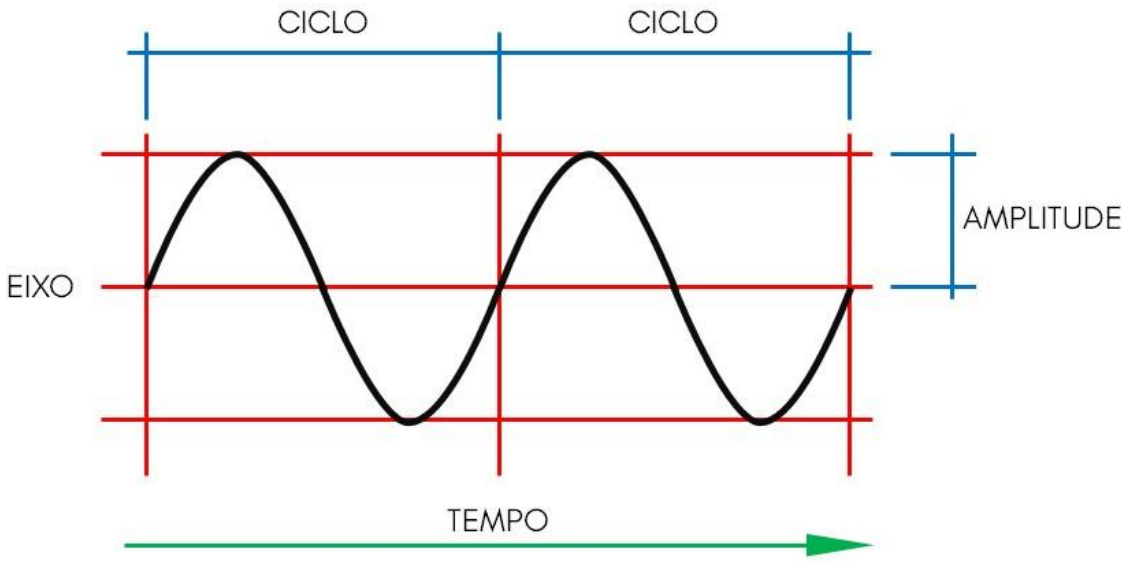
Kroemer e Grandjean (2005) descrevem que a vibração consiste em um movimento que oscila em torno de um eixo e em função do tempo, sendo que a amplitude é a distância entre a origem do movimento (eixo) e a crista da onda (ponto de maior distância em relação à origem).

Saliba (2014) define a vibração como um movimento repetitivo e oscilatório de um determinado corpo, que é provocado por forças desiguais de componentes rotativos e movimentos alternados de máquinas ou equipamentos, descrevendo uma oscilação periódica que se desloca em função do tempo. Neste movimento estão envolvidas velocidade, aceleração e frequência, que é o número de ciclos completos por minuto.

O movimento oscilatório é, em geral, provocado pelo deslocamento do sistema de sua posição de equilíbrio estável devido à atuação de forças externas, de deslocamentos de sua base ou de choques com outros corpos. Ao

serem interrompidas as forças que deram início ao movimento oscilatório, a tendência é a restauração dos corpos a sua configuração inicial (força restauradora). Quando, porém, o corpo atinge sua posição inicial, a sua velocidade não será nula, pois o movimento se prolongará no tempo (Figura 5) (CORREIA, 2007).

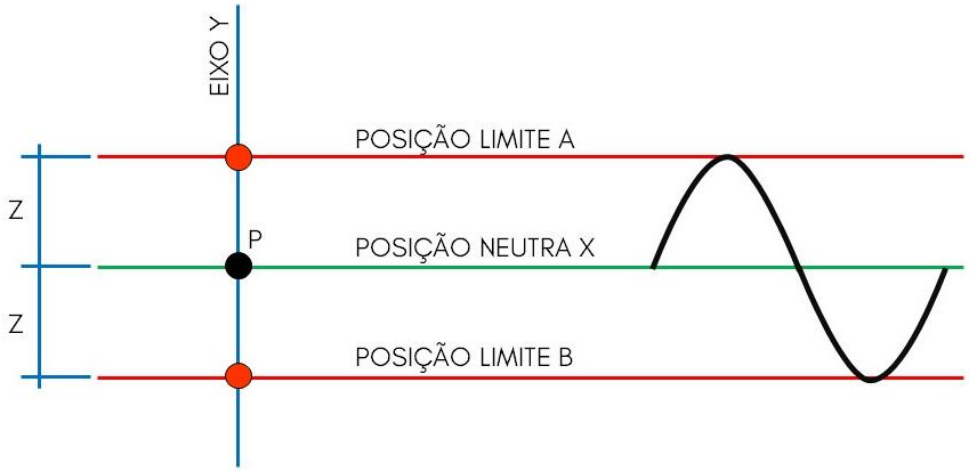
Figura 5 - Representação esquemática dos ciclos do movimento oscilatório




Fonte – A autora

A Figura 6 auxilia na compreensão das posições que envolvem o movimento vibratório, onde o ponto **P** representando uma massa que, estando em repouso, permanece localizado sobre o eixo **X** (posição neutra). Se este ponto é submetido a uma determinada força, é obrigado a executar um movimento vibratório (oscilatório), ou seja, o ponto sai da posição neutra e se movimenta em direção ao eixo **Y**, atingindo a posição limite superior (**A**) e a posição limite inferior (**B**), que são equidistantes de **x** (distância **Z**). Ao realizar este movimento e atingir as posições limites, o ponto **P** percorre a distância **2Z**, ou seja, o ponto **P** realiza um movimento oscilatório em torno do eixo **X** (CORREIA, 2007).

Figura 6 - Representação esquemática das posições de um movimento oscilatório




Fonte – A autora

Para a quantificação do movimento vibratório são utilizados os parâmetros de deslocamento, velocidade e aceleração, sendo que o deslocamento (distância **Z**) é a distância percorrida pela massa (representada pelo ponto **P**) da posição neutra até as posições limites, quantificando a amplitude de um sinal vibratório, que é o máximo afastamento que a massa sofre em relação à posição neutra. A velocidade é a rapidez com que a massa se desloca correspondendo a sua variação de posição com o tempo. A aceleração é a taxa de variação da velocidade em relação ao tempo (CORREIA, 2007).

Os valores relacionados à amplitude de vibração (Figura 7) são o valor de pico, o valor de pico a pico, o valor médio e valor RMS (valor eficaz) (RIBAS, 2012):

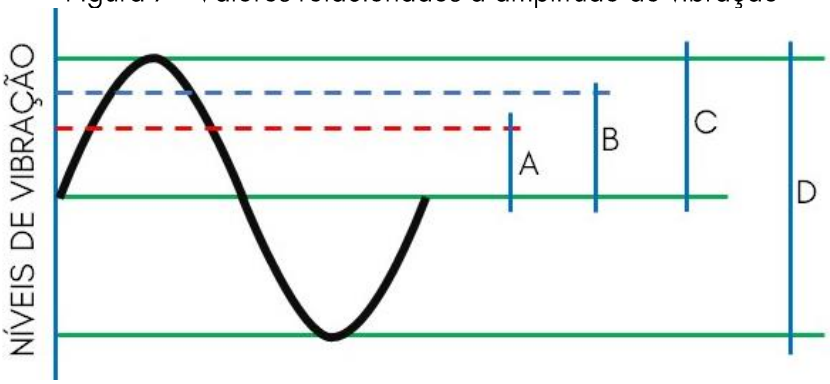
a) **Valor médio** equivale a 0,637 do valor de pico. Indica a média dos movimentos vibratórios, levando em consideração o histórico no tempo da onda e é utilizado quando se quer considerar um valor da quantidade física da amplitude da vibração em um determinado tempo;
b) **Valor *Root Mean Square*** (RMS) é a raiz média quadrática ou valor eficaz corresponde à raiz quadrada da média dos valores elevados

ao quadrado dos movimentos vibratórios. Medida de nível mais relevante, porque leva em consideração o histórico no tempo da onda e dá um valor de nível o qual é diretamente relacionado à energia contida e, portanto, à capacidade destrutiva da vibração. Equivale a 0,707 do valor de pico;

c) O **valor de pico** indica o percurso entre a posição neutra e a posição limite superior, considerando somente a ocorrência do pico e não o histórico da onda no tempo. Comumente utilizado em níveis de impacto de curta duração.

d) O **valor de pico a pico** indica o percurso máximo da onda, ou seja, seu deslocamento entre as posições limites superior e inferior sem, no entanto, considerar o histórico no tempo. Utilizado onde o deslocamento vibratório de uma máquina é a parte crítica na tensão máxima de elementos de máquina e representa 2 vezes o valor de pico.

Figura 7 – Valores relacionados à amplitude de vibração




**Legenda:**

A Valor Médio
B Valor RMS
C Valor de Pico
D Valor de Pico a Pico

Fonte – A autora

A vibração, de acordo com Saliba (2014), pode ser classificada em ocupacional de corpo inteiro ou de mão e braço, vibração para fins de conforto individual ou da comunidade (meio ambiente) e vibração de máquinas:

a) Vibração ocupacional de corpo inteiro são transmitidas ao corpo como um todo através de superfícies de contato como colchões, assentos, almofadas, encostos apoio para pés ou braços e mãos. A vibração, apesar de atingir o corpo por uma determinada região, como pés ou nádegas, é transmitida a todo o corpo. São de baixa frequência e alta amplitude, comumente ocasionada por atividades de transporte;
b) Vibração ocupacional localizada atingem regiões específicas do corpo, como mãos e braços, comumente afetando trabalhadores de ferramentas manuais como lixadeiras, motosserras, britadeiras;
c) Vibração para fins de conforto tem valores variados ou até mesmo subjetivo, pois em certas atividades, pode causar desconforto intolerável em uma situação ou ser agradável em outras, não sendo desta forma os limites determinados por normas;
d) Vibrações para fins de conforto da comunidade (meio ambiente), são oscilações que podem ser percebidas por um grande número de sujeitos, podendo provocar desconforto e perturbação do sossego público;
e) Vibração de máquinas são produzidas pelas máquinas e, se em excesso, indicam a necessidade de manutenção das mesmas.

## 2.5 VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO

Entende-se como Vibração de Corpo Inteiro a vibração que atinge o corpo como um todo através de uma superfície que vibra ou que recebe a vibração, suportando o corpo humano em posição ortostática, sentada ou deitada.

Segundo Sebastião et al. (2007), é o tipo de vibração que atinge todos os meios de transporte e, neste sentido, a cadeira de rodas, que é um equipamento que serve para deslocamento, pode transmitir ao usuário a VCI através do encosto, do assento, do apoio para os pés e do apoio para os braços.

As normas que abordam a VCI definem a vibração em três variáveis, sendo elas, a frequência (Hz), a aceleração máxima sofrida pelo corpo ($m/s^2$) e a direção do movimento, que pode ser longitudinal (vertical: sentido da coluna vertebral) ou transversal (frontal ou lateral) (ROCHA, 2010).

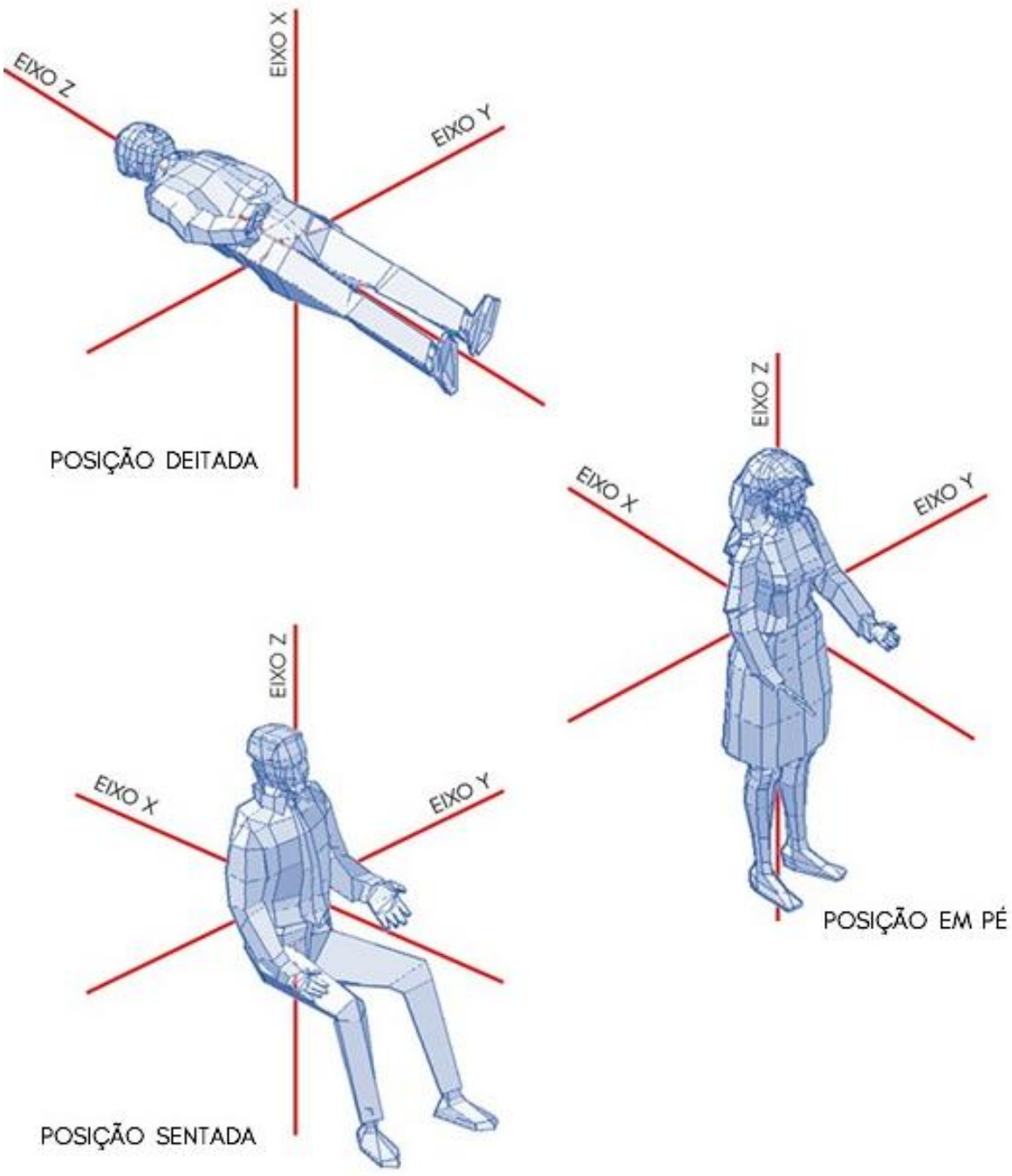
A NHO 09 (2013) relaciona os principais efeitos que a VCI pode causar no organismo humano, sendo:

a) Perda do equilíbrio;
b) Lentidão de reflexos;
c) Aumento da frequência de batimento do coração;
d) Efeitos psicológicos, como a falta de concentração;
e) Distúrbios visuais;
f) Efeitos no sistema gastrointestinal, com sintomas de enjoo e apresentação de gastrites e ulcerações;
g) Manifestação do mal do movimento (cinetose), com sintomas de náuseas, vômitos e mal-estar geral;
h) Comprometimento, inclusive permanente, de determinados órgãos do corpo;
i) Degeneração gradativa do tecido muscular e nervoso.

A VCI atinge o corpo através do sistema triaxial ortogonal (eixos x, y e z) e o corpo humano, por sua vez, reage às vibrações de formas diferentes, ou seja, a sensibilidade às vibrações longitudinais (ao longo do eixo z, da coluna vertebral é diferente da sensibilidade às vibrações transversais (eixos x e y).

Os eixos ortogonais em relação ao corpo humano podem ser vistos na Figura 8 (ISO 2631, 1997).

Figura 8 – Eixos ortogonais de direção da vibração no corpo humano




Fonte – Adaptado de ISO 2631, 1997.

Para evitar os efeitos nocivos que a VCI pode acarretar à saúde, normas técnicas estabelecem critérios e procedimentos de segurança quanto à exposição recomendada.

A Norma de Higiene Ocupacional NHO 09 avalia a exposição ocupacional às vibrações de corpo inteiro, tendo por objetivo estabelecer critérios e procedimentos para a avaliação da exposição ocupacional à VCI, que possa implicar na ocorrência de problemas de saúde ao trabalhador ou sujeito usuário de determinado equipamento (NHO 09, 2013).

A Norma da *International Organization for Standardization* ISO 8041 – Resposta Humana à Vibração é uma norma internacional que determina métodos de medição de vibração e de resultados consistentes com o uso de diferentes equipamentos (ISO 8041, 2017).

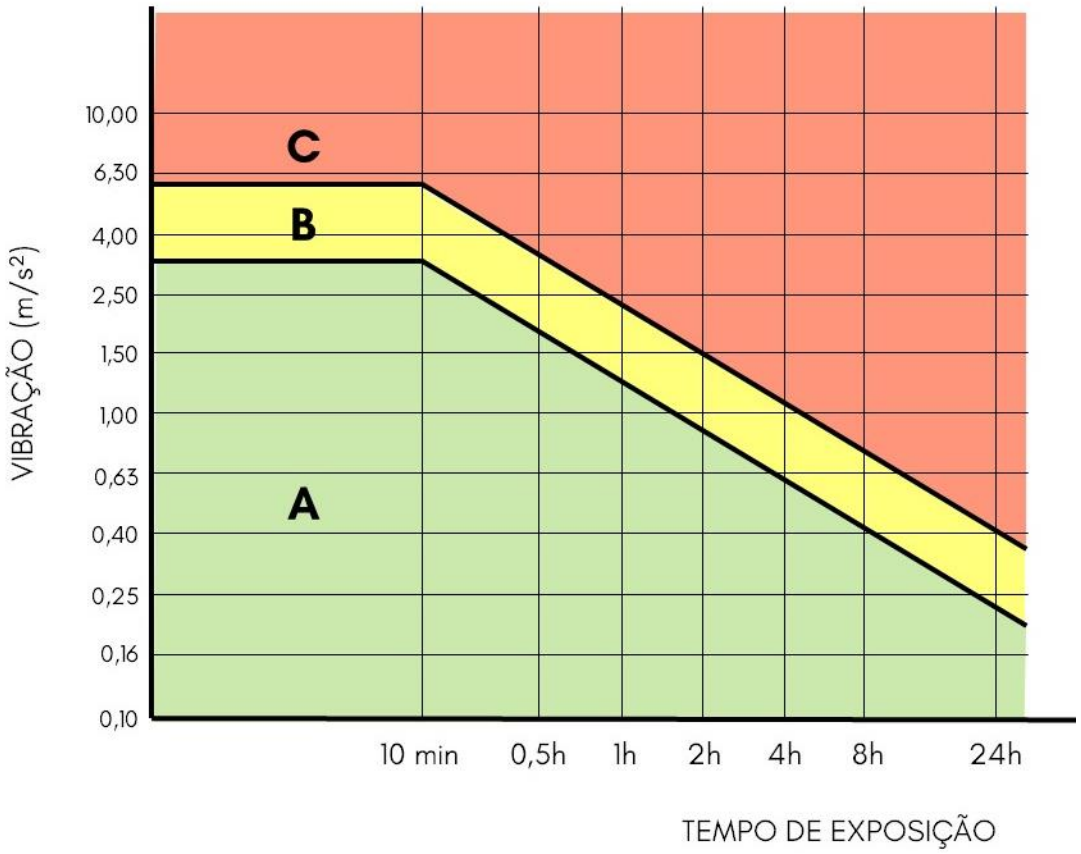
A Norma ISO 2631-1 é uma norma internacional sobre vibrações e choques mecânicos que avalia a exposição humana à VCI, em sua parte 1 (requisitos gerais), considerando as vibrações como fenômenos transitórios, definindo um método para a avaliação de exposição à VCI e indicando os níveis seguros de exposição à vibração seja aceitável. Determina os limites de exposição à vibração em função do tempo, conforme pode ser observado na Figura 9 (faixas de exposição à vibração), em que o eixo das ordenadas traz os valores da vibração, neste caso dimensionado pela aceleração ($m/s^2$) e o eixo das abscissas, o tempo de exposição à vibração. As nomenclaturas A, B e C constantes do gráfico de limite de tempo de exposição, determinam três faixas de exposição (ISO 2631, 1997).

A Faixa **A** é a zona segura de trabalho, ou seja, os níveis de VCI a que o indivíduo é exposto não afeta a sua saúde ou sua atenção no trabalho. Provavelmente este indivíduo faz uso de determinado equipamento de maneira segura, seja pelo tempo reduzido de exposição ou pela intensidade reduzida de vibração. Nesta situação, medidas preventivas devem ser adotadas para que a faixa de segurança não seja ultrapassada (ISO 2631, 1997).

A Faixa **B** consiste em zona de precaução, cujos indivíduos com atividades que se encontram nesta faixa, já corre riscos de ter sua saúde afetada pelos efeitos nocivos da vibração, devendo tomar providências para não atingir a zona de risco e enquadrar suas atividades na zona segura. Desta forma medidas corretivas devem ser adotadas para que os níveis de exposição sejam reduzidos (ISO 2631, 1997).

A Faixa **C** é a zona de risco, ou seja, indivíduos cujas atividades e tempo de realização das mesmas tem suas atividades enquadradas na faixa C, tem sua saúde, de fato, afetada pelos efeitos nocivos da vibração e medidas corretivas devem ser adotadas de imediato, para que os níveis de exposição sejam reduzidos (ISO 2631, 1997).

Figura 9 – Faixas de exposição à vibração




**Legenda:**

A Zona Segura
B Zona de Precaução
C Zona de Risco

Fonte – Adaptado de ISO 2631, 1997.

A avaliação da exposição ocorre, normalmente, com a separação dos eixos x, y e z pois, como mencionado anteriormente, a vibração no corpo humano tem diferentes efeitos na saúde do indivíduo afetado, de acordo com a direção em que atinge o corpo (longitudinal ou transversal).

Para fins de análise relativas à saúde, as normas técnicas utilizam o método básico de avaliação, pelo valor RMS da aceleração ponderada equivalente (WA) aos eixos x e y (Wd) e do eixo z (Wk). Os fatores de ponderação (k) para cada eixo são (LOPES, 2012):

a) Wd (eixo x) = 1,4;

b) Wd (eixo y) = 1,0;

c) Wk (eixo z) = 1,4.

O valor RMS da aceleração ponderada de vibração em cada eixo é calculado conforme a Equação 1:

$$a_w = \left[ {}^{1}/_{T} \int_{0}^{T} a_w^2\,(t)dt \right]^{1/2} \qquad (1)$$

Onde:

$a_w$ – aceleração ponderada em m/s$^2$

$T$ - tempo de duração da medição em segundos.

O valor total das acelerações ponderadas nos três eixos podem ser calculadas conforme da Equação:

$$a_v = \sqrt{k_x^2 a_{wx}^2 + k_y^2 a_{wy}^2 + k_z^2 a_{wz}^2} \qquad (2)$$

Onde:

$a_{wx}$ aceleração ponderada no eixo x

$a_{wy}$ aceleração ponderada no eixo y

$a_{wz}$ aceleração ponderada no eixo z

$k_x$ fator de ponderação do eixo x

$k_y$ fator de ponderação do eixo y

$k_z$ fator de ponderação do eixo z

As atividades que colocam o sujeito em exposição à vibração devem, de acordo com a NHO 09 (2013), ser monitoradas periodicamente, seja por meio de medidas preventivas para que o mesmo não ultrapasse os limites de segurança, seja por meio de medidas corretivas visando à redução da exposição, à melhora das condições de realização de tarefas e à minimização dos efeitos negativos à saúde.

De acordo com a norma supracitada, os sujeitos cujas atividades podem transmitir vibração ao seu corpo, devem ser informados e orientados quantos aos riscos decorrentes.

## 2.6 ESTUDOS SOBRE VCI

Ainda insuficientes na área de saúde, muitos dos trabalhos encontrados referentes à exposição à VCI referem-se ao estudo sobre vibração de máquinas, equipamentos agrícolas e transportes, como ônibus e caminhões e o reflexo da exposição à VCI em operadores de máquinas e equipamentos, assim como em motoristas e passageiros de transportes automotores.

Sandi et al. (2018) estudou a VCI em operadores de tratores agrícolas que incide sobre o corpo por meio do assento, com a justificativa de a vibração afetar o rendimento produtivo e causar sérios danos à saúde do trabalhador. A vibração medida no período da coleta de dados se manteve na faixa de segurança, de acordo com a ISO 2631, porém, quando projetadas para oito horas de trabalho atingiram o nível de precaução. Os autores destacaram que

a vibração se eleva quando se aumenta a velocidade de deslocamento do trator.

Foi desenvolvida por Ferreira et al. (2016) uma pesquisa que verificou a existência de vibração em incubadoras neonatais e a transmissão da VCI aos neonatos. Foi considerado o tempo máximo de exposição de 24 horas, tomando a norma ISO 2631 como comparação de valores de vibração. Os autores constataram que a VCI a que os neonatos são expostos, apesar de valores baixos de aceleração, são significativos em função do tempo de exposição, podendo, os neonatos, estarem sujeitos aos seus efeitos nocivos à saúde, como alteração nos batimentos cardíacos, alteração da circulação e pressão sanguínea, bem como alteração em todos os sistemas do corpo. Como o uso da incubadora é vital para o desenvolvimento e recuperação do recém-nascido (geralmente prematuro) e o motor, que localiza-se em sua parte inferior, ser a razão da ocorrência de vibração no equipamento e, consequentemente, da transmissão da VCI ao neonato, a manutenção preventiva ou corretiva deve ser periódica, buscando atenuar ao máximo os níveis de vibração e os efeitos da VCI.

Figueiredo et al. (2016) realizaram estudos sobre a exposição à VCI em motorista, cobrador e passageiro de ônibus. O posto de trabalho do condutor, de acordo com os resultados obtidos, apresentou valores elevados de vibração, ou seja, acima dos limites permitidos por norma. Os autores sugerem que a não adequação do posto de trabalho, com assentos mais apropriados, é a causa da incidência de altos valores de vibração, apontando o risco iminente de surgimento de problemas na coluna vertebral, como dores lombares, sendo o eixo vertical z o principal na transmissão da VCI. Quanto aos passageiros, os níveis aferidos foram inferiores, abaixo dos níveis de ação, porém afetando-os quanto ao conforto. Outra variável importante nos resultados da vibração é a qualidade da superfície de rolamento.

Lopes (2012) avaliou a VCI a que operadores de colhedoras de cana-de-açúcar estão expostos em condições reais do canavial, utilizando os critérios comparativos da ISO 2631-1 e comparando colhedoras de diferentes anos de fabricação e modelo. Os operadores relataram a ocorrência de dores

frequentes nas costas, podendo ser causadas por posturas inadequadas ou a exposição à VCI. Os valores medidos de vibração se encontravam acima do máximo recomendado por norma. O autor concluiu que as variáveis que influenciaram nos valores de vibração coletados foram o tipo de terreno, a existência de ondulações ou depressões e elementos da máquina como o tipo de esteira e amortecedor.

Fernandes e Morata (2002) desenvolveram um importante estudo, que apesar de ter mais de uma década, se mostra atual e relevante na prevenção da saúde do trabalhador. Investigam as queixas de saúde e achados audiológicos de dois grupos de trabalhadores. No primeiro grupo, que é constituído de operadores de motorroçadeira, foram correlacionadas as queixas de problemas audiológicos com a vibração de mãos e braços e no segundo grupo, de operadores de equipamentos pesados como pá carregadeira, moto niveladora, retroescavadeira e rolo compressor, foram correlacionadas as queixas de problemas audiológicos com a VCI. Os autores concluíram que os trabalhadores expostos à VCI são os que apresentam maior porcentagem de audiograma alterado e os que mais se queixam de problemas auditivos, como o zumbido.

Sobre estudos realizados envolvendo usuários de cadeiras de rodas, Silva et al. (2018) em um trabalho transdisciplinar procuraram demonstrar que os usuários de cadeiras de todas têm a sua mobilidade comprometida ao serem expostos à VCI em decorrência do deslocamento em vias públicas pouco estruturadas de centros urbanos, apontando para as condições físicas das superfícies de rolamento.

Faria (2015) desenvolveu uma pesquisa objetivando verificar os níveis de transmissão de VCI em usuários de cadeira de rodas para fins de conforto, considerando tipos diferentes de pavimentos de calçadas (cimento áspero, ladrilho hidráulico, bloco intertravado e pedra). Através dos dados coletados, concluiu-se que a VCI ocorre independentemente do tipo de pavimentação de calçada ou outras variáveis relacionadas ao usuário (peso e gênero) ou da rugosidade abrupta aferida. Alguns calçamentos transmitem a vibração com

maior intensidade, mas em todas as situações estudadas, o deslocamento por cadeira de rodas transmite ao usuário vibrações com risco potencial à saúde.

Garcia-Mendez et al. (2013) realizaram um estudo em usuários de cadeiras de rodas para avaliar a exposição à VCI em atividades realizadas rotineiras, com foco na análise do tipo de quadro da cadeira de rodas: dobrável, rígido e com suspensão. Os autores concluíram que todos os usuários estiveram expostos continuamente a níveis de VCI superiores aos recomendados na ISO 2631-1 durante suas atividades diárias, porém as cadeiras de rodas com suspensão não atenuaram a vibração transmitida aos usuários.

Também investigando os quadros, Kwarciak et al. (2008) haviam realizado estudos sobre exposição à VCI em usuários de cadeiras de rodas manual, investigando a eficácia da suspensão na redução dos níveis de vibração. Foram analisadas cadeiras de rodas manuais com suspensão em comparação com cadeiras sem suspensão em percursos com obstáculos variando entre cinco e quinze centímetros. A conclusão do trabalho é que não houve diferença significativa na absorção da vibração entre os modelos estudados. A diferença se deu em relação ao tipo de quadro, pois as cadeiras de rodas com quadros dobráveis apresentaram níveis mais elevados de vibração.

Cooper et al. (2003) analisaram cadeiras de rodas com e sem suspensão, concluindo os sistemas com suspensão traseira reduzem a vibração transmitida, porém não se mostram claramente mais eficientes aos projetos tradicionais de quadros de cadeiras de rodas (sem suspensão).

Vorrink et al. (2010) destaca que a vibração que ocorre em cadeira de rodas pode provocar espasticidade em pessoas com lesão medular, portanto, se a vibração for reduzida, diminui o desencadeamento da espasticidade. Analisaram dois tipos de rodas, sendo uma convencional e uma do modelo Spinergy, com raios em fibra de carbono. Apesar de o fabricante da Spinergy afirmarem que a mesma absorve 25% mais vibração e choque que a roda convencional, os autores concluíram que ambas as rodas transmitem VCI ao usuário, não havendo diferentes significativas na absorção da vibração entre

os dois modelos de rodas analisados. Estudo semelhante tinha sido realizado anteriormente por Hughes et al. (2005) que compararam a eficiência energética das rodas Spinergy com as rodas de aço padrão, para fins de verificação do conforto do usuário, com a participação de vinte sujeitos com paraplegia. Concluíram que não houve diferença significativa entre os modelos analisados, apesar de as rodas Spinergy proporcionarem uma maior percepção de conforto.

Wolf et al. (2005) em conformidade com a Norma ISO 2631/1997, que destaca que indivíduos em posição sentada correm riscos de lesões devido à exposição à VCI, analisaram nove superfícies diferentes com o objetivo de verificar a influência das superfícies de rolamento na transmissão da vibração. Concluíram que as superfícies construídas com peças de concreto intertravadas, com juntas de dilatação de aproximadamente um centímetro, produziram vibração vertical (no eixo z) significativamente mais alta que em outras superfícies.

