



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

ENIO COSTA

**ALMOFADAS DE ASSENTO PARA ATENUAÇÃO DA VIBRAÇÃO OCUPACIONAL
EM TRATORES AGRÍCOLAS**

FORTALEZA

2018

ENIO COSTA

ALMOFADAS DE ASSENTO PARA ATENUAÇÃO DA VIBRAÇÃO OCUPACIONAL EM
TRATORES AGRÍCOLAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária

Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C871a Costa, Enio.
Almofadas de assento para atenuação da vibração ocupacional em tratores agrícolas / Enio Costa. – 2018.
136 f. : il. color.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Fortaleza, 2018.
Orientação: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

1. Ergonomia. 2. Transmissibilidade. 3. Vibração de corpo inteiro. I. Título.

CDD 630

ENIO COSTA

ALMOFADAS DE ASSENTO PARA ATENUAÇÃO DA VIBRAÇÃO OCUPACIONAL EM
TRATORES AGRÍCOLAS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola. Área de concentração: Engenharia de Sistemas Agrícolas.

Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

Aprovada em: 01/02/2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli
Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM)

Prof. Dr. José Wally Mendonça Menezes
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE)

Prof. Dr. Gentil Luiz da Silva II
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas (IFAL)

A todos os trabalhadores que possam ser beneficiados com este estudo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida e pela segunda chance dada, a de permanecer vivo e são após um grave acidente, o qual faz com que eu repense, de tempos em tempos, o verdadeiro valor de cada coisa na vida.

A minha mãe, Maria Ester Tomaz da Costa, pelo amor e carinho incondicionais, pelas orações constantes e pelo exemplo de persistência.

Ao meu pai, João Hermeto da Costa, pelo sacrifício realizado durante toda a vida para me proporcionar criação e educação dignas.

A minha irmã, Ênia Costa, pelo companheirismo de sempre.

A minha esposa, Audycléia Chagas Cavalcante Costa, pelo amor e apoio incondicional aos meus projetos, por mais loucos que sejam.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro, pela acolhida, apoio e disponibilidade irrestrita demonstrada ao longo do desenvolvimento deste trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFC, em especial, ao Prof. Dr. Carlos Alessandro Chioderoli, ao Prof. Dr. Danilo Roberto Loureiro e ao Prof. Dr. Daniel Albiero, que tornaram a árdua caminhada do aprendizado mais interessantes.

Aos membros da Comissão de Avaliação, em especial, ao Prof. Dr. Gentil Luiz da Silva II e ao Prof. Dr. José Wally Mendonça Menezes, pela disponibilidade e sugestões para o aprimoramento do trabalho.

A Juliano Bueno Barbosa da Silva (Buenin Buenão), irmão com quem Deus me presenteou que, mesmo de forma inconsciente (e consciente), me passa energia poodle em todos os momentos necessários.

A Tilzinho, mais um irmão com quem Deus me presenteou, pelos procedimentos ênicos, gentílicos e reforço tático sempre a postos.

Aos integrantes das minhas novas famílias de Alagoas que me acolhem a qualquer tempo e em qualquer circunstância, Audaléia Chagas Henrique Santos, Gélio Teotônio Cavalcante e Verônica Cristina de Azevedo Barbosa.

A minha querida amiga Viviane Castro dos Santos (Viviex), por todo o precioso auxílio, sem o qual este trabalho provavelmente não teria sido realizado e, também, pelo incentivo e orientação no desenvolvimento deste trabalho, o meu mais profundo e sincero agradecimento.

Ao meu querido amigo Deivielison Ximenes Siqueira Macedo (Deyvydy Ellysson), pelas ideias, entendimentos, empatia e sinceridade.

Aos meus amigos de todas as horas, Thiago de Norões Albuquerque e Carlos Beckenbauer de Sousa Jucá.

A todos os colegas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFC e do LIMA, em especial, as minhas queridas amigas Renata Fernandes Queiroz e Francisca Nivanda de Lima Estevam.

A todos os colegas do Instituto Federal do Ceará, em especial, ao Prof. Flávio Roberto de Freitas Gonçalves, ao Prof. José Heldenir Pinheiro Bezerra e ao Prof. Danilo Nobre Oliveira.

Ao meu orientador do mestrado, Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes, pelos ensinamentos em todas as áreas.

A todos os empregados do Departamento de Engenharia Agrícola da UFC, em especial, ao Sr. Sandoval, por ter se disponibilizado para conduzir o trator para os ensaios.

Aos “seres humaninhos” que, de forma despretensiosa, estiveram presentes na minha trajetória: Bellinha, Luna, Maya e Xuxa.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará, instituição à qual pertenço, por ter me proporcionado, embora de forma restrita, condição de desenvolver este trabalho.

À Universidade Federal do Ceará, instituição à qual tenho vínculo desde 2002, que me proporcionou os maiores ensinamentos na vida acadêmica.

A todos os familiares, amigos e conhecidos que contribuíram positivamente com ações e pensamentos para o sucesso deste trabalho.

“Embora os mestres e os livros sejam auxiliares necessários, é do esforço próprio que se conseguem os mais completos e brilhantes resultados.”

Garfield.

RESUMO

COSTA, Enio, Universidade Federal do Ceará. Fevereiro de 2018. **Almofadas de assento para atenuação da vibração ocupacional em tratores agrícolas.** Orientador: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

A utilização de tratores na agricultura é um elemento chave no aumento da produtividade e da qualidade dessa produção, pois é capaz de executar as operações em menos tempo, com mais eficiência e com a diminuição dos custos de produção. Como forma de conhecer a realidade das máquinas atuais em termo de níveis de vibração ocupacional, diversos ensaios vêm sendo realizados em diferentes modelos de tratores e em várias condições de uso, sendo possível assim, planejar a melhor estratégia de combate ao problema. O objetivo do trabalho foi avaliar o uso de diferentes almofadas de assento para atenuar a vibração de corpo inteiro (VCI) em tratores agrícolas. O ensaio foi conduzido em área experimental pertencente ao Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA) da Universidade Federal do Ceará. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, foram utilizados nove materiais atenuantes (almofadas de água, inflável com formato quadrado, inflável formato caixa de ovo, esferas de madeira, espuma viscoelástica, micropérolas de poliestireno, poliuretano expandido, gel e látex) e um sem atenuação (tratamento controle) em três velocidades de deslocamento, sendo: 3,5 km.h⁻¹, 6,1 km.h⁻¹ e 11,8 km.h⁻¹. Foram feitas parcelas com leituras de 4 min, nas quais a cada 10s foi coletada uma amostra totalizando 24 amostras coletadas por cada repetição, sendo realizadas 5 repetições para cada tratamento. Para a análise estatística dos dados foi utilizado o software estatístico ASSISTAT. Para verificar a normalidade dos dados obtidos, os mesmos foram submetidos ao teste Anderson-Darling. Após comprovada a normalidade dos dados, os mesmos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. Nas condições avaliadas, a espuma viscoelástica foi o material que apresentou melhor atenuação dos valores de dose de vibração resultante (VDVR) e aren entre os materiais utilizados. Apesar de vários materiais se mostrarem bons atenuantes em relação ao assento, na velocidade de 11,8 km.h⁻¹ todos os tratamentos avaliados apresentaram valores de VDVR e aceleração resultante de exposição normalizada (aren) acima do limite de exposição, o que caracteriza a condição de trabalho, mesmo com a utilização dos materiais, como insalubre.

Palavras-chave: Ergonomia. Transmissibilidade. Vibração de corpo inteiro.

ABSTRACT

COSTA, Enio, Universidade Federal do Ceará. February of 2018. **Seat cushions for the attenuation of occupational vibration in agricultural tractors.** Supervisor: Prof. Dr. Leonardo de Almeida Monteiro.

The use of tractors in agriculture is a key element in increasing productivity and quality of this production, as it is able to perform operations in less time, more efficiently and decrease production costs. Several tests have been carried out on different models of tractors and in various conditions of use, as a way to know the reality of the current machines in terms of vibration to plan the best strategy to combat the problem. The objective of the study was to evaluate the use of different seat cushions to attenuate whole-body vibration (WBV) in agricultural tractors. The experiment was conducted in an experimental area belonging to the Agricultural Machinery Accidents Research Laboratory of the Federal University of Ceará. The experimental design was completely randomized with nine attenuating materials (water cushions, inflatable square shaped, inflatable egg carton format, wood balls, viscoelastic foam, polystyrene microbeads, expanded polyurethane, gel and latex) and no attenuation (control treatment) at three displacement speeds, being: 3.5 km.h⁻¹, 6.1 km.h⁻¹ and 11.8 km.h⁻¹. Plots with 4 min readings were taken and a sample was collected every 10 seconds, totaling 24 samples collected for each replicate, and 5 replicates were performed for each treatment. Statistical analysis of the data was performed using ASSISTAT statistical software. To verify the normality of the data, they were submitted to the Anderson-Darling test. After the normality of the obtained data was verified, they were submitted to analysis of variance by the F test, and when significant, the averages were compared by the Tukey test, at 5% significance. In the evaluated conditions the viscoelastic foam was the material that presented better attenuation of the values of resulting vibration dose (VDVR) and exposure action value (EAV) between the materials used. Although several materials proved to be good attenuators in relation to the seat, at the speed of 11.8 km.h⁻¹ all the evaluated treatments presented values of VDVR and EAV above the exposure limit, which characterizes the working condition, even with the use of materials, as unhealthy.

Keywords: Ergonomics. Transmissibility. Whole-body vibration.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Desenvolvimento dos sistemas de amortecimento dos assentos de tratores.....	29
Figura 2 - Principais faixas de frequência de ressonância do corpo humano.....	32
Figura 3 - Representação do sistema ortogonal dos eixos para a medição da vibração.....	34
Figura 4 - Micropérolas de poliestireno.....	41
Figura 5 - Espuma viscoelástica.....	42
Figura 6 - Espumas flexíveis de poliuretano expandido de células abertas.....	43
Figura 7 - Espuma de látex natural.....	45
Figura 8 - Área experimental.....	46
Figura 9 - Trator Valtra BM125i.....	47
Figura 10 - Pesagem no NUTEC do trator Valtra BM125i.....	48
Figura 11 - Localização dos lastros sólidos no eixo traseiro (a) e no eixo dianteiro (b).....	49
Figura 12 - Assento do trator BM125i (a) e ajustes de peso e altura respectivamente (b).....	50
Figura 13 - Acelerômetro fixo ao piso da plataforma e fixo no assento.....	51
Figura 14 - Analisador de vibração HD 2030 (Delta OHM).....	53
Figura 15 - Acelerômetro triaxial modelo 356B41.....	54
Figura 16 - Almofada de assento de PVC com preenchimento de água.....	58
Figura 17 - Almofada de assento de PVC com preenchimento de ar (formato “caixa de ovo”).....	59
Figura 18 - Almofada de assento de PVC com preenchimento de ar (formato quadrado liso).....	60
Figura 19 - Almofada de assento de esferas de madeira.....	61
Figura 20 - Almofada de assento de revestimento de PVC com preenchimento de gel.....	62
Figura 21 - Almofada de assento de látex.....	63
Figura 22 - Almofada de assento de couro com preenchimento de micropérolas de poliestireno.....	64

Figura 23 - Almofada de assento em poliuretano expandido.....	65
Figura 24 - Almofada de assento em espuma viscoelástica.....	66
Figura 25 - Aceleração média nos eixos X, Y e Z na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	70
Figura 26 - Aceleração média nos eixos X, Y e Z na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	71
Figura 27 - Aceleração média nos eixos X, Y e Z na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	71
Figura 28 - Pico máximo nos eixos X, Y e Z na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	75
Figura 29 - Pico máximo nos eixos X, Y e Z na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	76
Figura 30 - Pico máximo nos eixos X, Y e Z na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	76
Figura 31 - Valores médios de FCeq.....	80
Figura 32 - Transmissibilidade (AETA%) nos eixos X, Y e Z na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹ ..	82
Figura 33 - Transmissibilidade (AETA%) nos eixos X, Y e Z na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹ ..	83
Figura 34 - Transmissibilidade (AETA%) nos eixos X, Y e Z na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	83
Figura 35 - MAEP do assento na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	85
Figura 36 - MAEP do assento na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	85
Figura 37 - MAEP do assento na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	85
Figura 38 - MAEP da almofada de água na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	86
Figura 39 - MAEP da almofada de água na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	86
Figura 40 - MAEP da almofada de água na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	86
Figura 41 - MAEP da almofada de esferas de madeira na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	87
Figura 42 - MAEP da almofada de esferas de madeira na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	87
Figura 43 - MAEP da almofada de esferas de madeira na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	87
Figura 44 - MAEP da almofada de espuma viscoelástica na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	88
Figura 45 - MAEP da almofada de espuma viscoelástica na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	88
Figura 46 - MAEP da almofada de espuma viscoelástica na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	88
Figura 47 - MAEP da almofada de gel na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	89

Figura 48 - MAEP da almofada de gel na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	89
Figura 49 - MAEP da almofada de gel na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	89
Figura 50 - MAEP da almofada inflável em formato caixa de ovo na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	90
Figura 51 - MAEP da almofada inflável em formato caixa de ovo na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	90
Figura 52 - MAEP da almofada inflável em formato caixa de ovo na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	90
Figura 53 - MAEP da almofada inflável em formato quadrado na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	91
Figura 54 - MAEP da almofada inflável em formato quadrado na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	91
Figura 55 - MAEP da almofada inflável em formato quadrado na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	91
Figura 56 - MAEP da almofada de látex na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	92
Figura 57 - MAEP da almofada de látex na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	92
Figura 58 - MAEP da almofada de látex na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	92
Figura 59 - MAEP da almofada de micropérolas de poliestireno na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	93
Figura 60 - MAEP da almofada de micropérolas de poliestireno na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	93
Figura 61 - MAEP da almofada de micropérolas de poliestireno na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	93
Figura 62 - MAEP da almofada de poliuretano na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	94
Figura 63 - MAEP da almofada de poliuretano na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	94
Figura 64 - MAEP da almofada de poliuretano na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	94
Figura 65 - Valores médios de aren nas três velocidades avaliadas.....	98
Figura 66 - Valores médios de VDVR nas três velocidades avaliadas.....	98
Figura 67 - Fotos de perfil e frente do operador avaliado.....	115