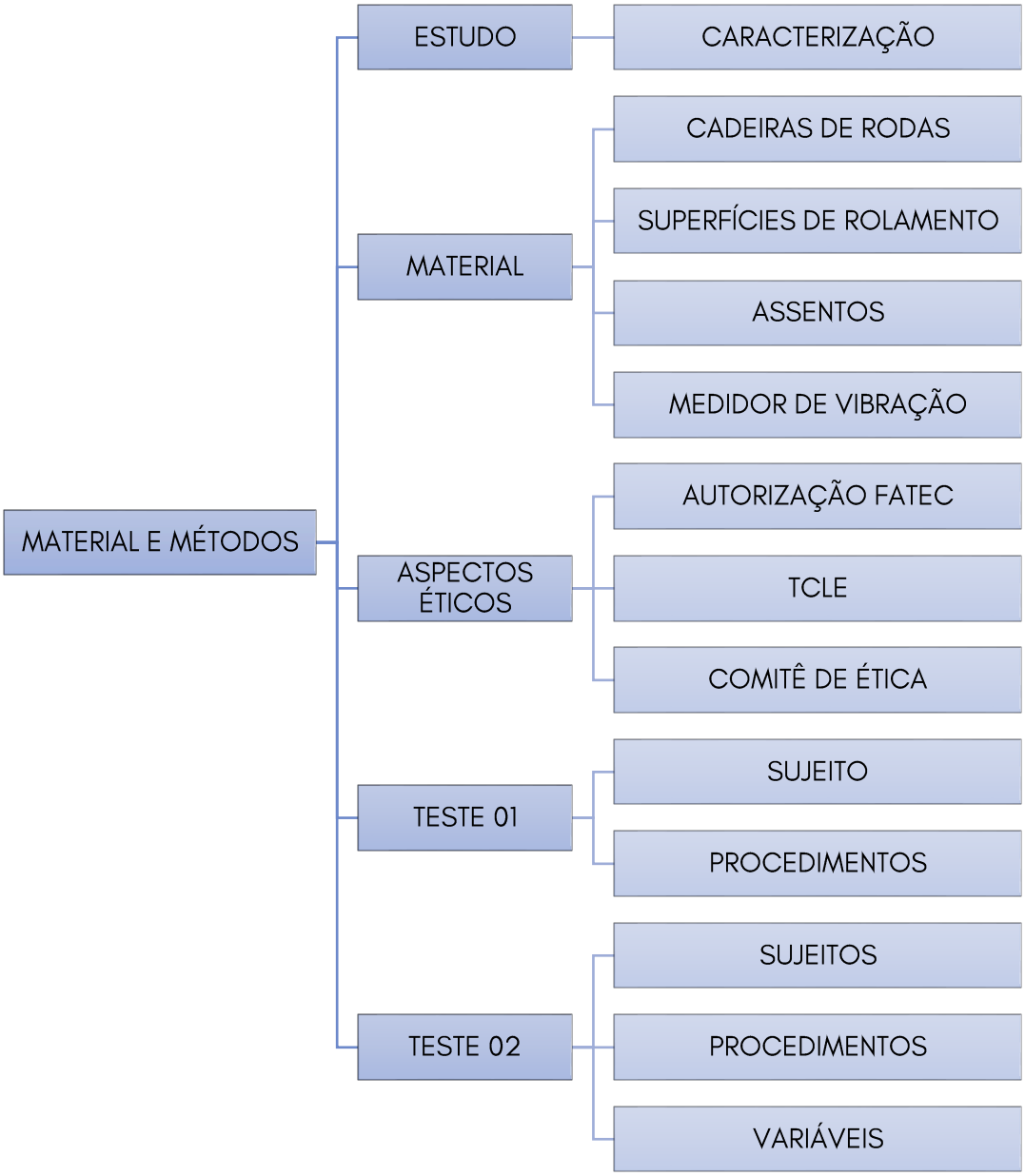
DiGiovine et al. (2003) realizaram pesquisa sobre VCI comparando quatro tipos de almofadas e sua capacidade de reduzir a transmissão da VCI. A coleta de dados foi realizada em uma cadeira de rodas manual com autopropulsão. O estudo sugere que almofadas compostas por espuma e ar tem níveis de vibração menores e as compostas por espuma e gel tem níveis de vibração maiores.

Em pesquisa referente ao assento das cadeiras de rodas, Vansickle et al. (2001) compararam almofadas comercialmente disponíveis. Os dados foram coletados em cadeiras conduzidas pelos próprios usuários em diferentes tipos de calçadas. Os autores concluíram que as almofadas dotadas internamente de bolsas de ar transmitiam níveis menores de vibração quando comparadas com as espumas sem ar.

# 3 MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento desta pesquisa envolveu duas etapas principais: TESTE 01 (piloto) e TESTE 02. Os procedimentos metodológicos adotados em ambos os testes estão esquematizados na Figura 10:

Figura 10 – Etapas metodológicas




Fonte: Os autores

## 3.1 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

Para caracterização deste estudo, foram considerados os tipos de pesquisa quanto à abordagem, à natureza, ao objetivo, aos procedimentos e ao desenvolvimento no tempo.

Quanto à abordagem, trata-se de uma pesquisa **quantitativa** que, conforme Fonseca (2002), tem resultados que podem ser quantificados e amostras:

> Geralmente grandes e consideradas representativas da população, sendo os resultados tomados como se constituíssem um retrato real de toda a população alvo da pesquisa. A pesquisa quantitativa se centra na objetividade. Influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, recolhidos com o auxílio de instrumentos padronizados e neutros. A pesquisa quantitativa recorre à linguagem matemática para descrever as causas de um fenômeno, as relações entre variáveis, etc. (FONSECA, 2002, p. 20).

Quanto à natureza, trata-se de uma pesquisa **aplicada** que busca produzir conhecimentos científicos voltados à solução de problemas concretos, podendo ser aplicados na prática. Além da produção do conhecimento, a pesquisa aplicada gera novos produtos e processos, tendo por finalidade principal a melhoria da qualidade de vida de um determinado público ou de uma população (FONTELLES et al., 2009).

A respeito do objetivo, uma das formas de tipificação das pesquisas, esta caracteriza-se por ser **exploratória** que busca explorar assuntos pouco conhecidos, visando um maior conhecimento dos fatos e fenômenos relacionados ao tema da pesquisa (GIL, 2009).

Quanto aos procedimentos, esta pesquisa é do tipo **experimental** que:

> Consiste essencialmente em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis capazes de influenciá-lo e definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto. Trata-se, portanto, de uma pesquisa em que o pesquisador é um agente ativo, e não um observador passivo (GIL, 2002, p. 7).

Por fim, em relação ao desenvolvimento da pesquisa no tempo, esta configura-se em **transversal**, cuja realização é feita em curto período de tempo (FONTELLES et al., 2009).

Em resumo, esta é uma pesquisa quantitativa, aplicada, exploratória, experimental e transversal.

## 3.2 MATERIAL

O material utilizado para os testes foram cadeiras de rodas, superfícies de rolamento, assentos e medidor integrado de vibração.

### 3.2.1 CADEIRAS DE RODAS

Foram utilizados dois modelos de cadeiras de rodas distintos no Teste 01 e 02, sendo o modelo AVD da marca Ortobrás no Teste 01 e o modelo PL001 da marca Prolife no Teste 02.

#### 3.2.1.1 Cadeira de rodas do Teste 01 (piloto)

A cadeira do Teste 01, modelo AVD da marca Ortobras, tem quadro dobrável (Figura 11) com características descritas no Quadro 2.

Figura 11 - Cadeira utilizada no Teste 01

Fonte: https://www.ortoponto.com.br/produto/cadeira-de-rodas-reclinavel-avd-aluminio-ortobras-dobravel-x-com-apoio-de-cabeca-662

Quadro 2 - Características da Cadeira Ortobras AVD

| CARACTERÍSTICA | DESCRIÇÃO |
|---|---|
| Sistema de locomoção | Autopropulsão: a cadeira é propulsionada pelo próprio usuário por meio da aplicação de força no aro de propulsão afixado nas rodas traseiras. |
| Tipo de quadro | Fechamento em "X" por articuladores. |
| Material do quadro | Alumínio aeronáutico |
| Rodas traseiras | Aro de 24" com pneus infláveis |
| Rodas dianteiras | Aro de 6" com pneus maciços rígidos |
| Aro propulsor | Bilateral em nylon injetado |
| Apoio para os braços | Com regulagem de altura e removíveis |
| Apoio para pés | Rebatível |
| Apoio para panturrilhas | Existente |
| Apoio de cabeça | Altura regulável estofada com espuma |
| Sistema de freios | Bilateral |
| Peso | 21 kg |

Fonte: Adaptado de https://www.ortoponto.com.br/produto/cadeira-de-rodas-reclinavel-avd-aluminio-ortobras-dobravel-x-com-apoio-de-cabeca-662

#### 3.2.1.2 Cadeira de rodas do Teste 02

Na coleta de dados do Teste 02 foi utilizada a cadeira de rodas manual da marca Prolife, modelo PL001, com pneu rígido, estrutura dobrável de aço carbono dobrável e assento em nylon, conforme pode ser vista na Figura 12. As principais características são apresentadas no Quadro 3.

Figura 12 - Cadeira de rodas utilizada na coleta de dados

Fonte: http://www.ortecortopedia.com/produto/cadeira-de-rodas-pl-001.html

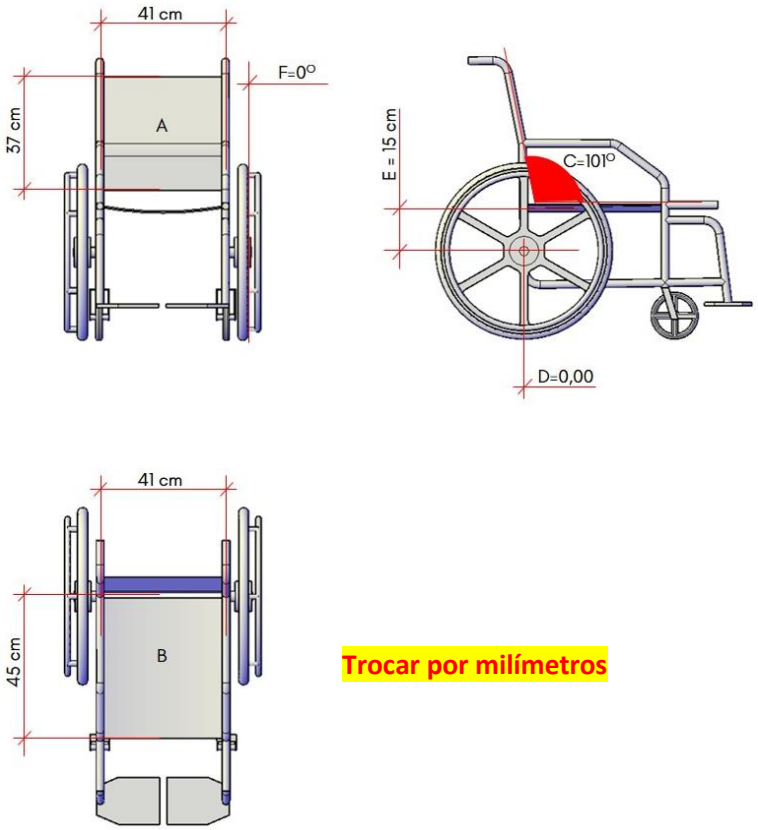
Quadro 3 - Características técnicas da Prolife PL001

| CARACTERÍSTICA | DESCRIÇÃO |
|---|---|
| Sistema de locomoção | Autopropulsão: a cadeira é propulsionada pelo próprio usuário por meio da aplicação de força no aro de propulsão afixado nas rodas traseiras. |
| Tipo de quadro | Fechamento em "X" |
| Material do quadro | Aço carbono |
| Rodas traseiras | Aro de 24" com pneus maciços rígidos |
| Rodas dianteiras | Aro de 6" com pneus maciços rígidos |
| Aro propulsor | Bilateral em nylon injetado |
| Apoio para os braços | Fixo em nylon injetado |
| Apoio para pés | Rebatível em nylon injetado |
| Sistema de freios | Bilateral |
| Peso | 12 kg |

Fonte: Adaptado de http://www.casamedica.com.br/cadeira-rodas-nylon-penu-macico12809/p

Demais componentes e configurações são importantes de serem considerados, pois determinam a mecânica da cadeira de rodas, a estabilidade e a biomecânica da propulsão manual (MEDOLA et al., 2014) podendo ser observados, para a PL001, na Figura 13.

Figura 13 - Configurações da PL001




Trocar por milímetros

**Legenda:**
A - Encosto (370 x 410 mm)
B - Assento (410 x 450 mm)
C - Ângulo entre assento e encosto (101°)
D - Posição horizontal do eixo das rodas traseiras em relação ao encosto
E - Posição vertical do eixo das rodas traseiras em relação ao assento
F - Ângulo de cambagem (inclinação da roda traseira em relação ao plano horizontal (0°)

Fonte: Os autores

### 3.2.2 SUPERFÍCIES DE ROLAMENTO

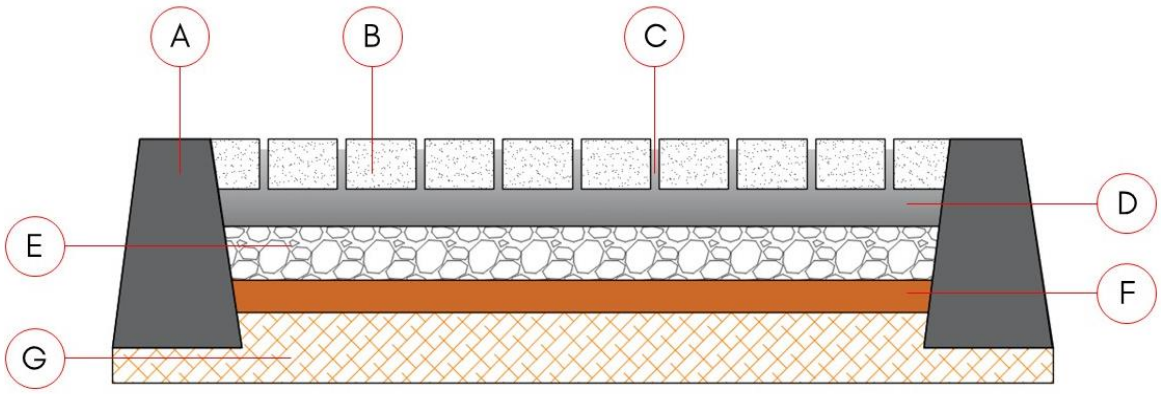
No Teste 01 foram utilizadas duas superfícies de rolamento, o pavimento cerâmico com juntas de dilatação de dois centímetros (Figura 14).

Figura 14 - Superfícies de rolamento do piloto

Fonte: A autora

Por sua vez, o Teste 02 foi realizado em apenas um tipo de superfície de rolamento, visto que a proposta principal da pesquisa é investigar tipos diferentes de almofadas. Foi escolhido um pavimento intertravado que, de acordo com a norma técnica NBR 9781 (ABNT, 2013), é um pavimento flexível constituído por quatro camadas assentadas sobre o leito (Figura 15): base, sub-base, camada de assentamento e camada de revestimento constituída por peças de concreto preenchidas por material de rejuntamento. O intertravamento deste sistema é proporcionado pelas contenções laterais e a absorção de esforços nos pavimentos flexíveis ocorre de maneira dividida entre as camadas de construção.

Figura 15 – Componentes do pavimento intertravado




**Legenda:**
A – Contenção lateral
B – Peças de concreto para pavimentação
C – Material de rejunte
D – Camada de assentamento
E – Base
F – Sub-base
G – Leito

**Fonte:** Adaptado de: http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-composicoes-aferidas-lote3-saneamento-infraestrutura-urbana/SINAPI_CT_LOTE3_INTERTRAVADO_v004.pdf

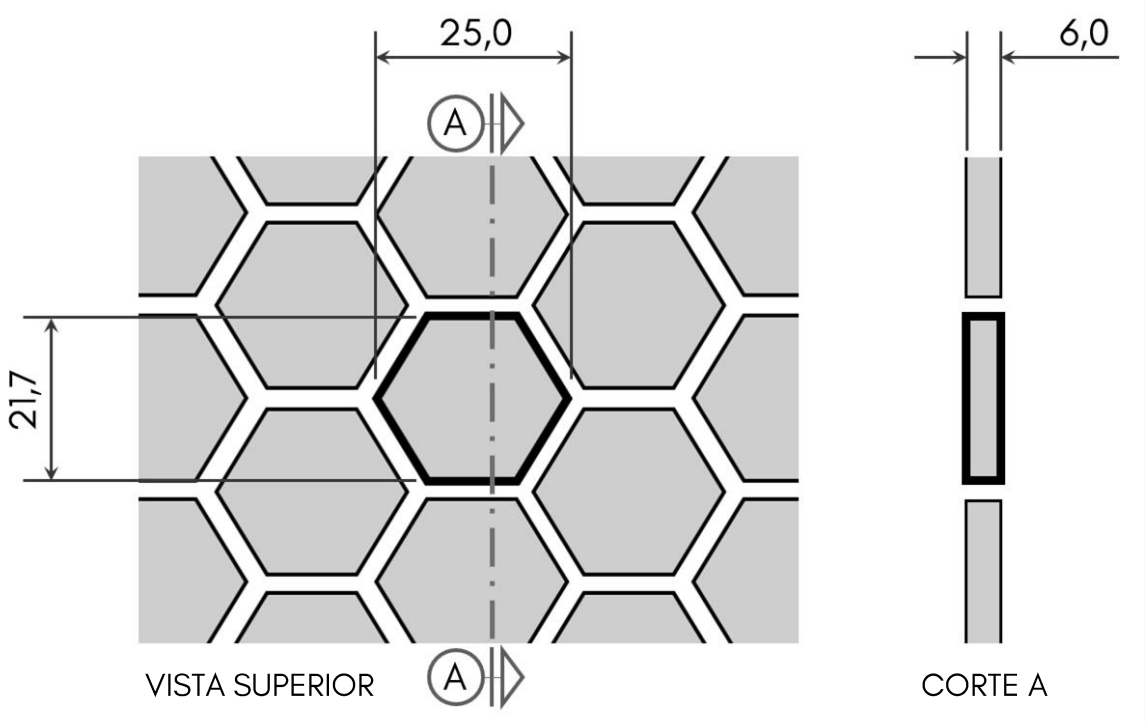
A norma técnica ABNT NBR 15953 de 2011 define as camadas supracitadas (camada de assentamento, base, sub-base e leito) como (ABNT, 2011):

a) Camada de assentamento: camada composta por material granular, que tem por função acomodar as peças de concreto proporcionando de forma correta a distribuição de carga e o nivelamento do pavimento;
b) Base: camada destinada a resistir e distribuir os esforços verticais oriundos dos veículos e sobre a qual se constrói um revestimento;
c) Sub-base: camada corretiva do subleito ou complementar à base, quando por qualquer circunstância não seja aconselhável construir o pavimento diretamente sobre o leito;
d) Leito: superfície obtida pela terraplanagem.

A matéria prima para a fabricação das peças de concreto é constituída por cimento (do tipo Portland), areia fina natural com grãos de diâmetro igual ou inferior a 0,6mm, areia média natural quartzosa, proveniente de leito de rio, com grãos de diâmetro máximo de 6,3 mm, pó de pedra, com grãos de diâmetro inferior a 6,3mm, pedra britada de diâmetro máximo de 9,5 mm, água livre de impurezas, aditivos e pigmentos (opcionais) (T&A, 2004).

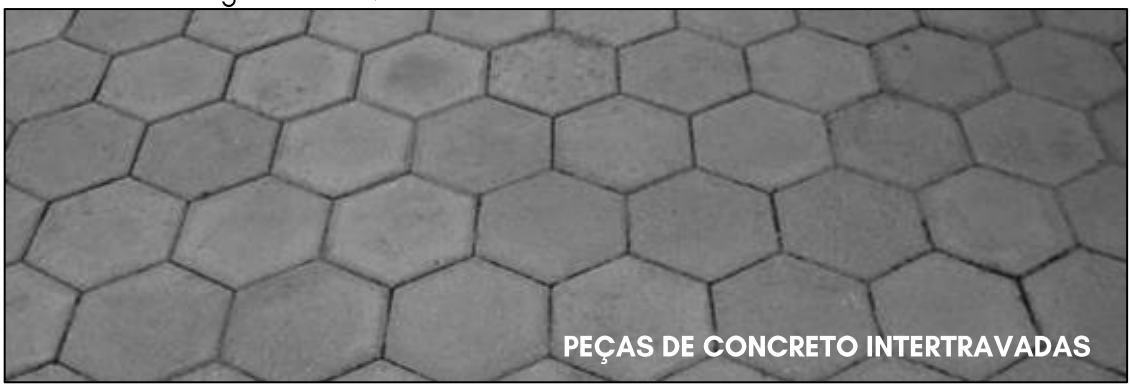
As peças de concreto utilizadas no pavimento escolhido são do tipo III, conforme classificação da norma técnica ABNT NBR 9781 de 2013, que possuem formatos geométricos característicos como trapézios, hexágonos, triedros, entre outros. No pavimento selecionado, as peças são hexagonais dimensionadas conforme Figura 16 (registrado na Figura 17), com espaçamento de rejunte de 2 centímetros e bordas bisotadas.

Figura 16 – Dimensionamento da peça hexagonal




Fonte: A autora

Figura 17 - Pavimento do estacionamento da FATEC Bauru




Fonte: Arquivo pessoal

No trecho utilizado para o percurso foram verificadas a inclinação transversal e a longitudinal, pois de acordo com a Norma ABNT NBR 9050 de 2015 (ABNT, 2015), que dispõe sobre acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, determina para áreas de circulação externa (situadas fora dos limites de uma edificação), a inclinação transversal de calçadas e outras vias não deve ser superior a 3% e a inclinação longitudinal não deve ultrapassar 8,33%. Para o cálculo das inclinações foram utilizadas as equações 3 (inclinação transversal) e 4 (inclinação longitudinal).

$$I_T = \frac{H.100}{L} \quad (3)$$

$$I_{\mathrm{L}} = \frac{H.100}{\mathrm{C}} \quad (4)$$

Onde:

$I_T$ = Inclinação transversal
$I_l$ = Inclinação longitudinal
H = Altura do desnível
L = Largura do desnível
C = Comprimento do desnível

As dimensões do trecho selecionado encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Inclinações da superfície de rolamento

| Dimensão | Desnível | Inclinação |
|---|---|---|
| Largura (L=2m) | 0,03m | 1,5 % |
| Comprimento (C=20m) | 0,08m | 0,4 % |

Fonte: A autora.

Por se tratar de um estacionamento, as inclinações transversal e longitudinal têm valores baixos, tendo o trecho escolhido para o percurso inclinações de acordo o determinado na Norma ABNT NBR 9050 de 2015.

### 3.2.3 ASSENTOS

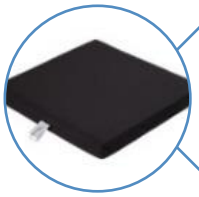
Das diversas superfícies de contato existentes entre cadeira de rodas e usuário, como assento, encosto, apoios de braços, pés, panturrilha, foi escolhido o assento como objeto de estudo deste trabalho. O assento pode ser utilizado conforme a cadeira sai de fábrica ou com adição de almofadas que, além do conforto, nas cadeiras de rodas são utilizadas para reduzir e distribuir as forças mecânicas aplicadas na pele e para diminuir a força de cisalhamento, prevenindo a ruptura da pele e o surgimento das úlceras de pressão. Ainda, deve favorecer a adoção de postura correta e favorecer as atividades funcionais do usuário (ABRIDEF, 2013). Os assentos almofadados também têm por finalidade garantir a estabilidade do usuário de cadeira de rodas, sendo fundamental em determinados casos de readequação postural.

São diversos os modelos existentes, podendo ser planas ou anatômicas e diversos os materiais utilizados, como espuma flexível de poliuretano, espuma viscoelástica, elastômeros, ar, fluido viscoso, entre outros. Para a verificação da vibração transmitida ao corpo humano através do assento, foram definidos assentos conforme descritos na Figura 18.

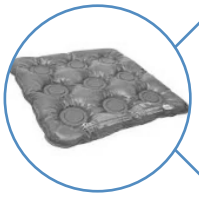
Figura 18 – Assentos escolhidos para a coleta de dados

Cadeira de rodas sem almofada: a cadeira de rodas Prolife PL001 o assento em lona sintética, afixado à estrutura da cadeira por meio de parafusos

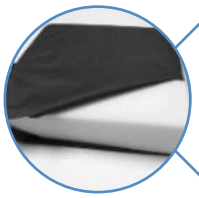
Almofada Roho Mosaic inflável constituída de células de ar interligadas



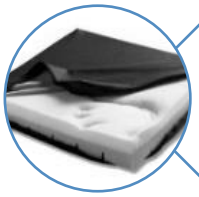
Almofada de espuma de poliuretano



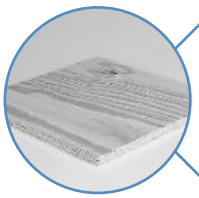
Almofada de gel



Almofada plana inflável com espuma viscoelástica



Almofada com composição mista de espuma de poliuretano, espuma viscoelástica e madeira compensada



Superfície de madeira compensada: além das almofadas, foi utilizada uma superfície de madeira compensada para realização da coleta de dados em associação com as almofadas citadas

Fonte: A autora.

### 3.2.3.1 Almofada de células de ar

A almofada de células de ar interligadas é inflável, podendo ser vista na Figura 19, com características no Quadro 4. Este tipo de almofada não é indicado aos usuários que tenham assimetria ou instabilidade postural (ABRIDEF, 2013).

Figura 19 - Almofadas de células de ar

Fonte: https://www.lojaortopedica.com.br/almofada-roho-mosaic.html

Quadro 4 – Características da almofada de células de ar interligadas

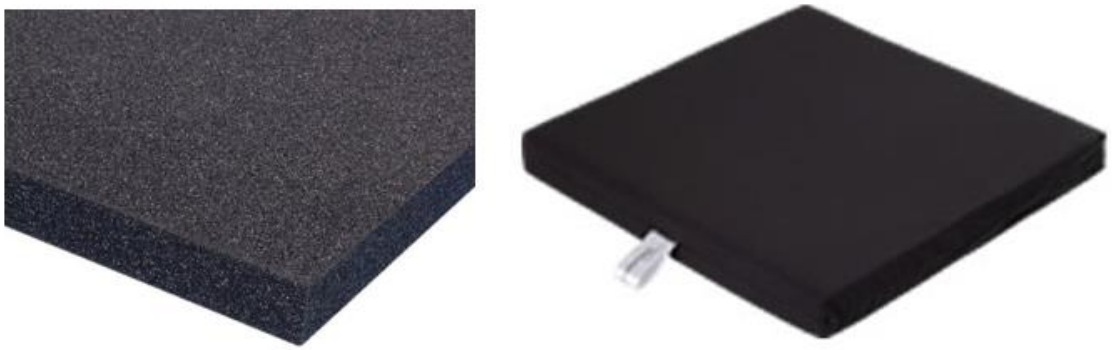
| | |
|---|---|
| Comprimento | 450 mm |
| Largura | 450 mm |
| Altura | 75 mm |
| Composição | Células de PVC interligadas infladas a ar |

Fonte: https://www.lojaortopedica.com.br/almofada-roho-mosaic.html

### 3.2.3.2 Almofada de espuma de poliuretano

As espumas flexíveis de poliuretano são produzidas a partir da reação de poliadição de um isocianato com poliol e reagentes, como os catalisadores, podendo ter estrutura flexível, semirrígida, rígida ou sólida. Tem seu uso voltado à fabricação de colchões e almofadas, como é o caso das almofadas para cadeira de rodas (Figura 20 e Quadro 5).

Figura 20 - Almofada de poliuretano



Fonte: https://www.santaapolonia.com.br/produtos/

Quadro 5 – Características da almofada de espuma de poliuretano

| | |
|---|---|
| Comprimento | 420 mm |
| Largura | 420 mm |
| Altura | 50 mm |
| Composição | Revestimento em tecido sintético<br>Espuma de poliuretano |

Fonte: https://www.santaapolonia.com.br/produtos/

### 3.2.3.3 Almofada de gel

A almofada de gel apresenta (Figura 21 e Quadro 6) com preenchimento feito em gel clínico, caracterizado pela alta viscosidade e translucidez que, ao ser disperso em água, resulta em um gel translúcido (DIAS, 2011).

Figura 21 - Almofada de gel

Fonte: https://www.perfetaflex.com.br/produtos

Quadro 6 - Características da almofada de gel

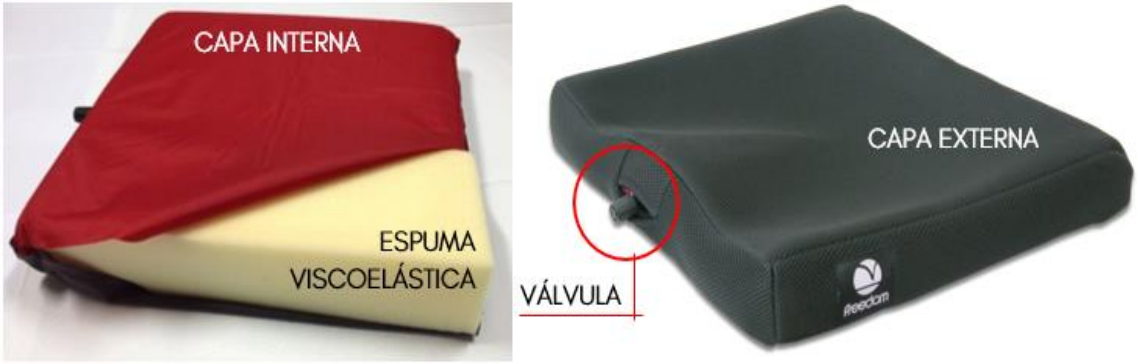
| | |
|---|---|
| Comprimento | 420 mm |
| Largura | 420 mm |
| Altura | 30 mm |
| Composição | Polímero carboxivinílico, espessante e água deionizada. |

Fonte: https://www.perfetaflex.com.br/produtos

### 3.2.3.4 Almofada inflável de espuma viscoelástica

A almofada inflável de espuma viscoelástica (Figura 22 e Quadro 7), com válvula de ar auto inflável posicionada na capa interna e envolvida pela espuma viscoelástica, não sendo utilizadas bombas ou outros acessórios para inflá-la.

Figura 22 - Almofada inflável de espuma viscoelástica




Fonte: http://www.freedom.ind.br/produto/saude/almofadas/almofada-ergonomica-freedom/

Quadro 7 - Características da almofada de espuma viscoelástica inflável

| | |
|---|---|
| Comprimento | 450 mm |
| Largura | 450 mm |
| Altura | 80 mm |
| Composição | Parte interna da almofada em espuma viscoelástica com memória de ar.<br>Capa interna em tecido de policloreto de vinila.<br>Capa externa em poliester na parte superior e em poliamida na parte inferior. |

Fonte: http://www.freedom.ind.br/produto/saude/almofadas/almofada-ergonomica-freedom/

Viscosidade é uma propriedade física dos fluidos e, conforme descrito por Nussenzveig (2018, p.48) é "a força volumétrica de atrito interno que aparece no deslizamento de camadas fluidas umas sobre as outras".

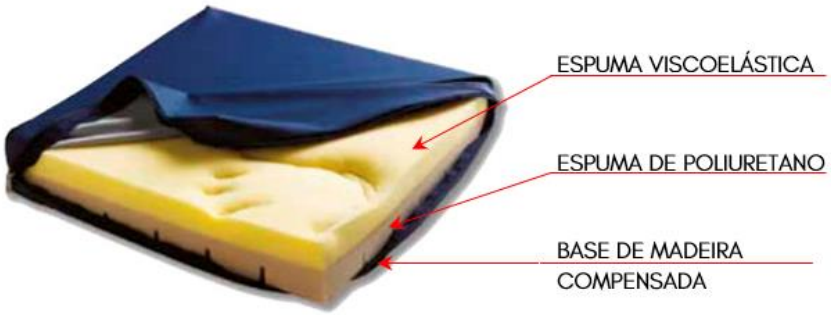
A elasticidade é um comportamento físico de corpos materiais que sofrem deformação ao serem submetidos a forças externas, retornando a sua forma original quando a força externa é removida (BAUER et al., 2012).

Materiais poliméricos que apresentam comportamento mecânico intermediário ao elástico e ao viscoso recebem o nome de viscoelásticos (CASSU, 2005), como ocorre com as espumas viscoelásticas (também chamadas de espumas com memória), que mantém a forma do corpo que lhe exerce pressão antes de voltar a sua forma original.

#### 3.2.3.5 Almofada mista

O último modelo de almofada escolhido para a pesquisa foi a almofada mista, que tem em sua composição dois tipos de espuma, posicionadas sobre uma superfície de madeira (Figura 23 e Quadro 8).

Figura 23 - Almofada mista




Fonte: A autora

Quadro 8 - Características da almofada mista

| | |
|---|---|
| Comprimento | 450 mm |
| Largura | 450 mm |
| Altura | 89 mm |
| Composição | Espuma viscoelástica de 30 mm<br>Espuma de poliuretano de 50 mm<br>Madeira compensada de 9 mm |

Fonte: A autora

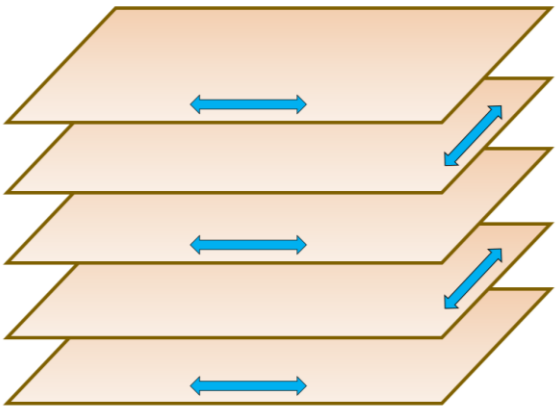
### 3.2.3.6 Madeira compensada

Para auxiliar em parte da coleta de dados, foi utilizada uma superfície de madeira compensada (Figura 24 e Quadro 9). Madeira compensada, ou simplesmente compensado, é constituído por finas lâminas de madeira sobrepostas, formando camadas unidas umas às outras por colas resistentes à água. As camadas adjacentes são coladas por laminação cruzada, ou seja, perpendicular uma à outra, para obter equivalência das propriedades elásticas e de resistência nas direções principais da chapa (Figura 25) (STAMATO; CALIL JUNIOR, 2002).

Figura 24 - Madeira compensada

Fonte: A autora

Figura 25 - Laminação cruzada



Fonte: Adaptado de: http://www.set.eesc.usp.br/cadernos/nova_versao/pdf/cee18_49.pdf

Quadro 9 - Características da madeira compensada

| | |
|---|---|
| Comprimento | 420 mm |
| Largura | 420 mm |
| Altura | 9 mm |
| Composição | Camadas de lâminas de madeira em laminação cruzada. |

Fonte: Arquivo pessoal

## 3.2.4 MEDIDOR INTEGRADO DE VIBRAÇÃO

As aferições dos níveis de vibração foram realizadas com o auxílio de um medidor integrado de vibração modelo Human Vibration Monitor 100 (HVM-100), marca Larson Davis (Figura 26).