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Velocidades de deslocamento do trator utilizadas no experimento.....	48
Tabela 2 - Relação peso/potência.....	49
Tabela 3 - Pressão interna de ar nos pneus utilizada no experimento.....	50
Tabela 4 - Valor SEAT% para os eixos X, Y e Z.....	52
Tabela 5 - Fatores de ponderação relativos à banda de frequência de sensibilidade de aceleração máxima para as curvas de respostas.....	57
Tabela 6 - Valores de nível de eficiência reduzido para uma jornada de 8h nos eixos X, Y e Z.....	57
Tabela 7 - Teste F e valores médios de aceleração média nos eixos X, Y e Z.....	69
Tabela 8 - Teste F e valores médios de pico máximo de aceleração nos eixos X, Y e Z.....	74
Tabela 9 - Teste F e valores médios de F _{Ceq}	78
Tabela 10 - Teste F e valores médios de transmissibilidade (AETA%) nos eixos X, Y e Z.....	81
Tabela 11 - Teste F e valores médios de VDVR e aren.....	96
Tabela 12 - Valores obtidos para o perfil antropométrico do operador.....	114
Tabela 13 - Resultados do teste de normalidade de Anderson-Darling.....	116
Tabela 14 - Análise de variância da aceleração média no eixo X na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	118
Tabela 15 - Análise de variância da aceleração média no eixo Y na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	118
Tabela 16 - Análise de variância da aceleração média no eixo Z na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	118
Tabela 17 - Análise de variância da aceleração média no eixo X na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	119
Tabela 18 - Análise de variância da aceleração média no eixo Y na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	119

Tabela 19 - Análise de variância da aceleração média no eixo Z na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	119
Tabela 20 - Análise de variância da aceleração média no eixo X na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	120
Tabela 21 - Análise de variância da aceleração média no eixo Y na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	120
Tabela 22 - Análise de variância da aceleração média no eixo Z na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	120
Tabela 23 - Análise de variância do pico máximo no eixo X na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	121
Tabela 24 - Análise de variância do pico máximo no eixo Y na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	121
Tabela 25 - Análise de variância do pico máximo no eixo Z na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	121
Tabela 26 - Análise de variância do pico máximo no eixo X na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	122
Tabela 27 - Análise de variância do pico máximo no eixo Y na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	122
Tabela 28 - Análise de variância do pico máximo no eixo Z na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	122
Tabela 29 - Análise de variância do pico máximo no eixo X na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	123
Tabela 30 - Análise de variância do pico máximo no eixo Y na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹ ..	123
Tabela 31 - Análise de variância do pico máximo no eixo Z na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹ ..	123
Tabela 32 - Análise de variância do VDVR na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	124
Tabela 33 - Análise de variância do VDVR na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	124
Tabela 34 - Análise de variância do VDVR na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	124
Tabela 35 - Análise de variância do aren na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	125
Tabela 36 - Análise de variância do aren na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	125
Tabela 37 - Análise de variância do aren na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	125
Tabela 38 - Análise de variância do FCeq na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	126
Tabela 39 - Análise de variância do FCeq na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	126
Tabela 40 - Análise de variância do FCeq na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	126
Tabela 41 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo X na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	127

Tabela 42 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo Y na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	127
Tabela 43 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo Z na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	127
Tabela 44 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo X na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	128
Tabela 45 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo Y na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	128
Tabela 46 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo Z na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	128
Tabela 47 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo X na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	129
Tabela 48 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo Y na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	129
Tabela 49 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo Z na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	129

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Critério de julgamento e tomada de decisão.....	56
Quadro 2 - Especificações da almofada de assento de PVC com preenchimento de água..	59
Quadro 3 - Especificações da almofada de assento de PVC com preenchimento de ar (formato caixa de ovo).....	60
Quadro 4 - Especificações da almofada de assento de PVC com preenchimento de ar (formato quadrado liso).....	61
Quadro 5 - Especificações da almofada de assento de PVC com preenchimento de gel.....	62
Quadro 6 - Especificações da almofada de látex.....	63
Quadro 7 - Especificações da almofada de assento em poliuretano expandido.....	66
Quadro 8 - Especificações da almofada de assento em espuma viscoelástica.....	67
Quadro 9 - Características do medidor de vibração HD 2030 e do acelerômetro 356B41.....	134

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAPEX	Associação Brasileira do Poliestireno Expandido
AEP	Aceleração eficaz ponderada
aren	Aceleração resultante de exposição normalizada
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPC	Estrutura de proteção ao capotamento
EPE	Polietileno expandido
EPS	Poliestireno expandido
FC	Fator de crista
FCeq	Fator de crista equivalente
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
GES	Grupo de exposição similar
ISO	International Organization for Standardization
LE	Limite de exposição
LIMA	Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas
MAEP	Mapa de aceleração eficaz ponderada
NCO	Isocianatos
NHO	Norma de Higiene Ocupacional
NR	Norma Regulamentadora
NUTEC	Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará
OH	Hidroxilados
PVC	Policloreto de vinila
RMS	Raiz média quadrada ou aceleração média
SiBCS	Sistema Brasileiro de Classificação de Solos
TDA	Tração dianteira auxiliar
VCI	Vibração de corpo inteiro
VDVR	Valor de dose de vibração resultante
VMB	Vibração de mãos e braços

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	23
2.1	Trator agrícola.....	23
<i>2.1.1</i>	<i>Pneus radiais.....</i>	<i>24</i>
<i>2.1.2</i>	<i>Posto de operação do trator agrícola.....</i>	<i>25</i>
<i>2.1.3</i>	<i>Assento do trator.....</i>	<i>27</i>
<i>2.1.4</i>	<i>Velocidade de deslocamento do trator agrícola.....</i>	<i>30</i>
2.2	Vibrações.....	31
<i>2.2.1</i>	<i>Vibração de corpo inteiro.....</i>	<i>32</i>
<i>2.2.2</i>	<i>Efeitos na saúde pela exposição à vibração ocupacional de corpo inteiro.....</i>	<i>33</i>
<i>2.2.3</i>	<i>Vibração em tratores.....</i>	<i>35</i>
2.3	Legislação e normas utilizadas.....	36
<i>2.3.1</i>	<i>NR - 15 (Norma Regulamentadora 15)</i>	<i>36</i>
<i>2.3.2</i>	<i>NHO - 09.....</i>	<i>36</i>
<i>2.3.3</i>	<i>Critério de avaliação da NHO-09 para exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro.....</i>	<i>37</i>
2.4	Atenuação das vibrações.....	38
<i>2.4.1</i>	<i>Transmissibilidade.....</i>	<i>39</i>
2.5	Materiais atenuantes.....	40
<i>2.5.1</i>	<i>Micropérolas de poliestireno.....</i>	<i>40</i>
<i>2.5.2</i>	<i>Espumas de poliuretano viscoelásticas.....</i>	<i>41</i>
<i>2.5.3</i>	<i>Espumas flexíveis de poliuretano expandido de células abertas.....</i>	<i>43</i>
<i>2.5.4</i>	<i>Látex natural.....</i>	<i>44</i>
3	MATERIAL E MÉTODOS.....	46
3.1	Local do experimento.....	46
3.2	Trator.....	47
3.3	Assento do trator.....	50
<i>3.3.1</i>	<i>Avaliação do efeito da transmissibilidade pela superfície do assento.....</i>	<i>51</i>
3.4	Operador.....	52
3.5	Procedimentos de medição.....	52
<i>3.5.1</i>	<i>Instrumentação utilizada para medição da vibração.....</i>	<i>53</i>

3.5.2	<i>Parâmetros de avaliação da vibração ocupacional</i>	55
3.5.3	<i>Nível de eficiência reduzido</i>	56
3.6	Almofadas de assento utilizadas	58
3.6.1	<i>Almofada de assento de PVC com preenchimento de água</i>	58
3.6.2	<i>Almofada de assento de PVC com preenchimento de ar</i>	59
3.6.2.1	<i>Almofada de assento de PVC com preenchimento de ar (formato caixa de ovo)</i>	59
3.6.2.2	<i>Almofada de assento de PVC com preenchimento de ar (formato quadrado liso)</i>	60
3.6.3	<i>Almofada de assento de esferas de madeira</i>	61
3.6.4	<i>Almofada de assento de PVC com preenchimento de gel</i>	62
3.6.5	<i>Almofada de assento de látex</i>	63
3.6.6	<i>Almofada de assento de couro com preenchimento de micropérolas de poliestireno</i>	64
3.6.7	<i>Almofada de assento em poliuretano expandido</i>	65
3.6.8	<i>Almofada de assento em espuma viscoelástica</i>	66
3.7	Eficiência da isolação das almofadas de assento	67
3.8	Delineamento experimental	67
3.9	Análise estatística utilizada	68
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4.1	Valores de aceleração média (rms) para os eixos X, Y e Z	69
4.2	Valores de pico máximo de aceleração nos eixos X, Y e Z	73
4.3	Fator de crista equivalente	78
4.4	Transmissibilidade nos eixos X, Y e Z (AETA%)	81
4.5	Mapas de aceleração ponderada eficaz	84
4.6	Valor de dose de vibração resultante (VDVR) e aceleração resultante de exposição normalizada (aren)	96
5	CONCLUSÃO	101
6	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	102
	REFERÊNCIAS	103
	APÊNDICE A – PERFIL ANTROPOMÉTRICO DO OPERADOR	114
	APÊNDICE B – FOTOS DO OPERADOR	115

APÊNDICE C – TESTE DE NORMALIDADE DE ANDERSON-DARLING.....	116
APÊNDICE D – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES DE RMS...	118
APÊNDICE E – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES DE PICO MÁXIMO.....	121
APÊNDICE F – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES DE VDVR E AREN.....	124
APÊNDICE G – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES FCeq.....	126
APÊNDICE H – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES DE TRANSMISSIBILIDADE (AETA%).....	127
ANEXO A – NHO-09 - EQUAÇÕES UTILIZADAS PARA O CÁLCULO DOS VALORES VDVR E AREN.....	130
ANEXO B – CARACTERÍSTICAS DO MEDIDOR DE VIBRAÇÃO HD 2030 E DO ACELERÔMETRO 356B41.....	134
ANEXO C – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO MEDIDOR DE VIBRAÇÃO HD 2030 E DO ACELERÔMETRO 356B41.....	135

1 INTRODUÇÃO

A utilização de tratores na agricultura é um elemento chave no aumento da produtividade e da qualidade dessa produção, pois é capaz de executar as operações em menos tempo, com mais eficiência e diminuição dos custos de produção. Devido à intensificação da mecanização nas fazendas, além do aumento do tamanho e complexidade do maquinário agrícola, faz-se necessário um ambiente de trabalho seguro e confortável para o operador, para que o mesmo possa melhorar a sua produtividade e satisfação na realização do trabalho.

Apesar de os tratores proporcionarem aumento na produtividade, o seu uso pode ser danoso ao operador de máquinas agrícolas, que está submetido a uma jornada de 8 a 10 horas diária, durante essa jornada o operador está exposto a riscos como a vibração. Com o passar dos anos, o peso dos tratores agrícolas sem lastro diminuiu devido ao desenvolvimento de materiais mais leves e cada vez mais as velocidades de deslocamento aumentam, o que pode causar o aparecimento de maiores doses de vibração, o que gera mais problemas de saúde ao operador.

Os efeitos causados pela exposição à vibração ocupacional dependem da sua intensidade, se for baixa, afeta a sensação de conforto e o bem-estar do indivíduo, porém, em maior intensidade, pode ocasionar doenças mais graves. As vibrações de corpo inteiro podem causar falta de concentração, o que afeta a qualidade do trabalho desenvolvido pelo operador, perda de equilíbrio, doenças cardiovasculares, problemas de visão e distúrbios neurovasculares.

Como forma de conhecer a realidade das máquinas atuais em termo de níveis de vibração ocupacional, diversos ensaios vêm sendo realizados em diferentes modelos de tratores e em várias condições de uso, sendo possível assim, planejar a melhor estratégia de combate ao problema.

Sabendo que a intensidade da vibração pode apresentar variações em função de vários parâmetros como estrutura do solo, velocidade de deslocamento, projeto do equipamento utilizado, tipo de assento, estrutura e conformação da plataforma de operação, tipo de pneu dentre outros fatores, é razoável a pretensão de combater esse risco através da implementação de almofadas de assento para atenuar os níveis de vibração ocupacional, uma vez que, quase sempre, são obtidos valores de vibração considerados insalubres ao operador.

Dessa forma, acredita-se que possam ser utilizadas forrações em formato de almofada sobre o assento do trator, para reduzir os níveis de vibração para níveis salubres de acordo com a legislação vigente no Brasil, realizando ensaios com os diferentes tipos de materiais atenuantes para verificar qual proporciona melhor atenuação.

Pretende-se utilizar forrações que possam ser colocadas sobre o assento, de modo que a eliminação do problema não recaia sobre a modificação estrutural dos veículos e que seja abrangente para que possa ser utilizado em tratores novos e antigos.

O objetivo do trabalho foi avaliar o uso de almofadas de assento para atenuar a vibração de corpo inteiro (VCI) em tratores agrícolas e desenvolver um método capaz de verificar a atenuação que foi proporcionada por cada material utilizado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O referencial teórico reunido no estudo busca abordar os principais temas relacionados ao assunto para oferecer uma compreensão holística a respeito do trabalho.