É um instrumento que tem a função de medir as duas formas de exposição humana à vibração, a VCI e a vibração de mãos e braços. Este modelo de medidor coleta e armazena os dados de vibração de acordo com os requisitos das Normas ISO 2631, 5349 e 8041, através de três canais de entrada dos dados, correspondentes aos eixos (vetores) frontal (x), lateral (y) e vertical (z). Um quarto canal calcula e armazena informações de soma destes vetores.

Na aferição da VCI, o HVM 100 é utilizado conectado ao seat pad, sendo que os dados de vibração podem ter suas unidades configuradas em $m/s^2$, $cm/s^2$, $ft/s^2$, $in/s^2$ ou dB. Para a coleta dos dados desta pesquisa foi configurado em $m/s^2$.

Para cada eixo foi realizada a configuração, com os fatores de ponderação determinados por norma (**Eixo x** – Wd=1,4; **Eixo y** – Wd=1,0; **Eixo z** – Wd=1,4).

Figura 26 - Medidor integrador de vibração HVM-100

Fonte: http://www.larsondavis.com/products/humanvibration

Os sensores do HVM 100 são instalados no interior do seat pad, que é posicionado sobre o assento, para a medição da vibração que passa pelo assento e chega ao usuário (Figura 27).

Figura 27 - Sensores do seat pad

| SENSOR | DESCRIÇÃO |
|---|---|
| 1 | Terra |
| 2 | Saída eixo x |
| 3 | Saída eixo y |
| 4 | Sem conexão |
| 5 | Saída eixo z |

Fonte: http://www.larsondavis.com/ContentStore/mktg/LD_Manuals/HVM100%20manual.pdf

O medidor HVM 100 suporta, em sua memória interna, até 100 arquivos de registro de teste de histórico de tempo, incluindo todas as métricas necessárias. As informações armazenadas devem ser baixadas para um computador para análise e arquivamento, com auxílio de software específico de suporte. O software de suporte ao HVM 100 é o Blaze®, que a partir dos dados coletados dos vetores x, y e z, no caso da VCI, calcula a soma destes vetores, assim como traz as informações de aceleração RMS, mínima, máxima e de pico. O HVM 100 estava devidamente calibrado, conforme consta no Certificado de Calibração no. 93175/18 (Anexo 3).

## 3.3 ASPECTOS ÉTICOS

Os sujeitos que participaram da pesquisa são estudantes universitários dos cursos de Tecnologia em Sistemas Biomédicos e Tecnologia em Automação Industrial da Faculdade de Tecnologia (FATEC) situada na cidade de Bauru. Para a realização da pesquisa foi concedido pela faculdade um termo de autorização (Anexo 1).

Aos sujeitos foi aplicado um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (Apêndice 2) que atende à Resolução 196/96-CNS (MS, 1996), sobre diretrizes e normas regulamentadoras envolvendo seres humanos e à Norma ERG BR 1002 - Código de Deontologia do Ergonomista Certificado (ABERGO, 2003). Com o TCLE foi obtido o consentimento do sujeito, ao serem esclarecidas as especificidades da pesquisa, como a natureza acadêmico-científica, o objetivo pretendido e os procedimentos a serem realizados. Também é informado aos sujeitos o caráter não invasivo dos procedimentos, de modo a não causar desconforto ou qualquer risco a sua saúde durante a realização do experimento.

Esta pesquisa fez parte do projeto intitulado Design de Cadeira de Rodas: Implicações Ergonômicas na Mobilidade, Funcionalidade e Conforto dos Usuários, submetido e aprovado em Comitê de Ética e Pesquisa da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, da UNESP-Bauru, sob registro CAAE n. 32625014.2.0000.5398 e parecer n. 800.500 (Anexo 2).

## 3.4 TESTE 01 (PILOTO)

Esta fase, que envolveu uma pesquisa de campo, consistiu na medição da vibração transmitida ao usuário da cadeira de rodas, sendo adotada como referência a Norma NHO 09 e a Norma Internacional ISO 2631, parte 1 (ISO 2631, 1997).

### 3.4.1 SUJEITO - TESTE 01

Os dados foram coletados com um sujeito voluntário que não possui deficiência, com idade de 34 anos, altura de 1,77m e 80 kg. Durante os testes, o sujeito se locomoveu com a cadeira de rodas em velocidade constante, em torno de 0,70m/s.

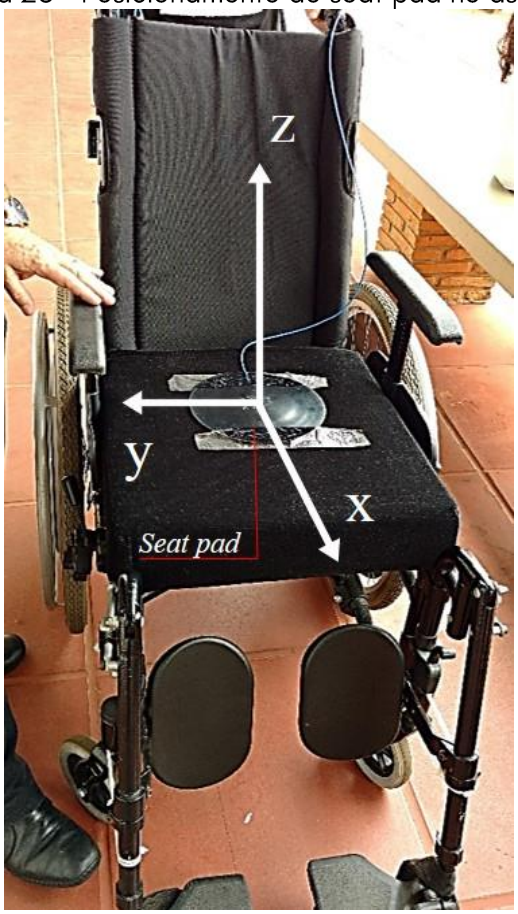
### 3.4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS - TESTE 01

Os procedimentos aqui apresentados referem-se ao posicionamento do seat pad na cadeira de rodas, assim como o percurso e o registro dos dados.

### 3.4.2.1 Posicionamento dos sensores na cadeira de rodas

Foi instalado o *seat pad* sobre o assento da cadeira ou sobre a almofada, como mostra a Figura 28.

Figura 28 – Posicionamento do seat pad no assento




Fonte: A autora

### 3.4.2.2 Percurso e registro dos dados

O percurso foi definido em relação ao tempo de deslocamento da cadeira, que foi de um minuto, sendo feitas três repetições para cada tipo de assento, em cada tipo de piso. No período de um minuto são registradas informações de sessenta dados, ou seja, um dado de vibração por segundo.

Para cada configuração (superfície de rolamento + assento) foram feitas três repetições, totalizando 24 medições de VCI, resultando em 1440 dados.

## 3.5 TESTE 02

### 3.5.1 SUJEITOS – TESTE 02

Alguns critérios foram previamente definidos para a realização do convite e seleção dos sujeitos para participação na coleta de dados. Estes critérios envolveram gênero, idade e condição de mobilidade.

Quanto ao gênero, optou-se pela uniformidade do gênero informado, no caso, o masculino. A coleta envolveu força, movimento e dinâmica corporal na propulsão da cadeira de rodas, tendo sido considerado que o comportamento neuromuscular, metabólico e morfológico entre homens e mulheres ocorrem de maneira diferenciada, mesmo expostos às mesmas situações físicas, conforme descrito por Salvador et al. (2005).

Para a idade foi determinado um intervalo etário de 18 (dezoito) a 40 (quarenta) anos. Sobre a condição de mobilidade, por se tratar de uma pesquisa experimental, os sujeitos simularam uma condição de mobilidade reduzida, ou seja, o uso da cadeira de rodas para o deslocamento, sem de fato apresentarem redução ou ausência da mobilidade. Isto porque sujeitos com deficiências motoras, especificamente de mobilidade, apresentam diferentes características quanto às condições de mobilidade, controle do tronco corporal, entre outros fatores de difícil controle na pesquisa.

Vinte e sete sujeitos participaram da coleta de dados, sendo, em síntese, jovens voluntários do gênero masculino (em sua totalidade estudantes universitários), não usuários de cadeira de rodas e com idade entre dezoito e quarenta anos. Para a sua caracterização, foi elaborada uma ficha, contendo informações básicas, sendo atribuído a cada sujeito um código (Quadro 10).

Quadro 10 – Ficha de identificação do sujeito participante

| | | |
|---|---|---|
| Nome: | | **CÓDIGO** |
| Idade: | Gênero: [ ] Feminino | [ ] Masculino |
| Altura: | Peso: | |
| É usuário de cadeira de rodas? | [ ] Sim | [ ] Não |
| Tem alguma lesão nos membros superiores? | [ ] Sim. Local: _____ | [ ] Não |
| Sente dores frequentes nos membros superiores? | [ ] Sim. Local: _____ | [ ] Não |

Fonte: A autora

As informações sobre altura e peso foram aferidas no momento da coleta de dados. Todas as informações do sujeito, assim como as informações a respeito da coleta foram inseridas em uma ficha individual do participante (Apêndice 1).

#### 3.5.1.1 Características antropométricas dos sujeitos

As características antropométricas aferidas nos participantes foram a idade (em anos), a altura (em metros) e a massa (em quilos). Também foi analisada a relação entre massa e altura de cada participante, sendo que o indicador antropométrico utilizado na análise da relação entre massa e altura foi o Índice de Quételet, cuja mais comumente denominação é Índice de Massa Corporal (IMC). Seu cálculo é feito de acordo com a Equação 5, sendo que o peso é considerado em quilogramas (Kg) e a altura em metros (m) (GUGELMIN; SANTOS, 2006).

$$IMC = \frac{PESO}{ALTURA^2} \quad (5)$$

Este índice é um bom indicador antropométrico da relação entre peso e altura, porém não totalmente correlacionado com a adiposidade do corpo humano, visto que a composição da estrutura corporal varia em função do sexo, idade, etnia. A diferença também pode existir devido às atividades exercidas, como ocorre entre atletas e pessoas sedentárias, pois este índice não diferencia a massa magra da massa gordurosa e nem a distribuição da gordura no corpo. É, no entanto, utilizado pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e adotado no Brasil para classificação de sobrepeso e obesidade, conforme pode ser observado na Tabela 2.

A Tabela 3 apresenta os dados antropométricos dos participantes da pesquisa.

Tabela 2 - Classificação internacional de obesidade segundo o IMC

| IMC | Classificação | Grau de obesidade |
|---|---|---|
| <18,5 | BAIXO PESO | 0 |
| 18,5 a 24,9 | EUTRÓFICO | 0 |
| 25 a 29,9 | SOBREPESO | 0 |
| 30 a 34,9 | OBESIDADE | I |
| 35 a 39,9 | OBESIDADE | II |
| ≥40 | OBESIDADE GRAVE | III |

Fonte: WORLD HEALTH ORGANIZATION. Obesity: preventing and managing the global epidemic. World Health Organization, 2000.

Tabela 3 - Características dos participantes da pesquisa

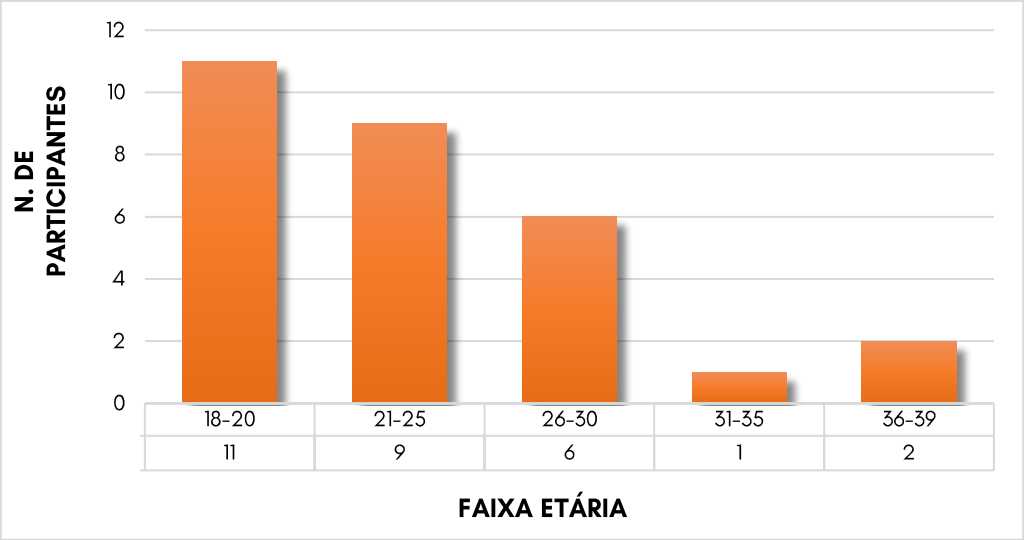
| Código | Idade (anos) | Altura (m) | Massa (kg) | IMC |
|---|---|---|---|---|
| P01 | 19 | 1,85 | 78,5 | 22,94 |
| P02 | 22 | 1,69 | 64 | 22,41 |
| P03 | 18 | 1,71 | 60 | 20,52 |
| P04 | 23 | 1,78 | 67,9 | 21,43 |
| P05 | 30 | 1,70 | 82,7 | 28,62 |
| P06 | 33 | 1,78 | 78,9 | 24,90 |
| P07 | 18 | 1,71 | 44,5 | 15,22 |
| P08 | 23 | 1,54 | 69 | 29,09 |
| P09 | 22 | 1,72 | 94 | 31,77 |
| P10 | 21 | 1,75 | 99,8 | 32,59 |
| P11 | 27 | 1,65 | 64 | 23,51 |
| P12 | 29 | 1,82 | 78,3 | 23,64 |
| P13 | 19 | 1,83 | 85,7 | 25,59 |
| P14 | 26 | 1,69 | 98 | 34,31 |
| P15 | 20 | 1,80 | 70,4 | 21,73 |
| P16 | 20 | 1,58 | 69,8 | 27,96 |
| P17 | 38 | 1,72 | 94,1 | 31,81 |
| P18 | 22 | 1,75 | 76 | 24,82 |
| P19 | 27 | 1,83 | 83 | 24,78 |
| P20 | 20 | 1,74 | 97 | 32,04 |
| P21 | 28 | 1,82 | 80 | 24,15 |
| P22 | 39 | 1,86 | 80 | 23,12 |
| P23 | 23 | 1,73 | 86 | 28,73 |
| P24 | 19 | 1,84 | 73 | 21,56 |
| P25 | 18 | 1,75 | 76 | 24,82 |
| P26 | 22 | 1,66 | 58 | 21,05 |
| P27 | 18 | 1,71 | 76 | 25,99 |
| MÉDIA | **23,9** | **1,74** | **77,2** | **25,52** |
| (DP) | **(±5,87)** | **(±0,08)** | **(±13,15)** | **(±4,47)** |

Fonte: A autora

A pesquisa não foi aplicada em pessoas deficientes ou com mobilidade reduzida, sendo que os sujeitos participantes declararam ausência de lesão nos membros superiores que pudesse influenciar na autopropulsão da cadeira de rodas. Dois destes declaram sentir dores esporádicas em segmentos do corpo (P07 dores nos ombros e P15 dores na região inferior das costas, porém no período da coleta de dados não estavam apresentando tal queixa.

A distribuição da amostra populacional por faixa etária variou entre 18 e 39 anos, com a maior concentração para o intervalo de 18 a 20 anos e menor concentração no intervalo de 31 a 35 anos (Figura 29). A média de idade foi de 23,7 anos, a mediana 22 anos e o desvio padrão de ±5,7 anos.

Figura 29 - Distribuição etária dos participantes

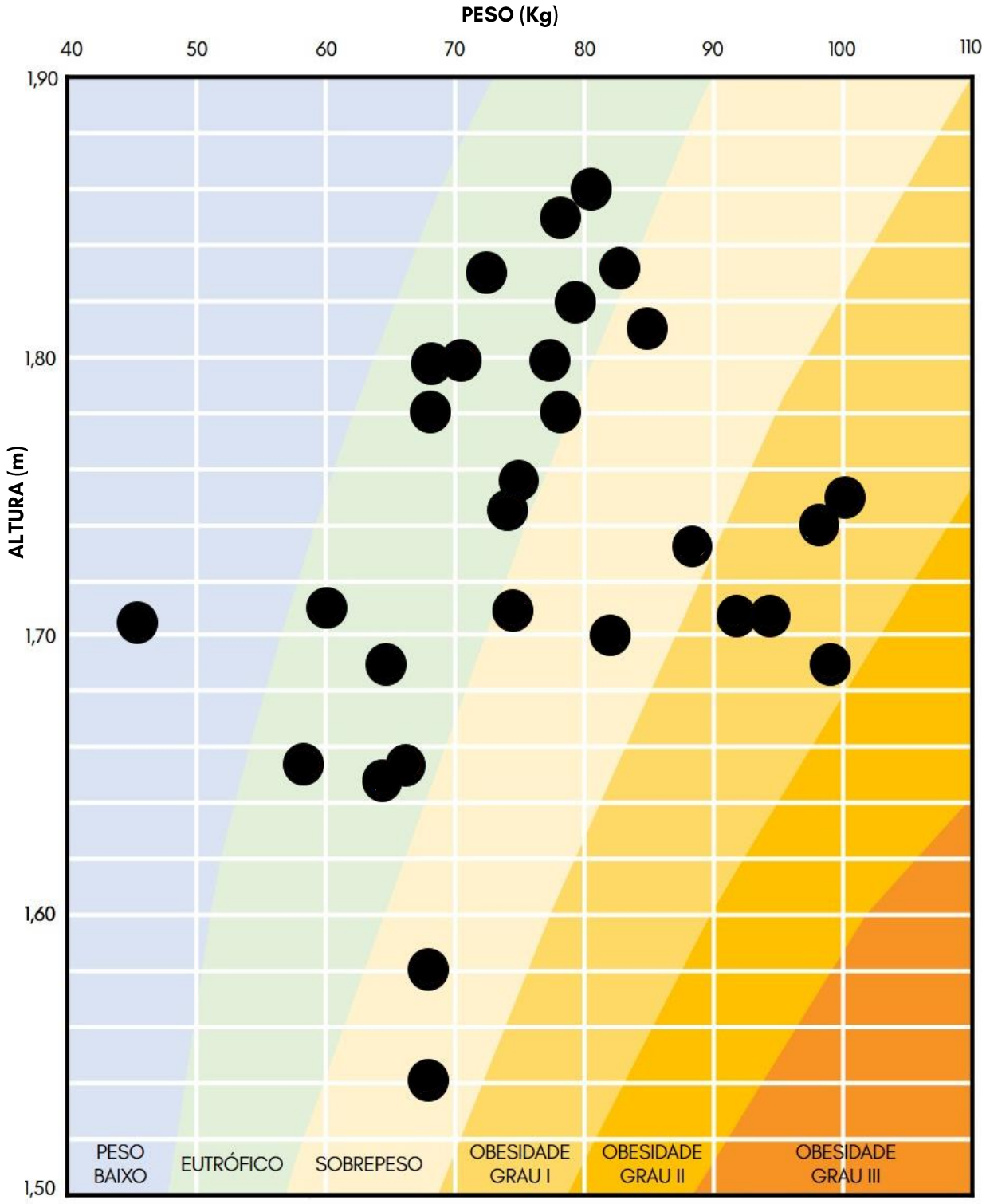



Fonte: A autora

A respeito do IMC calculado para os participantes, de acordo com a classificação da OMS, obteve-se que 3,44% dos participantes (n=1) apresenta baixo peso; 58,62% dos participantes (n=17) são eutróficos; 20,69% dos participantes (n=6) estão na faixa classificatória de sobrepeso e 17,24% dos participantes (n=5) apresenta obesidade grau I.

A relação entre o peso e a altura dos sujeitos está disposta na Figura 30, com os dados sobrepostos a um gráfico de IMC, elaborado a partir da classificação internacional citada anteriormente.

Figura 30 - Relação Peso e Altura e identificação de IMC



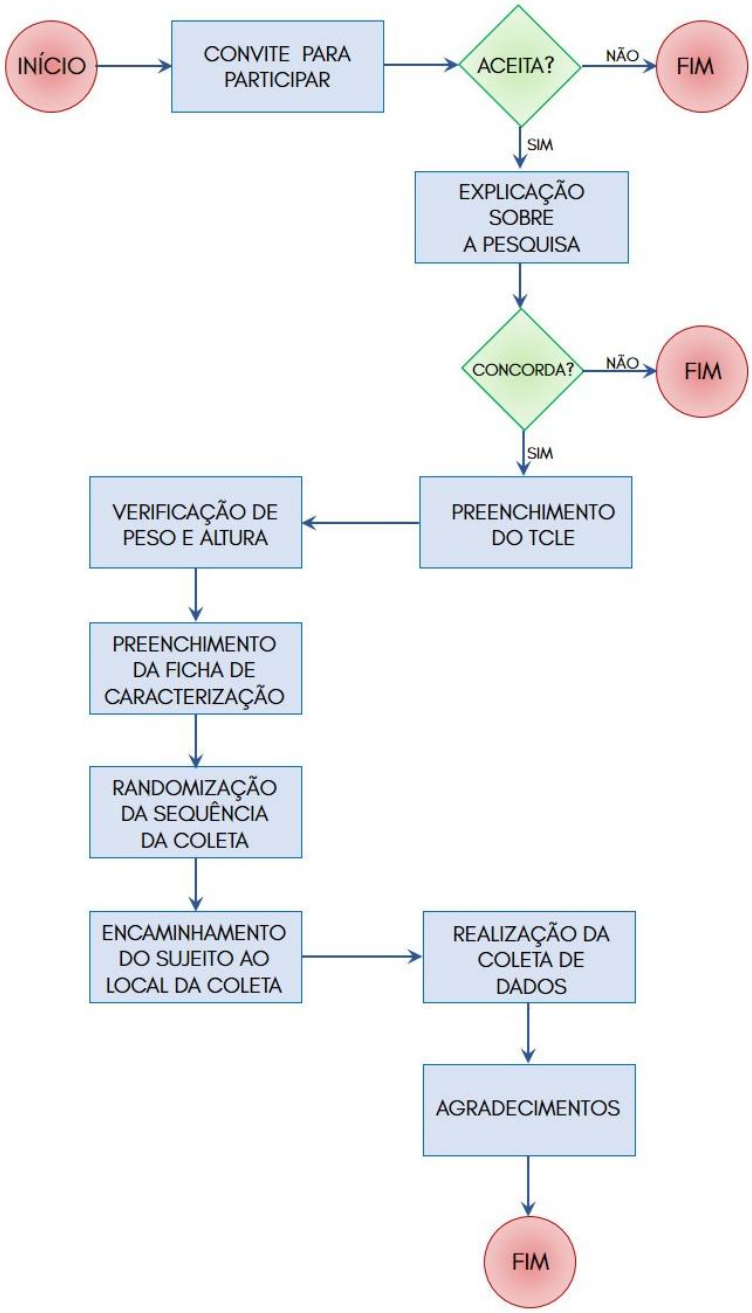

Fonte: A autora com gráfico IMC adaptado de http://indicedemasacorporal.10kg.org/table.php

### 3.5.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS – TESTE 02

#### 3.5.2.1 Abordagem ao sujeito

O processo inicial da coleta de dados ocorreu conforme fluxograma apresentado na Figura 31.

Figura 31 – Fluxograma das ações iniciais da coleta de dados

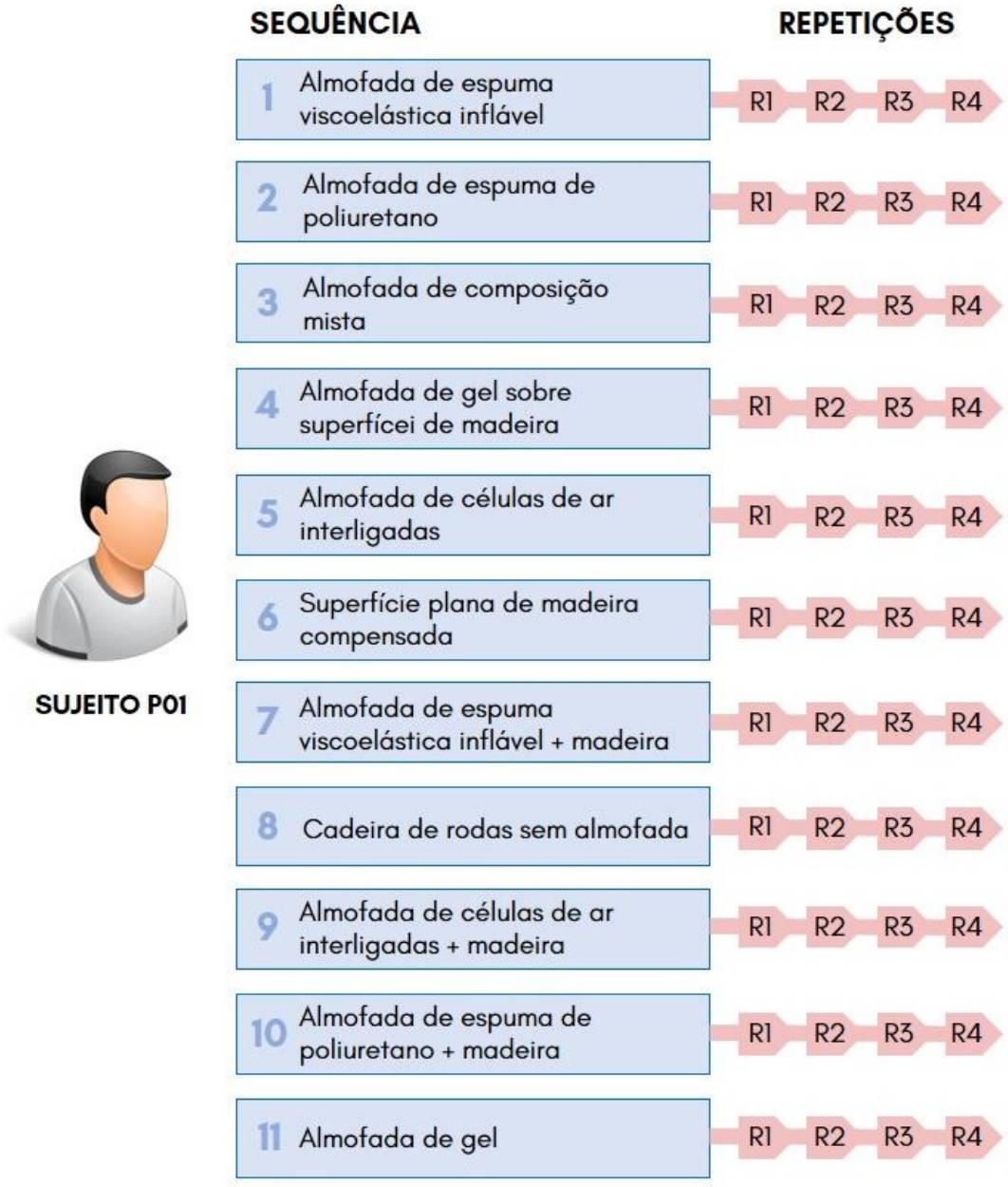



Fonte: Os autores

### 3.5.2.2 Sequência dos tipos de assento

A sequência dos tipos de assento foi randomizada (para cada sujeito) para a realização da coleta de dados. Para cada tipo de assento, foram feitas quatro repetições de percurso e registro dos dados. A Figura 32 traz um exemplo (do sujeito P01) da sequência de coleta após a randomização dos tipos de assentos, com as quatros repetições de cada.

Figura 32 – Exemplo de sequência dos assentos (sujeito P01)




Fonte: Os autores

As informações a respeito da sequência, repetições e do próprio percurso foram anotadas numa ficha, conforme demonstradas no Tabela 4.

Tabela 4 - Ficha de informações da coleta de dados (Exemplo Sujeito P01)

| **Assento** | **Arquivo** | **Sequência** | **Repetições** | $\Delta_S$ (m) | $\Delta_T$ (s) | $V_M$ (m/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | P01_A | 8ª | R1, R2, R3, R4 | 15 | 12,5 | 0,68 |
| B | P01_B | 5ª | R1, R2, R3, R4 | 15 | 11,95 | 0,75 |
| C | P01_C | 2ª | R1, R2, R3, R4 | 15 | 12,75 | 0,78 |
| D | P01_D | 11ª | R1, R2, R3, R4 | 15 | 13,25 | 0,8 |
| E | P01_E | 10ª | R1, R2, R3, R4 | 15 | 12,10 | 0,81 |
| F | P01_F | 3ª | R1, R2, R3, R4 | 15 | 11,75 | 0,79 |
| G | P01_G | 6ª | R1, R2, R3, R4 | 15 | 12,63 | 0,79 |
| H | P01_H | 9ª | R1, R2, R3, R4 | 15 | 11,5 | 0,77 |
| I | P01_I | 10ª | R1, R2, R3, R4 | 15 | 12,5 | 0,79 |
| J | P01_J | 4ª | R1, R2, R3, R4 | 15 | 13,25 | 0,79 |
| K | P01_K | 7ª | R1, R2, R3, R4 | 15 | 13,5 | 0,79 |

**Legenda:**

A. Sem almofada
B. Almofada de células de ar
C. Almofada de poliuretano
D. Almofada de gel
E. Almofada de viscoelástico inflável
F. Almofada mista
G. Superfície de madeira
H. Almofada de células de ar sobre superfície de madeira
I. Almofada de poliuretano sobre superfície de madeira
J. Almofada de gel sobre superfície de madeira
K. Almofada de viscoelástico inflável sobre superfície de madeira

$\Delta_T$ Tempo de exposição à vibração
$\Delta_S$ Distância percorrida
$V_M$ Velocidade média das quatro repetições

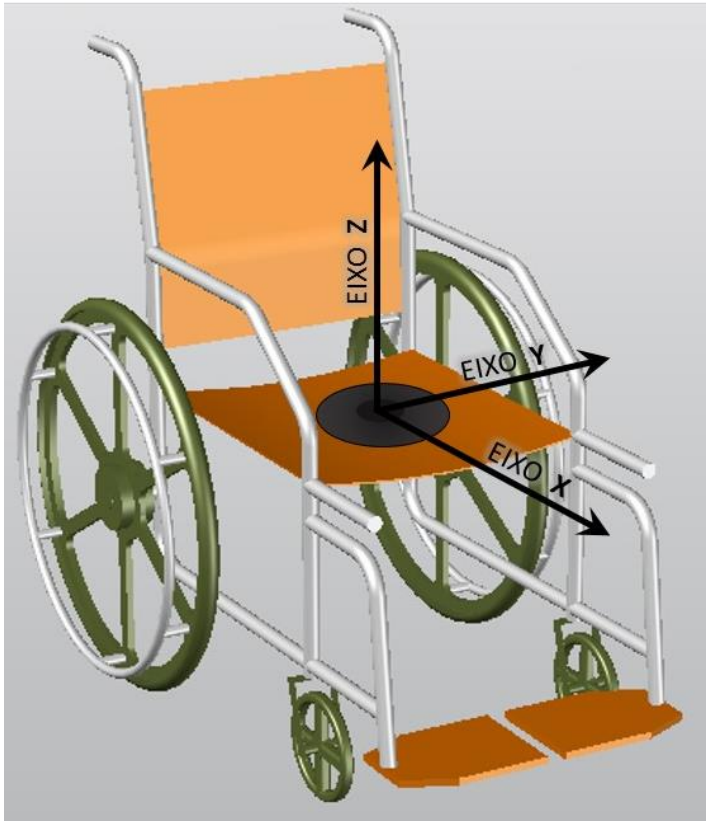
Fonte: A autora

O campo [ARQUIVO] foi destinado ao nome do registro das coletas de cada assento após ter sido transferido do medidor integrado de vibração HVM 100 para o computador. O campo [$V_M$] foi destinado ao cálculo da velocidade média das quatro repetições.

### 3.5.2.3 Posicionamento do seat pad na cadeira de rodas

Para a coleta dos dados o seat pad foi instalado sobre o assento da cadeira ou sobre a almofada com os eixos x, y e z posicionados conforme representação gráfica da Figura 33.

Figura 33 – Posicionamento do seat pad




Fonte: A autora

Cada eixo do seat pad refere-se a um sentido de movimento do corpo do usuário e da vibração exercida sobre esse sujeito no momento do deslocamento (Quadro 11).

Quadro 11 - Eixos do seat pad

| EIXO | SENTIDO | VIBRAÇÃO RETILÍNEA |
|---|---|---|
| X | FRONTAL | LONGITUDINAL |
| Y | LATERAL | TRANSVERSAL |
| Z | VERTICAL | VERTICAL |

Fonte: A autora

### 3.5.2.4 Percurso e coleta de dados

A coleta de dados foi realizada na Faculdade de Tecnologia de Bauru, sendo que o percurso (Figura 34) determinado para a coleta de dados foi divido em três partes:

a) Trecho de aceleração;

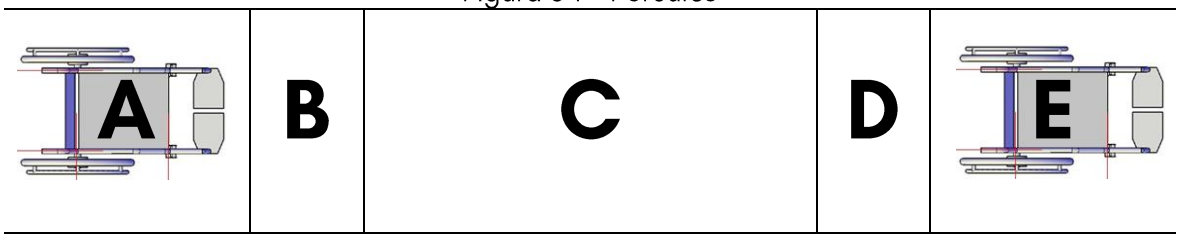
b) Percurso com velocidade estável;

c) Trecho de desaceleração.