2.1 Trator agrícola

O Brasil possui o clima e a vegetação adequados para a implantação da maioria das culturas agrícolas, dessa forma o setor primário é um ponto chave para o crescimento da economia através da produção para o mercado interno e externo de produtos agropecuários no geral, o que viabiliza o processo mecanizado das atividades agrícolas, tornando possível a expansão das áreas cultivadas, a redução dos custos de produção e melhor aproveitamento dos recursos energéticos naturais das propriedades agrícolas (SANTOS, 2002).

Com a evolução da agricultura cada vez mais se faz necessário o uso de tratores agrícolas no processo produtivo, principalmente com a intenção de aperfeiçoar e maximizar a produção, seja no preparo da área, implantação da cultura ou colheita da produção (SANTOS *et al.*, 2016).

Através das pesquisas realizadas na área da mecanização agrícola foi possível substituir a tração animal pelo trator agrícola e outros equipamentos que têm realizado as operações desde o plantio até a colheita (SANTOS FILHO *et al.*, 2003). Porém, a utilização inadequada dessas máquinas tem causado muitos acidentes (MACEDO *et al.*, 2015).

Conforme Griffin (1990), os operadores de máquinas pesadas conduzem os veículos em terreno desuniforme e superfícies irregulares durante longos períodos de trabalho. Dessa forma, os mesmos estão expostos a diversos fatores prejudiciais a saúde. Segundo Toledo *et al.* (2010), durante o desenvolvimento de um projeto de um trator agrícola, diversos fatores humanos devem ser considerados, para que o operador possa desempenhar todas as atividades necessárias com eficiência.

Segundo Machado, Reis e Machado (2010), os tratores com tração dianteira auxiliar (TDA) possuem eixo dianteiro motriz, porém o diâmetro dos pneus é menor que no eixo traseiro, sendo que a tração auxiliar pode ser interrompida caso necessário, o que proporciona melhor capacidade de tração.

A distribuição de peso no trator; velocidade de deslocamento; tipo e pressão interna dos pneus; área de contato entre o pneu e o solo; intensidade de tráfego em determinada área e

operações realizadas, são alguns dos fatores que influenciam as modificações ocasionadas pelo tráfego na estrutura do solo (FEITOSA *et al.*, 2015).

De acordo com Rossi, Santos e Silva (2011), para realizar uma operação agrícola, primeiro o operador deve definir a velocidade de deslocamento que será utilizada no trator, grande parte de sua função é direcionar e manter o veículo de forma retilínea através do volante, o operador deve focar sua atenção não somente para o que ocorre à sua frente como obstáculos ou valas, mas visualizar o equipamento agrícola que está sendo rebocado pelo trator para garantir a qualidade da operação, sendo que, além disso, o operador deve acionar comandos e alavancas durante a realização da operação.

A velocidade de deslocamento altera aspectos operacionais do trator, tais como a patinagem dos pneus e o avanço cinemático (FEITOSA *et al.*, 2015), parâmetros esses que podem influenciar na vibração do trator.

Conforme Li *et al.* (2017), fatores externos como: cheiro, ruído, temperatura, umidade, vibração, pressão/toque, postura e movimento, também podem constituir uma parte importante da avaliação do desconforto do operador.

2.1.1 Pneus radiais

Segundo Ribas *et al.* (2014), mesmo que a maior parte da vibração transmitida ao operador pelo trator seja através do assento, outros mecanismos também a influenciam, como os pneus, coxins, plataforma, tipo de equipamento que está sendo tracionado.

Os pneus agrícolas são os componentes responsáveis pela transferência da potência do motor dos tratores ao solo. A carcaça dos pneus agrícolas possui diferentes tipos construtivos, que podem ser radial ou diagonal, sendo que o tipo construtivo influencia diretamente no desempenho de campo do pneu (KLAVER, 2013).

Um dos elementos do trator responsáveis pelo amortecimento das vibrações são os pneus agrícolas (SHARMA; PANDEY, 1996), tendo em vista que a maioria dos tratores comercializados no Brasil não possui amortecedores, a influência dos pneus é muito importante.

Hilbert, Barceló e Aucaná (2004) relatam que tratores agrícolas não possuem sistemas de amortecimentos sofisticados, pois a utilização de determinados tipos de suspensão podem afetar o rendimento do trator, devido à perda de aderência com o solo, afetando diretamente a força de tração do trator.

Segundo Ribas *et al.* (2014), a modificação de parâmetros relativos aos pneus como: pressão interna de ar nos pneus e o tipo construtivo do pneu podem ser alternativas para diminuir as vibrações que chegam ao operador.

Conforme Wulfsohn, Upadhyaya e Chancellor (1988), as características de construção do pneu radial permitem maiores vantagens de tração ao pneu, tendo como resultado uma maior deflexão e melhor distribuição de pressão no pneu.

Barbosa *et al.* (2005) observaram que pneus diagonais proporcionam maiores magnitudes de vibração em relação aos pneus radiais, para a velocidade de 10 km/h, com o uso de velocidades menores não houve variação dos tratamentos.

Santos (2016), utilizando pneus radiais, verificou que ao reduzir a pressão interna de ar nos pneus, os mesmos proporcionam menores magnitudes de vibração, as pressões utilizadas foram (10, 14 e 18 lb.pol⁻²) para os pneus dianteiros e (12, 16 e 20 lb.pol⁻²) para os pneus traseiros.

Ribas *et al.* (2014), utilizando pneus radiais, com pressões internas de ar de 41, 69 e 96 kPa, tracionando uma semeadora, em superfície de rolamento com material de cobertura em superfície, não obtiveram diferença significativa entre as pressões avaliadas.

2.1.2 Posto de operação do trator agrícola

De acordo com Iida e Guimarães (2016), o posto de trabalho é definido como: “a menor unidade produtiva, geralmente envolvendo um homem e o seu local de trabalho”.

Conforme Dhingra, Tewari e Singh (2003), a palavra conforto significa “harmonia entre fatores fisiológicos, psicológicos e físicos, de um ser humano com o ambiente”. Para Franchini (2007) é de fundamental importância que os tratores possuam acessos e saídas aos postos de operação adequados, como forma de melhorar o conforto, a qualidade do trabalho e de prevenir acidentes.

De acordo com Iida e Guimarães (2016), o posto de trabalho pode ser visto sob dois aspectos, o tradicional que mantém os fundamentos da economia de movimentos e o enfoque ergonômico que desenvolve o posto de trabalho buscando reduzir as exigências biomecânicas, em busca de conforto e menos esforço físico do operador.

Dessa forma, o posto de operação deve estar adequado às necessidades do operador e conforme Nietiedt *et al.*, (2012), a demanda por conforto e segurança para os operadores de tratores agrícolas vêm se tornando maior em virtude de que este mercado cresce anualmente no Brasil.

Segundo Rossi, Santos e Silva (2011), a profissão de operador de trator é fatigante, pois possui jornadas de trabalho longas e está sujeita as condições climáticas que interferem a operacionalidade da máquina e seu rendimento produtivo. Como forma de amenizar os prejuízos a saúde do operador, o posto de trabalho do trator deve ter condições mínimas necessárias para que o trabalho seja executado e o operador não coloque em risco a sua saúde.

Segundo Rozin *et al.* (2010), o posto de operação do trator agrícola vem sofrendo mudanças com o passar dos anos, proporcionando uma melhor disposição e organização dos componentes existentes, a utilização da ergonomia nos projetos de postos de operação têm contribuído para o melhoramento do conforto e da segurança do operador no posto de operação, pois conforme Chander e Cavatorta (2017), os movimentos repetitivos e posturas inadequadas são os fatores de risco físicos mais proeminentes no posto de trabalho.

O projeto de tratores com enfoque ergonômico ajuda a aumentar a confiabilidade, a eficiência, e a qualidade das operações realizadas, buscando o aperfeiçoamento do conjunto homem/máquina. Em países da União Europeia, existe a obrigatoriedade de que máquinas agrícolas ou florestais sejam concebidas obedecendo às diretivas de segurança estabelecidas, conforme Alonço (2004). No Brasil tais normas existem, porém diversos fabricantes apresentam modelos fora desses padrões estabelecidos.

O operador de tratores agrícolas está a mercê dos projetos de máquinas mal elaborados sem poder se pronunciar sobre a sua opinião, mesmo que ele seja o indivíduo de maior interesse e que conhece a realidade das atividades realizadas (MONTEDO, 2001).

Conforme Corrêa (2007), no Brasil, ainda não existe a inclusão satisfatória de mecanismos de segurança nos postos de operação das máquinas agrícolas em geral fabricadas.

Segundo Mattar *et al.* (2010), o posicionamento adequado de comandos, acessos e o correto dimensionamento de acessos e saídas do posto de operação, devem ser estabelecidos conforme as medidas corporais dos operadores. Aspectos relacionados a segurança e ergonomia na operação de tratores agrícolas, a questão de acesso e de dimensões dos postos de operação possuem grande importância.

Vários tratores possuem comandos fora dos valores especificados em norma. Essas desconformidades ocorrem devido os padrões para dimensões do posto de trabalho serem estabelecidos de acordo com normas internacionais (MINETTE *et al.*, 2008).

Muitos acreditam que o trabalho sentado exige menos do operador, porém segundo Couto (1995), realizar trabalho na posição sentada é mais danoso, pois aumenta a pressão nos discos intervertebrais, em relação ao trabalho na posição em pé, gerando dores e fadiga.

Segundo Rozin *et al.* (2010), os projetistas de máquinas precisam repensar no posto de trabalho do trator agrícola para que ele seja adequado ao operador brasileiro, pois um trator agrícola que foi dimensionado conforme padrões definidos por normas internacionais pode proporcionar um ambiente de trabalho inadequado.

Os comandos do trator tais como volante, alavancas de comando, pedais, entre outros, devem estar dispostos sobre o posto de operação do trator agrícola, de forma que o operador possua o controle total de todos os comandos, de forma fácil e segura, com o operador em sua posição normal de trabalho (ROZIN *et al.*, 2010).

Segundo Berasategui (2000), o posto de operação para que seja considerado bem projetado deve cumprir o objetivo de organizar o ambiente de trabalho do operador em concordância com o mesmo e com a sua segurança.

2.1.3 Assento do trator

Os assentos são elementos importantes para redução da transmissão das vibrações ao operador. Contudo, deve-se ter em mente que existem diferentes padrões de assentos para os diferentes grupos de máquinas existentes de acordo com a classe espectral a que o banco está submetido (LANGER; EBBESSEN; KORDESTANI, 2015).

Para Jain, Shrivastava e Mehta (2008), devido à inexistência de amortecedores e molas nos tratores, como em veículos urbanos, o assento do tratorista tem importante papel em minimizar a vibração transmitida ao operador, sendo, portanto, um dos componentes mais importantes do trator.

Segundo Santos (2002), o assento é um dos fatores importantes a serem considerados na concepção do trator, pois o operador ocupa o assento por mais horas durante o ano do que qualquer outra cadeira ou banco, além do fato de que as vibrações produzidas pelo trator são, normalmente, maiores do que em outros ambientes em que o operador possa permanecer.

Os fabricantes de tratores devem aliar em seus projetos: ergonomia e estética na concepção e engenharia de assentos. Segundo Mehta e Tewari (2010), o conforto geral e o desempenho do sistema de assentos do trator consistem em moldura, almofada, capas, mecanismos de suspensão e amortecimento. Principais empresas de fabricação de trator terceirizam a fabricação dos assentos em um esforço para melhorar a qualidade e controle dos custos.

O assento do operador de tratores agrícolas deve apresentar boas condições de

dimensionamento, resistência e diversas regulagens. Oferecendo conforto e segurança para o operador, devido ao longo período de tempo em que o mesmo passa sobre o assento. Com o passar dos anos os fabricantes estão preocupados em realizar melhorias ergonômicas no assento, mas essas mudanças ainda estão muito aquém do necessário (CORRÊA *et al.*, 2003).

A operação e o local de trabalho determinam as posturas que o operador deve tomar e cria um padrão de sobrecarga em determinadas estruturas do corpo do indivíduo. O assento é um componente que afeta diretamente essas cargas. O design do assento do trator pode ser usado como um meio para modificar as cargas nas estruturas do corpo para reduzir o desconforto (MEHTA; TEWARI, 2010).

Gouw *et al.* (1990) desenvolveram um modelo de suspensão de assentos com dois graus de liberdade para ajudar os designers na seleção de parâmetros de suspensão, o modelo segundo os autores apresenta uma boa correlação entre a transmissibilidade de aceleração nos assentos. Segundo Mehta e Tewari (2010), a atenuação de vibração em um assento do trator é conseguida quando são utilizados os mecanismos apropriados de suspensão e amortecimento.

Conforme Basri e Griffin (2014), para reduzir o desconforto proporcionado pela vibração, os assentos podem ser projetados para minimizar a transmissão da vibração. A otimização da transmissibilidade da vibração de um assento, necessita da compreensão de como o desconforto da vibração pode ser previsto a partir da vibração experimentada nas superfícies do assento.

Para Hauck (2001), o histórico do desenvolvimento dos sistemas de amortecimento dos assentos de tratores pode ser dividido em cinco fases:

1ª fase: temos os primeiros tratores, onde o amortecimento era realizado apenas por molas, porém esse tipo de assento sem estofamento é bastante comum até hoje em tratores de rabiças (microtratores).

2ª fase: implantados os sistemas mola-amortecedor e adição de estofamento ao assento.