O trecho de aceleração foi delimitado em 2 metros após a linha de início, onde o sujeito deveria iniciar a propulsão da cadeira de rodas acelerando por 2 metros, de forma a atingir uma velocidade estável.

Após os dois metros iniciais, o sujeito propulsionou a cadeira por 15 segundos tendo, portanto, dimensão linear variável de acordo com a velocidade do deslocamento. Este é o percurso em que os dados foram registrados e armazenados no HVM 100. Após os 15 segundos de velocidade estável, o sujeito desacelera, parando após 2 metros de desaceleração. Após a conclusão destas etapas, o medidor de vibração foi pausado e o sujeito se levantou da cadeira, sendo a mesma conduzida pela pesquisadora ao ponto inicial do percurso, dando início às repetições. Para cada tipo de assento, o sujeito fará este mesmo percurso quatro vezes.

Figura 34 - Percurso




**Legenda:**

A. PONTO DE PARTIDA
B. TRECHO DE ACELERAÇÃO DE 2 METROS
C. TRECHO DE VELOCIDADE ESTÁVEL PARA TEMPO DE 15 SEGUNDOS
D. TRECHO DE DESACELERAÇÃO DE 2 METROS
E. PARADA

Fonte: A autora

#### 3.5.2.5 Velocidade de deslocamento

A velocidade de deslocamento foi uma variável não controlada no estudo, tendo sido orientado aos sujeitos que a mesma fosse mantida constante durante as repetições na coleta de dados referentes à mesma configuração de assento e, que entre as diferentes configurações, não houvessem muitas variações na dinâmica corporal, podendo afetar o tempo de deslocamento.

Apesar destas orientações, os tempos percorridos no trajeto da coleta de dados não foi constante, resultando em diferentes valores de velocidade. Conforme observado por Wolf et al. (2004), estudos que avaliam atividades reais, como o uso de cadeira de rodas, tem a característica de simular a variação da dinâmica corporal, motivação e subjetividade do sujeito em todos os momentos de atividades da vida diária.

Para cada sujeito foi realizado o cálculo da velocidade (para cada configuração de assento) por meio da divisão da soma das velocidades das quatro repetições de coleta ($\Delta s_1 + \Delta s_2 + \Delta s_3 + \Delta s_4$) pelo tempo total ($\Delta t_{TOTAL}$) das quatro repetições (Equação 6).

$$V = \frac{\Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4}{\Delta T_{TOTAL}} \qquad (6)$$

Sendo:

V = Velocidade de cada configuração de assento

$\Delta S_1$ = Velocidade coletada na repetição 1

$\Delta S_2$ = Velocidade coletada na repetição 2

$\Delta S_3$ = Velocidade coletada na repetição 3

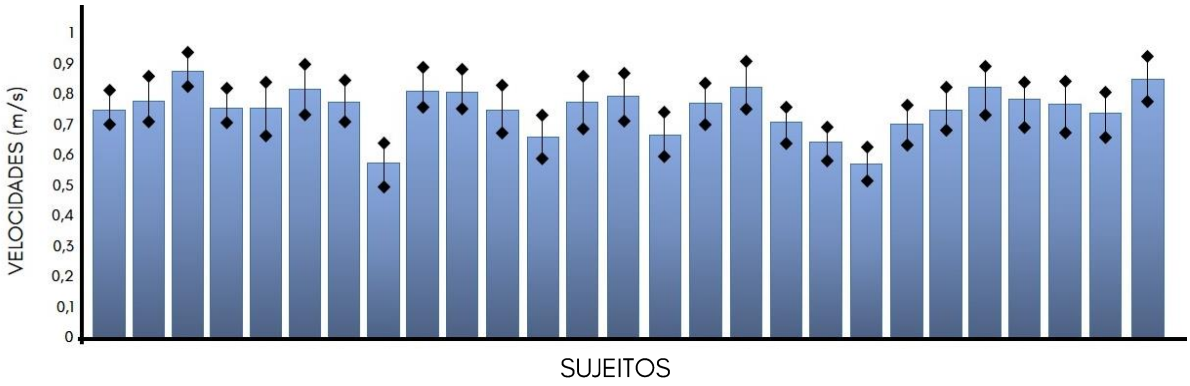
$\Delta S_4$ = Velocidade coletada na repetição 4

$\Delta T_{TOTAL}$ = Velocidade total das 4 repetições

A velocidade é uma das variáveis consideradas nas análises realizadas neste estudo a fim de correlacionar com valores obtidos de VCI nos três eixos, portanto, cada configuração de assento de cada sujeito tem um valor

específico de velocidade executada. O panorama das velocidades praticadas pelos sujeitos pode ser observado na Figura 35 que mostra as velocidades médias de cada sujeito, assim como os valores de desvio padrão.

Figura 35 - Média (com desvios padrão) das velocidades dos sujeitos.

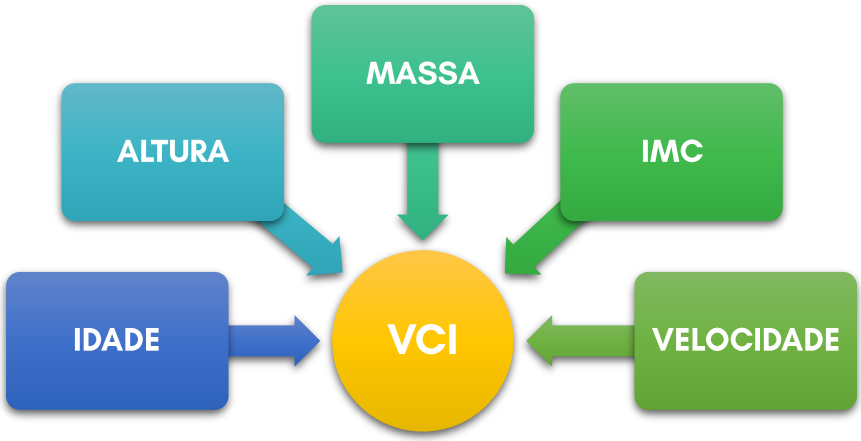



Fonte: A autora

### 3.5.3 VARIÁVEIS

Para a investigação da Vibração de Corpo Inteiro em usuários de cadeiras de rodas, foram estudadas a influência das variáveis IDADE, MASSA, ALTURA, IMC e VELOCIDADE em relação à VCI (Figura 36), por meio do Coeficiente de Correlação de Spearman.

Figura 36 - Média (com desvios padrão) das velocidades dos sujeitos.




Fonte: A autora

# 4 RESULTADOS

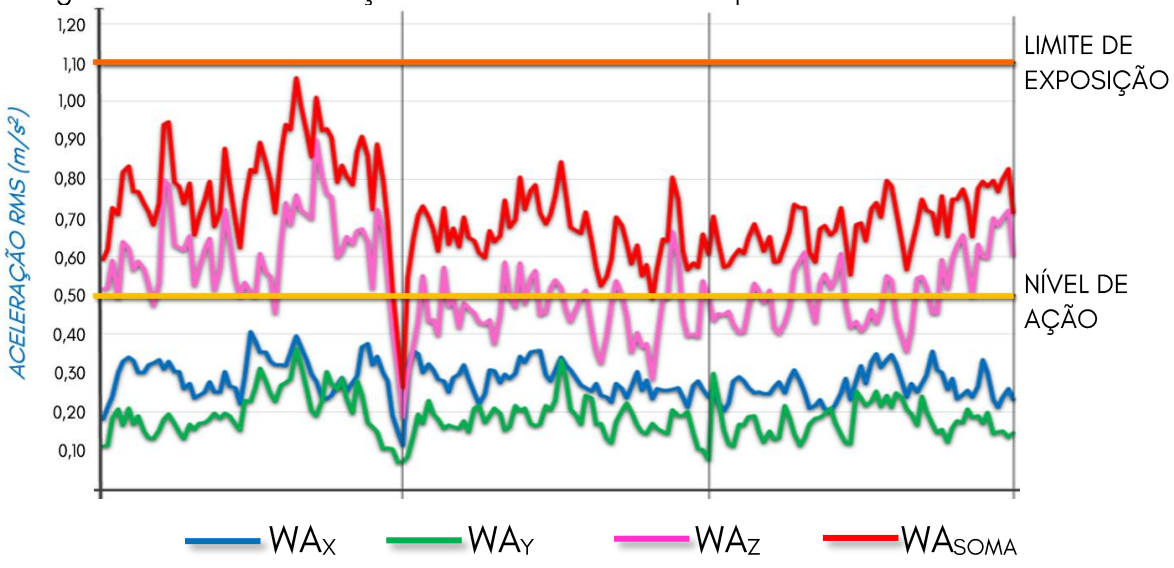
## 4.1 RESULTADOS DO TESTE 01 (PILOTO)

Com os dados coletados de cada registro, foram gerados gráficos contendo a aceleração ponderada (WA) RMS que ocorre em cada eixo (x, y e z), expressa em metros por segundo ao quadrado (m/s$^2$), distribuída no período de tempo de cada coleta registrada, que foi de um minuto. Também foi alocada nos gráficos a soma vetor da aceleração ponderada dos três eixos. Foram considerados na análise os valores de nível de ação (0,5 m/s$^2$) e limite de exposição (1,15 m/s$^2$).

### 4.1.1 PISO CERÂMICO E CADEIRA SEM ALMOFADAS

A Figura 37 mostra as medições feitas para os registros 1, 2 e 3. As vibrações medidas nos eixos x e y encontram-se em nível seguro, abaixo do nível de ação e a vibração medida no eixo z encontra-se quase na sua totalidade acima do nível de ação, chegando a valores muito próximos do limite de exposição.

Figura 37 – Níveis de vibração em cadeira de rodas em piso cerâmico sem almofadas.



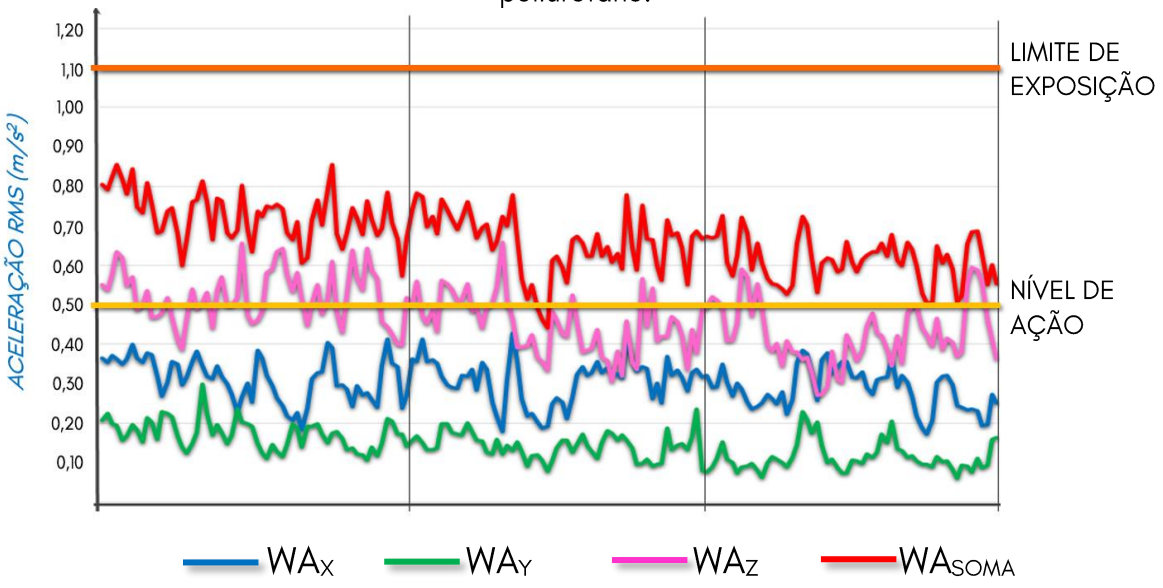

Fonte: A autora.

Percebe-se que a cadeira sem almofada transmite vibração ao corpo humano, nos eixos x e y, com valores baixos de aceleração RMS, mas com frequência significativa, não absorvendo a vibração nos momentos em que ocorrem solavancos, ou seja, quando a roda passa pelas juntas de dilatação do piso cerâmico. No eixo z tanto o nível quanto a frequência são maiores, sendo que a soma das acelerações se aproxima do limite de exposição.

### 4.1.2 PISO CERÂMICO COM ALMOFADA DE POLIURETANO

Na segunda situação estudada, mostrada no gráfico da Figura 38, a vibração verificada nos eixos x e y estão abaixo do nível de ação e o eixo z, em diversos trechos o ultrapassa. A almofada de espuma de poliuretano permite uma oscilação maior no eixo x, ocasionando maior movimentação frontal do usuário da cadeira de rodas. No sentido lateral (eixo y), frequência e aceleração são menores. No eixo z ambos os fatores são maiores, sendo que a soma das acelerações, em sua totalidade, ultrapassa o nível de ação. A análise realizada sugere que esta almofada não absorve os solavancos, transmitindo as vibrações no sentido vertical, ou seja, à coluna vertebral do usuário.

Figura 38 – Níveis de vibração em cadeira de rodas em piso cerâmico com almofada de poliuretano.

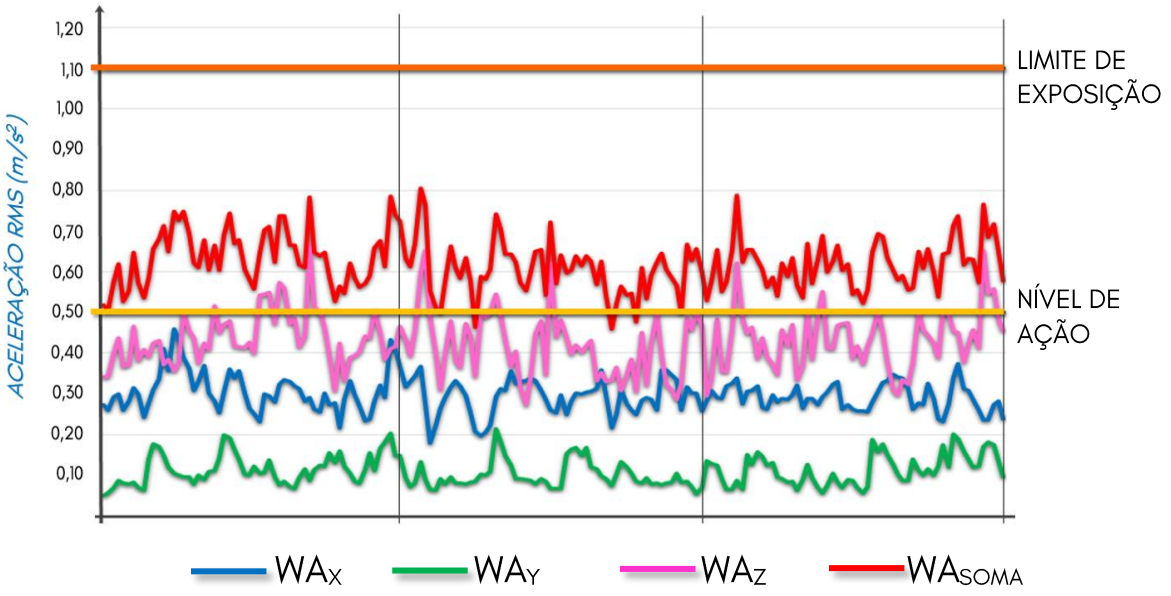



Fonte: A autora.

### 4.1.3 PISO CERÂMICO COM ALMOFADA MISTA

A Figura 39 com os registros 7, 8 e 9 (piso cerâmico com almofada de viscoelástico) apresenta um gráfico sensivelmente diferente em relação à vibração medida no eixo z, pois encontra-se concentrado, em sua maioria abaixo do nível de ação, porém com acelerações máximas de cada registro deste eixo acima do nível de ação. Os eixos x e y continuam abaixo do nível de ação. A soma das acelerações ponderadas (WA) dos três eixos acima do nível de ação. O que pode ser observado com a almofada mista é que o nível de aceleração nos três eixos não é alto (abaixo de 0,5 m/s$^2$). A soma ultrapassa este valor que determina o nível de ação. O que mais chama a atenção nesta situação é que a amplitude é alta, demonstrando grande oscilação de aceleração RMS nos três eixos, sendo possível entender que este material da almofada não absorve a oscilação nos momentos em que a cadeira passa pelas depressões (juntas de dilatação), transmitindo a vibração ao corpo humano.

Figura 39 – Níveis de vibração em cadeira de rodas em piso cerâmico com almofada mista



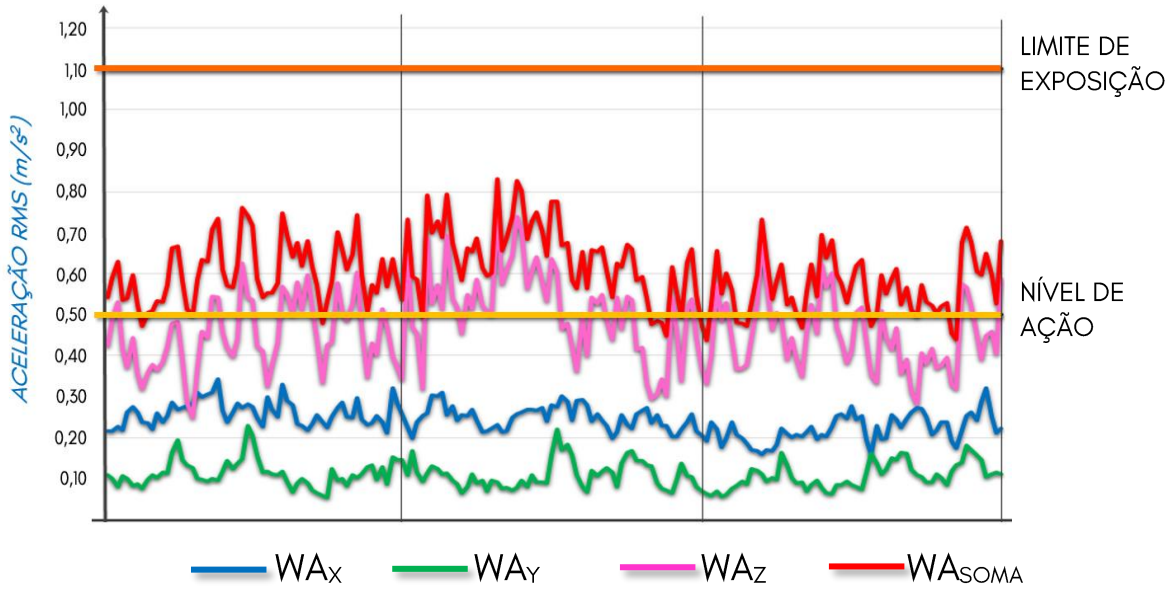

Fonte: A autora.

### 4.1.4 PISO CERÂMICO COM ALMOFADA DE CÉLULAS DE AR INTERLIGADAS

Na situação de piso cerâmico com almofada de células de ar (Figura 40), o que é mais perceptível é que os eixos x e y tiveram a oscilação em suas acelerações ponderadas suavizadas, porém a oscilação do movimento vibratório no eixo z apresenta grande frequência e nível médio de aceleração, em parte acima do nível de ação. A soma das acelerações ponderadas (WA) dos três eixos está entre o nível de ação e o limite de exposição.

Apesar de as almofadas de células de ar não transmitirem tanto a vibração nos eixos x e y, no eixo z esta vibração é transmitida ao corpo humano em maiores níveis.

Figura 40 – Níveis de vibração em cadeira de rodas em piso cerâmico com almofada de células de ar



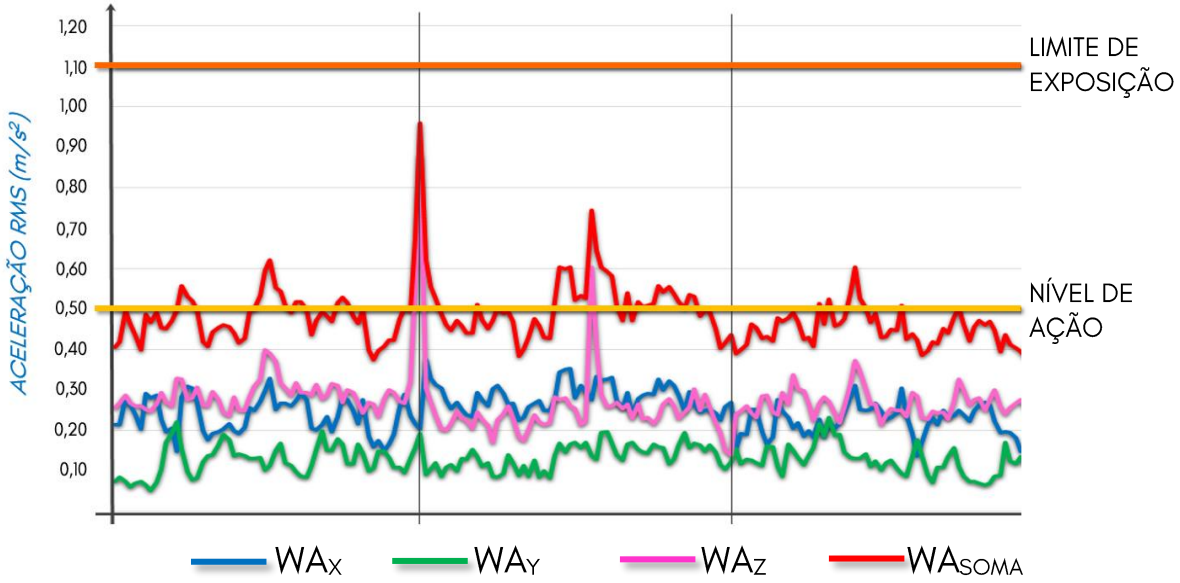

Fonte: A autora.

### 4.1.5 PISO ASFÁLTICO E CADEIRA DE RODAS SEM ALMOFADA

Os próximos registros foram coletados no piso do tipo asfáltico. A Figura 41 os dados coletados com a cadeira de rodas sem almofada (registros 13, 14

e 15). Por apresentar uma superfície de rolamento mais uniforme, sem os solavancos causados pelas juntas de dilatação existentes no piso cerâmico, as acelerações RMS dos três eixos são em níveis mais baixos, ficando somente a soma das acelerações ponderadas próximas e acima de 0,5 m/s$^2$. Observa-se que qualquer irregularidade no piso tem um grande impacto no eixo z, o que consequentemente leva à transmissão da vibração no sentido vertical ao corpo humano.

Figura 41 – Níveis de vibração em cadeira de rodas em piso asfáltico sem almofada



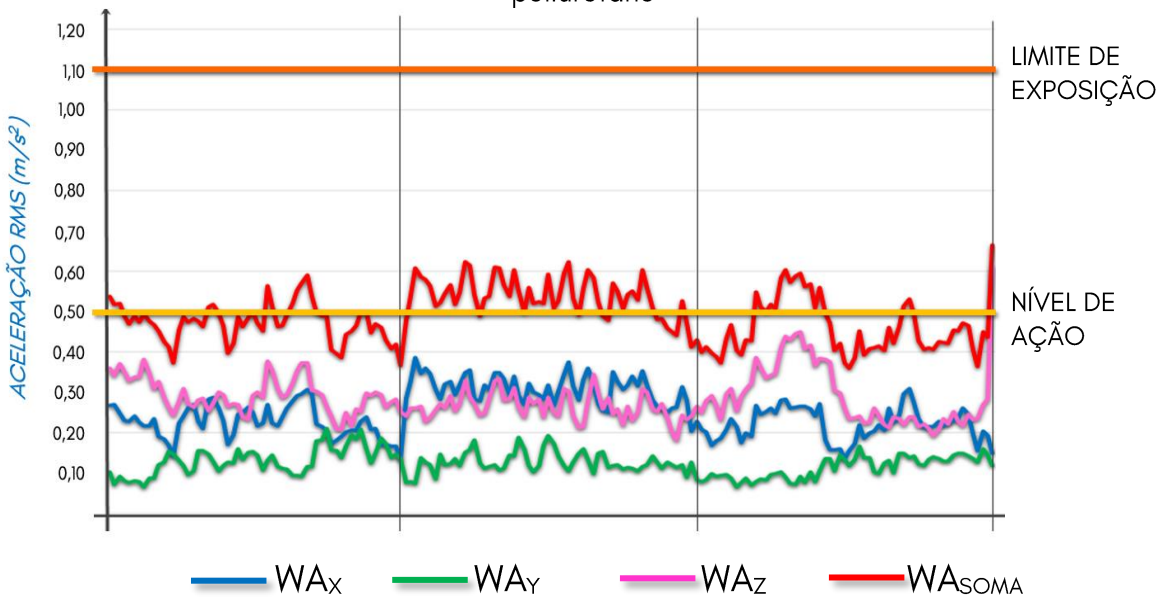

Fonte: A autora.

### 4.1.6 PISO ASFÁLTICO E ALMOFADA DE POLIURETANO

Na situação em que a cadeira de rodas está equipada com a almofada de poliuretano (Figura 42). O eixo y é o que se encontra com níveis menores de vibração e a soma das acelerações ponderadas encontra-se, em sua maioria, acima do nível de ação.

Neste caso, o eixo z não é o determinante no fato de a soma das acelerações ultrapassarem o nível de ação, o eixo x tem igual influência, sendo que o eixo y é o que apresenta menores valores de aceleração e frequência.

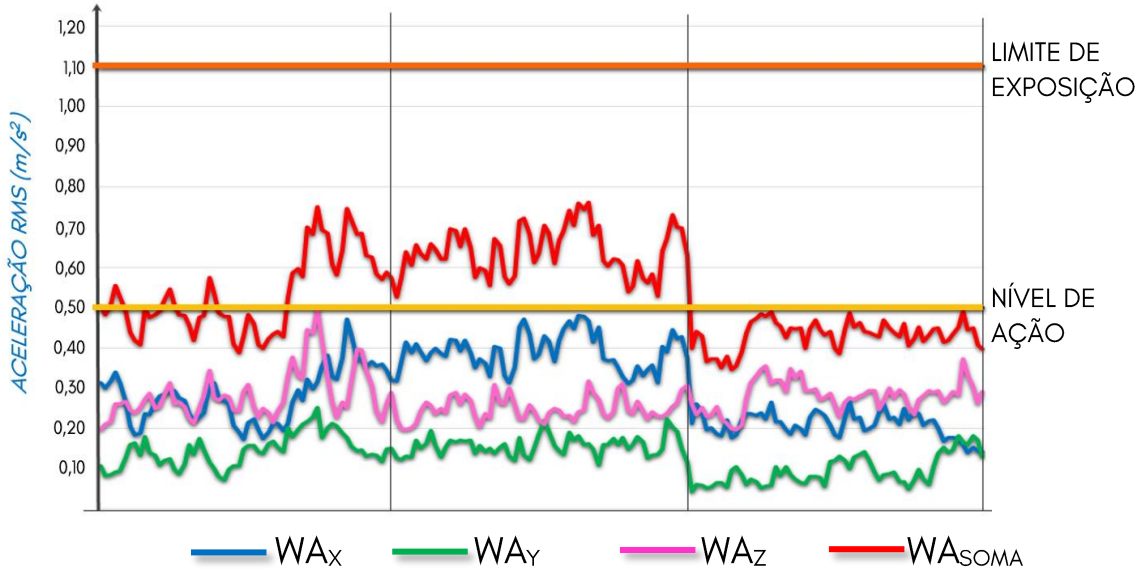
Figura 42 – Níveis de vibração em cadeira de rodas em piso asfáltico e almofada de poliuretano




Fonte: A autora.

### 4.1.7 PISO ASFÁLTICO E ALMOFADA MISTA

Figura 43 – Níveis de vibração em cadeira de rodas em piso asfáltico e almofada mista



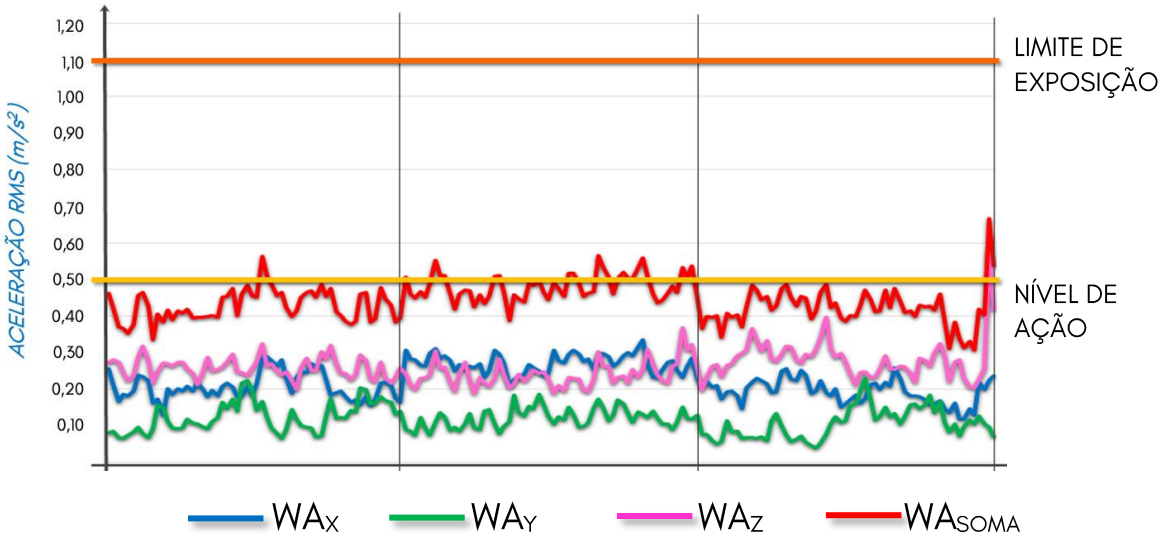

Fonte: A autora.

A Figura 43 apresenta os dados coletados com a cadeira de rodas equipada com almofada mista. O eixo y, novamente, é o que se encontra com níveis menores. O eixo x tem as maiores acelerações e o eixo z as maiores frequências, significando que a vibração que mais pode afetar a saúde do usuário é transmitida ao corpo humano pelo eixo vertical, atingindo sua coluna vertebral. A soma das acelerações ponderadas encontra-se, nos registros 19 e 20, acima do nível de ação. A elevação dos níveis de vibração verificados na soma das acelerações deve-se, principalmente, aos valores obtidos nos eixos x e z, sendo que em alguns momentos o x teve maiores níveis de aceleração RMS.

### 4.1.8 PISO ASFÁLTICO E ALMOFADA DE CÉLULAS DE AR

A Figura 44 apresenta os dados obtidos a partir da coleta em piso asfáltico e cadeira de rodas com almofada de células de ar interligadas. Os eixos x e z apresentam valores de vibração semelhantes, ambos abaixo do nível de ação e o eixo y apresenta níveis menores de aceleração. A soma das acelerações apresenta valores baixos, em sua maioria abaixo do nível de ação. Nesta situação, a oscilação do movimento vibratório no eixo z é mais constante, indicando uma menor transmissão da vibração no sentido vertical.

Figura 44 - Níveis de vibração em cadeira de rodas em piso asfáltico e almofada de células de ar

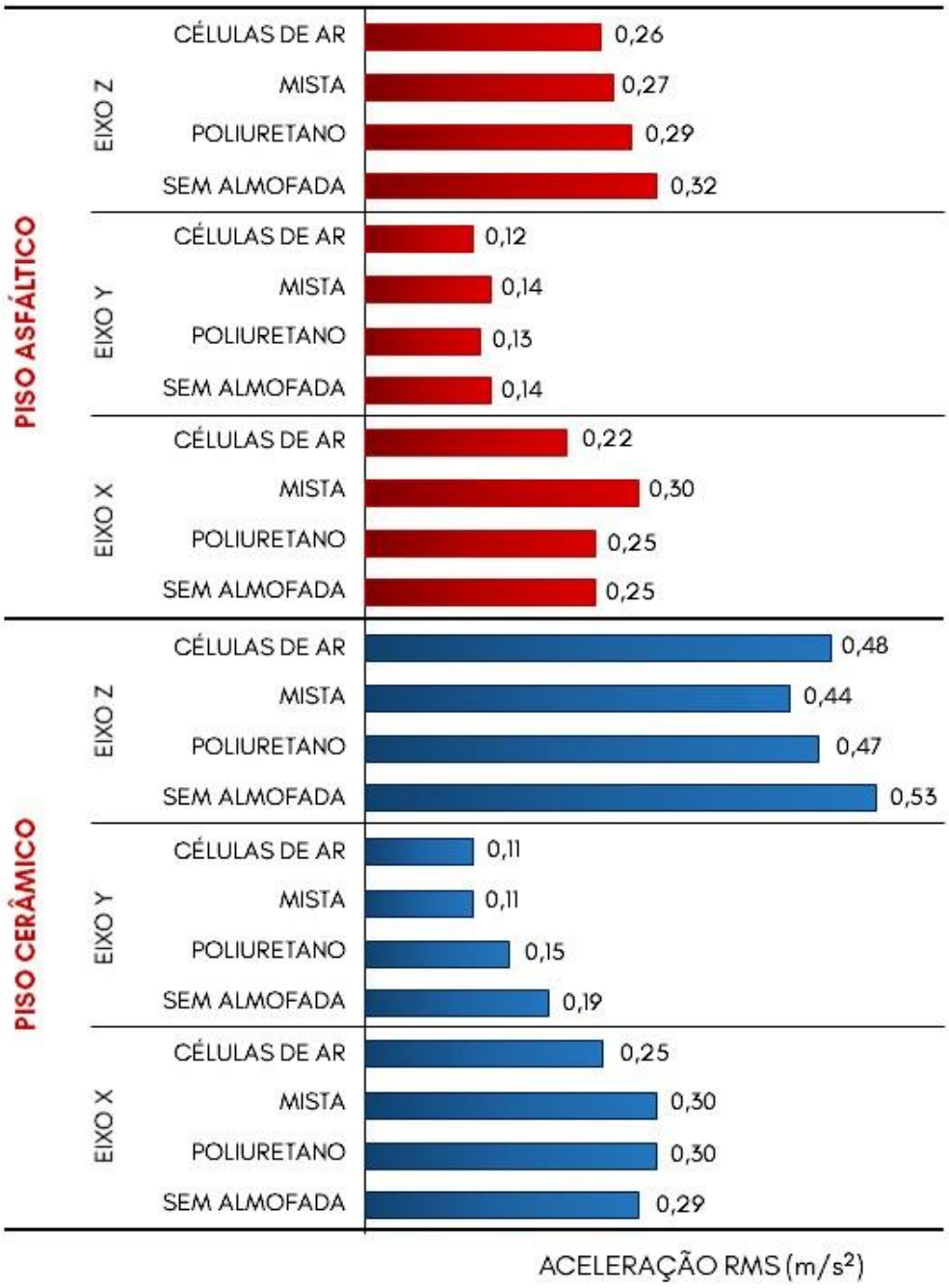



Fonte: A autora.