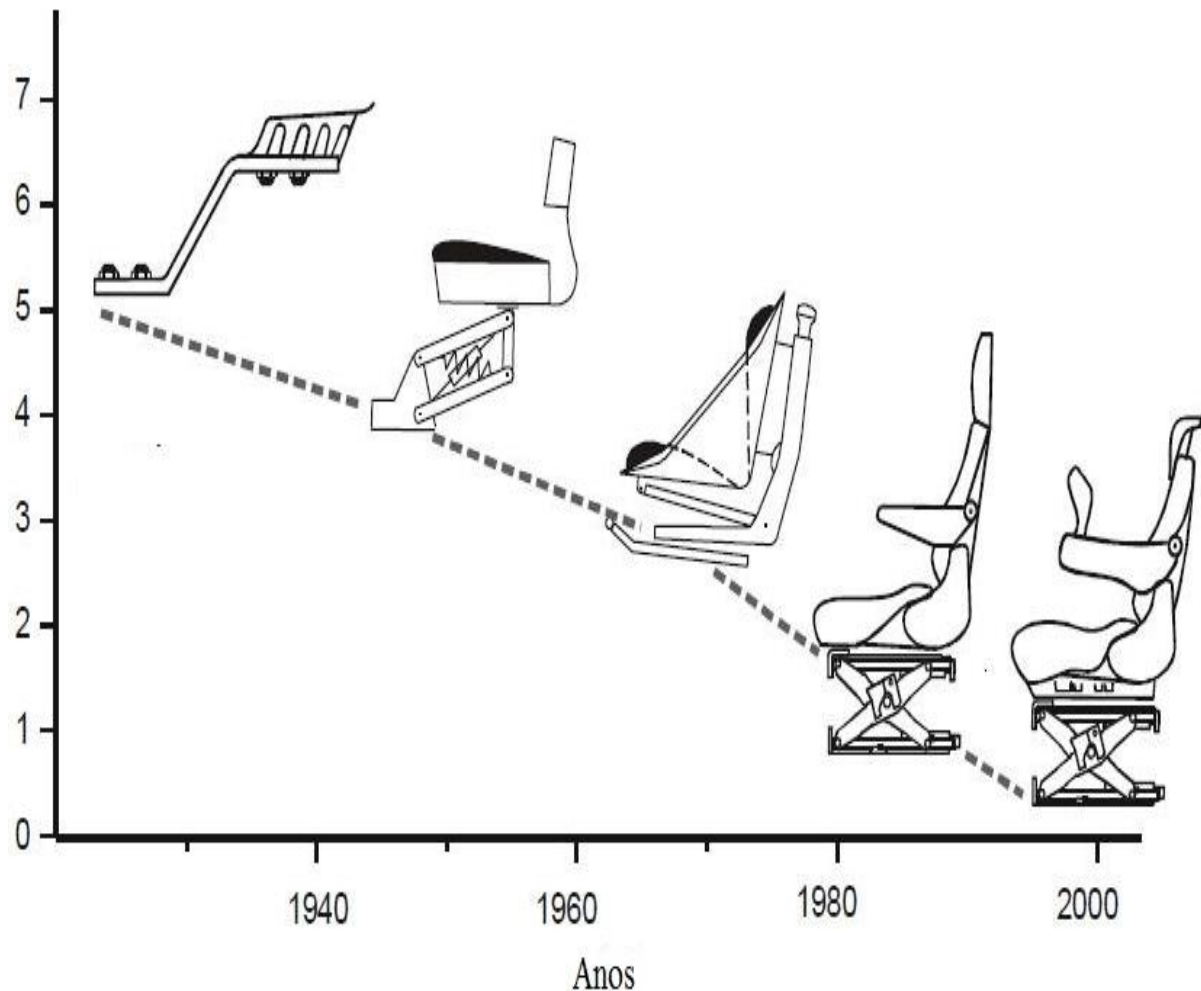
3ª fase: adição do estofamento ao encosto do assento e ajuste do sistema mola-amortecedor de acordo com o peso do operador.

4ª fase: adição do encosto para os braços e para cabeça.

5ª fase: a adição de comandos com *Joystick* e utilização de sensores e atuadores para amortecer as vibrações.

Na Figura 1 é possível visualizar essa evolução dos assentos nos tratores ao longo dos anos.

Figura 1 - Desenvolvimento dos sistemas de amortecimento dos assentos de tratores



Fonte: Adaptado de HAUCK (2001).

Conforme Blood e Johnson (2012), uma vertente para análise da vibração ocupacional transmitida ao operador é avaliar a influência que o assento pode ter na transmissão da vibração. De acordo com as características técnicas do assento, pode ocorrer atenuação ou amplificação das vibrações de corpo inteiro (VCI).

Um assento de trator ergonomicamente bem projetado é definido por Mehta e Tewari (2010) como aquele que dá um bom suporte ao operador sob condição dinâmica de trabalho, reduz a transmissão da vibração do trator para o corpo do operador, e proporciona uma utilização do trator de forma confortável em relação à temperatura e a umidade.

O design de um assento pode afetar o operador, tanto de forma estática (postura)

quanto na forma dinâmica (vibração) (PATTEN; SHA; MO, 1998).

Segundo Gannon (2017), os primeiros testes para avaliar a capacidade dos assentos de mitigar choques de impacto, que causam picos de vibração e são potencialmente nocivos a saúde do operador, foi originalmente motivado pela ocorrência de acidentes automobilísticos e da necessidade de pilotos militares serem ejetados de suas aeronaves danificadas, então na tentativa de desenvolver assentos de ejeção para aeronaves, surgiram os primeiros métodos de teste para assentos que conferem uma carga compressiva à coluna de seus ocupantes e com isso surgiram as avaliações de conforto e riscos à saúde.

Segundo Gouw *et al.* (1990), a rigidez e amortecimento da mola da suspensão do assento e as propriedades da almofada do assento eram os fatores mais importantes que afetam a transmissibilidade da vibração.

Segundo Mehta e Tewari (2010), na fabricação de assentos para tratores diversos fabricantes usam diferentes tipos de materiais para o estofamento do assento, dependendo da escolha e do gosto do fabricante. Dessa forma, não há consistência no uso de um material específico com aptidão comprovada.

2.1.4 Velocidade de deslocamento do trator agrícola

Conforme Barceló, Hilbert e Aucaná (2004), a regulagem existente no assento do trator agrícola permite a redução das vibrações mas, com o aumento da velocidade de deslocamento, a redução do efeito das vibrações fica comprometida.

Realizando ensaio com um trator de 55kW acoplado a uma grade, Santos (2002) observou em todas as velocidades estudadas que os maiores picos de aceleração encontrados foram na mesma banda de frequência de 3,15 Hz, o que mostra que existe uma frequência dominante mesmo com a alteração da velocidade de deslocamento do trator.

Hostens e Ramon (2003) relatam que o incremento de velocidade em tratores agrícolas acoplados a implementos pesados, acarreta o aumento considerável de vibrações, ocasionando a diminuição da vida útil do trator e no desconforto aos operadores de tratores agrícolas.

Segundo Franchini (2007) a utilização de diferentes pressões internas de ar em diferentes velocidades de deslocamento, proporcionam diferentes vibrações transmitidas ao operador, apresentando ainda diferença significativa entre a interação destes dois fatores.

2.2 Vibrações

Segundo Sell (2002), as vibrações são oscilações mecânicas, que podem ser regulares ou irregulares de um determinado corpo em torno de um ponto de repouso.

De acordo com Stein *et al.* (2007), a amplitude é o deslocamento máximo de um corpo em relação a posição de equilíbrio, sendo que a magnitude dessa aceleração é uma das formas de se representar a amplitude de vibração.

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), a raiz média quadrática (RMS) é o parâmetro utilizado para a verificação da magnitude, pois corresponde o valor da aceleração eficaz da vibração.

Conforme Ribas (2012), as vibrações consistem em uma mistura complexa de ondas, com frequências e direções diversas e de acordo com Cunha, Duarte e Rodrigues (2009), é através da análise destes componentes que pode-se calcular o nível médio das vibrações.

Para Iida e Guimarães (2016), a vibração é intrínseca dos corpos que possuem massa e rigidez. O corpo humano possui diversos órgãos e cada um deles possui uma frequência natural, dependendo do nível de vibração recebido poderá ocorrer uma amplificação da vibração natural, fazendo o órgão vibrar na mesma frequência, ocorrendo o fenômeno de ressonância.

Em máquinas a vibração ocorre por causa dos efeitos dinâmicos de tolerâncias de fabricação como: folgas, contatos, atrito entre peças e devido a forças desequilibradas de componentes rotativos e de movimentos alternados. Vibrações insignificantes podem excitar as frequências de outras peças da estrutura fazendo com que sejam ampliadas, transformando-as em vibrações e ruídos indesejados (REGAZZI; XIMENES, 2003).

De acordo com Gemne (1999), a vibração ocupacional é um importante fator de risco à saúde e pode provocar sérias consequências ao organismo humano. Ela resulta de uma fonte emissora de vibração mecânica que incide nas mãos e, através delas, no organismo e no corpo inteiro (SILVA; MENDES, 2005).

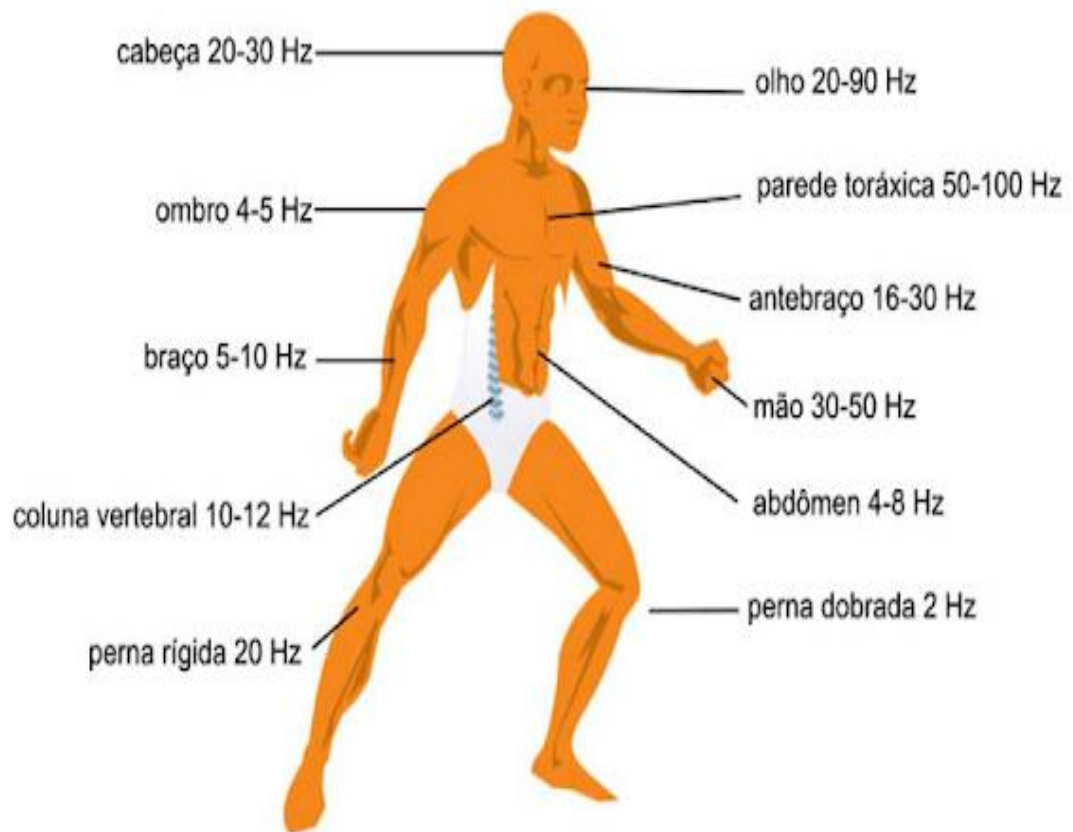
Saliba (2009) afirma que o corpo humano possui características de inércia e elasticidade, sendo que estas lhe conferem valores de frequência natural distintos, ou seja, cada parte do corpo humano vibra em frequências naturais diferentes.

De acordo com Vendrame (2005), a energia vibratória é absorvida pelo corpo, como consequência da atenuação promovida pelos tecidos e órgãos, sendo que o corpo humano possui diferentes frequências de ressonância.

Quando uma determinada frequência externa coincide com uma frequência natural

do corpo, ocorre então o fenômeno chamado de ressonância, que provoca a amplificação do movimento. Assim, a energia vibratória desse efeito é absorvida pelo corpo, como consequência da atenuação promovida por tecidos e órgãos (SALIBA, 2009). Na Figura 2 é possível visualizar as principais faixas de frequência de ressonância do corpo humano.

Figura 2 - Principais faixas de frequência de ressonância do corpo humano



Fonte: SALIBA (2009).

2.2.1 Vibração de corpo inteiro

Segundo Palmer *et al.* (2008), a exposição ocupacional as vibrações de corpo inteiro (VCI), ocorre nas mais diversas profissões e é definida por Lida e Guimarães (2016) como a vibração transferida para todo o corpo através do contato assento-operador ou através do contato dos pés com o piso do posto de operação.

As vibrações de corpo inteiro são de baixa frequência e alta amplitude, na faixa de 1 a 80 Hz, mais especificamente 1 a 20 Hz. Esse tipo de vibração ocupacional aflige principalmente as atividades de transporte (ISO 2631, 1997).

De acordo com Tüchsen *et al.* (2010), as vibrações de corpo inteiro são um perigo à saúde dos operadores de máquinas autropelidas que trabalham fora da estrada, como o trator agrícola.

Os tratores são as máquinas que produzem as maiores vibrações em virtude de seu projeto reforçado e da rigidez que seus componentes possuem, a maior massa do trator pode transferir a menor magnitude de vibração, devido sua massa condicionar um efeito estabilizante (BARCELÓ; HILBERT; AUCANÁ, 2004).

Segundo Iida e Guimarães (2016), a estrutura do organismo humano é muito complexa, composta por diversos órgãos, músculos, articulações e ossos, e cada parte dessa sofre diferentes reações às vibrações mecânicas, pois, cada parte pode tanto amortecer quanto amplificar com a ação dessas ondas.

2.2.2 Efeitos na saúde pela exposição à vibração ocupacional de corpo inteiro

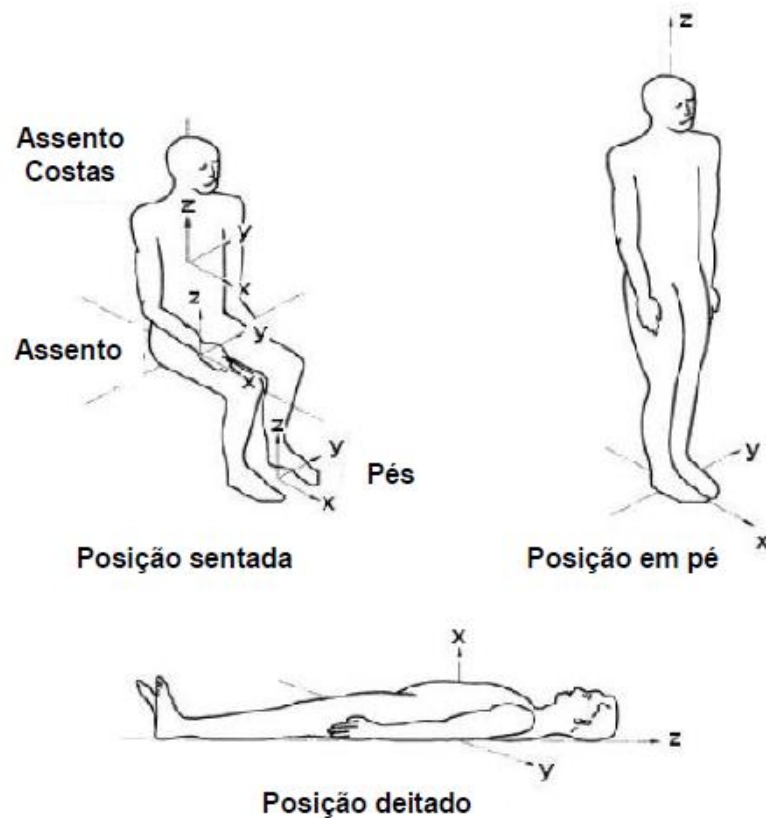
Tiemessen, Hulshof e Frings-Dresen (2007) afirmam que distúrbios músculo-esqueléticos provenientes do ambiente de trabalho representam custos significativos a sociedade. Waddell e Burton (2000) identificaram uma relação desfavorável entre a exposição às VCI e os distúrbios músculo-esqueléticos, principalmente associados a dores lombares.

Conforme Wolfgang e Burgess-Limerick (2014), a exposição em longo prazo das VCI são um fator de risco reconhecido para o surgimento de alterações degenerativas na coluna vertebral, dor nas costas e outros efeitos adversos para a saúde. Tüchsen *et al.* 2010 concluíram através de diversas pesquisas realizadas que a exposição às VCI resultam em diversas deficiências aos operadores, gerando assim muitas aposentadorias prematuras para operadores de diversos tipos de máquinas sejam elas estacionárias ou móveis.

Segundo Regazzi e Ximenes (2003), a vibração transmitida ao corpo inteiro dependendo da atividade executada causa lesões graves. O corpo humano reage às vibrações de diferentes maneiras, a sensibilidade às vibrações longitudinais (ao longo do eixo z, da coluna vertebral) é diferente da sensibilidade transversal (eixos x ou y, ao longo dos braços ou através do tórax). Para cada eixo, a sensibilidade também varia com a frequência, ou seja, para uma determinada frequência, a aceleração tolerável (em $m.s^{-2}$) é diferente da aceleração tolerável em outra frequência. Os problemas mais comuns são náuseas e enrijecimento na coluna.

Conforme a ISO 2631 (ISO, 1997) no corpo humano, a vibração pode ser medida em três eixos ortogonais (X, Y e Z), a direção (Z) é vinculada aos valores de vibração vertical dos pés ou nádegas a cabeça, na direção (X) estão os valores correspondentes ao longo do eixo longitudinal das costas ao peito e no eixo (Y) estão os valores correspondentes na direção transversal da direita para a esquerda (Figura 3).

Figura 3 - Representação do sistema ortogonal dos eixos para a medição da vibração



Fonte: Adaptado de ISO 2631-1 (1997).

De acordo com Szymmanska (2001), os efeitos da vibração no organismo humano dependem de diversos fatores como: intensidade das vibrações, dos limites de frequência, direção, ponto de penetração, tempo e forma de aplicação diária, além da jornada de trabalho do profissional.

Segundo Klingestierna e Pope (1987), a exposição do corpo humano à vibração está associada a problemas na atividade muscular/postural, no sistema circulatório e aparecimento de distúrbios musculoesqueléticos, o que levou a OMS a considerar as vibrações como agente de risco de natureza ocupacional.

Pollard *et al.* (2017) realizaram estudo com o objetivo de verificar se as exposições

a VCI e VMB para operadores de caminhões de pedreira estavam ligadas a reduções de desempenho a curto prazo em relação à estabilidade postural, ao limite de sensibilidade ao toque e à força de preensão que são de importância crucial na atividade, porém nenhuma correlação significativa direta foi identificada.

Segundo Karacan *et al.* (2017), a vibração do corpo inteiro induz padrões de reflexos distintos no músculo sóleo, o estudo investigou os efeitos da amplitude das VCI na indução de padrões de reflexos distintos no músculo por análise de eletromiografia de superfície do músculo sóleo em voluntários adultos e foi verificado que as VCI induzem reflexos de latência curta ou longa dependendo da amplitude de vibração.

2.2.3 Vibração em tratores

Segundo Prasad, Tewari e Yadav (1995), as vibrações se originam das interações entre o trator e as deformações no solo da área de operação e também na sua fonte de potência. Kumar *et al.* (2001) observaram que a exposição ocupacional à vibrações de corpo inteiro em tratores agrícolas produzem lesões no abdômen e na coluna vertebral.

Para determinar o nível de vibrações que operador de tratores agrícolas está exposto, através do assento, Barceló, Hilbert e Aucaná (2004) compararam três velocidades de deslocamento sendo: 7, 12 e 20 km.h⁻¹ e três pressões internas de ar nos pneus de 69, 103 e 207 kPa e regulagem do assento com os níveis mínimo e máximo de rigidez. Com isso, constataram que a magnitude das vibrações foi reduzida de forma significativa, quando a velocidade de deslocamento é baixa e a regulagem do assento, que controla a rigidez, é compatível com a massa do operador.

Segundo Barceló, Hilbert e Aucaná (2004), com a regulagem correta do assento é possível reduzir os efeitos das vibrações, porém quando a velocidade de deslocamento do trator é aumentada, a atenuação das vibrações fica prejudicada.

Servadio, Marsili e Belfore (2007) relatam que as pesquisas relacionadas a exposição ocupacional do operador a vibrações em tratores agrícolas são sempre direcionadas ao uso de diferentes modelos de pneus e diferentes tipos de transmissão.

Segundo Wice (2015), os ensaios para avaliação da atenuação da vibração podem ser testados em campo ou em ambiente de laboratório. Testar no campo é relativamente barato e pode proporcionar o benefício das avaliações qualitativas do desempenho do assento. As desvantagens do teste em campo são que é praticamente impossível reproduzir determinados fenômenos igualmente, é possível a obtenção de uma tendência com resultados semelhantes.

Segundo Adam e Jalil (2017), o operador de trator agrícola está exposto a uma grande magnitude de vibrações de corpo inteiro durante suas atividades diárias de trabalho agrícola, que são influenciadas por diversos fatores como: a superfície de rolamento irregular, postura do operador e sua massa corporal, essa exposição pode levar a riscos a saúde do operador.

2.3 Legislação e normas utilizadas

Os subtópicos abaixo abordam os pontos mais importantes a respeito das normas utilizadas como referência para os procedimentos técnicos de avaliação, exposição aos riscos e controle.

2.3.1 NR -15 (Norma Regulamentadora 15)

De acordo com o anexo 8 da NR-15 (BRASIL, 2014):

Tem como objetivo estabelecer critérios para caracterização da condição de trabalho insalubre decorrente da exposição às Vibrações de Mãos e Braços (VMB) e Vibrações de Corpo Inteiro (VCI).

Os procedimentos técnicos para a avaliação quantitativa das VCI e VMB são os estabelecidos nas Normas de Higiene Ocupacional da FUNDACENTRO.

Caracteriza-se a condição insalubre caso sejam superados quaisquer dos limites de exposição ocupacional diária a VCI:

- a) valor da aceleração resultante de exposição normalizada (aren) de $1,1 \text{ m/s}^2$;
- b) valor da dose de vibração resultante (VDVR) de $21,0 \text{ m/s}^{1,75}$.

Para fins de caracterização da condição insalubre, o empregador deve comprovar a avaliação dos dois parâmetros acima descritos.

A avaliação quantitativa deve ser representativa da exposição, abrangendo aspectos organizacionais e ambientais que envolvam o trabalhador no exercício de suas funções.

2.3.2 NHO-09

Abaixo seguem alguns conceitos sobre vibração ocupacional considerados pela NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013):

Componente de exposição: parte da exposição diária que pode ser representada por

um único valor de aceleração resultante de exposição parcial (a_{re_p}). A componente de exposição pode ser decorrente de uma única operação ou consequência de duas ou mais operações executadas de forma sequencial.

Fator de crista (FC): módulo da razão entre o máximo valor de pico de $a_j(t)$ e o valor de a_{m_j} , ambas ponderadas em frequência.

Grupo de exposição similar (GES): corresponde a um grupo de trabalhadores que experimentam exposição semelhante, de forma que o resultado fornecido pela avaliação da exposição de parte deste grupo seja representativo da exposição de todos os trabalhadores que o compõem.

Limite de exposição (LE): parâmetro de exposição ocupacional que representa condições sob as quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta repetidamente sem sofrer efeitos adversos que possam resultar em dano à sua saúde.

Nível de ação: valor acima do qual devem ser adotadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições à vibração causem danos à saúde do trabalhador e evitar que o limite de exposição seja ultrapassado.

Ponto de medição: ponto(s) localizado(s) na zona de exposição, ou próximo(s) a esta, cujos valores obtidos sejam representativos da exposição da região do corpo atingida.

Zona de exposição: interface entre a fonte de vibração e a região do corpo para a qual a energia da vibração é transferida.

Pico a pico: indica a dupla amplitude da onda e é usado, por exemplo, onde o deslocamento vibratório da máquina é parte crítica na tensão máxima de elementos de máquina.

Amplitude: é o deslocamento máximo do corpo em relação a sua posição de equilíbrio, sendo que a intensidade da vibração está associada ao deslocamento, velocidade e aceleração.

2.3.3 Critério de avaliação da NHO-09 para exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro

Segundo NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013) os critérios de avaliação para exposição ocupacional à vibração de corpo inteiro são: O nível de ação para a exposição ocupacional diária à vibração de corpo inteiro adotado na NHO-09 corresponde a um valor da aceleração resultante de exposição normalizada (a_{ren}) de $0,5\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ e ao valor da dose de vibração resultante (VDVR) de $9,1\text{m}\cdot\text{s}^{-1,75}$.

O limite de exposição ocupacional diária à vibração de corpo inteiro, adotado nesta

norma corresponde a um valor da aceleração resultante de exposição normalizada (aren) de 1,1 m.s⁻² e ao valor da dose de vibração resultante (VDVR) de 21 m.s^{-1,75}.

Ainda segundo a NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013):

Para fins de comparação com o limite de exposição ou com o nível de ação, independentemente da duração da jornada de trabalho, deve-se determinar a aceleração resultante a exposição normalizada (aren) e o valor da dose de vibração resultante (VDVR). VDVR adquire maior importância quando for constatada a ocorrência de choques ou solavancos significativos na exposição do trabalhador sob estudo.

2.4 Atenuação das vibrações

As tecnologias que buscam atenuar as VCI não são criadas apenas com o intuito de reduzir os riscos para a saúde, mas também melhorar o conforto do ambiente de trabalho (LANGER; EBBESSEN; KORDESTANI, 2015) para proporcionar ao operador um ambiente de trabalho adequado para que possa ser exigido o máximo do mesmo.

Segundo Gheller (2013), uma forma de minimizar os efeitos nocivos causados pela vibração, é o emprego de isoladores de vibração que são utilizados em produtos de engenharia e têm por finalidade reduzir a transmissão da energia transmitida de um corpo para o outro.

Há diferentes formas para reduzir a transmissão de energia, uma é a conexão da fonte vibrante com a estrutura que será isolada por um material que absorva energia. Materiais elastoméricos podem cumprir bem esta função (GHELLER, 2013).

Segundo Vendrame (2016), é importante que quando se desenvolve algum mecanismo de atenuação, também devem ser levados em consideração parâmetros ergonômicos necessários, pois se um dado mecanismo de atenuação preocupa-se somente com questões de controle/atenuação de vibração e não questões ergonômicas, o uso dessa ferramenta pode resolver um problema e acabar criando outro.

Alguns tipos de assento podem amplificar as vibrações transmitidas ao operador, principalmente choque mecânicos (GANNON, 2017).

Segundo Mehta e Tewari (2010), a atenuação da vibração em tratores agrícolas é uma importante função do assento para o conforto do operador. Considerando um assento composto (assento + encosto), a atenuação da vibração é realizada ajustando as características vibracionais da mola ao peso do operador, e a almofada do assento funciona como um amortecedor, a mesma deve ser projetada para prender um objeto em movimento com transmissão mínima de carga, desacelerando a massa móvel com força resistiva e, dessa forma,

pode ser escolhido ter uma rigidez dinâmica particular e poder sofrer uma deflexão suficientemente grande para que a massa se mantenha em repouso.