### 4.1.9 ANÁLISE DAS MÉDIAS DAS ACELERAÇÕES PONDERADAS

Apesar de o eixo z ser o mais utilizado em análises de indivíduos em posturas sentadas, foram comparadas as médias das acelerações ponderadas feitas para cada situação (piso e assento) em relação nos três registros coletados (Figura 45).

Figura 45 - Comparação das acelerações médias por eixo nos pisos cerâmico e asfáltico




Fonte: A autora.

### 4.1.10 ANÁLISE COMPARATIVA DO EIXO Z

O eixo z (sentido vertical do corpo) apresentou valores maiores de vibração transmitida, como era esperado por se tratar de análises em posturas sentadas. No piso asfáltico, que é mais homogêneo e com menos irregularidades como as depressões, a almofada de células de ar interligadas absorveu mais a vibração que chegou no eixo z.

No piso cerâmico, que tem por principal característica a presença de juntas de dilatação de 2 centímetros ocasionando solavancos na condução de cadeiras de rodas, o material utilizado nas almofadas que se mostrou mais eficiente no que diz respeito à absorção da vibração que chega no eixo z foi a almofada mista, que é composta por espuma viscoelástica, espuma de poliuretano conjugada a uma superfície de madeira compensada.

Para se ter uma melhor compreensão e comparação entre os assentos estudados neste teste piloto foi realizado um detalhamento da vibração transmitida pelo eixo z, nas duas superfícies de rolamento.

Este recorte da coleta de dados, que será agora denominada grupos amostrais teste, resultou da coleção das medições realizadas no **eixo z,** com 1080 dados quantitativos (n=1080), que se referem aos três tipos de almofadas, com três repetições para cada tipo.

As medidas de estatística descritiva dos grupos amostrais testes, referentes às almofadas podem ser observados no Tabela 5.

Tabela 5 – Medidas de estatística descritiva da VCI dos grupos amostrais testes

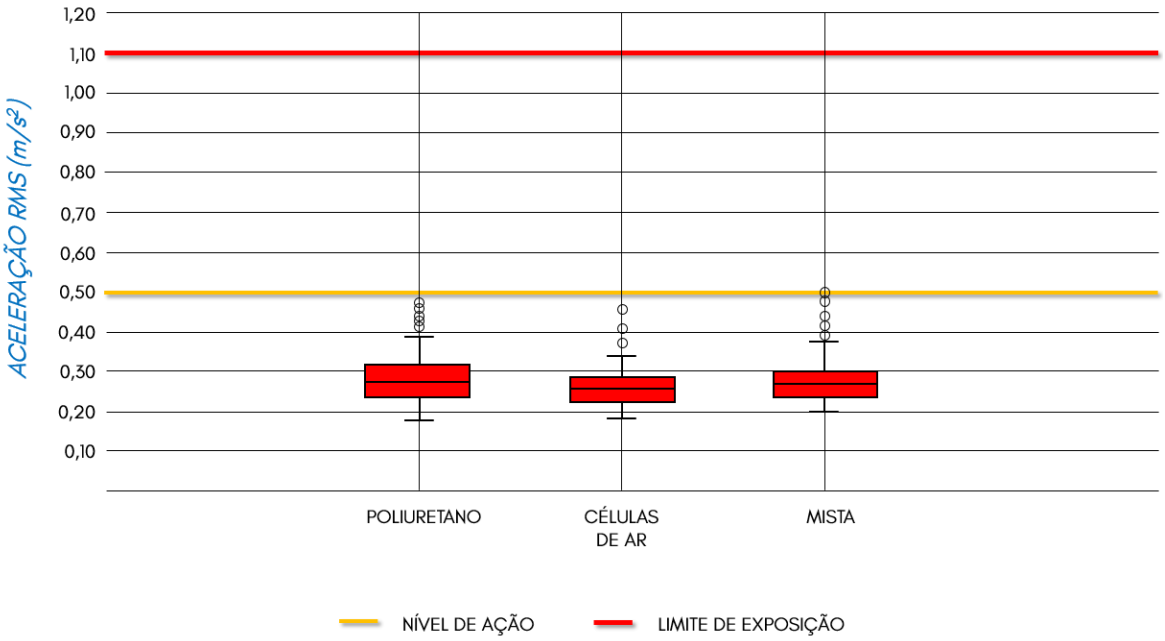
| Medidas | PISO CERÂMICO | | | PISO ASFÁLTICO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ALMOFADA POLIURETANO | ALMOFADA DE AR | ALMOFADA MISTA | ALMOFADA POLIURETANO | ALMOFADA DE AR | ALMOFADA MISTA |
| MÉDIA | 0,47 | 0,48 | 0,44 | 0,28 | 0,26 | 0,27 |
| MEDIANA | 0,47 | 0,46 | 0,42 | 0,27 | 0,25 | 0,26 |
| MODA | 0,49 | 0,44 | 0,42 | 0,31 | 0,23 | 0,27 |
| DP | 0,08 | 0,10 | 0,07 | 0,06 | 0,05 | 0,05 |
| CV | 0,18 | 0,21 | 0,17 | 0,21 | 0,18 | 0,18 |

Fonte: A autora.

No teste de Shapiro-Wilk, estes dados apresentaram distribuição não normal, com valor P=0,0029 nas amostras do piso cerâmico e do piso asfáltico, com valor de P=0.

Na primeira análise, feita com os dados coletados no deslocamento da cadeira de rodas do piso asfáltico, a comparação dos resultados da vibração no eixo z, com o auxílio do box-plot, está disposto na Figura 46.

Figura 46 - Box-plot dos grupos amostrais teste – PISO ASFÁLTICO




Fonte: A autora.

Entre a almofada de poliuretano e a almofada mista não existem diferenças estatisticamente significantes [P=0,5], elas transmitem níveis semelhantes de vibração ao corpo humano através do eixo vertical z.

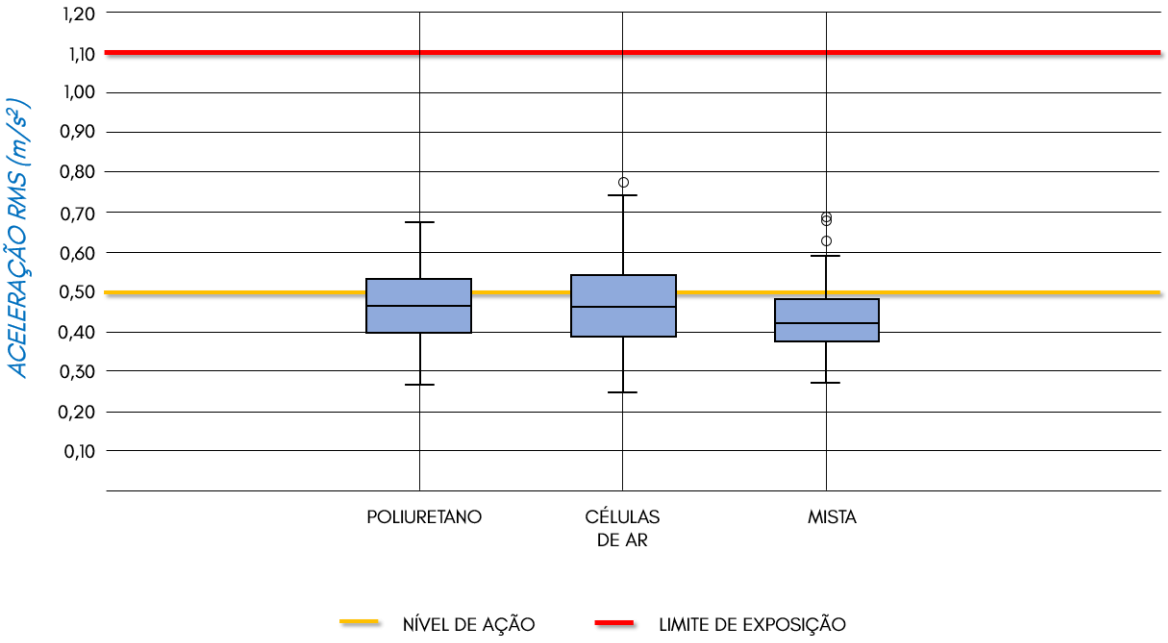
A almofada de células de ar interligadas apresenta diferença estatisticamente significante com as outras duas almofadas estudadas: valor de P=0 em relação à almofada de poliuretano e P=0,008 em relação à almofada mista.

Ao se comparar estas duas últimas almofadas à almofada de células de ar, verifica-se que a de células de ar transmite níveis mais baixos de VCI.

Na segunda análise do teste piloto, os dados foram coletados no deslocamento da cadeira de rodas do piso cerâmico. Os dados neste caso também apresentam distribuição não normal, sendo que no teste de normalidade de Shapiro Wilk, o valor de P foi igual a 0 [P=0].

A comparação dos resultados da vibração no eixo z, com o auxílio do box-plot, é apresentado na Figura 47.

Figura 47 - Box-plot dos grupos amostrais teste - PISO CERÂMICO




Fonte: A autora.

Entre a almofada de poliuretano e a almofada de células de ar interligadas não existem diferenças significantes [P=0,98], sendo possível entender que os seus comportamentos em relação à transmissão da VCI ao usuário são semelhantes, ou seja, transmitem níveis semelhantes de vibração. A almofada de composição mista apresenta diferenças significantes em relação à almofada de poliuretano [P=0] e à almofada de células de ar interligadas [P=0]. A almofada mista transmitiu níveis inferiores de vibração ao corpo humano.

Nesta superfície de rolamento (piso cerâmico) a almofada que teve desempenho melhor na absorção da vibração, com transmissão de níveis menores de vibração foi a almofada mista. Este piloto mostra que há diferenças na transmissão da vibração ao usuário de cadeira de rodas, de acordo com a configuração do assento, seja ele sem almofada ou com almofadas de materiais diferentes.

Para cada superfície, um tipo de almofada se mostrou mais eficiente: no piso asfáltico a almofadas de células de ar [WA=0,25 m/s$^2$] e no piso cerâmico a almofada mista [WA=0,42 m/s$^2$]. Uma importante observação neste piloto foi o tipo de material das almofadas. Enquanto as almofadas de poliuretano e células de ar tem um material principal no preenchimento das mesmas, a almofada mista tem em sua composição três materiais diferentes sobrepostos em camadas: a primeira camada é uma superfície plana de madeira compensada, a segunda é uma espuma de poliuretano e a terceira uma espuma viscoelástica, o que trouxe o questionamento sobre qual material é mais eficiente na absorção da vibração, ou se a composição dos mesmos resulta em uma vantagem em relação às outras almofadas.

Nas atividades da vida diária, assim como nas atividades em sociedade, os indivíduos que fazem uso de cadeira de rodas estão cercados pelos mais diversos ambientes construídos, se deslocando em ruas de pedras, paralelepípedos, asfaltos comumente deteriorados pelas intempéries ou mesmo pela qualidade de matéria prima e execução. As calçadas, além dos problemas de construção por vezes encontrados pelo não cumprimento das normas técnicas, são construídas com mais diversos tipos de materiais, como blocos de concreto, pedras, cimento.

A partir deste piloto, observou-se que uma superfície de rolamento com menos uniformidade, pode simular com mais proximidade uma atividade rotineira de um usuário de cadeira de rodas, que circula por calçadas, transpõe pequenos obstáculos, sobe ou desce guias de sarjetas.

Sobre os assentos, constatou-se que a almofada com melhor desempenho no piso cerâmico foi a mista, o que resulta em uma certa limitação ao estudo ao apresentar três materiais diferentes em sua composição, não

sendo possível determinar o fator que faz com que esta almofada apresente um desempenho melhor no piso mais heterogêneo.

Sobre a cadeira de rodas, verifica-se que a cadeira mais comumente utilizada, assim como a mais acessível (em termos financeiros) para a maior parte da população com restrição ou redução na mobilidade é a cadeira de rodas convencional com assento e encosto em lona, rodas traseiras de 24 polegadas, rodas dianteiras de 6 polegadas, apoios para pés articuláveis e apoio para braços fixos, sem apoio para cabeça e panturrilha, de propulsão manual e pneus rígidos.

Estas observações resultaram em importantes tomadas de decisão do desenho da seguinte fase de pesquisa (TESTE 02):

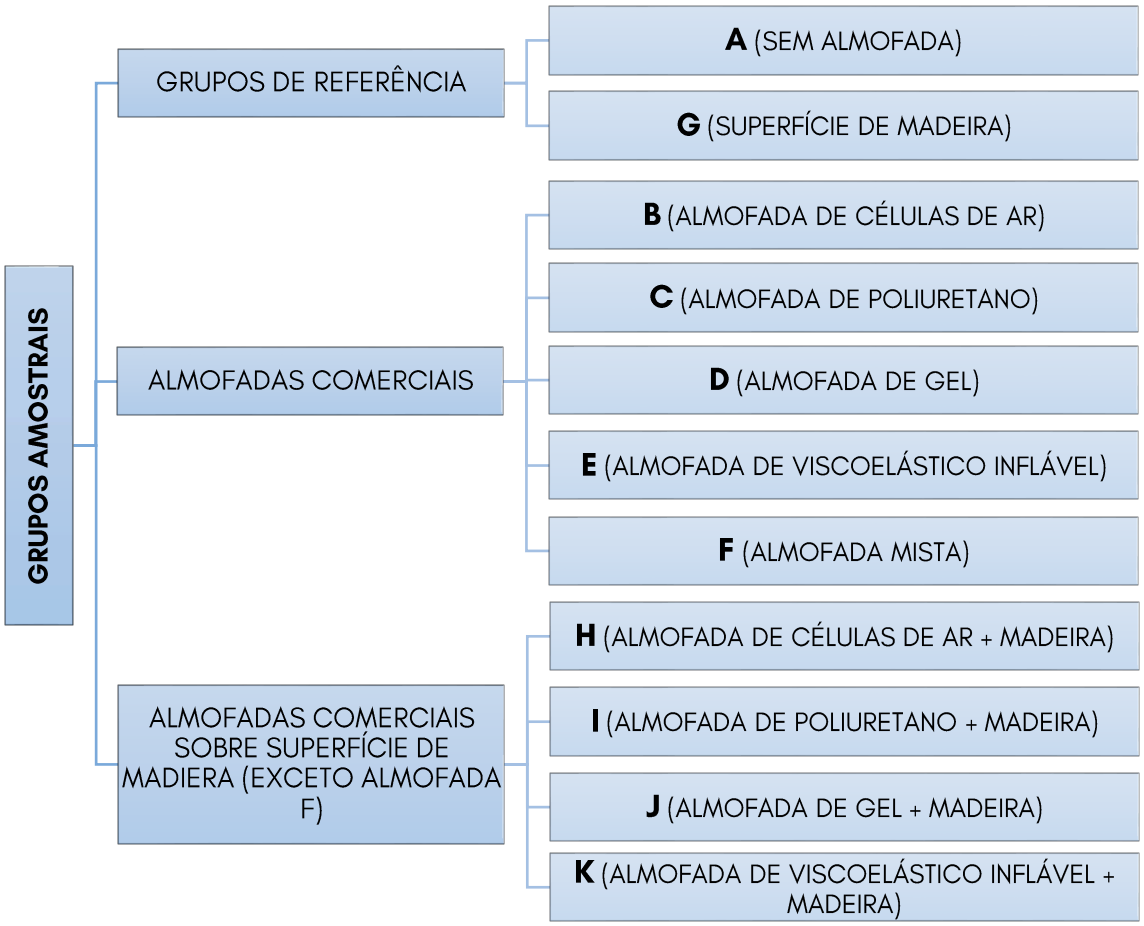
a) O eixo z é o mais importante de ser estudado em posições sentadas, como máquinas agrícolas, ônibus, caminhões e cadeiras de rodas. Segundo Lopes (2012) e de acordo com a ISO 2631-1 (1997), o eixo z é o mais comumente analisado em indivíduos em postura sentada, por ser a direção que transmite a vibração ao longo da coluna vertebral e do sistema nervoso a ela conectado. Figueiredo et al. (2016) corrobora a informação de que o eixo z é o eixo principal na transmissão da VCI em posições sentadas, assim com Ribas (2012) que destaca a ampliação da vibração no eixo z decorrente das irregularidades da superfície de rolamento;
b) A superfície escolhida para a coleta de dados deve ser um piso que se assemelhe às situações irregulares das calçadas de centros urbanos, sem apresentar superfície lisa ou uniforme, de forma a representar uma condição real de deslocamento;
c) Ampliação do estudo para outros tipos de almofada;
d) Devido ao design da almofada mista, decidiu-se por adicionar, em um segundo momento da pesquisa, uma superfície de madeira nas almofadas escolhidas, a fim de verificar a influência da madeira nos níveis de VCI;

e) Opção por uma cadeira de rodas convencional (do tipo manual, com quadro dobrável sem suspensão e pneus rígidos), devido ao valor de aquisição mais acessível à população brasileira.

## 4.2 RESULTADOS DO TESTE 02

A coleta de dados resultou em uma população (coleção de todas as medições realizadas no **eixo z**) de 17820 dados quantitativos (n=17820), que se referem aos vinte e sete sujeitos que participaram da coleta de dados e aos onze tipos de assentos. Nesta população, tem-se onze amostras agrupadas (dos onze tipos de assentos), sendo que cada grupo amostral consiste em 1620 dados quantitativos (n=1620). Os onze grupos amostrais se referem aos tipos de assentos e almofadas estudados, conforme descritos na Figura 48.

Figura 48 - Grupos amostrais




Fonte: A autora

Para as análises estatísticas dos dados coletados foi utilizado o Software PAST (*Paleontological Statistics*), que é um software livre para análise de dados científicos, com funções de manipulação de dados, plotagem. As análises que podem ser feitas nele incluem análises univariadas como estatística descritiva, teste t e outros testes para duas amostras incluindo testes pareados, ANOVA uni- e bifatorial e qui-quadrado; análises multivariadas, incluindo ordenações como PCA, CA, NMDS, análises de agrupamento e testes de hipótese como MANOVA e PERMANOVA; algumas opções de modelagem, incluindo regressão linear simples e RMA (*reduced major axis*, usada quando não há uma variável claramente independente e outra claramente dependente) e modelos de abundância de espécie; análises de diversidade, incluindo índices de diversidade, perfis de diversidade e diversidade beta; análises espaciais, incluindo densidade Kernel, K de Ripley, I de Moran e estatística circular; análises de séries temporais, incluindo autocorrelação espacial e wavelets; e análises filogenéticas simples. Muitos testes são combinados com cálculos de significância ou intervalos de confiança obtidos por *bootstrap* ou permutação (WILLIAMS, 2016). Foram realizadas análises estatísticas para verificação da normalidade dos dados por meio de histogramas e por meio do teste de normalidade de Shapiro-Wilk[1] (Tabela 6). Este teste aponta para uma distribuição não normal dos dados dos grupos amostrais.

Tabela 6 – Resultados dos testes de normalidade Shapiro-Wilk

| WA | N | SHAPIRO-WILK (W) | P (NORMAL) |
|---|---|---|---|
| A | 1620 | 0,9855 | 1,14 E-11 |
| B | 1620 | 0,9817 | 1,590 E-13 |
| C | 1620 | 0,9889 | 8,102 E-10 |
| D | 1620 | 0,9837 | 1,434 E-12 |
| E | 1620 | 0,9894 | 1,731 E-09 |
| F | 1620 | 0,9660 | 1,493 E-19 |
| G | 1620 | 0,994 | 2,192 E-05 |
| H | 1620 | 0,904 | 1,326 E-11 |
| I | 1620 | 0,985 | 1,406 E-17 |
| J | 1620 | 0,987 | 6,481 E-11 |
| K | 1620 | 0,987 | 1,082 E-10 |

Fonte: A autora

[1] Shapiro e Wilk desenvolveram este teste mostrando que o mesmo é eficiente para diferentes distribuições e tamanhos de amostras (SHAPIRO; WILK, 1965).

Também foi realizada a detecção de outliers, que são os dados discrepantes, ou seja, que apresentam grande afastamento dos demais dados da amostra (ou população). Considerar os outliers no cálculo de média ou desvio-padrão pode levar a um erro de estimação.

Os outliers existentes nas amostras são provenientes de duas situações prováveis neste estudo: orifícios existentes no solo ou diminuição do ritmo de condução da cadeira de rodas. A existência de algum orifício no solo, aumenta bruscamente o valor da WAz coletada, ou seja, são movimentações muito bruscas da cadeira de rodas, refletindo no valor aferido, atípicos para aquela coleta, não representando o comportamento para a referida amostra. Considerando que em estimativas estatísticas comumente se eliminam os outliers para evitar o viés sobre as estimativas, estes foram retirados da população de dados estudados.

Após a exclusão dos outliers os valores de média e mediana ficaram, em relação à cada grupo de amostras, mais próximos. Os coeficientes de variação são mais baixos, comparados aos dados originais, porém ainda classificados como apresentando média dispersão, sendo que os dados dos grupos de amostras têm mais de 20% de dispersão em relação à média de cada grupo. Portanto, os dados estudados (mesmo sem os outliers) são heterogêneos, o que sugere uma distribuição não normal.

O resumo descritivo dos grupos amostrais encontra-se na Tabela 7.

Tabela 7 - Resumo descritivo das amostras de VCI

| | **A** | **B** | **C** | **D** | **E** | **F** | **G** | **H** | **I** | **J** | **K** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| N | 1620 | 1620 | 1620 | 1620 | 1620 | 1620 | 1620 | 1620 | 1620 | 1620 | 1620 |
| Mínimo | 0,09 | 0,17 | 0,23 | 0,23 | 0,18 | 0,18 | 0,04 | 0,02 | 0,12 | 0,20 | 0,16 |
| Máximo | 0,87 | 1,14 | 0,94 | 0,95 | 1,06 | 0,94 | 0,86 | 0,90 | 0,85 | 0,88 | 0,79 |
| Média | 0,40 | 0,50 | 0,48 | 0,52 | 0,48 | 0,47 | 0,33 | 0,41 | 0,42 | 0,44 | 0,41 |
| Moda | 0,37 | 0,50 | 0,44 | 0,59 | 0,42 | 0,42 | 0,33 | 0,43 | 0,46 | 0,50 | 0,44 |
| Mediana | 0,39 | 0,49 | 0,46 | 0,52 | 0,45 | 0,46 | 0,32 | 0,42 | 0,41 | 0,44 | 0,41 |
| Variância | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Desvio Padrão | 0,12 | 0,13 | 0,11 | 0,11 | 0,14 | 0,11 | 0,10 | 0,11 | 0,11 | 0,10 | 0,10 |
| Coef. de Variação | 30,85 | 26,86 | 22,95 | 21,60 | 28,33 | 23,03 | 29,28 | 26,34 | 25,39 | 22,77 | 23,92 |
| Coef. de Assimetria | 0,28 | 0,70 | 0,56 | 0,15 | 1,26 | 0,53 | 1,21 | 0,20 | 0,72 | 0,48 | 0,31 |

Fonte: A autora

### 4.2.1 RESULTADOS DAS CORRELAÇÕES ENTRE VCI E DEMAIS VARIÁVEIS DA PESQUISA

Foi realizada análise de correlação entre a variável analisada (VCI) e as variáveis IDADE (em anos), MASSA, ALTURA, IMC e VELOCIDADE. Esta análise teve por finalidade a verificação da influência destas variáveis sobre os níveis de VCI.

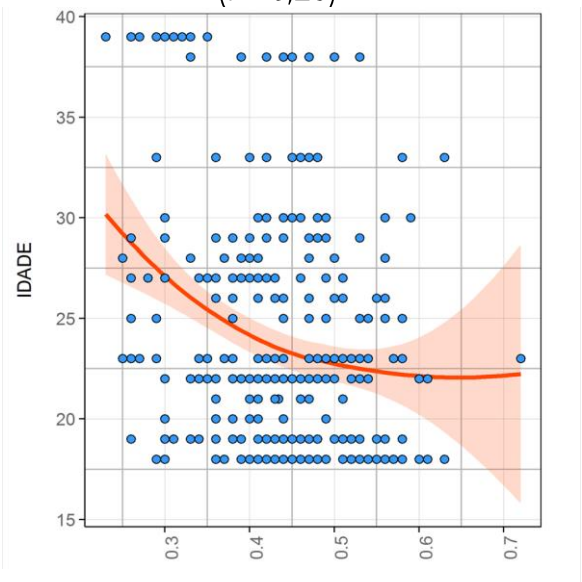
Os valores obtidos do cálculo dos Coeficientes de Spearman para Correlação (r)[2] são apresentados na Tabela 8. Os gráficos (Figura 49 a 53) mostram uma faixa em torno da linha de tendência, que é o intervalo de confiança de 0,95 (0,95%).

Tabela 8 - Coeficiente de Correlação de Pearson

| | **Idade** | **Massa** | **Altura** | **IMC** | **Velocidade** |
|---|---|---|---|---|---|
| Vibração no eixo z | -0,23 | -0,09 | -0,10 | -0,12 | 0,49 |

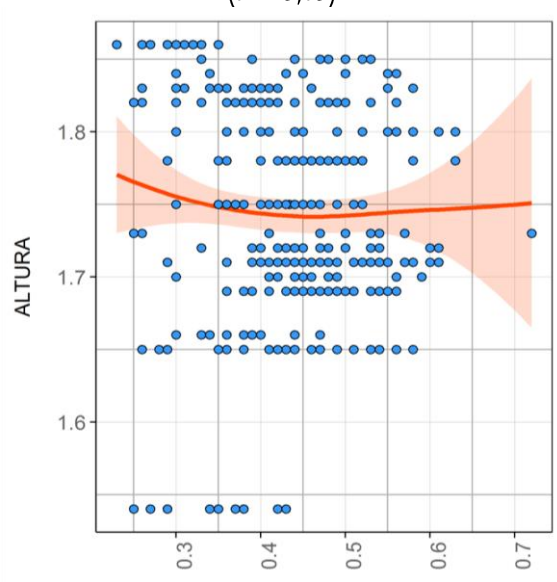
Fonte: A autora

Figura 49 - Dispersão (VCI e Idade) (r= -0,23)




Fonte: A autora

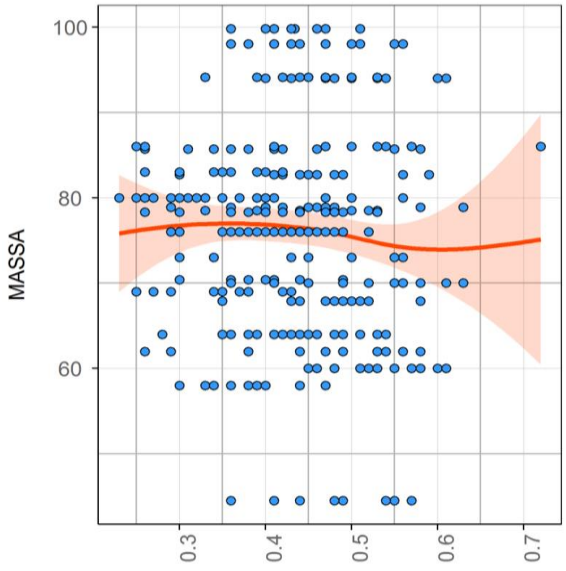
Figura 50 - Dispersão (VCI e Altura) (r= -0,10)




Fonte: A autora

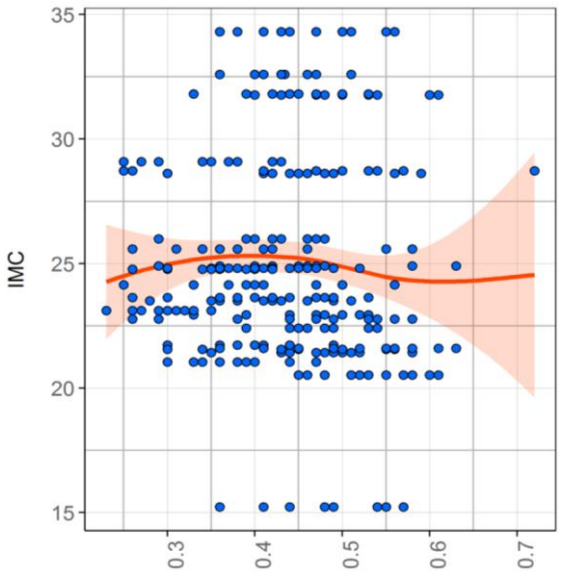
[2] Coeficiente de Spearman para Correlação (r) é indicado para análise de correlação de dados não paramétricos e que avalia correlações monótonas, sejam elas lineares ou não.

Figura 51 - Dispersão (VCI e Massa)
(r= -0,09)



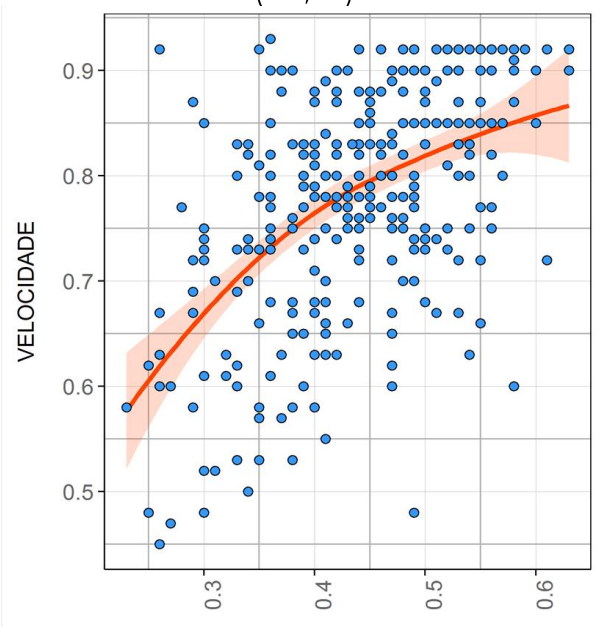

Fonte: A autora

Figura 52 - Dispersão (VCI e IMC)
(r= -0,12)




Fonte: A autora

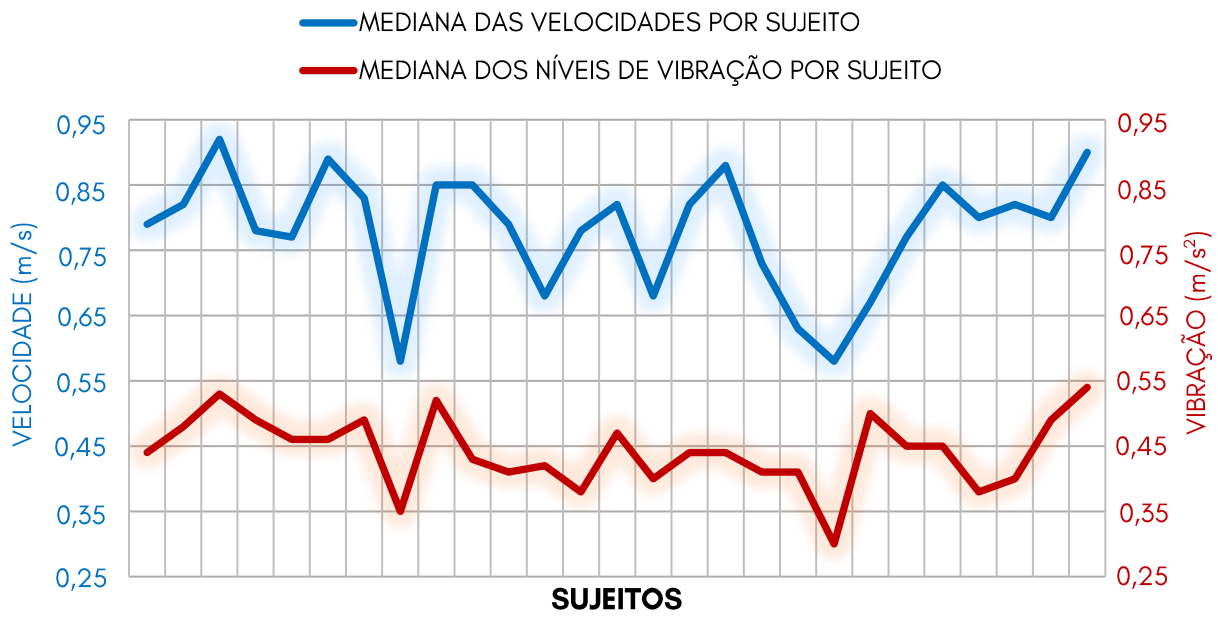
Figura 53 - Dispersão (VCI e Velocidade)
(r=0,49)




Fonte: A autora

A única variável que apresentou correlação moderada positiva (r=0,49) foi a VELOCIDADE e, para efeito de comparação visual, foram plotadas em um gráfico de linhas as medianas das velocidades e dos níveis de vibração, ambas por sujeito, sendo possível observar semelhanças no comportamento das duas variáveis (Figura 54).