Segundo Bies e Hansen (2003), a transmissão de movimentos ou forças de vibração de uma estrutura para outra pode ser reduzido com a interposição de um elemento relativamente flexível de isolamento entre as duas estruturas. Isto é chamado de isolamento de vibração.

Segundo Rodrigues (2017), o conhecimento da frequência de vibração do sistema e da frequência natural do isolante é importante, pois devemos saber a frequência para a qual este entra em ressonância, pois nesta frequência, o elemento de isolamento não terá qualquer efeito. Apenas quando se obtêm frequências superiores a 1,4 vezes a frequência de ressonância, é que então será reduzida a transmissão de força. Assim, o elemento isolador a aplicar deverá ser aquele cuja frequência de ressonância seja bem abaixo da gama de frequências a serem isoladas.

2.4.1 Transmissibilidade

Segundo Gheller (2013), os equipamentos motorizados vibram em uma determinada frequência. A transmissão desta vibração ocorre através de determinadas estruturas do equipamento, sendo que assentos e almofadas podem atenuar as exposições de vibração de corpo inteiro (VCI) e minimizar os riscos para a saúde dos operadores de máquinas pesadas.

Determinados fatores podem promover a amplificação das vibrações, trazendo assim danos irreparáveis para o desempenho do sistema. Alguns equipamentos podem ter até o seu funcionamento prejudicado devido às vibrações (GHELLER, 2013).

A transmissibilidade é a razão entre a energia que é medida em um ponto de entrada pela energia medida no ponto de saída na mesma direção (MANSFIELD, 2005). Segundo Griffin (1998), a medição da transmissibilidade de um assento é feita através da comparação da aceleração no assento e na base aonde o assento é fixado.

O método mais usado para calcular transmissibilidade é o método fornecido pela ISO 2631 (ISO, 1997) conhecido como SEAT%, que gera um valor numérico simples que pode avaliar a eficiência da atenuação que o assento proporciona.

Segundo Santos (2002), para um valor SEAT% de 100%, é possível concluir que o assento não proporciona melhora ou diminuição do desconforto produzido pelo trator, caso o valor SEAT% seja maior que 100%, quer dizer que o desconforto causado devido a exposição a vibração é aumentado pelo assento, e se o SEAT% for menor do que 100% indica que o assento atenuou parte da vibração que seria transmitida ao operador.

Porém, Mansfield (2005) mostra que apenas o valor SEAT% não é capaz de afirmar a eficiência ou ineficiência do sistema de suspensão do assento, sendo necessárias outras análises para tal afirmação.

Dependendo da qualidade do assento os valores de vibração podem ser amplificados em relação à plataforma de operação, ao invés de serem atenuados, conforme Deboli, Calvo e Preti (2017), os valores de aceleração medidos no assento para algumas condições avaliadas nos eixos X e Y, foram maiores do que os valores obtidos na plataforma de operação e, segundo Ciloglu *et al.* (2015), o peso do operador e o material da almofada do assento possuem efeito sobre a transmissibilidade de vibração da almofada.

2.5 Materiais atenuantes

A utilização de materiais atenuantes para amortecimento de vibrações em um assento do trator desempenha um papel importante no suporte à postura do operador, isolando a vibração e melhorando a qualidade de trabalho (MEHTA; TEWARI, 2010).

Segundo Ji, Eger e Dickey (2017), a utilização de almofadas de assento podem atenuar as exposições a VCI e minimizar os riscos para a saúde dos operadores de tratores agrícolas.

Conforme Mehta e Tewari (2010), os materiais atenuantes fornecem efeitos de amortecimento para reduzir a vibração transmitida ao operador sentado. Dessa forma, faz-se necessário quantificar o “quanto” o material consegue amortecer as vibrações. Essa quantificação do amortecimento é extremamente útil para o desenvolvimento de modelos matemáticos que caracterizam o comportamento dinâmico dos materiais de amortecimento.

2.5.1 Micropérolas de poliestireno

EPS é a sigla internacional do poliestireno expandido, de acordo com a norma ISO-1043:2011 (ISO, 2011).

As micropérolas de poliestireno podem ser consideradas um bom agente atenuante devido possuírem, de acordo com ABRAPEX (2016), alta absorção de choques e resistência a compressão, além de alta durabilidade, boa resistência mecânica e baixo peso.

O EPS é um plástico celular rígido, resultante da polimerização do estireno em água. Como agente expensor para a transformação do EPS, emprega-se o pentano, um hidrocarbureto que se deteriora rapidamente pela reação fotoquímica gerada pelos raios solares,

sem comprometer o meio ambiente, os produtos finais de EPS são inodoros, não contaminam o solo, água e ar, são 100% reaproveitáveis e recicláveis e podem voltar à condição de matéria-prima (ABRAPEX, 2016).

O polietileno expandido (EPE) é um material plástico muito semelhante ao EPS, porém com uma flexibilidade e resistência a impactos repetidos superior. Trata-se de um material que combina leveza e resiliência, o que resulta no projeto de produtos de alta performance. Além dessas características, apresenta como vantagens alta flexibilidade, resistência a solventes orgânicos e a numerosos produtos químicos, não-tóxico, modelagem complexa utilizando moldes de alumínio, fácil de produzir, processar e transportar, além de versatilidade, devido às extensas propriedades mecânicas que podem ser obtidas de acordo com a densidade preferida (baixa, média ou alta) (POLYMOS, 2016).

As micropérolas (Figura 4) são o produto final gerado a partir do EPS, são inodoros, 100% reaproveitáveis e recicláveis, não contaminam o solo, água e ar e podem voltar a fase de matéria-prima novamente (ABRAPEX, 2016).

Figura 4 - Micropérolas de poliestireno



Fonte: Isorecort (2016).

2.5.2 Espumas de poliuretano viscoelásticas

Os poliuretanos são sintetizados forma simples, através de uma reação de poliadição em diferentes etapas, basicamente a partir de compostos hidroxilados (OH) e

isocianatos (NCO). O controle da densidade é feito principalmente através das quantidades utilizadas de água e agentes de expansão auxiliares, sendo comum pigmentar a espuma para identificar as diferentes densidades (VILAR, 2005).

Segundo Candeias (2007), a produção e o uso de espumas de poliuretano viscoelásticas com lenta recuperação têm crescido muito nos últimos anos.

As espumas viscoelásticas ou espumas com baixa resiliência com recuperação lenta são um tipo de espuma com resiliência menor que 20%, comparado com 40% para a espuma convencional e 60% para espumas de alta resiliência, possuem muitas aplicações especiais, como colchões, por causa do toque macio e devido à redução de pontos de tensão quando em contato com a pele (VILAR, 2005).

Segundo Candeias (2007), as espumas viscoelásticas possuem características únicas, que incluem baixa resiliência e retorno lento após a aplicação de tensão, adaptação da forma, atenuação da vibração, ruído, absorção de energia e choques mecânicos, o que permite que as mesmas sejam utilizadas para várias aplicações como almofadas, colchões hospitalares, equipamento desportivo e médico, assentos e encostos ergonômicos. Cada aplicação necessita de uma gama larga de tipos de espuma com propriedades de desempenho específicas.

Para reduzir a velocidade de regeneração da espuma, faz-se necessário aumentar as forças restritivas da mesma, resultantes da combinação da viscosidade interna com pontes de hidrogênio (CANDEIAS, 2007).

Segundo Kim *et al.* (2016), espumas viscoelásticas (Figura 5) apresentaram maior nível de compressão e a pressão de contato mais bem distribuída uniformemente em todo o assento, quanto menor a densidade do material de espuma do assento, menor a rigidez e o assento torna-se mais macio.

Figura 5 - Espuma viscoelástica



Fonte: Redes desportivas online (2016).

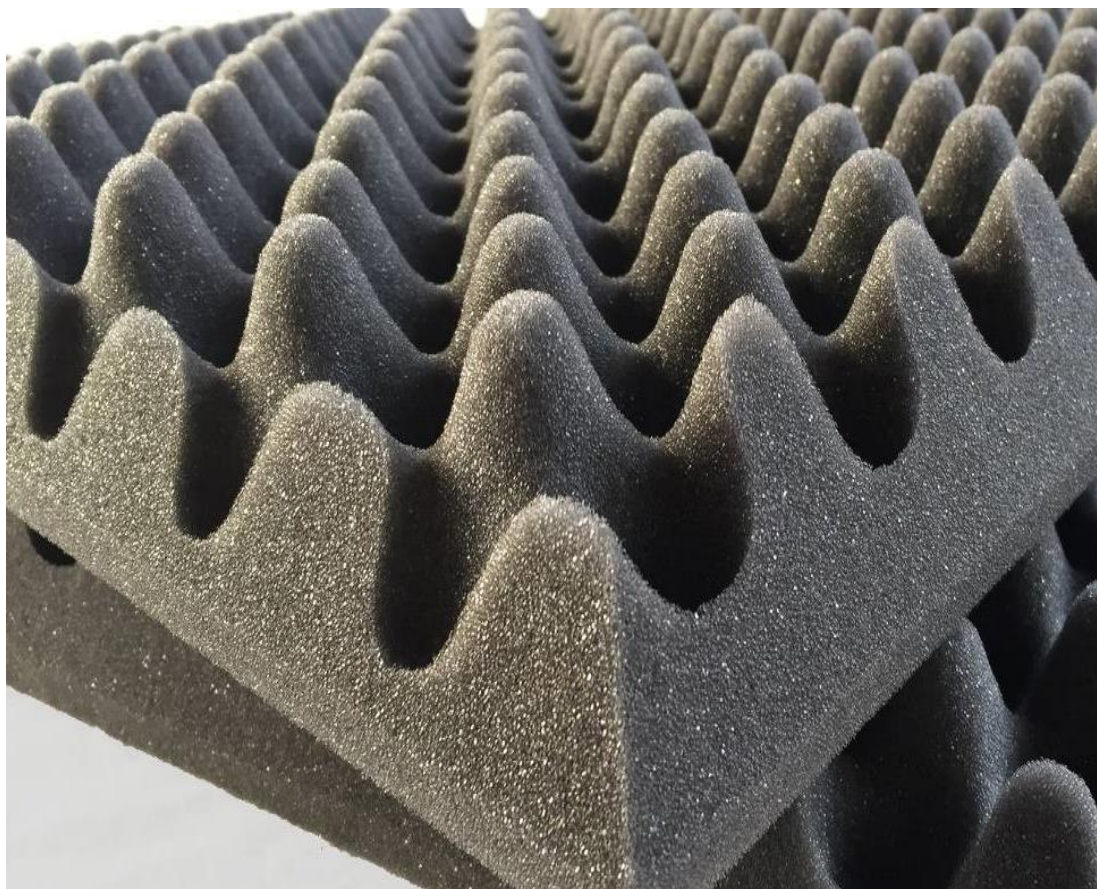
2.5.3 Espumas flexíveis de poliuretano expandido de células abertas

Segundo Vilar (2005), o desenvolvimento comercial de poliuretanos começou na Alemanha no final da década de 1930, inicialmente com a fabricação de espumas rígidas, adesivos e tintas. As principais matérias primas empregadas são os isocianatos, polióis, formadores de ligações cruzadas, agentes de expansão, catalisadores, surfactantes, elementos anti-chama, cargas e aditivos.

Conforme Fernandes (2012) o poliuretano pode ter uma variedade de densidades e de durezas, que mudam de acordo com o tipo de monômero usado e de acordo com a adição ou não de substâncias modificadoras de propriedades.

Espuma de poliuretano de células abertas (Figura 6) em alguns países tornou-se o material preferido para fabricação de almofadas de assento automotivo, pois fornece uma diminuição significativa na relação peso/desempenho quando comparado a sistemas mais tradicionais como o de suporte de assento por mola de aço (PATTEN; SHA; MO, 1998).

Figura 6 - Espumas flexíveis de poliuretano expandido de células abertas



Fonte: Casa da acústica (2017).

As espumas de poliuretano de baixa densidade são amplamente utilizadas como materiais de espuma para bancos de automóveis. A estrutura interna da espuma de poliuretano assume a forma de células, como um grupo de grãos ociosos. Devido a esta estrutura interna da espuma, o ar dentro das células se move para outra célula ou sai da espuma quando a espuma é exposta a cargas de compressão; tais fenômenos influenciam os comportamentos de compressão do material de espuma (HWANG, 2013).

Conforme Candeias (2007), os poliuretanos são uma extensa família de polímeros com propriedades bastante distintas, mas que possuem um grupo uretano, que se repete na sua estrutura molecular como elemento comum a todos.

Sua diversidade ocorre devido a possibilidade de que a cadeia molecular possa conter outros grupos funcionais além do uretano, como, grupos de ureia, éter, éster, ligações biureto ou alofanato, ou ainda grupos aromáticos, entre outros. A estrutura e funcionalidade dos grupos reativos são fatores decisivos nas propriedades do polímero final (CANDEIAS, 2007).

2.5.4 *Látex natural*

O látex é uma secreção extraída da seringueira (*Hévea brasiliensis*), conforme Honorato (2005), existem mais de 12.000 espécies botânicas pertencentes a 900 gêneros diferentes, distribuídas ao longo do planeta que produzem látex.

De acordo com Wititsuwannakul *et al.* (2008), o látex é um sistema polifásico coloidal, sendo a parte dispersa constituída de proteínas, micelas de borracha, lutóides e o meio dispersivo constituído por soro aquoso.

Para Rodrigues (2008), é um biomaterial que possui boas características de elasticidade, tensão máxima de tração, ductilidade, tenacidade e facilidade do material ser moldado em formatos complexos.

Segundo Uzabakiliho, Largeau e Casadevall (1987), o látex é constituído de uma complexa mistura de diferentes componentes, sendo que os componentes majoritários do látex é o *cis* e/ou *trans* poli-isopreno.

Conforme Dias (2010), as características fundamentais do látex (Figura 7) são a leveza, impermeabilidade a microrganismos, permeabilidade ao oxigênio e ao vapor d'água, facilidade de processamento, biodegradabilidade e biocompatibilidade.

Figura 7 - Espuma de látex natural



Fonte: MEDICAL EXPO (2017).

3 MATERIAL E MÉTODOS

Neste tópico foram abordados todo o material e os métodos utilizados para a realização dos ensaios.

3.1 Local do experimento

O ensaio foi conduzido em área experimental (Figura 8) pertencente ao Laboratório de Investigação de Acidentes com Máquinas Agrícolas (LIMA) da Universidade Federal do Ceará, localizada nas coordenadas geodésicas: latitude 3°44'S e longitude 38°33'W Grm. A área possui altitude de 20 metros e tipo climático Aw (Tropical Úmido), de acordo com a classificação de Köppen (1918).

Figura 8 - Área experimental



Fonte: Enio Costa (2017).

O solo da área foi classificado conforme o SiBCS (2006) como um Argissolo Vermelho-amarelo, com classe textural franco arenosa com aproximadamente 82,90% de areia, 10,60% de argila e 6,40% de silte. (MACEDO *et al.*, 2016).

A determinação da umidade do solo foi realizada pelo método gravimétrico. Conforme EMBRAPA (1997), foram coletadas cinco amostras de solo na profundidade de 0 – 20 cm, em latas de alumínio de peso conhecido, nas quais as amostras foram pesadas antes e depois de serem colocadas na estufa a 105-110°C, durante 24 horas, obtendo-se o resultado de 6,2% de umidade no solo.

A área experimental é utilizada para sistemas convencionais e não possui material de cobertura vegetal. A área do ensaio foi previamente preparada com aração e gradagem.

3.2 Trator

Foi utilizado (Figura 9) um trator 4x2 com tração dianteira auxiliar (TDA) da marca Valtra®, modelo BM125i, ano 2011, com motor de 4 cilindros, e cilindrada total de 4400 cm³, com potência do motor de 91,9 kW (125 cv) e rotação máxima de 2300 rpm, com motor turbo com intercooler, configurado com pneus radiais da marca Goodyear®, 14.9R24 no eixo dianteiro e no eixo traseiro 18.4R34.

Figura 9 - Trator Valtra BM125i



Fonte: Enio Costa (2017).

O trator utilizado não possuía cabine, seu posto de operação era do tipo plataformado, com estrutura de proteção ao capotamento (EPC) do tipo quadro de segurança,

com quatro pontos de fixação.

Para determinar a velocidade de deslocamento do trator, marcou-se uma faixa de 50 m de comprimento, o trator foi posicionado a 5 m de distância da faixa demarcada (estabilização), com o auxílio de um cronômetro, foi marcado o tempo que o trator levou para percorrer a área demarcada, então, a velocidade de deslocamento do trator foi obtida a partir do espaço percorrido sobre o tempo que a máquina levou para percorrer os 50 m. A Tabela 1 apresenta as velocidades de deslocamento obtidas.

Tabela 1 - Velocidades de deslocamento do trator utilizadas no experimento

	Marcha L1	Marcha L3	Marcha H1
Rotação do Motor (1860 rpm)	3,5 km.h ⁻¹	6,1 km.h ⁻¹	11,8 km.h ⁻¹

Fonte: Enio Costa (2017).

Para determinar o peso do trator, o mesmo foi pesado em uma balança (Figura 10) pertencente ao NUTEC (Núcleo de Tecnologia Industrial do Ceará).

Figura 10 - Pesagem no NUTEC do Trator Valtra BM125i



Fonte: Enio Costa (2017).

Após a pesagem, foi obtido o peso total do trator com lastros de 6.370 kg, sendo

que o trator não possui lastro líquido e possui fixos ao eixo dianteiro 6 lastros sólidos de 37,5 kg e 10 lastros de 35 kg e no eixo traseiro 8 lastros sólidos de 85 kg, sendo dispostos 4 em cada rodado traseiro (Figura 11).

Figura 11 - Localização dos lastros sólidos no eixo traseiro (a) e no eixo dianteiro (b)



Fonte: Enio Costa (2017).

Após a pesagem foi possível obter a relação peso/potência do trator, a Tabela 2 contém as especificações obtidas detalhadas.

Tabela 2 - Relação peso/potência

Trator	Eixo dianteiro	Eixo traseiro
Peso (kg)	2840	3530
Relação peso/potência (kg. kW ⁻¹)	68,8	
Distribuição de peso (%)	~40	~60

Fonte: Enio Costa (2017).

A pressão interna de ar nos pneus (Tabela 3) foi escolhida a partir da recomendação do fabricante em função da carga distribuída nos rodados.

Tabela 3 - Pressão interna de ar nos pneus utilizada no experimento

Rodados	Pressão utilizada (lb.pol ⁻²)
Pneus dianteiros	14
Pneus traseiros	16

Fonte: Enio Costa (2017).

3.3 Assento do trator

Para a realização do ensaio, foi utilizado o assento padrão original de fábrica do trator Valtra BM125i (Figura 12), antes do início do ensaio, o assento foi ajustado para o peso e altura do operador.

Figura 12 - Assento do trator BM125i (a) e ajustes de peso e altura respectivamente (b)



Fonte: Enio Costa (2017).

O sistema de amortecimento do assento é obtido através do estofamento e do sistema mola-amortecedor, que possui um manípulo de ajuste de rigidez que, ao girar no sentido horário, enrijeceria a suspensão e, ao girar no sentido anti-horário, deixaria o assento mais flexível. No assento não existia ajuste de inclinação do encosto e nem possuía encosto para apoio da cabeça, no entanto, possuía descanso para os braços.

3.3.1 Avaliação do efeito da transmissibilidade pela superfície do assento

Para verificar se o assento atenua ou amplifica a magnitude das vibrações incidentes, foram feitas cinco repetições com duração de 3 min com o acelerômetro fixo ao piso da plataforma do trator e posteriormente com o mesmo fixo no assento (Figura 13).

Figura 13 - Acelerômetro fixo ao piso da plataforma e fixo no assento



Fonte: Enio Costa (2017).

Foi utilizado o método SEAT% (ISO 2631, 1997), que é um método numérico utilizado para avaliar a eficiência da isolação do assento (Equação 1).

$$SEAT\% = \frac{VDV_{wa}}{VDV_{wp}} \times 100 \quad (1)$$

Sendo,

SEAT% = *Seat effective amplitude transmissibility* (amplitude efetiva da transmissibilidade do assento);

VDV_{wa} = Valor de dose de vibração nos eixos x, y ou z no assento (m.s^{-1,75});

VDV_{wp} = Valor de dose de vibração nos eixos x, y ou z no piso (m.s^{-1,75}).

Os resultados obtidos dispostos na Tabela 4 mostram que o assento apresenta atenuação de mais de 20% das vibrações transmitidas pelo piso da plataforma de operação para os eixos X, Y e Z.

Tabela 4 - Valor SEAT% para os eixos X, Y e Z

Valor SEAT%		
Eixo X	Eixo Y	Eixo Z
73,10	72,44	72,26

Fonte: Enio Costa (2017).

3.4 Operador

Ao longo de todo o ensaio apenas um operador utilizou o trator. No APÊNDICE A encontra-se o perfil antropométrico do operador e no APÊNDICE B as respectivas fotos, o cinto de segurança foi utilizado durante todo o ensaio, sendo o mesmo ajustado de acordo com as características físicas do operador.

3.5 Procedimentos de medição

O posicionamento e a conduta do avaliador propiciaram a menor interferência possível nas condições e nos procedimentos de trabalho do operador avaliado, visando ao não comprometimento da medição conforme recomendações da NHO-09 e do anexo A da norma NBR ISO 5008:2015.

3.5.1 Instrumentação utilizada para medição da vibração

Para efetuar a medição da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro do operador de tratores agrícolas, foi utilizado um analisador de vibração HD 2030 da Delta OHM (Figura 14).

Figura 14 - Analisador de vibração HD 2030 (Delta OHM)



Fonte: Enio Costa (2017).

Conectado ao analisador de vibração, foi utilizado um acelerômetro triaxial modelo 356B41.

O acelerômetro foi fixado em um “*seatpad*” (placa circular de borracha, rígida e plana para a proteção do acelerômetro), o mesmo foi fixado na base do assento do trator e sobre as almofadas com o uso de fita adesiva, de forma que durante o trajeto o acelerômetro não se movesse (Figura 15).

No ANEXO B constam as características técnicas do medidor de vibração HD 2030 e do acelerômetro 356B41.

Figura 15 - Acelerômetro triaxial modelo 356B41



Fonte: Enio Costa (2017).

Para obtenção dos dados do analisador de vibração e tratamento dos mesmos foi utilizado o software Noise studio. A cada 1 s o analisador de vibração coleta dados que são integrados a cada 10s, para então, formar uma amostra.

3.5.2 Parâmetros de avaliação da vibração ocupacional

Aceleração média nos eixos X, Y e Z (Root-mean-square single-axis acceleration value - aw): valor eficaz do movimento vibratório que indica o potencial destrutivo da vibração na direção do eixo X, Y e Z em $m.s^{-2}$ (FUNDACENTRO, 2013).

Aceleração resultante de exposição normalizada - aren (Exposure Action Value - EAV): corresponde à aceleração resultante da exposição convertida para uma jornada diária de trabalho padrão de 8 horas. (FUNDACENTRO, 2013).

Fator de crista equivalente – FCeq (Crest Factor CFeq): Fator de crista calculado em razão este o pico máximo resultante obtido e a média da aceleração nos três eixos X, Y e Z. É calculado no período de medição (INSTRUTERM, 2017).

Pico máximo nos eixos X, Y e Z (PMA_{Xj}): Indica o valor mais alto da aceleração durante a medição nos eixos X, Y e Z (FUNDACENTRO, 2013).

Valor da dose de vibração resultante (VDVR): corresponde ao valor da dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária, considerando a resultante dos três eixos de medição. adquire maior importância quando for constatada a ocorrência de choques ou solavancos significativos na exposição do trabalhador sob estudo (FUNDACENTRO, 2013).

Para calcular os valores finais de aren e VDVR foi considerada uma jornada diária de 8h de trabalho, com o trator realizando apenas uma atividade, referente a uma componente de exposição.

O Quadro 1 apresenta as considerações técnicas e a atuação recomendada em função dos valores de aren e VDVR encontrados na condição de exposição avaliada conforme a NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013).

Quadro 1 - Critério de julgamento e tomada de decisão

Aren (m.s ⁻²)	VDVR (m.s ^{-1,75})	Consideração técnica	Atuação recomendada
0 a 0,5	0 a 9,1	Aceitável	No mínimo manutenção da condição existente.
> 0,5 a < 0,9	> 9,1 a < 16,4	Acima do nível de ação	No mínimo adoção de medidas preventivas.
0,9 a 1,1	16,4 a 21	Região de incerteza	Adoção de medidas preventivas e corretivas visando à redução da exposição diária.
Acima de 1,1	Acima de 21	Acima do limite de exposição	Adoção imediata de medidas corretivas.

Fonte: FUNDACENTRO (2013).

3.5.3 Nível de eficiência reduzido

O nível de eficiência reduzido é um método de avaliação elaborado pela norma ISO 2631 (ISO, 1978), o método consiste em ponderar as frequências em banda de 1/3 de oitava e depois comparar os resultados obtidos com curvas resposta que definem o limite de exposição. O limite especifica um ponto além do qual a exposição à vibração pode ser considerada portadora de um risco ao operador.

Para obtenção da aceleração eficaz ponderada foram utilizadas as frequências em banda de 1/3 de oitava que receberam ponderação (Tabela 5) conforme o eixo e a faixa de frequência, conforme o estabelecido na norma ISO 2631(1978).

Tabela 5 - Fatores de ponderação relativos à banda de frequência de sensibilidade de aceleração máxima para as curvas de respostas

Frequência [Hz] (frequência central de banda de um terço de oitava)	Fator de ponderação	
	Vibrações Longitudinais (eixo Z)	Vibrações Transversais (eixos X e Y)
1,0	0,50	1,0
1,25	0,56	1,0
2,0	0,71	1,0
4,0	1,00	0,5
8,0	1,00	0,25
16,0	0,50	0,125
31,5	0,25	0,063
40,0	0,20	0,05
63,0	0,125	0,0315
80,0	0,10	0,025

Fonte: Adaptado de ISO 2631 (1978).

Para avaliar o nível de eficiência reduzido foram gerados os mapas de aceleração eficaz ponderada e os mesmos foram sobrepostos das curvas de resposta (Tabela 6), onde valores obtidos que ultrapassem as curvas de respostas indicam que foi atingido o nível de eficiência reduzido.

Tabela 6 - Valores de nível de eficiência reduzido para uma jornada de 8h nos eixos X, Y e Z

Frequência (centro da banda de 1/3 de oitava)	Aceleração (m/s^2)	
	Vibrações Longitudinais (eixo Z) 8 h	Vibrações Transversais (eixos X e Y) 8 h
1,0	0,63	0,224
1,25	0,56	0,224
2,0	0,45	0,224
4,0	0,315	0,450
8,0	0,315	0,900
16,0	0,63	1,80
31,5	1,25	3,55
40,0	1,60	4,50
50,0	2,0	5,60
63,0	2,5	7,10
80,0	3,15	9,00

Fonte: Adaptado de ISO 2631 (1978).

3.6 Almofadas de assento utilizadas

Antes da realização do experimento foram feitas avaliações preliminares com diversos materiais potencialmente atenuantes para definir que materiais seriam utilizados no experimento, sendo os materiais com melhor desempenho selecionados.

Foram selecionadas nove almofadas de assento comercialmente disponíveis de diferentes densidades, espessuras e composições para o estudo.

3.6.1 Almofada de assento de PVC com preenchimento de água

Foi utilizada uma almofada de assento com revestimento de PVC e preenchimento de água, a Figura 16 apresenta a almofada e o Quadro 2, as respectivas especificações.