Figura 54 - Gráfico de linhas das medianas da velocidade e medianas dos níveis de vibração por sujeito

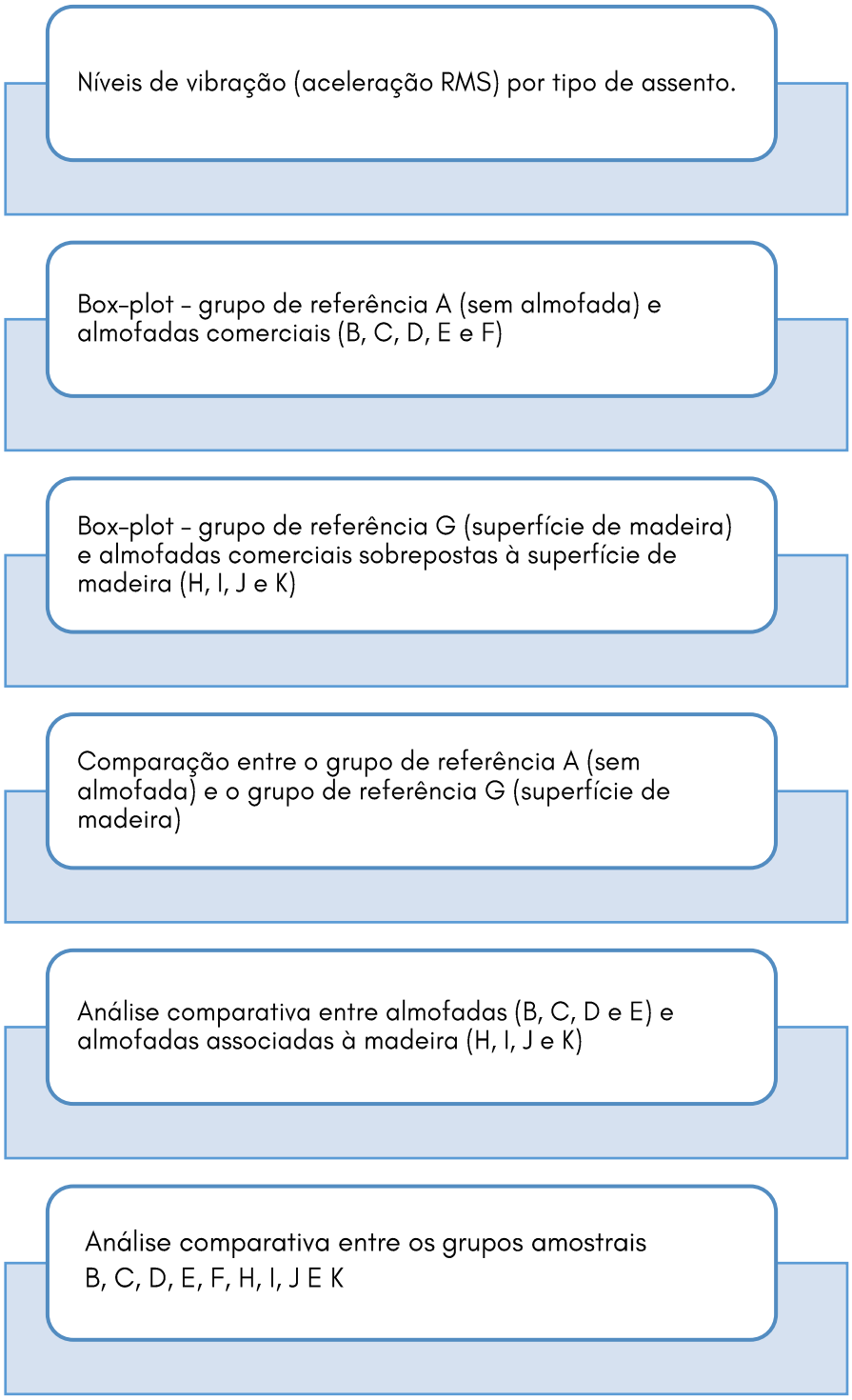



Fonte: A autora.

### 4.2.2 RESULTADOS DAS ANÁLISES DA VCI POR GRUPO AMOSTRAL

Nesta seção são mostrados os resultados das análises referentes aos níveis de VCI. A análise dos dados ficou definida conforme mostrada na Figura 55.

Figura 55 - Estrutura da análise dos dados




Fonte: A autora

#### 4.2.2.1 Níveis de vibração por tipo de assento

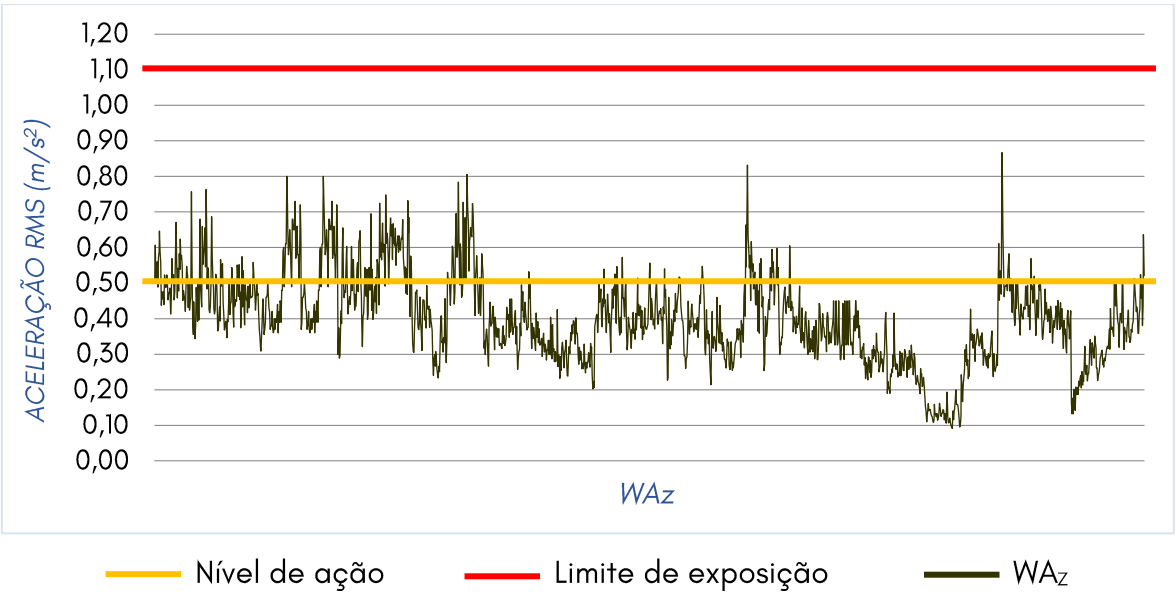
Os níveis de vibração (RMS) de cada tipos de assento (WAz) são apresentados nas Figuras 56 a 66.

Cada gráfico contém os dados coletados dos vinte e sete sujeitos, ou seja, 1620 dados (n=1620), referentes a cada tipo de assento, separados por grupos de amostras.

O grupo A (sem almofadas) e o grupo G (sem almofada com superfície de madeira) foram utilizados como grupos de controle, para fins de comparação com as almofadas estudadas (objeto de estudo desta pesquisa).

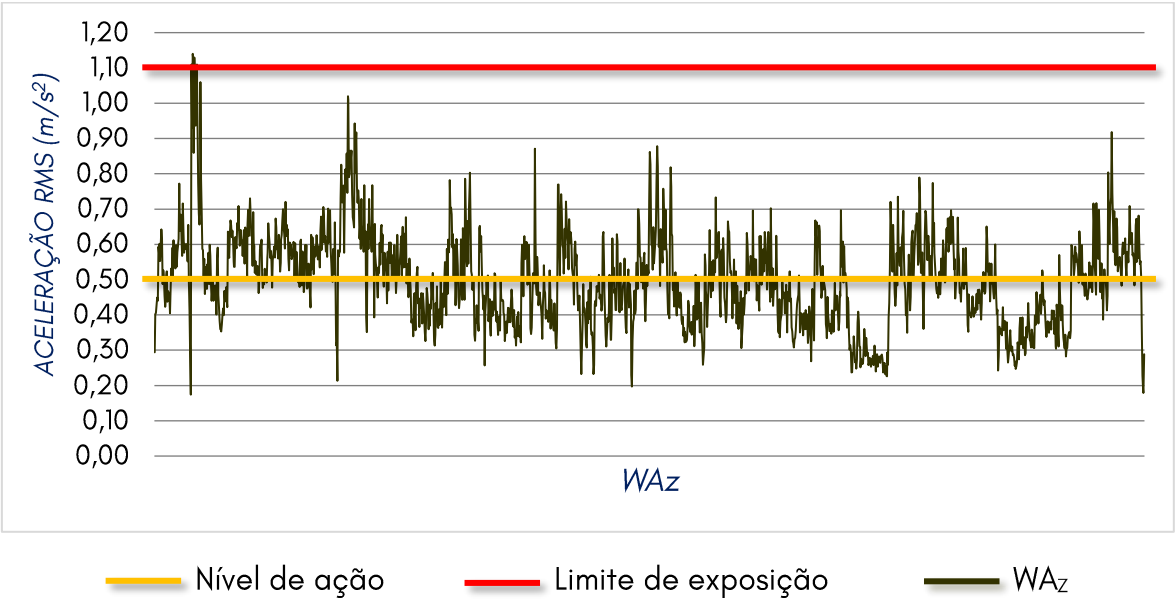
Foram plotados nos gráficos o nível de ação (0,50 m/s$^2$) e o limite de exposição (1,10 m/s$^2$), conforme ISO 2631 (1997) e NHO 09 (2013). Observa-se que os grupos de amostras não atingem o limite de exposição, mas todos ultrapassam, em grande parte dos 1620 dados, o nível de ação, o que indica que medidas devem ser tomadas para reduzir os níveis de vibração aos quais os usuários de cadeiras de rodas são expostos.

Figura 56 - Níveis de VCI do grupo de amostras A (sem almofada)



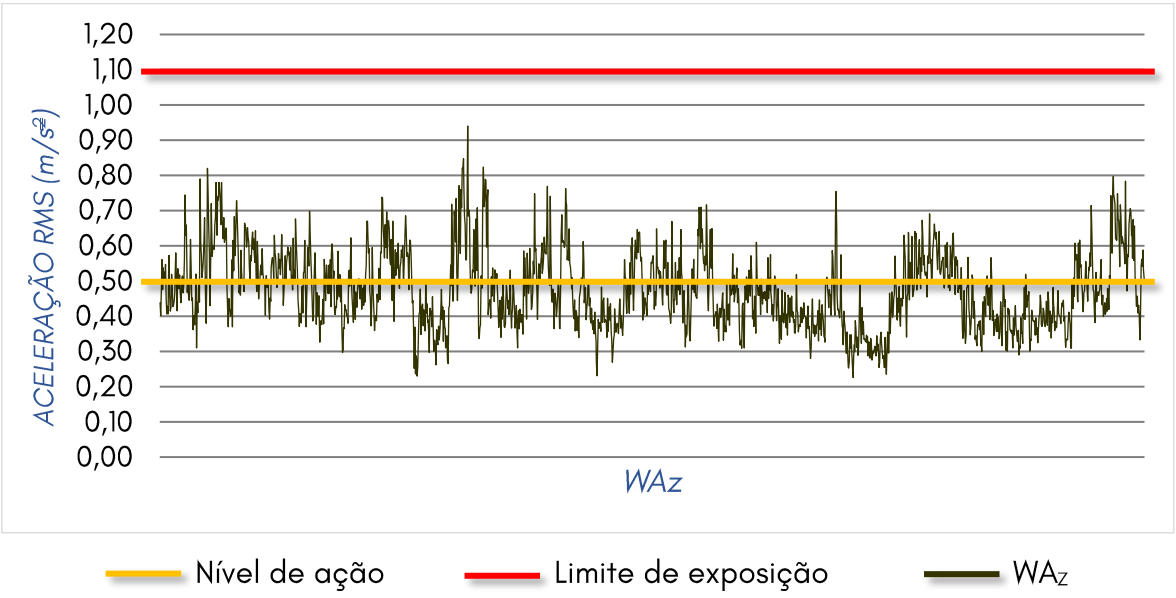

Fonte: A autora

Figura 57 – Níveis de VCI do grupo de amostras B (almofada de células de ar)



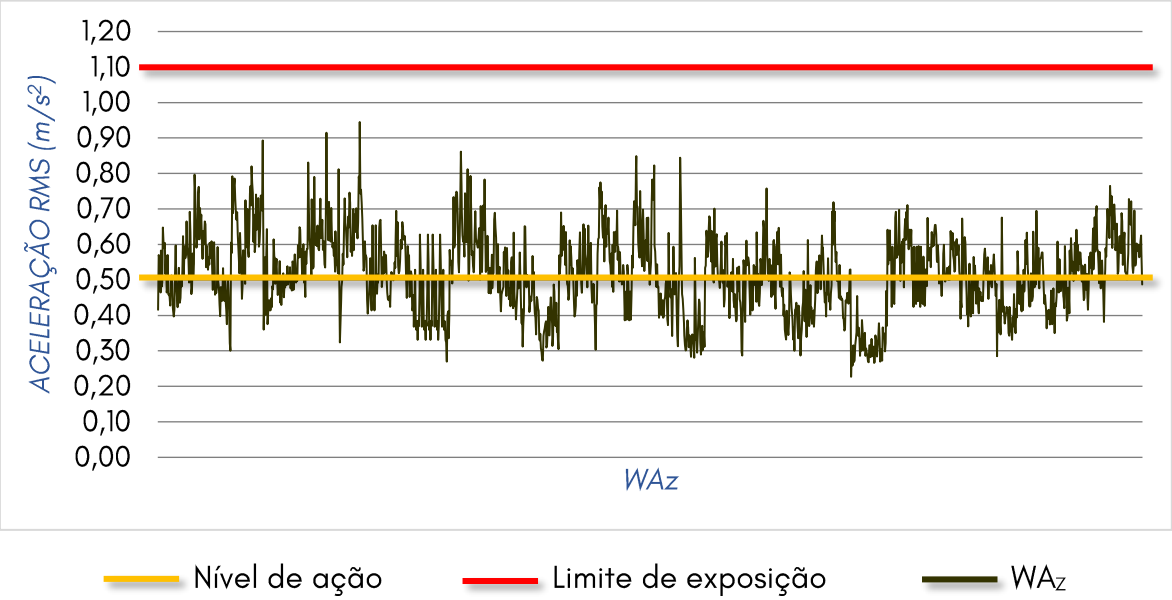

Fonte: A autora

Figura 58 – Níveis de VCI do grupo de amostras C (almofada de poliuretano)



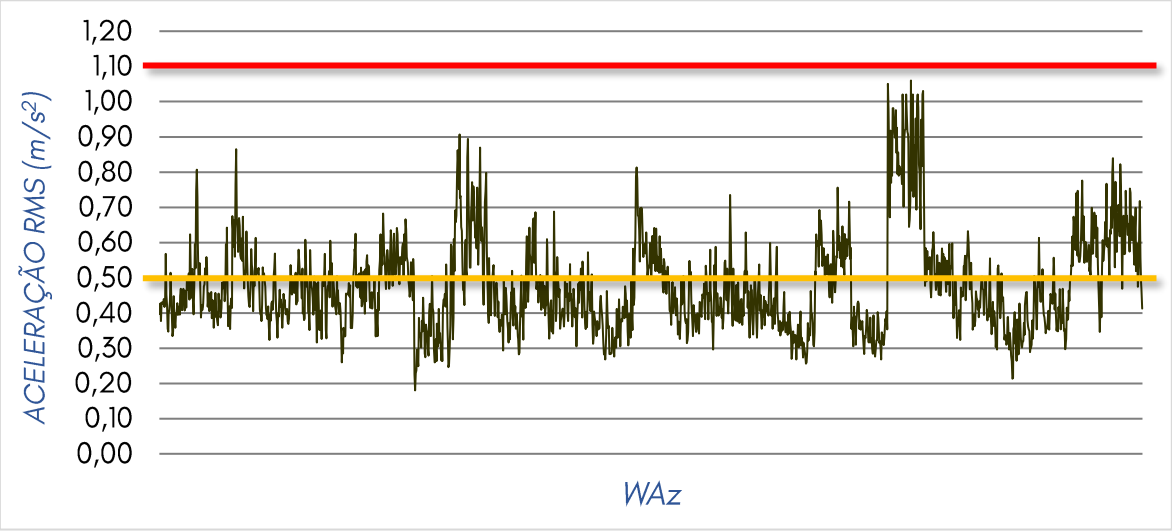

Fonte: A autora

Figura 59 – Níveis de VCI do grupo de amostras D (gel)



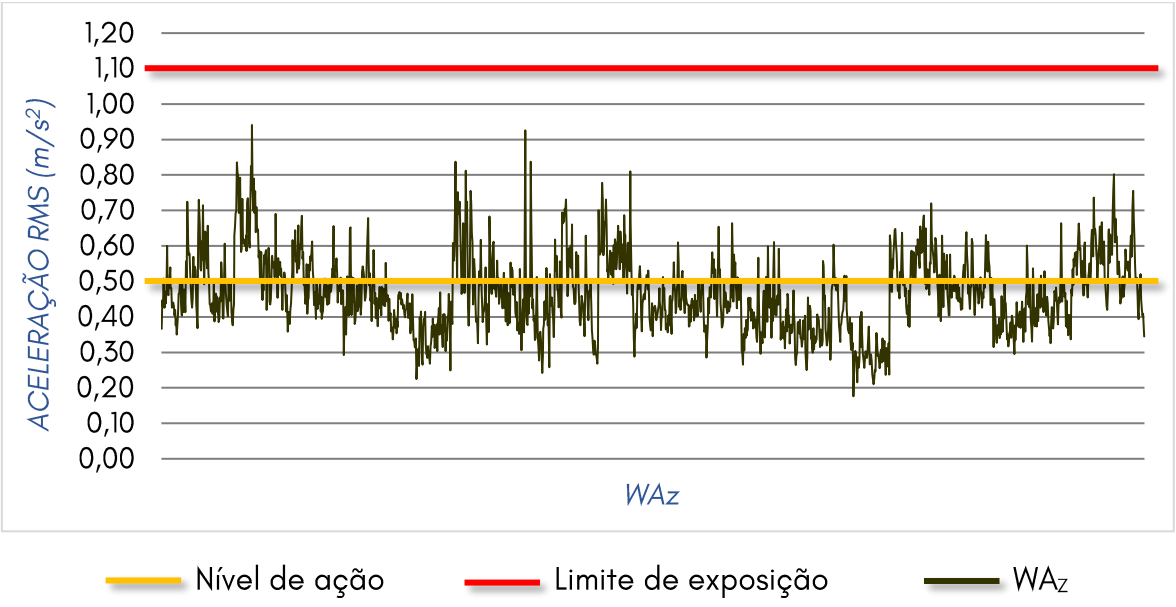

Fonte: A autora

Figura 60 – Níveis de VCI do grupo de amostras E (viscoeslática inflável)



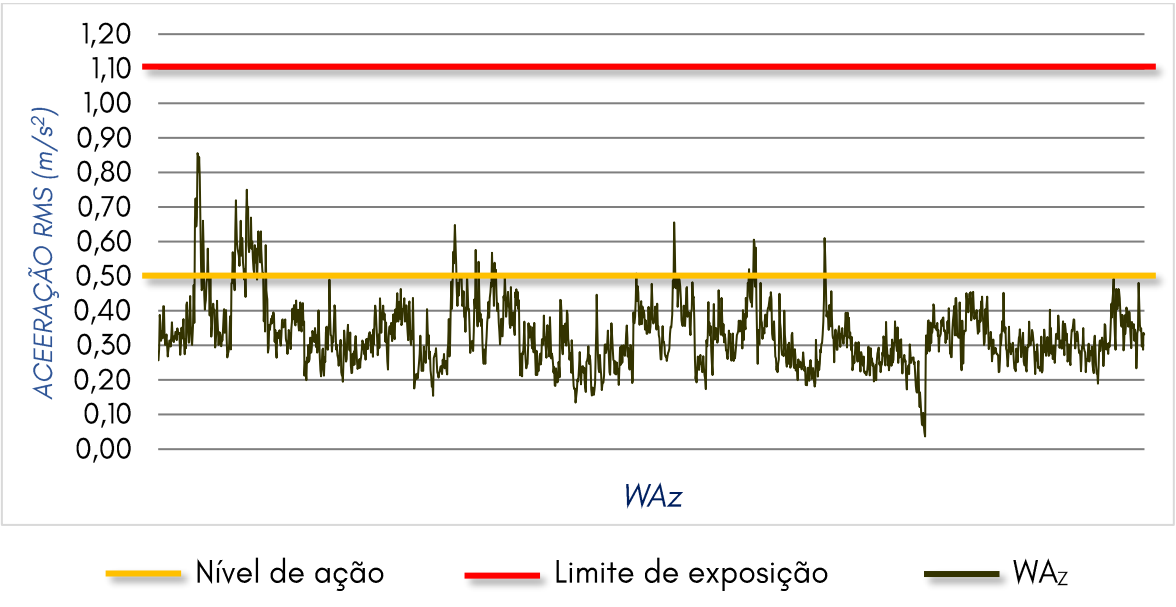

Fonte: A autora

Figura 61 - Níveis de VCI do grupo de amostras F (almofada mista)



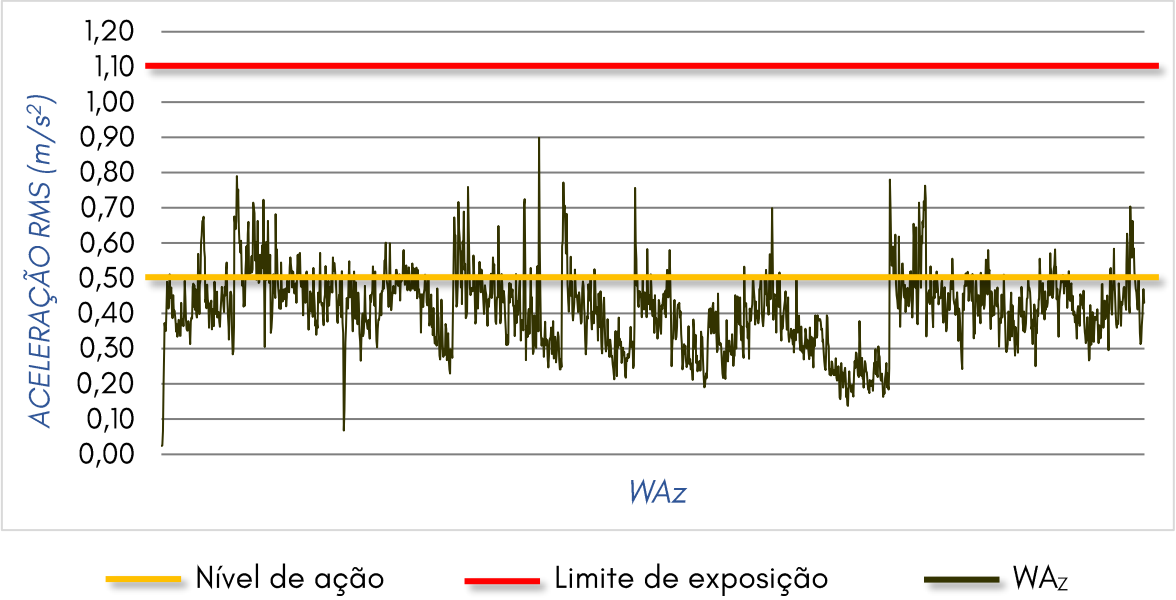

Fonte: A autora

Figura 62 - Níveis de VCI do grupo de amostras G (superfície de madeira)



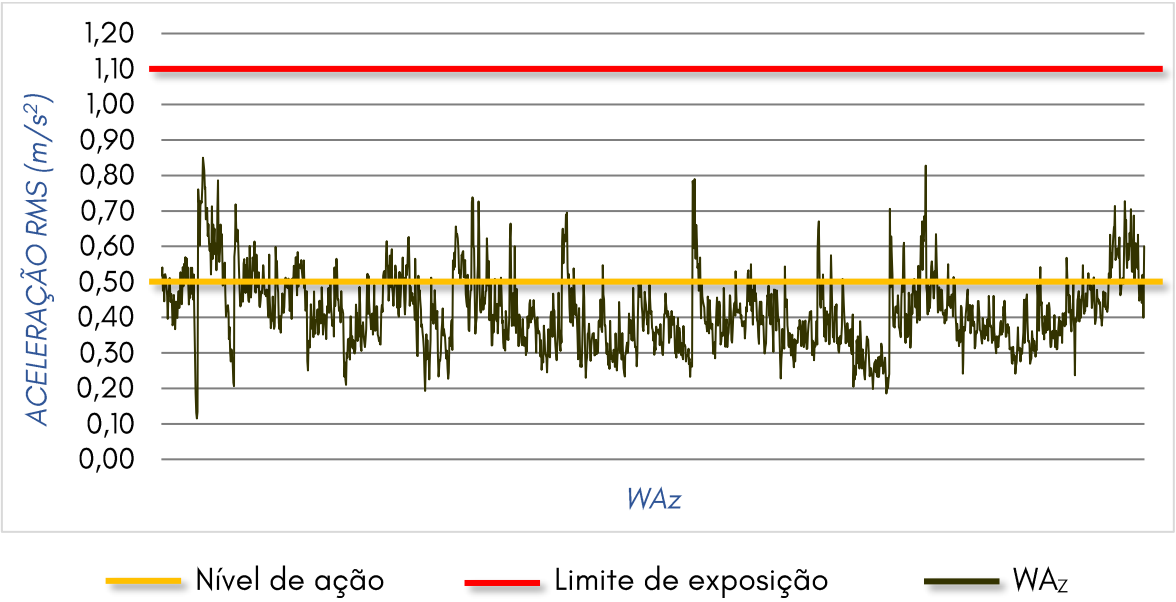

Fonte: A autora

Figura 63 – Níveis de VCI do grupo de amostras H (almofada de células de ar e madeira)



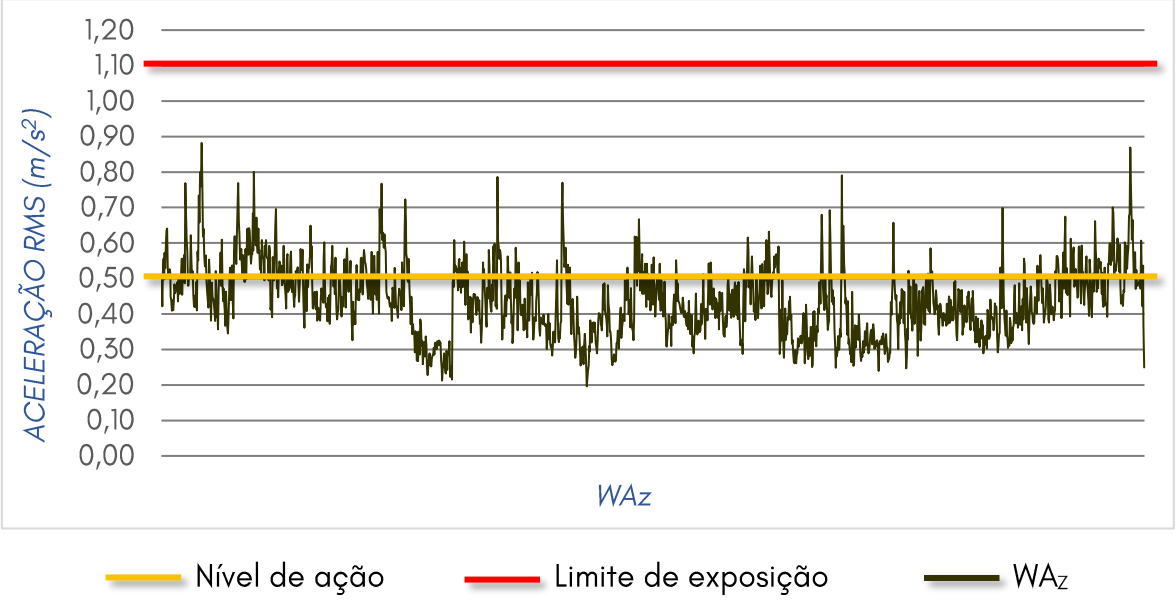

Fonte: A autora

Figura 64 – Níveis de VCI do grupo de amostras I (almofada de poliuretano e madeira)



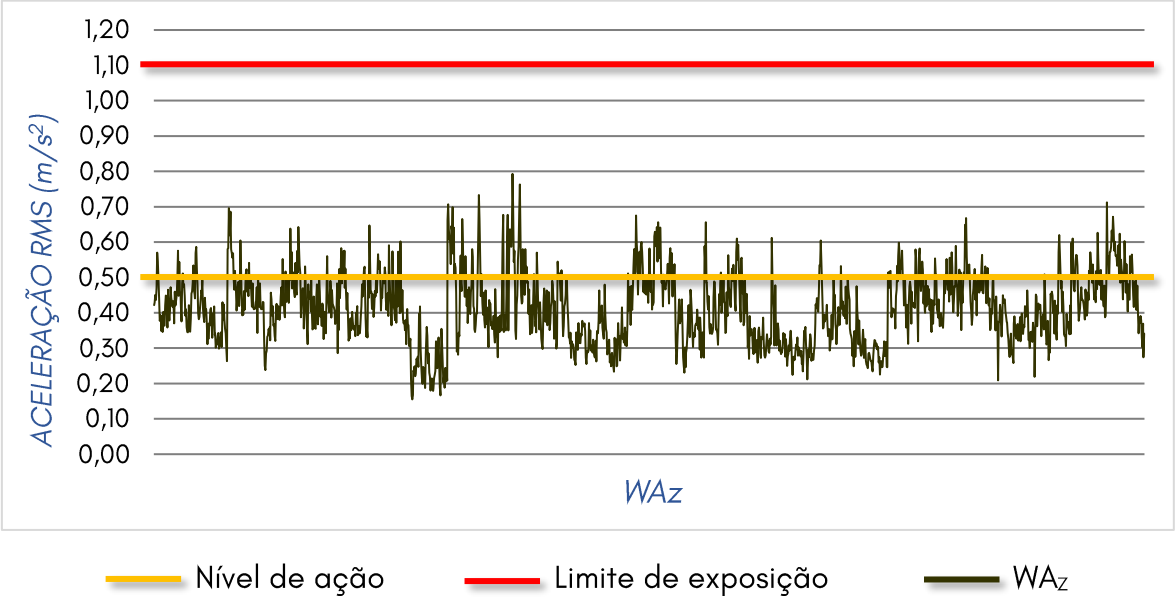

Fonte: A autora

Figura 65 - Níveis de VCI do grupo de amostras J (almofada de gel e madeira)




Fonte: A autora

Figura 66 - Níveis de VCI do grupo de amostras K (almofada viscoeslática inflável e madeira)

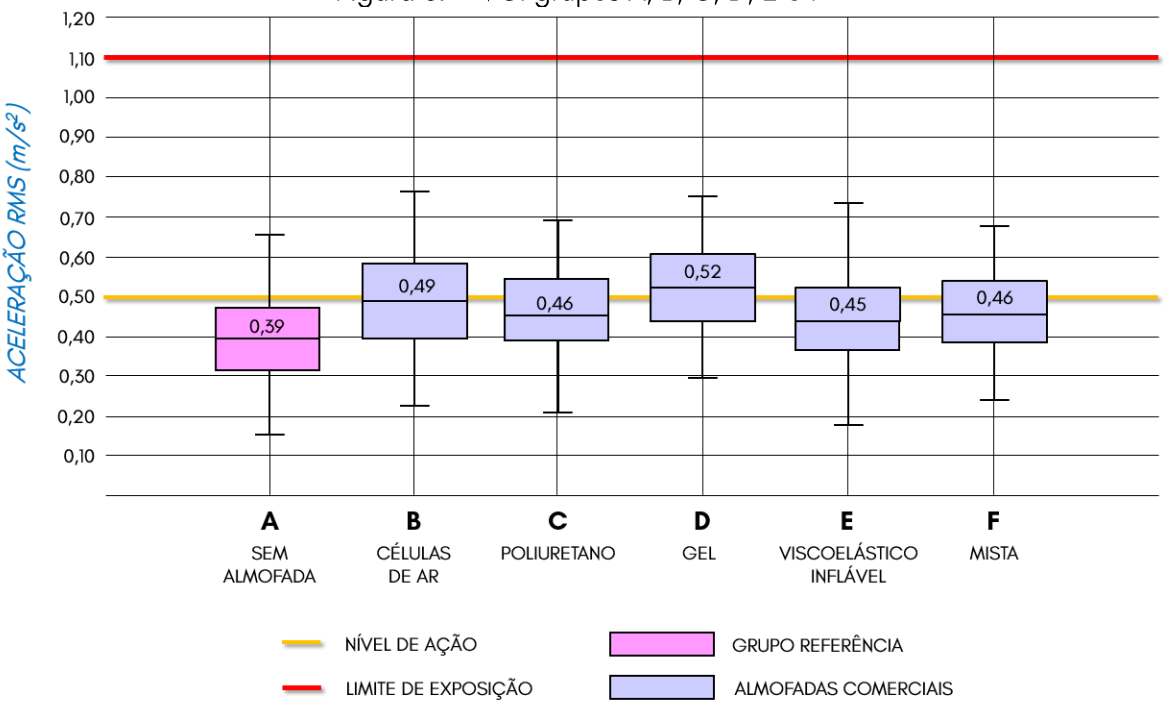



Fonte: A autora

#### 4.2.2.2 BOX-PLOT – GRUPO DE CONTROLE A (SEM ALMOFADA) E ALMOFADAS COMERCIAIS (B, C, D, E e F)

A primeira análise comparativa realizada, com auxílio do box-plot[3], foi entre os grupos amostrais A, B, C, D, E e F, ou seja, a cadeira de rodas sem assento e a cadeira com as almofadas comerciais escolhidas para o estudo (Figura 67).

Figura 67 – VCI grupos A, B, C, D, E e F




Fonte: A autora

Nesta primeira análise comparativa foi possível constatar que todas as almofadas comerciais analisadas apresentam níveis de vibração transmitida ao corpo humano superiores ao grupo amostral de controle A (assento sem almofada). Ressalta-se que esta análise é somente a respeito da vibração transmitida pelo eixo vertical à coluna vertebral do sujeito, não sendo considerado nenhum outro fator ergonômico.

[3] Gráfico utilizado para avaliar a distribuição empírica do dados, formado pelo primeiro e terceiro quartil e pela mediana.

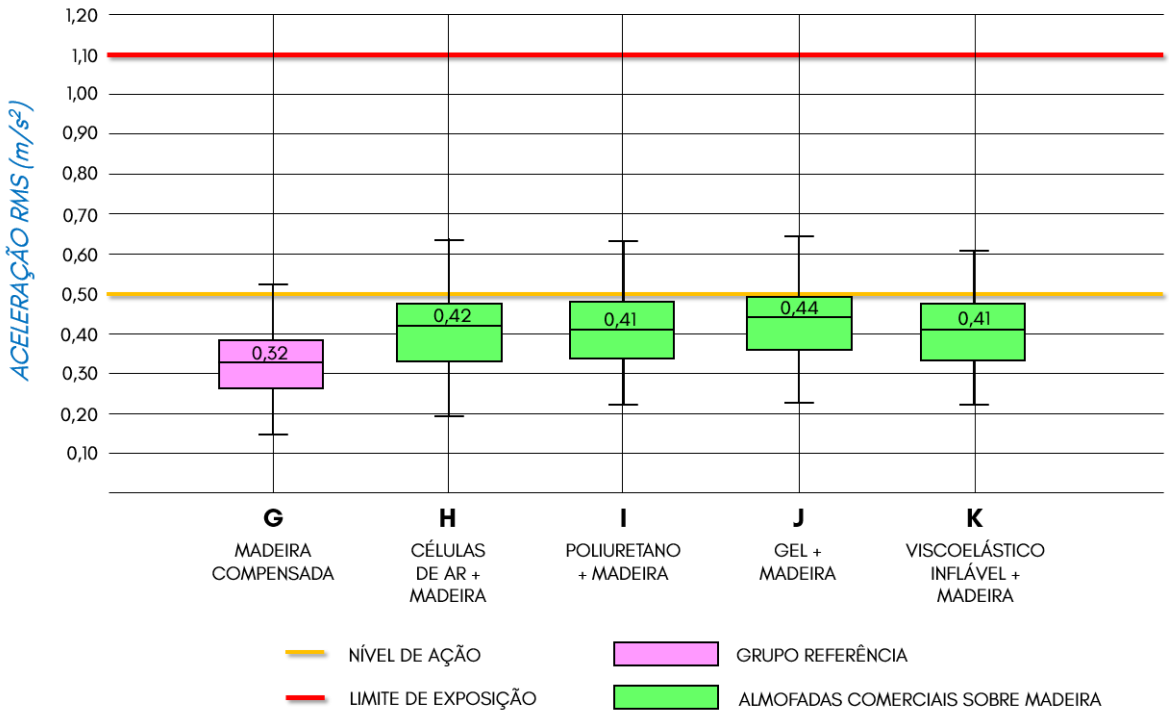
#### 4.2.2.3 BOX-PLOT – GRUPO DE CONTROLE G (SUPERFÍCIE DE MADEIRA) E ALMOFADAS COMERCIAIS SOBREPOSTAS À SUPERFÍCIE DE MADEIRA (H, I, J e K)

Dentre as almofadas comerciais analisadas, a almofada mista (grupo F) chamou a atenção por apresentar em sua composição uma superfície plana de madeira compensada sob as camadas de espuma.

Além da sua composição, o fato de apresentar o menor nível de VCI [WA=0,46m/s$^2$], levou a novas análises com o uso de uma superfície de madeira compensada sob os modelos de almofadas B, C, D e E, originando os grupos H, I, J e K. Como controle, foram realizadas coletas de dados com a cadeira de rodas sem almofada e com a superfície de madeira sobre o assento: grupo amostral G.

A Figura 68 apresenta as vibrações dos grupos G, H, I, J e K.

Figura 68 - VCI grupos G, H, I, J e K



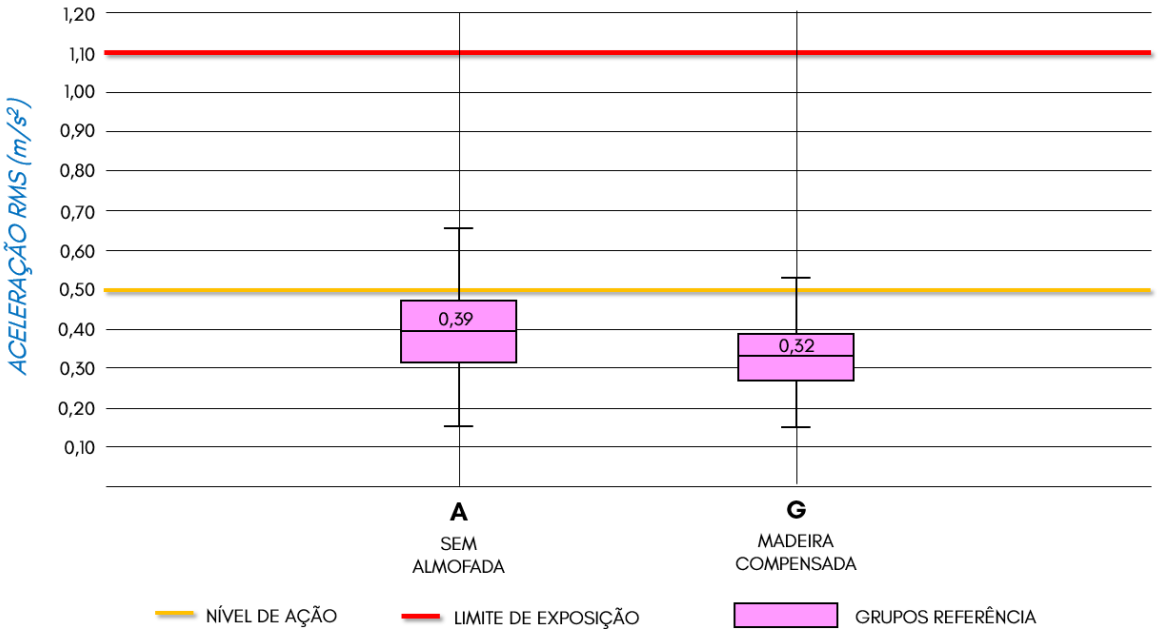

Fonte: A autora

Observa-se que nesta análise comparativa níveis de vibração transmitida ao corpo humano são superiores ao grupo amostral de controle G (madeira), porém com medianas inferiores ao nível de ação.

#### 4.2.2.4 COMPARAÇÃO ENTRE O GRUPO DE CONTROLE A E O GRUPO DE CONTROLE G

Quanto à variância entre os dois grupos de controle (Figura 69), existem diferenças extremamente significantes na comparação dos níveis de vibração [P=0], sendo que a vibração transmitida ao usuário tem níveis menores com o uso da superfície de madeira, sugerindo que a madeira tem a ação de absorver parte da vibração recebida, transmitindo níveis mais baixos de VCI ao usuário.

Figura 69 - Comparação entre os grupos A e G




Fonte: A autora

Ao se utilizar a superfície de madeira como superfície de apoio em posição sentada no deslocamento da cadeira de rodas, os níveis de vibração

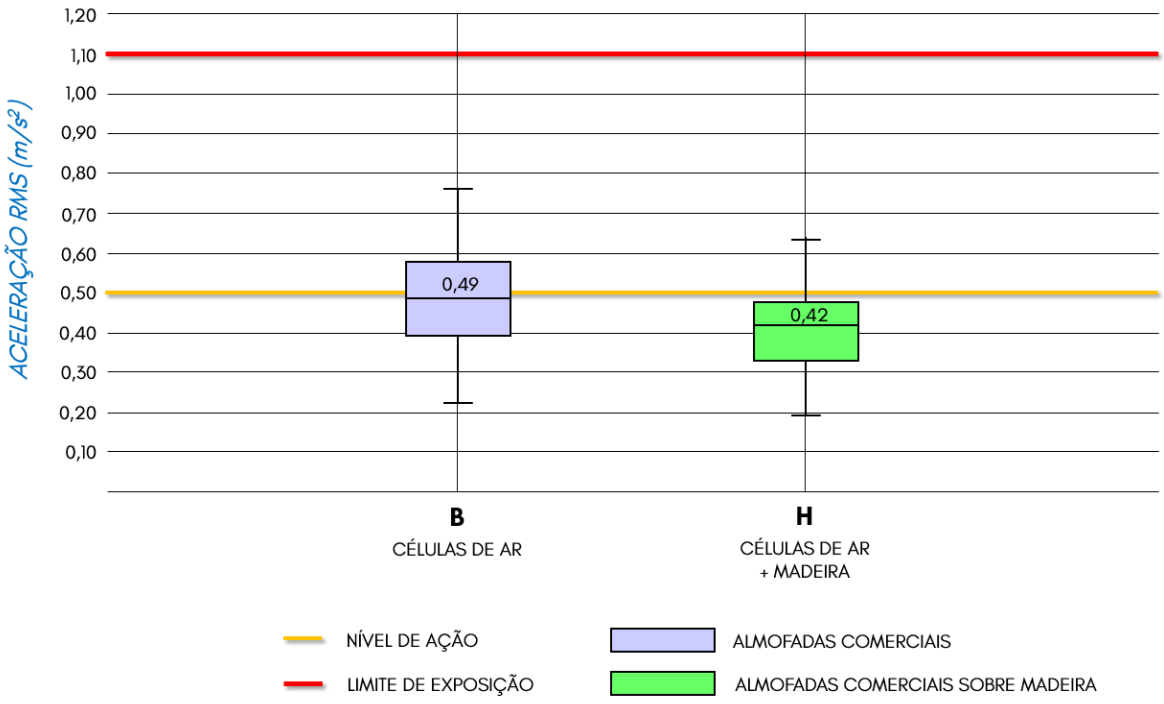
transmitidos ao usuário caem significativamente em relação à cadeira de rodas sem almofadas, de $WA_{SEM\ ALMOFADA}$ = 0,39m/s2 para $WA_{MADEIRA\ COMPENSADA}$ = 0,32m/s2.

### 4.2.2.5 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE ALMOFADAS (B, C, D e E) E ALMOFADAS ASSOCIADAS À MADEIRA (H, I, J e K)

Para verificar o efeito deste componente (madeira) às almofadas, faz-se necessário uma comparação entre as almofadas nas duas situações distintas: com e sem a madeira.

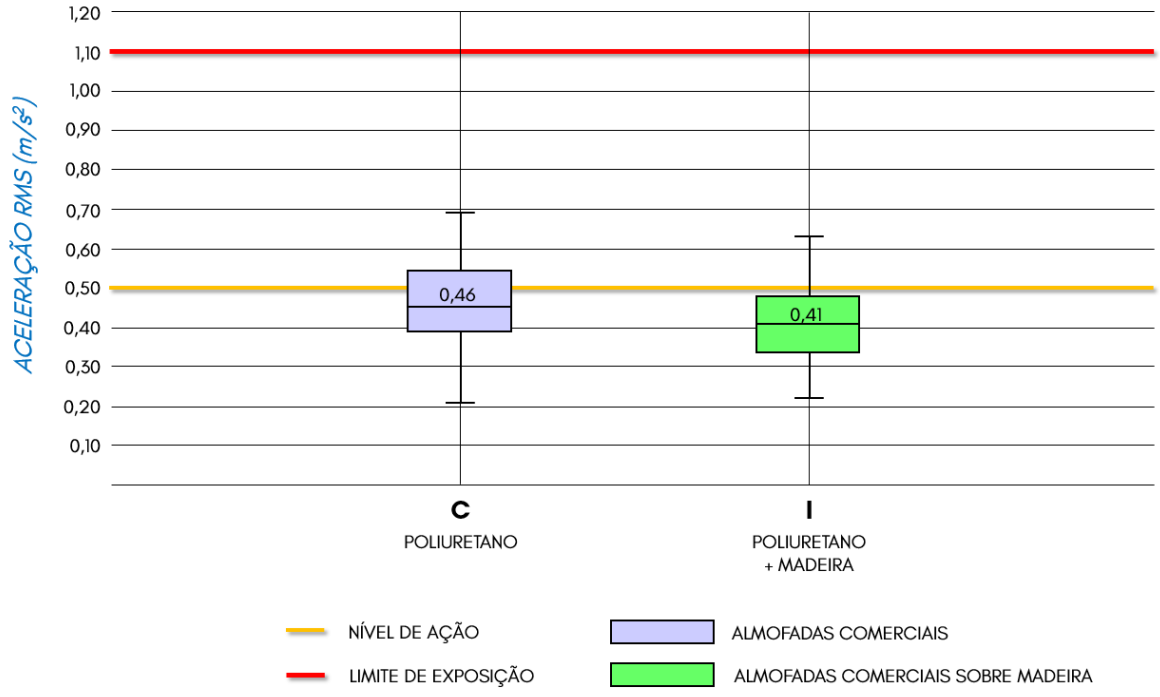
As comparações, por meio do box-plot, são apresentadas nas Figuras 70 a 73.

Figura 70 - Comparação entre grupo B e grupo H



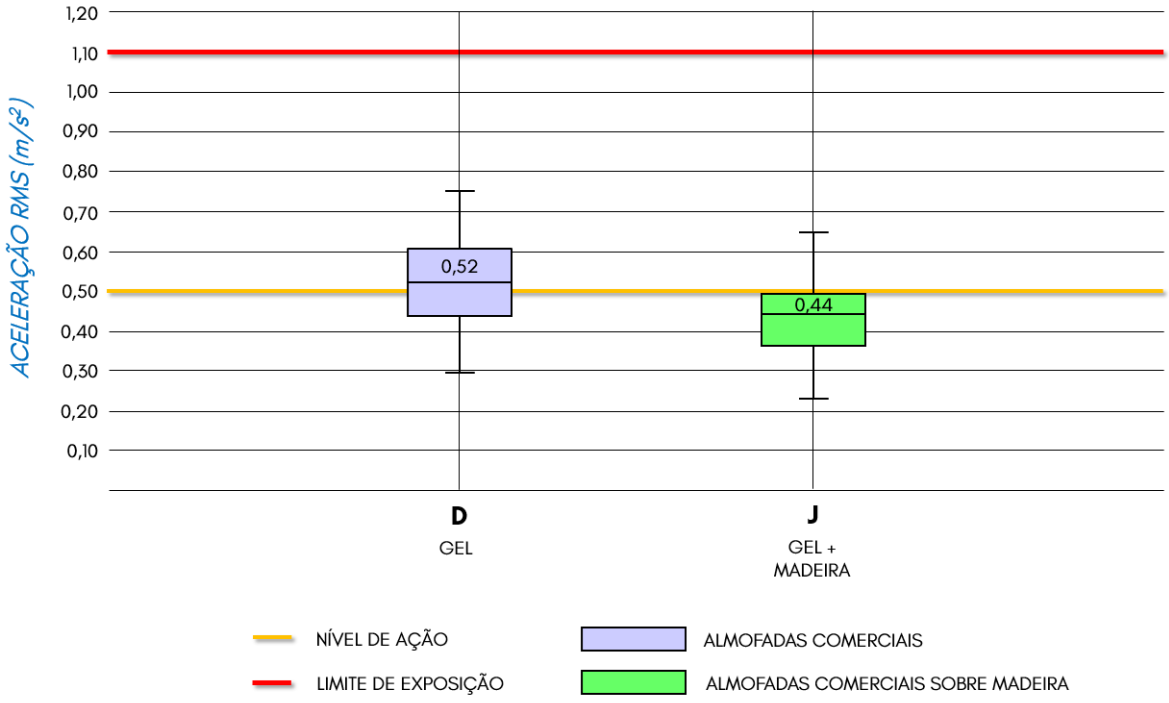

Fonte: A autora

Figura 71 - Comparação entre grupo C e grupo I



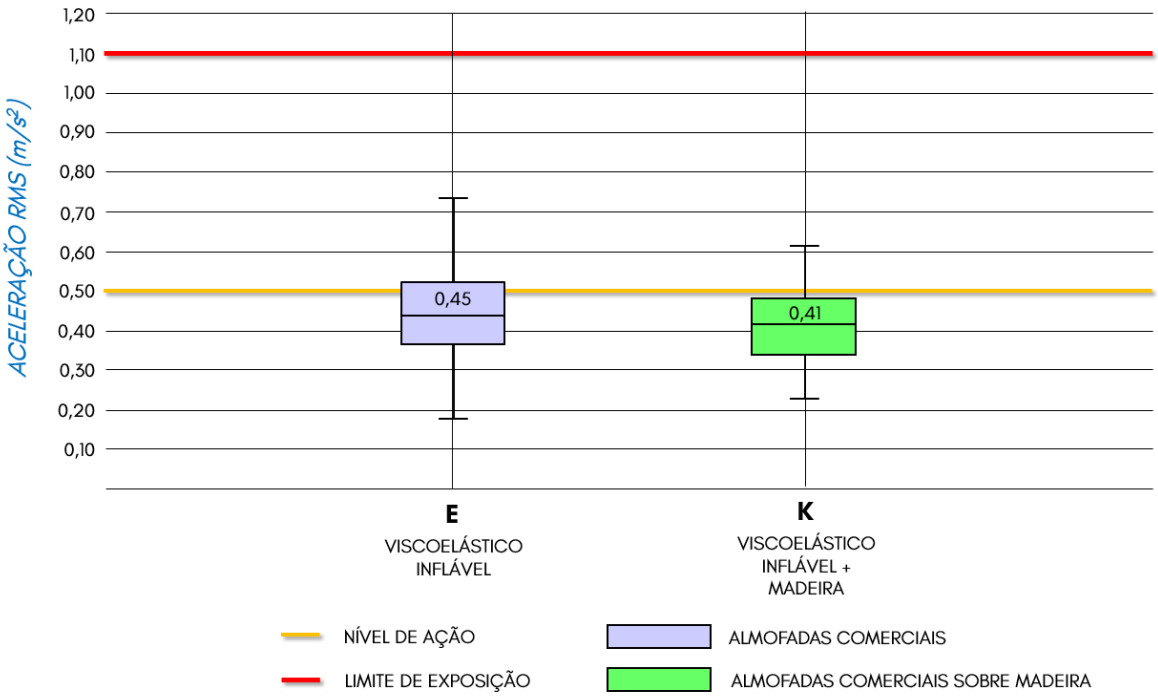

Fonte: A autora

Figura 72 - Comparação entre grupo D e grupo J




Fonte: A autora

Figura 73 - Comparação entre grupo E e grupo K




Fonte: A autora

De acordo com a estatística W (teste de Wilcoxon[4]), as significâncias estatísticas entre as almofadas comerciais e as mesmas sobre a superfície de madeira são:

a) B e H [P<0,001];
b) C e I [P<0,001];
c) D e J [P<0,001];
d) E e K [P<0,001].

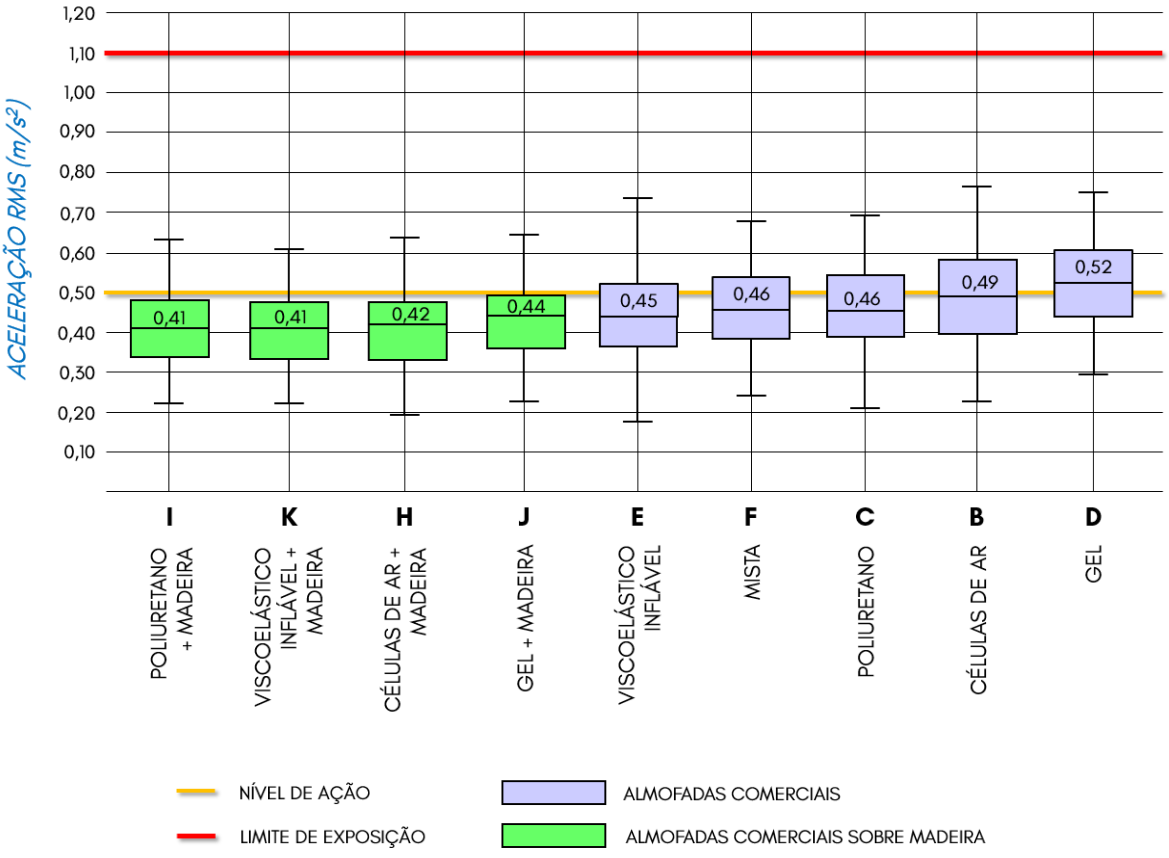
Desta forma, com diferenças extremamente significantes (P≤0,05), nota-se que a superfície de madeira age no sentido de absorver parte da vibração, transmitindo níveis de vibração mais baixos ao usuário de cadeira de rodas.

[4] Utilizado para comparar se as medidas de posição de duas amostras são iguais no caso em que as amostras são dependentes.

#### 4.2.2.6 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS GRUPOS AMOSTRAIS B, C, D, E, F, H, I, J e K.

Comparando todas as almofadas estudadas (grupos amostrais B, C, D e E), juntamente com as mesmas sobre a superfície de madeira (grupos amostrais H, I, J e K) e mais a almofada mista (grupo amostral F), tem-se os resultados representados na Figura 74.

Figura 74 - Comparação entre as almofadas sem e com madeira




Fonte: A autora

Nesta última comparação os tipos de assentos foram organizados em sentido crescente de nível de vibração, ou seja, à esquerda estão os assentos que menos transmitem a vibração e à direita os assentos que mais transmitem vibração. Com o box-plot da Figura 74, é visível a ação positiva da madeira na absorção da vibração.

# 5 DISCUSSÃO

## 5.1 DISCUSSÃO SOBRE O TESTE PILOTO

O teste piloto evidenciou que o usuário de cadeira de rodas é exposto à VCI, sendo o eixo y o menos afetado, tanto no piso cerâmico quanto no asfáltico.

Neste eixo, a almofada que menos transmite a vibração ao usuário da cadeira de rodas é a almofada de células de ar interligadas, no caso do piso asfáltico e as almofadas de células de ar e de composição mista no piso cerâmico. O eixo x apresenta, nos dois tipos de superfície de rolamento, valores mais elevados em relação aos medidos no eixo y, mas ainda abaixo do nível de ação. Importante destacar que no eixo x, nos dois tipos de piso, a vibração transmitida foi ampliada pelas almofadas de espuma, ou seja, foi verificado um nível de vibração superior a mesma situação com a cadeira sem almofadas. Importantes observações de Garcia-Mendez et al. (2013) mostram que as almofadas colocadas em cadeira de rodas não reduzem a transmissão da VCI e que, dependendo do material utilizado, podem ampliar a vibração transmitida.

O teste piloto apresentou duas situações bem diferenciadas, um piso asfáltico com superfície uniforme, sem depressões ou elevações e um piso cerâmico, que por ter o assentamento das peças cerâmicas espaçadas em cerca de dois centímetros, caracterizados por pequenas depressões, provoca constantes solavancos ao se conduzir a cadeira de rodas. Conforme observado por Rocha (2010), o tipo de superfície de rolamento e o seu estado de conservação contribui nos valores da aceleração. Quando se conduz uma cadeira em ambiente externo, não é possível escolher o tipo de piso, porém pode-se ter uma configuração dos componentes da cadeira de rodas que amenize a transmissão da VCI.

Os maiores níveis de vibração ocorreram no piso cerâmico. Pode-se entender isso pela constatação de Cooper et al. (2003) que cita que a transmissão da vibração ao corpo humano pode ser intensificada através de choques ocasionais, como pequenas depressões ou elevações no solo. Em estudos realizados sobre avaliação da VCI em usuários de cadeiras de rodas, Dziechciowski e Kromka-Szydek (2017), concluem que em superfícies de rolamento lisas, os níveis de vibração transmitidas através do eixo z ficam em torno de WA=0,15 $m/s^2$. No teste piloto, os valores médios de aceleração ponderada RMS no eixo z no piso mais uniforme, que é o asfáltico, variaram de WA=0,26 $m/s^2$ a WA=0,32 $m/s^2$.

O piso cerâmico tem por características a existência de juntas de dilatação, que são pequenas depressões igualmente espaçadas. Garcia-Mendez et al. (2013) também destacam que diferentes superfícies de rolamento induzem a níveis significativamente diferentes de transmissão de vibração durante a propulsão manual da cadeira de rodas.

Considerando os resultados obtidos no teste piloto, a **Hipótese 1** (o tipo de piso exerce influência sobre os níveis de vibração), foi comprovada.

## 5.2 DISCUSSÃO SOBRE AS VARIÁVEIS CORRELACIONADAS À VCI

Buscando verificar as hipóteses 2 a 6 (influência das variáveis IDADE, PESO, ALTURA, IMC e VELOCIDADE DE DESLOCAMENTO sobre a variável principal VCI), foram realizados cálculos de Correlação de Spearman das variáveis citadas em relação à VCI. Com exceção da variável Velocidade de Deslocamento, todas apresentaram correlação negativa fraca ou muito fraca, sendo possível entender que estas variáveis não exercem influência sobre os níveis de VCI. **As hipóteses 2, 3, 4 e 5 são, portanto, refutadas**.

Diferentemente dos resultados aqui encontrados de que a massa do usuário não influencia significativamente na vibração transmitida, Dziechciowski e Kromka-Szydek (2017) que testaram usuários de cadeiras de rodas com diferentes pesos (usuário 1: 50kg e usuário 2: 109 kg) destacaram

que os níveis de vibração registrados no assento e transmitidas ao eixo z foram maiores para o usuário com menor peso.

A variável VELOCIDADE apresentou correlação moderada positiva, indicando que a velocidade praticada no momento de deslocamento da cadeira de rodas exerce influência sobre os níveis de vibração transmitidos ao corpo humano. Pode-se entender que a velocidade influencia na trepidação da cadeira de rodas (quanto maior a velocidade, maior a trepidação) levando a uma movimentação maior de todo o conjunto (cadeira e usuário), o que acaba por influenciar a aceleração captada no eixo z e transmitida ao usuário. **A hipótese 6** (influência da velocidade de deslocamento sobre os níveis de vibração) foi comprovada.

A influência da velocidade na vibração é descrita por Sandi et al. (2018), que afirmam que a vibração se eleva com o aumento da velocidade de deslocamento do veículo (neste caso, o objeto de estudo foram tratores agrícolas). A mesma observação em relação a tratores agrícolas foi corroborada por Costa (2018).

Mesmo agindo de forma a alterar a trepidação e, por consequência, a aceleração ponderada, a velocidade não é o único fator contribuinte na vibração transmitida ao corpo humano. Elementos da própria cadeira, como é o caso do assento, podem influenciar na ampliação ou redução da VCI.

## 5.3 DISCUSSÃO SOBRE OS NÍVEIS DE VCI NOS DIFERENTES TIPOS DE ALMOFADAS

Esta pesquisa também partiu de um pressuposto (hipótese 7) de que diferentes tipos de almofadas ou assentos transmitem diferentes níveis de vibração. Para se testar tal hipótese, foram analisados cinco diferentes tipos de almofadas (células de ar, poliuretano, gel, espuma viscoelástica inflável e mista).

A almofada B (células de ar interligadas) tem valor de vibração (determinado pela mediana da aceleração RMS muito próxima ao nível de ação [WA=0,49 m/s$^2$]. A almofada C (poliuretano) apresentou nível de VCI de

WA=0,46 m/s$^2$. A almofada D (gel) apresentou nível de VCI de WA=0,52 m/s$^2$, ou seja, acima do nível de ação determinado na Norma 2631. Lembrando que o nível de ação é um valor de aceleração ponderada que, se ultrapassado indica a necessidade de elaboração e adoção de ações preventivas para minimizar as vibrações transmitidas pelo eixo em questão, minimizando a possibilidade de surgimento de danos à saúde e também evitando que o limite de exposição seja ultrapassado (NHO 09, 2013). Por fim, a almofada F (mista) apresentou vibração de WA=0,46 m/s$^2$. Nenhuma das almofadas apresentou níveis de vibração (dada pela mediana do conjunto de dados) próximos ao limite de exposição é de 1,1 m/s$^2$.

Quanto à variância, há diferenças estatisticamente significantes de nível de transmissão de VCI entre a maior parte dos assentos, com exceção de:

a) C (poliuretano) e E (viscoelástico inflável) [P= 0,2];
b) C (poliuretano) e F (composição mista) [P=0,14];
c) E (viscoelástico inflável) e F (composição mista) [P=0,97].

Os valores estatísticos significantes (P≥0,05) denotam semelhanças entre estas três almofadas, sugerindo que as mesmas apresentam comportamentos semelhantes no que se refere à absorção e transmissão da vibração ao corpo do usuário.

Em comparação com os demais assentos, estas três almofadas tem valores de vibração maiores que a cadeira sem almofadas, apresentando diferença extremamente significante [P=0] e menores que a almofada de células de ar e de gel [P=0].

A **hipótese 7,** de que diferentes tipos de almofadas transmitem valores diferentes de vibração ao corpo humano, foi comprovada, pois, para as mesmas condições de coletas de dados (mesmo piso, mesmo percurso e mesmos participantes) os resultados se mostraram diferentes, sendo que as almofadas que menos transmitem a VCI são as de espuma de poliuretano, de espuma viscoelástica inflável e a mista.

Sobre a hipótese 8 (almofadas reduzem os níveis de vibração se comparados à cadeira de rodas sem almofadas), as análises não comprovaram tal hipótese, pois as cinco almofadas testadas apresentaram níveis de VCI

superiores à cadeira de rodas sem almofadas, que apresentou vibração de WA=0,39 m/s$^2$.

A **hipótese 8** foi refutada nesta pesquisa, apesar de Figueiredo et al. (2016) sugerirem que a causa da incidência de altos valores de vibração em postos de trabalho de motoristas e operadores de máquinas são os assentos inapropriados, este estudo mostrou que o uso de almofadas não ameniza os níveis de vibração transmitidos ao corpo humano. Em conclusão distinta sobre a influência das almofadas na VCI, Mehta e Tewari (2010) destacaram que almofadas de poliuretano podem reduzir os níveis de transmissão de vibração ao corpo humano se apresentarem alta densidade, ou seja, quanto mais densa, maior a possibilidade de atenuar a transmissão de vibração.

Mayton et al. (2008) relatam que as almofadas mais eficientes na redução dos níveis de vibração transmitidas ao corpo humano, de acordo com os estudos por eles realizados em tratores, é a almofada de espuma viscoelástica.

Costa (2018) após os estudos realizados sobre a exposição de VCI em operadores de tratores, conclui que, dos diversos modelos analisados de almofadas, nenhuma apresentou desempenho melhor que o assento sem almofadas, pelo contrário, todos os modelos avaliados ampliaram os níveis de vibração transmitida ao operador (de trator agrícola), corroborando os achados sobre almofadas desta pesquisa. O mesmo autor sugere em seu trabalho que sejam confeccionadas e analisadas almofadas não comerciais com o objetivo de propor uma composição ideal de materiais.

## 5.4 DISCUSSÃO SOBRE OS NÍVEIS DE VCI EM ALMOFADAS ASSOCIADAS À SUPERFÍCIE DE MADEIRA

A investigação sobre o design da almofada se deu, unicamente, em relação a sua composição, ou seja, a adição ou não de superfície de madeira sob as almofadas. A hipótese 9 sugere que a almofada associada a uma superfície de madeira pode influenciar na transmissão da VCI. Esta

investigação teve origem no fato de que uma das almofadas (a mista) já tem em sua composição uma superfície de madeira compensada.

Uma observação muito importante nesta fase de investigação é que níveis de vibração transmitidos ao corpo humano foram reduzidos quando inserida a superfície de madeira compensada sob cada almofada.

Em seu estudo, Costa (2018) investigou almofadas como atenuantes de vibração em assentos de tratores agrícolas, concluindo que a almofada composta de esferas de madeira atenuou a transmissão da vibração em velocidades de deslocamento de 3,5 $km.h^{-1}$ e 6,1 $km.h^{-1}$.

Entre os dois grupos de controle (sem almofada e sem almofada com superfície de madeira) a vibração transmitida ao usuário apresentou níveis menores com o uso da superfície de madeira, sugerindo que a madeira tem a ação de absorver parte da vibração recebida, transmitindo níveis mais baixos de VCI ao usuário. Neste caso, os níveis de vibração transmitidos ao usuário caem significativamente em relação à cadeira de rodas sem almofadas, de $WA_{SEM\ ALMOFADA} = 0,39 m/s^2$ para $WA_{MADEIRA\ COMPENSADA} = 0,32 m/s^2$.

Em todas as comparações realizadas, a almofada com adição de madeira transmitiu níveis inferiores de VCI:

a) Almofada de células de ar interligadas: $WA = 0,49 m/s^2$
   Almofada de células de ar interligadas com madeira: $WA = 0,42 m/s^2$

b) Almofada de poliuretano: $WA = 0,46 m/s^2$
   Almofada de poliuretano com madeira: $WA = 0,41 m/s^2$

c) Almofada de gel: $WA = 0,52 m/s^2$
   Almofada de gel com madeira: $WA = 0,44 m/s^2$

d) Almofada de espuma viscoelástica inflável: $WA = 0,45 m/s^2$
   Almofada de espuma viscoelástica inflável com madeira: $WA = 0,41 m/s^2$

Nota-se que a superfície de madeira absorve parte da vibração, transmitindo níveis de vibração mais baixos ao usuário de cadeira de rodas, comprovando a hipótese 9 de que o design da almofada, em relação a sua composição (adição da superfície de madeira compensada) influencia positivamente na transmissão da VCI, ou seja, almofadas sobre madeira transmitem níveis mais baixos de vibração ao corpo humano, sendo, portanto, **hipótese 9** aceita.

A **hipótese básica:** "as almofadas atenuam a vibração de corpo inteiro em usuários de cadeiras de rodas" foi rejeitada.

# 6 CONCLUSÃO

Este trabalho teve o objetivo de analisar a vibração transmitida ao corpo inteiro de usuários de cadeira de rodas, através da superfície de contato do assento.

Foi possível concluir que as superfícies de rolamento mais homogêneas provocam menos vibração na cadeira de rodas, que a velocidade exercida no momento do deslocamento da cadeira de rodas, exerce grande influência nos níveis transmitidos de vibração de corpo inteiro, ou seja, quanto maior a velocidade, maiores os níveis de vibração e que, para este desenho de pesquisa as almofadas utilizadas não atenuaram os níveis de vibração transmitidas aos usuários da cadeira de rodas.

Em comparação ao grupo amostral de controle A (cadeira de rodas sem almofadas), verificou-se que as almofadas tendem a ampliar as oscilações, sendo que o grupo amostral de controle transmitiu níveis menores de vibração. Observa-se que este estudo não envolveu aspectos da percepção do conforto por parte do usuário, sendo restrito à exposição à vibração de corpo inteiro.

As almofadas que se apresentaram mais eficientes na atenuação da VCI foram as almofadas de poliuretano, viscoelástico inflável e células de ar.

Por ser uma pesquisa transversal, os níveis de vibração (considerados valores como média e mediana da aceleração RMS) se mostraram seguros, não ultrapassando o nível de ação determinado pela ISO 2631 de 1997, porém observando todos os valores de RMS aferidos, todas as almofadas tiveram grande parte dos seus dados coletados ultrapassando o nível de segurança, não atingindo, porém, o limite de exposição [WA=1,1m/$s^2$]. Isto leva à compreensão de que em observação longitudinal, estes níveis de vibração tendem a resultar em danos à saúde do usuário de cadeira de rodas.

Os usuários que fazem uso da cadeira de rodas para deslocamentos constantes, tendem a apresentar desconforto, dores musculares e dificuldades

no desempenho de suas atividades, devido ao desgaste físico e psicológico ocasionado pela VCI.

As análises realizadas sugerem que as almofadas tendem a ampliar a vibração transmitida ao corpo humano, não sendo, no entanto, o único fator contribuinte para a ocorrência da vibração.

A mais importante constatação desta pesquisa é que o design da almofada é decisivo na atenuação ou ampliação das ondas vibratórias transmitidas ao eixo z. Ao se adicionar um material sob as almofadas (neste caso a superfície plana de madeira), os níveis de vibração foram significativamente reduzidos em todos os modelos de almofadas analisados.

Esta constatação fez entender que a madeira age como um isolante de vibração, ou seja, a vibração transversal que vem da cadeira de rodas é parcialmente absorvida por este material.

A escolha da madeira como material isolante se deu pelo fato de uma das almofadas conter em sua composição uma placa de compensando (a almofada mista). As análises mostram que, para as referidas condições do estudo, a madeira, apesar de ser um elemento rígido, absorve a vibração, transmitindo-a em níveis menores ao usuário.

Respondendo às questões que nortearam esta pesquisa:

*O uso da almofada influencia na transmissão de vibração?*

Sim, o uso da almofada exerce influência sobre os níveis transmitidos de vibração ao usuário de cadeira de rodas, ampliando estes valores, provavelmente devido aos materiais utilizados na sua concepção.

*De que forma o design da almofada influencia nesta transmissão?*

Foi possível verificar que a configuração da almofada é de extrema relevância na atenuação da VCI, à princípio quanto aos materiais utilizados. Esta pesquisa poderá ter continuidade com a análise de outros materiais com a função de isolante vibracional (além da madeira) para a verificação da eficácia na absorção da vibração. Também poderá ser estudada a melhor configuração da almofada, ou seja, materiais envolvidos, como por exemplo a espessura da madeira, a espessura, a densidade e o tipo de espuma, assim como a forma da almofada e a percepção de conforto relacionada.

# REFERÊNCIAS


AGNELLI, L. B.; TOYODA, C. Y. Estudo de materiais para a confecção de órteses e sua utilização prática por terapeutas ocupacionais no Brasil. **Cadernos Brasileiros de Terapia Ocupacional**, v. 11, n. 2, 2010.

AMIRALIAN, M. L. T et al. Conceituando deficiência. **Revista de Saúde Pública**, v. 34, p. 97-103, 2000.

ARAUJO, L. A. D.; COSTA FILHO, W. M. O Estatuto da Pessoa com Deficiência-EPCD (Lei 13.146, de 06.07. 2015): algumas novidades. **Revista dos Tribunais**, v. 962, n. 2015, p. 65-80, 2015.

ARAÚJO, M. V. **Desenvolvimento de uma órtese ativa para os membros inferiores com sistema eletrônico embarcado**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica e de Computação). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO E SERVIÇOS DE TECNOLOGIA ASSISTIVA (ABRIDEF). **Parecer Técnico 01/2013:** Almofadas para Usuários de Cadeiras de Rodas. São Paulo. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ERGONOMIA (ABERGO). ERG BR 1002: **Código de Deontologia do Ergonomista Certificado**. Ouro Preto: Minas Gerais, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15953:** Pavimento intertravado com peças de concreto: Execução. São Paulo, p. 13. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9781:** Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio. São Paulo, p. 21. 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9050:** acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. São Paulo, p. 148. 2015.

BAUER, W.; WESTFALL, G. D.; DIAS, H. **Física para Universitários-Mecânica**. AMGH Editora, 2012.

BERSCH, R. **Introdução à tecnologia assistiva**. Porto Alegre. 2017.

BERSCH, R.; SARTORETTO, M. **Educação, Tecnologia e Acessibilidade**. São Paulo: CGI. BR, 2014.

BOIANI, J. A. M. et al. Prescrição e Uso de Andadores para Idosos: Uma Demanda para o Design Ergonômico. **Blucher Design Proceedings**, v. 2, n. 1, p. 585-597, 2015.

BRASIL. Comitê de Ajudas Técnicas. Secretaria Especial dos Direitos Humanos da Presidência da República (CORDE/SEDH/PR). **Ata da Reunião VII.** 2007.

BRASIL. Ministério da Fazenda. **Portaria Interministerial n. 362**. 2012.

BRESSANI, M. E. Noções Básicas e Introdução às Vibrações Mecânicas. **Albany International**. Ano 6, n. 20, mar. 2009.

BRÉMAUD, I. et al. Physico-chemical indicators of inter-specific variability in vibration damping of wood. **Annals of Forest Science**, v. 67, n. 7, p. 707, 2010.

CASSU, S. N. et al. Comportamento dinâmico-mecânico e relaxações em polímeros e blendas poliméricas. **Química nova**, vol. 28, n. 2, p.255-263, 2005.

COOPER, R. A. et al. Seat and footrest shocks and vibrations in manual wheelchairs with and without suspension. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 84, n. 1, p. 96-102, 2003.

CORREIA, A. A. **Vibrações de sistemas com 1 grau de liberdade**. Instituto Superior Técnico, 2007.

COSTA, E. **Almofadas de assento para atenuação da vibração ocupacional em tratores agrícolas**. 137p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2018.

COSTA, V. S. P. et al. Representações sociais da cadeira de rodas para a pessoa com lesão da medula espinhal. **Rev. Latino-Am. Enfermagem**. [periódico na Internet], 2010.

DIAS, I. L. T. Desenvolvimento e avaliação de formulações em gel para veiculação de ácido salicílico. **Revista Multidisciplinar da Saúde**. Ano 3, n. 5. p. 26. 2011.

DIGIOVINE, C. P. et al. Whole-body vibration during manual wheelchair propulsion with selected seat cushions and back supports. **IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering**, v. 11, n. 3, p. 311-322, 2003.

DZIECHCIOWSKI, Z.; KROMKA-SZYDEK, M. Vibration Transmitted to the Human Body during the Patient's Ride in a Wheelchair. **Archives of Acoustics**, v. 42, n. 1, p. 137–148, 2017.

FARIA, M. R. **Vibração transmitida a cadeirantes atraves do deslocamento sobre determinados tipos de revestimentos de calçadas.** 2015. 121f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

FERNANDES, M.; MORATA, T. C. Estudo dos efeitos auditivos e extra-auditivos da exposição ocupacional a ruído e vibração. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**. v. 68 n. 5, p. 705-13. set/out 2012.

FERREIRA, A. C. M.; FERRARI, V. S.; DWORAK, R. F.; SANTOS, J. E. G.; PASCHOARELLI, L. C. **Análise de vibração de corpo inteiro em uma incubadora neonatal**. In: XVII Congresso Brasileiro de Ergonomia, Belo Horizonte, 2016.

FERREIRA, A. C. M.; PASCHOARELLI, L. C.; MEDOLA, F. O.; SANTOS, J. E. G. **Vibração de Corpo Inteiro.** In: PASCHOARELLI, L. C.; MENEZES, M. S. (Orgs.). Design: estudos e proposições. 1 ed. Bauru: Canal 6 Editora, p. 213-224, 2017.

FIGUEIREDO, M. A. M.; SILVA, L. F.; BARNABÉ, T. L. Transporte coletivo: vibração de corpo-inteiro e conforto de passageiros, motoristas e cobradores. **Journal of Transport Literature**, v. 10, n. 1, p. 35-39, 2016.

FONTELLES, M. J. et al. Metodologia da pesquisa científica: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa. **Revista paraense de medicina**, v. 23, n. 3, p. 1-8, 2009.

GALVÃO FILHO, T. A. **A Tecnologia Assistiva: de que se trata?** In: MACHADO, G. J. C.; SOBRAL, M. N. (Orgs.). Conexões: educação,

comunicação, inclusão e interculturalidade. 1 ed. Porto Alegre: Redes Editora, p. 207-235, 2009.

GARCIA-MENDEZ, Y.; PEARLMAN, J. L.; BONIGER, M. L., COOPER, R. A. Health risks of vibration exposure to wheelchair users in the community. **The Journal of Spinal Cord Medicine**, v. 36, n. 4, p.365-375, 2013.

GIL, A. C. **Como classificar as pesquisas**. v. 4, p. 44-45, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 1. ed., v. 6. São Paulo: Atlas, 2009.

GOMES FILHO, J. **Ergonomia do objeto**: sistema técnico de leitura ergonômica. Escrituras, 2016.

GUGELMIN, S. Â.; SANTOS, R. V. Uso do índice de massa corporal na avaliação do estado nutricional de adultos indígenas Xavante, Terra Indígena Sangradouro-Volta Grande, Mato Grosso, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 22, p. 1865-1872, 2006.

HUGHES, B.; SAWATZKY, B. J.; HOL, A. T. A comparison of spinergy versus standard steel-spoke wheelchair wheels. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 86, n. 3, p. 596-601, 2005.

IIDA, I.; BUARQUE, L. **Ergonomia**: projeto e produção. Editora Blucher, 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico.** 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo demográfico.** 2000.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 2631**: Mechanical vibration and shock: Evaluation of human exposure of whole-body vibration: General requirements. Geneva, 1997. 31p.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8041**: Human response to vibration: Measuring instrumentation. Geneva, 2007.

KROEMER, K. H. E., GRANDJEAN, E., **Manual de Ergonomia**: Adaptando o trabalho ao homem, 5º edição, Artmed Editora, Porto Alegre, 2005.

KHASNABIS, C. et al. **Wheelchair service training package: basic level**. World Health Organization, 2012.

KWARCIAK, A. M.; COOPER, R. A.; FITZGERALD, S. G. Curb descent testing of suspension manual wheelchairs. **Journal of Rehabilitation Research & Development**, v. 45, n. 1, 2008.

LARANJEIRA, F. O. **Perfil de utilização de órteses e meios auxiliares de locomoção no âmbito do sistema único de saúde.** 2005. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

LOPES, J. L. Análise de vibração ocupacional de corpo inteiro em máquinas colhedoras de cana-de-açúcar. **Revista ABHO de Higiene Ocupacional**. Ano 11, n. 26, p. 6-11, 2012.

MAYTON, A. G. et al. Jarring/jolting exposure and musculoskeletal symptoms among farm equipment operators. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 38, n. 9-10, p. 758-766, 2008.

MCNAUGHTON, D. LIGHT, J. The iPad and mobile technology revolution: Benefits and challenges for individuals who require augmentative and alternative communication. **Journal Augmentative and Alternative Communication**, v. 29, n. 2, p. 107-116. 2013.

MEDOLA, F. O. et al. Aspects of manual wheelchair configuration affecting mobility: A review. **Journal of physical therapy science**, v. 26, n. 2, p. 313-318, 2014.

MEHTA, C. R.; TEWARI, V. K. Damping characteristics of seat cushion materials for tractor ride comfort. **Journal of Terramechanics**, v. 47, n. 6, p. 401-406, 2010.

NORMA DE HIGIENE OCUPACIONAL. **NHO 09**: Avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro: procedimento técnico. São Paulo: Fundacentro, 2013. 63p.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**: fluidos, oscilações e ondas, calor. Editora Blucher, 2018.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). **Cadeira de rodas**: pacote de treinamento em serviços. São Paulo, 2012. 83p.

POLETTO FILHO, J. A. **Análise dos Riscos Físicos e Ergonômicos em Roçadora Transversal Motorizada**. 165 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Curso de Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho"- Unesp, Botucatu. 2013.

RAO, S. S. **Vibrações mecânicas**. Pearson Educación, 2009.

REQUEJO, P. S. et al. Influence of hand-rim wheelchairs with rear suspension on seat forces and head acceleration during curb descent landings. **Journal of rehabilitation medicine**, v. 41, n. 6, p. 459-466, 2009.

RESENDE, A. P. C.; VITAL, F. M. de P. A convenção sobre Direitos das Pessoas com Deficiência Comentada. **Brasília: Secretaria Especial dos Direitos Humanos. Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência**, p. 164, 2008.

RIBAS, R. L. **Exposição Humana À Vibrações De Corpo Inteiro Em Um Trator Agrícola Em Operação De Semeadura**. 2012. 89f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2012.

ROCHA, E. F.; CASTIGLIONI, M. C. Reflexões sobre recursos tecnológicos: ajudas técnicas, tecnologia assistiva, tecnologia de assistência e tecnologia de apoio. **Revista de Terapia Ocupacional da Universidade de São Paulo**, v. 16, n. 3, p. 97-104, 2005.

ROCHA, L. H. M. **Análise De Vibrações Transmitidas A Carrinhos De Bebês Em Percursos Sobre Calçadas**. 2010. 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental) da Universidade de Brasília, Brasília, 2010.

SALIBA, T. M. **Manual prático de avaliação e controle de vibração**. 3. ed. São Paulo: LTR, 2014.

SALVADOR, E. P. et al. Comparação entre o desempenho motor de homens e mulheres em séries múltiplas de exercícios com pesos. **Revista Brasileira de Medicina do Esporte**, v. 11, n. 5, p. 257-61, 2005.

SANDI, J. et al. Vibração ocorrente sobre o corpo inteiro do operador de trator agrícola em ensaio padronizado. **Journal of Neotropical Agriculture**. v. 5, n. 2, 2018.

SANTOS, J. E. G. et al. Análise dos riscos físicos e ergonômicos em roçadora transversal motorizada. **Revista Ação Ergonômica**, v. 10, n. 1, 2015.

SCHIRMER, C. R. et al. **Atendimento Educacional Especializado-Deficiência Física**. São Paulo: MEC/SEESP, v. 1, p. 130, 2007.

SEBASTIÃO, B. A.; MARZIALE, M. H. P.; ROBAZZI, M. L. C. C. Uma revisão sobre efeitos adversos ocasionados na saúde de trabalhadores expostos à vibração. **Revista Baiana de Saúde Pública**, v. 31, n. 1, p. 178-186, 2007.

SILVA, C. R. V.; LANA, M. R. V.; DUARTE, M. L. M. Os Impactos das Vibrações das Cadeiras de Rodas em Vias Públicas à Luz dos Direitos Fundamentais: Uma Análise Transdiciplinar. **RFD-Revista da Faculdade de Direito da UERJ**, n. 34, p. 101-118, 2018.

STAMATO, G. C.; CALIL JUNIOR, C. Resistência ao embutimento da madeira compensada. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**. São Carlos, n. 18, p. 49-76, 2002.

T&A. **Manual técnico de piso intertravado de concreto**. 46p. Fortaleza. 2004.

UNESCO. **Relatório Global UNESCO [livro eletrônico]**: abrindo novos caminhos para o empoderamento: TIC no acesso à informação e ao conhecimento para as pessoas com deficiência / UNESCO, São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2014.

VANSICKLE, D.P.; COOPER, R.A.; BONINGER, M.; DIGIOVINE, C.P. Analysis of vibration induced during wheelchair propulsion. **Journal of Rehabilitation Research and Development**, v. 38, n. 4, p. 409-21, Jul. Ago. 2001.

VORRINK, S. N. W.; WOUDE, L. H. V. VAN DER; MESSENBERG, A. Comparison of wheelchair wheels in terms of vibration and spasticity in people with spinal cord injury. **Assistive Technology Research Series**, p. 51, 2010.

WILLIAMS, M. PAST 3.14: A comprehensive statistics/data analysis tool. **Techworld From IDG.** 2016. Disponível em: https://www.techworld.com/download/office-business/past-314-3330821/. Acesso em: dez. 2018.

WOLF, E. et al. Longitudinal assessment of vibrations during manual and power wheelchair driving over select sidewalk surfaces. **Journal of Rehabilitation Research & Development**, v. 44, n. 4, 2007.

WOLF, E. et al. Using the absorbed Power method to evaluate effectiveness of vibration absorption of selected seat cushions during manual wheelchair propulsion. **Medical Engineering & Physics**, v. 26, p. 799-806, 2004.

WOLF, E. et al. Vibration exposure of individuals using wheelchairs over sidewalk surfaces. **Disability and Rehabilitation**, v. 27, n. 23, p. 1443-1449, 2005.

# APÊNDICE 1

## FICHA INDIVIDUAL DO PARTICIPANTE

| | |
|---|---|
| Nome: | **CÓDIGO** |
| Idade: | Gênero: ( ) Feminino ( ) Masculino |
| Altura: | Peso: |
| É usuário de cadeira de rodas? ( ) Sim ( ) Não | |
| Tem alguma lesão nos membros superiores? ( ) Não ( ) Sim. Local: | |
| Sente dores frequentes nos membros superiores? ( ) Não ( ) Sim. Local: | |

## COLETA DOS DADOS - PERCURSO

| Ponto de partida | Trecho de aceleração | Percurso com velocidade estável | Trecho de desaceleração | Parada |
|---|---|---|---|---|
| | **2 m** | **15 segundos** | **2 m** | |

## COLETA DOS DADOS – SEQUÊNCIA

| Assento | Arquivo | Sequência | Repetições | $\Delta t\ (total)$ segundos | $\Delta s\ (total)$ metros | Vm m/s |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | | | | | | |
| B | | | | | | |
| C | | | | | | |
| D | | | | | | |
| E | | | | | | |
| F | | | | | | |
| G | | | | | | |
| H | | | | | | |
| I | | | | | | |
| J | | | | | | |
| K | | | | | | |

**Legenda:**

**A.** Sem almofada
**B.** Base de madeira
**C.** Roho
**D.** Poliuretano
**E.** Gel
**F.** Freedom
**G.** Viscoelástico
**H.** Roho sobre base madeira
**I.** Poliuretano sobre base madeira
**I.** Gel sobre base madeira
**J.** Freedom sobre base madeira

$\Delta t$ Tempo de exposição à vibração
$\Delta s$ Distância percorrida
**Vm** Velocidade média das 4 repetições

# APÊNDICE 2

**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**
(TERMINOLOGIA OBRIGATÓRIO EM ATENDIMENTO A RESOLUÇÃO 196/96 -CNS-MS)

A pesquisa **EXPOSIÇÃO À VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM USUÁRIO DE CADEIRA DE RODAS** tem como objetivo verificar a ocorrência da vibração de corpo inteiro em usuários de cadeira de cadeira de rodas e qual tipo de assento se apresenta como mais eficiente na absorção desta vibração.

Nenhum dos procedimentos será invasivo e não causará nenhum desconforto ou risco à sua saúde. Em caso de dúvidas, você será totalmente esclarecido pelos responsáveis da pesquisa antes e durante a realização do experimento.

Este "Termo de Consentimento Livre e Esclarecido" atende a Resolução 196/96-CNS-MS e o "Código de Deontologia do Ergonomista Certificado - Norma ERG BR 1002 - ABERGO".

Eu, _____, RG _____- SSP/_____, estando ciente das informações acima lidas, concordo em participar da pesquisa **EXPOSIÇÃO À VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM USUÁRIO DE CADEIRA DE RODAS** e entendo que as informações cedidas por mim são confidenciais, autorizando a sua divulgação no meio científico e acadêmico de forma anônima e global, tendo a minha identidade totalmente preservada. Estou ciente de que sou voluntário e, portanto, não receberei nenhum benefício por participar desta pesquisa, bem como não terei ônus algum. Tenho total liberdade para aceitar ou recusar fazer parte deste estudo e sei que a minha recusa, em qualquer momento do experimento, não acarretará nenhum prejuízo para mim.

Bauru, data do dia da coleta

_____ _____
Assinatura do sujeito participante Assinatura do orientador

_____
Assinatura do responsável pela pesquisa

# ANEXO 1

## AUTORIZAÇÃO FATEC

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DE PESQUISA**

Eu, WANGNER BARBOSA DA COSTA, RG n. 26.767.022-9, CPF n. 266.023.088-90, coordenadora do Curso Superior de Tecnologia em Sistemas Biomédicos, autorizo **Ana Cristina Maurício Ferreira,** RG n. 22.512.367-8, CPF n. 170.471.978-00, aluna de doutorado do Programa de Pós-graduação em Design, da Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", sob orientação do Prof. Dr. Luis Carlos Paschoarelli e Coorientação do Prof. Dr. Fausto Orsi Medola, a realizar a coleta de dados para a pesquisa intitulada "Vibração de Corpo Inteiro em Usuários de Cadeira de Rodas", que tem por objetivo principal verificar a influência das almofadas nos níveis de vibração transmitidos aos usuários de cadeira de rodas.

A coleta de dados será realizada nas dependências da Faculdade de Tecnologia de Bauru, do Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza (CEETEPS), com participação de alunos do curso de Tecnologia em Sistemas Biomédicos.

Bauru, 10 de maio de 2018.

Profa. Me. Wangner Barbosa da Costa

Faculdade de Tecnologia – Fatec – Bauru
Rua Manoel Bento da Cruz, 3-30 – Centro – Bauru, SP – CEP 17015-171 – Fone: (14) 3223-2083

# ANEXO 2

## APROVAÇÃO EM COMITÊ DE ÉTICA

"FACULDADE DE CIÊNCIAS
CAMPUS DE BAURU/ UNESP -
""JÚLIO DE MESQUITA

Plataforma Brasil

### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** DESIGN DE CADEIRA DE RODAS: IMPLICAÇÕES ERGONÔMICAS NA MOBILIDADE, FUNCIONALIDADE E CONFORTO DOS USUÁRIOS

**Pesquisador:** FAUSTO ORSI MEDOLA

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 32625014.2.0000.5398

**Instituição Proponente:** UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO

**Patrocinador Principal:** MINISTERIO DA CIENCIA, TECNOLOGIA E INOVACAO
FUNDACAO PARA O DESENVOLVIMENTO DA UNESP - FUNDUNESP

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 800.500

**Data da Relatoria:** 04/09/2014

**Apresentação do Projeto:**

O projeto está bem apresentado.

**Objetivo da Pesquisa:**

Está claro o objetivo da pesquisa.

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

Os riscos são muito pequenos (algum desconforto em relação a certos componentes da cadeira de rodas) e os benefícios parecem ser relevantes.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

O projeto está bem apresentado e demonstra uma preocupação com um público-alvo bastante específico cujas necessidades de melhor adequação de instrumentos de auxílio para suprir suas limitações e desabilidades é crescente

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

O TCLE foi revisado e está de acordo para a interpretação do estudo e consentimento para a participação no mesmo.

**Endereço:** Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01
**Bairro:** **CEP:** 17.033-360
**UF:** SP **Município:** BAURU
**Telefone:** (143)103--6087 **Fax:** (143)103--6087 **E-mail:** arimaia@fc.unesp.br

**Recomendações:**

Não se aplica

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Aprovado

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Considerações Finais a critério do CEP:**

O projeto tem boa fundamentação teórica e metodológica e encontra-se em acordo com os parâmetros éticos estabelecidos pela resolução 466/12. Os cuidados necessários com a segurança dos participantes foram previstos no projeto e sua realização é viável e segura.

BAURU, 22 de Setembro de 2014

**Assinado por:**
**Ari Fernando Maia**
**(Coordenador)**

**Endereço:** Av. Luiz Edmundo Carrijo Coube, nº 14-01
**Bairro:** **CEP:** 17.033-360
**UF:** SP **Município:** BAURU
**Telefone:** (143)103--6087 **Fax:** (143)103--6087 **E-mail:** arimaia@fc.unesp.br

# ANEXO 3

## CALIBRAÇÃO DO HVM-100

INSTRUTHERM

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRUTHERM

*Certificado de Calibração*

**Nº 93175/18**

Folha 01/02

**Cliente:** UNIVERSIDADE EST. PAULISTA JULIO DE MESQUITA FILHO
**Endereço:** AV. ENG. LUIZ EDMUNDO CARRIJO COUBE, SN Bairro: NUCLEO RES.PRES. GEISEL Cep: 17033-360 BAURU - SP
**Item Calibrado:** MEDIDOR DE VIBRACAO **Nº Código de barra / Nº Série:** S/ CODIGO / 02291
**Marca:** LARSON DAVIS **Modelo:** HVM 100 **Id. Equip. do Cliente:** 18.004
**O.S. Nº:** 186981 **Data de Calibração:** 23/10/2018

**Condições Ambientais Aplicáveis à Calibração**

**Temperatura durante a calibração:** 23±3°C **Umidade relativa durante a calibração:** 45 a 65% (U.R)

**Metodologia de Calibração**

Procedimento de Calibração: PCI 058 - Rev.0 - Foi realizada a calibração através do processo de comparação com um padrão rastreado.

**Padrões Utilizados**

LCI 34 - AGILENT 33220A - MY44038488 - Certificado de Calibração nº R0841/2018 - RBC CAL 0053 Validade até 04/2019

LCI 249 - TERMO-HIGROMETRO S/ MODELO - - - Certificado de Calibração nº CAL-163435/18 - RBC CAL 0056 Validade até 08/2019

**Resultados Obtidos**

**Aceleração**

**Frequência** 151 Hz **Filtro** WHY
**Sensibilidade** - mV/g **Canal** HA

| Valor Indicado no Instrumento m/s² | Valor Convencional m/s² | Erro m/s² | Incerteza m/s² |
|---|---|---|---|
| 1,320 | 0,600 | 0,720 | 0,2 |
| 5,020 | 1,000 | 4,020 | 0,2 |
| 9,940 | 5,000 | 4,940 | 0,2 |
| 14,800 | 10,000 | 4,800 | 0,2 |
| 19,700 | 15,000 | 4,700 | 0,2 |

**Aceleração**

**Frequência** 151 Hz **Filtro** WHX
**Sensibilidade** - mV/g **Canal** HA

| Valor Indicado no Instrumento m/s² | Valor Convencional m/s² | Erro m/s² | Incerteza m/s² |
|---|---|---|---|
| 1,310 | 0,600 | 0,710 | 0,2 |
| 4,920 | 1,000 | 3,920 | 0,2 |
| 9,800 | 5,000 | 4,800 | 0,2 |
| 14,700 | 10,000 | 4,700 | 0,2 |
| 19,700 | 15,000 | 4,700 | 0,2 |

**Aceleração**

**Frequência** 145 Hz **Filtro** WHZ
**Sensibilidade** - mV/g **Canal** HA

| Valor Indicado no Instrumento m/s² | Valor Convencional m/s² | Erro m/s² | Incerteza m/s² |
|---|---|---|---|
| 1,310 | 0,600 | 0,710 | 0,21 |
| 5,020 | 1,000 | 4,020 | 0,21 |
| 9,980 | 5,000 | 4,980 | 0,21 |
| 14,900 | 10,000 | 4,900 | 0,21 |
| 19,800 | 15,000 | 4,800 | 0,21 |

**INSTRUTHERM INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO LTDA**

TRUTHERM

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRUTHERM

*Certificado de Calibração*

**Nº 93175/18**



**Aceleração**

**Frequência** 51 Hz **Filtro** WMY
**Sensibilidade** - mV/g **Canal** WB

| Valor Indicado no Instrumento m/s² | Valor Convencional m/s² | Erro m/s² | Incerteza m/s² |
|---|---|---|---|
| 1,030 | 0,600 | 0,430 | 0,21 |
| 5,010 | 1,000 | 4,010 | 0,21 |
| 10,000 | 5,000 | 5,000 | 0,21 |
| 15,000 | 10,000 | 5,000 | 0,21 |
| 19,800 | 15,000 | 4,800 | 0,21 |

**Aceleração**

**Frequência** 50 Hz **Filtro** WMX
**Sensibilidade** - mV/g **Canal** WB

| Valor Indicado no Instrumento m/s² | Valor Convencional m/s² | Erro m/s² | Incerteza m/s² |
|---|---|---|---|
| 1,020 | 0,600 | 0,420 | 0,20 |
| 5,000 | 1,000 | 4,000 | 0,21 |
| 10,100 | 5,000 | 5,100 | 0,21 |
| 15,100 | 10,000 | 5,100 | 0,21 |
| 20,100 | 15,000 | 5,100 | 0,21 |

**Aceleração**

**Frequência** 49 Hz **Filtro** WMZ
**Sensibilidade** - mV/g **Canal** WB

| Valor Indicado no Instrumento m/s² | Valor Convencional m/s² | Erro m/s² | Incerteza m/s² |
|---|---|---|---|
| 1,000 | 0,600 | 0,400 | 0,20 |
| 5,030 | 1,000 | 4,030 | 0,21 |
| 10,100 | 5,000 | 5,100 | 0,21 |
| 15,000 | 10,000 | 5,000 | 0,21 |
| 19,800 | 15,000 | 4,800 | 0,21 |

**Notas**

A incerteza expandida relatada é baseada em uma incerteza padronizada combinada e multiplicada pelo fator de abrangência k=2, para um nível de confiança de aproximadamente 95%.

Os resultados acima apresentados referem-se exclusivamente ao item calibrado e às condições supra mencionadas.
Os serviços de calibração são realizados e controlados pela INSTRUTHERM-Instrumentos de Medição Ltda. O presente certificado somente pode ser reproduzido na sua forma e conteúdo integrais e sem alterações. Não pode ser utilizado para fins promocionais.

Data de emissão do certificado: 23/10/2018

LABORATÓRIO DE CALIBRAÇÃO INSTRUTHERM
Cristiano José Mollica
Gerente Técnico