Figura 16 - Almofada de assento de PVC com preenchimento de água



Fonte: Enio Costa (2017).

Quadro 2 - Especificações da almofada de assento de PVC com preenchimento de água

MEDIDAS:	45CM X 45CM
COR:	AZUL
COMPOSIÇÃO:	POLICLORETO DE VINILA, 100% VIRGEM E ATÓXICO.
PESO LÍQUIDO:	0,200 KG
QUANTIDADE D'ÁGUA:	6 L
SUPORTA UMA PESSOA DE ATÉ:	130 KG

Fonte: AG PLÁSTICOS (2017).

3.6.2 Almofada de assento de PVC com preenchimento de ar

Foram usadas duas almofadas de assento com preenchimento de ar (inflável), ambas possuíam o mesmo tamanho e foram preenchidas com o uso de uma bomba e possuíam o mesmo volume de ar, porém as mesmas possuíam formatos diferentes. Foi utilizada uma almofada de assento com revestimento de PVC e com preenchimento de ar no formato de caixa de ovo com preenchimento de ar no formato quadrado liso.

3.6.2.1 Almofada de assento de PVC com preenchimento de ar (formato caixa de ovo)

Foi utilizada uma almofada com revestimento de PVC e preenchimento de ar no formato caixa de ovo, conforme Figura 17 e Quadro 3 apresentando suas especificações.

Figura 17. Almofada de assento de PVC com preenchimento de ar (formato “caixa de ovo”)



Fonte: Enio Costa (2017).

Quadro 3 - Especificações da almofada de assento de PVC com preenchimento de ar (formato caixa de ovo)

MEDIDAS:	45CM X 45CM
FORMATO:	CAIXA DE OVO
COR:	AZUL
COMPOSIÇÃO:	POLICLORETO DE VINILA, 100% VIRGEM E ATÓXICO.
SUPORTA UMA PESSOA DE ATÉ:	130 KG

Fonte: AG PLÁSTICOS (2017).

3.6.2.2 Almofada de assento de PVC com preenchimento de ar (formato quadrado liso)

Foi utilizada uma almofada de assento com revestimento de PVC e preenchimento de ar no formato quadrado liso, a Figura 18 apresenta a almofada e o Quadro 4, as respectivas especificações.

Figura 18 - Almofada de assento de PVC com preenchimento de ar (formato quadrado liso)



Fonte: Enio Costa (2017).

Quadro 4 - Especificações da almofada de assento de PVC com preenchimento de ar (formato quadrado liso)

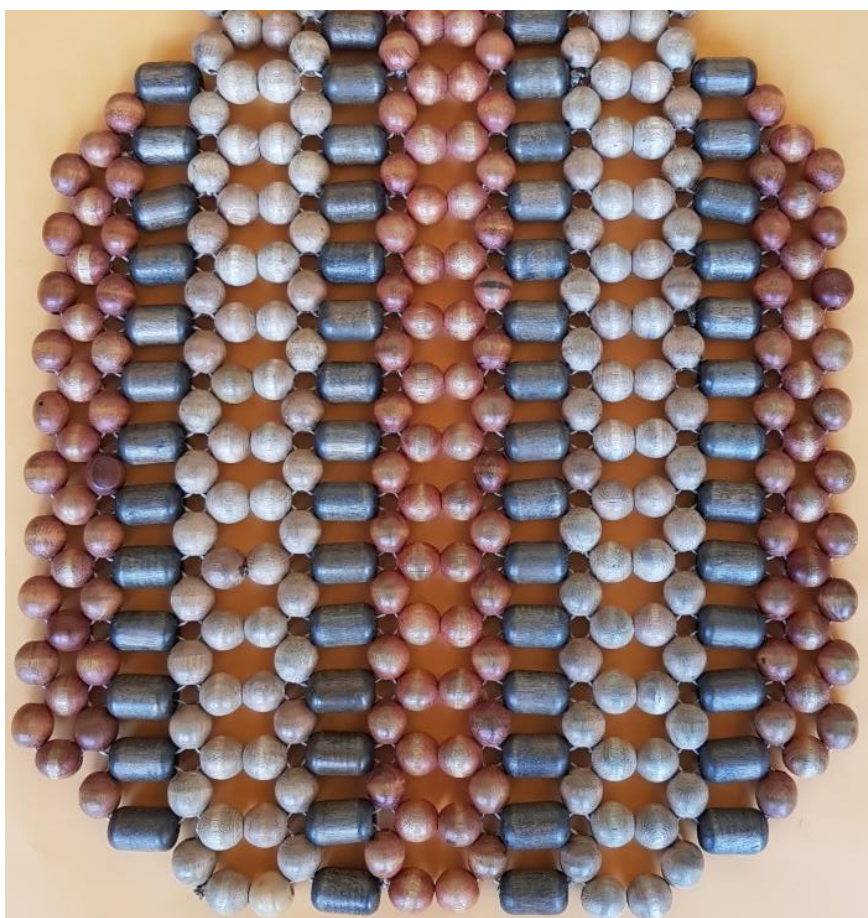
MEDIDAS:	45CM X 45CM
FORMATO:	QUADRADO LISO
COR:	AZUL
COMPOSIÇÃO:	POLICLORETO DE VINILA, 100% VIRGEM E ATÓXICO.
SUPORTA UMA PESSOA DE ATÉ:	130 KG

Fonte: AG PLÁSTICOS (2017).

3.6.3 Almofada de assento de esferas de madeira

Foi utilizada uma almofada de assento (Figura 19) com esferas de madeira selecionadas com dimensões de 22x34 cm e 20x34 cm, polidas e tratadas com verniz fixadas entre si mediante um cordão de nylon.

Figura 19 - Almofada de assento de esferas de madeira



Fonte: Enio Costa (2017).

3.6.4 Almofada de assento de PVC com preenchimento de gel

Foi utilizada uma almofada de assento com revestimento de PVC e preenchimento de gel (Figura 20). No Quadro 5 constam as especificações da referida almofada.

Figura 20 - Almofada de assento de revestimento de PVC com preenchimento de gel



Fonte: Enio Costa (2017).

Quadro 5 - Especificações da almofada de assento de PVC com preenchimento de gel

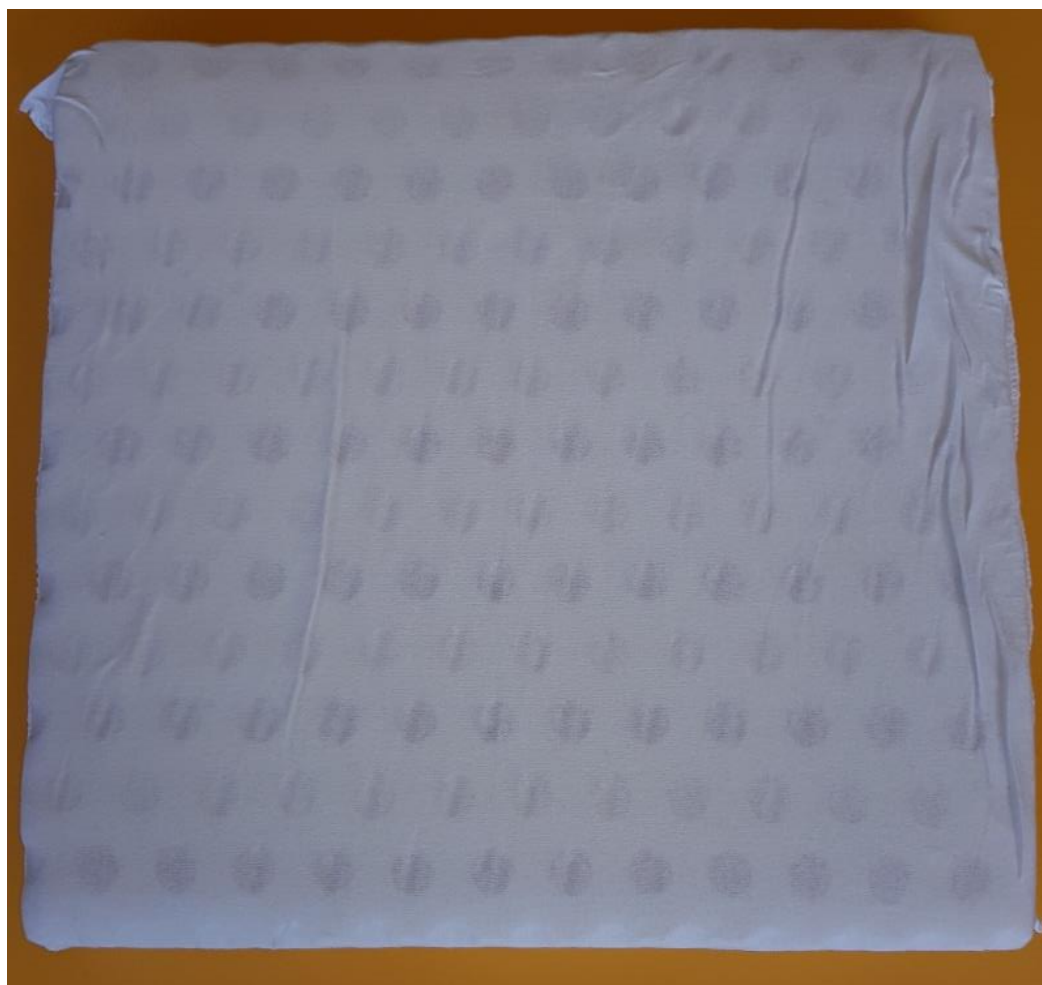
MEDIDAS:	45CM X 45CM
COR:	AZUL
COMPOSIÇÃO DO REVESTIMENTO:	POLICLORETO DE VINILA, 100% VIRGEM E ATÓXICO.
COMPOSIÇÃO DO GEL:	POLÍMERO CARBOXIVINÍLICO, CONSERVANTES, ESPESSANTE E ÁGUA DEIONIZADA E CORANTE (RESOLUÇÃO RDC N 59 DE 27 DE JUNHO DE 2000 ANVISA/MS)
PESO LÍQUIDO:	3,300 kg
PESO BRUTO:	3,450 kg
SUPORTA UMA PESSOA DE ATÉ:	130 KG

Fonte: AG PLÁSTICOS (2017).

3.6.5 Almofada de assento de látex

Foi utilizada uma almofada de assento com preenchimento de látex natural laminado, a Figura 21 apresenta a almofada e o Quadro 6, as respectivas especificações.

Figura 21 - Almofada de assento de látex



Fonte: Enio Costa (2017).

Quadro 6 - Especificações da almofada de látex

MEDIDAS:	42 x 44 x 6 cm.
FORMATO:	QUADRADA CAIXA DE OVO
COR:	VERDE
COMPOSIÇÃO:	LÁTEX NATURAL LAMINADO

Fonte: BIOELASTIC (2017).

3.6.6 Almofada de assento de courino com preenchimento de micropérolas de poliestireno

Foi utilizada uma almofada de courino com preenchimento de micropérolas de poliestireno, a Figura 22 apresenta a almofada.

Figura 22 - Almofada de assento de courino com preenchimento de micropérolas de poliestireno



Fonte: Enio Costa (2017).

Para a utilização das micropérolas de poliestireno foi confeccionada uma capa de courino, nas dimensões de 45 x 45 x 10 cm, dimensões essas que foram determinadas em função do tamanho do assento do trator BM125i. A capa foi preenchida completamente com as micropérolas.

3.6.7 Almofada de assento em poliuretano expandido

Foi utilizada uma almofada de assento de poliuretano expandido, a Figura 23 apresenta a almofada. No Quadro 7 há as especificações da referida almofada.

Figura 23 - Almofada de assento em poliuretano expandido



Fonte: Enio Costa (2017).

Quadro 7 - Especificações da almofada de assento em poliuretano expandido

MEDIDAS:	44 x 44 x 7 cm
FORMATO:	QUADRADA CAIXA DE OVO
COR:	PRETA
COMPOSIÇÃO:	ESPUMA DE POLIURETANO FLEXÍVEL DE ALTA DENSIDADE DE CÉLULAS ABERTAS

Fonte: BIOELASTIC (2017).

3.6.8 Almofada de assento de espuma viscoelástica

Foi utilizada uma almofada de assento de poliuretano expandido, a Figura 24 apresenta a almofada e o Quadro 7 as especificações da mesma.

Figura 24 - Almofada de assento em espuma viscoelástica



Fonte: Enio Costa (2017).

Quadro 8 - Especificações da almofada de assento de espuma viscoelástica

MEDIDAS:	45 x 55 x 7 cm
FORMATO:	RETANGULAR
DENSIDADE:	40 kg/m ³
COMPOSIÇÃO:	ESPUMA VISCOELÁSTICA (POLIURETANO FLEXÍVEL)

Fonte: LIANDA (2017).

3.7 Eficiência da isolamento das almofadas de assento

Para verificar se as almofadas de assento atenuaram ou amplificaram a magnitude das vibrações incidentes ao operador (Equação 2) foi utilizada uma adaptação do método SEAT% (ISO 2631, 1997).

$$AETA\% = \frac{VDVal}{VDVas} \times 100 \quad (2)$$

Sendo,

AETA% = Amplitude efetiva da transmissibilidade da almofada;

VDVal = Valor de dose de vibração nos eixos x, y ou z na almofada (m.s^{-1,75});

VDVas = Valor de dose de vibração nos eixos x, y ou z no assento (m.s^{-1,75}).

3.8 Delineamento experimental

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado foram utilizados nove materiais atenuantes (água, inflável com formato quadrado, inflável formato caixa de ovo, esferas de madeira, espuma viscoelástica, micropérolas de poliestireno, poliuretano expandido, gel e látex) e sem atenuação (tratamento controle) em três velocidades de deslocamento, quais sejam: 3,5 km.h⁻¹, 6,1 km,h⁻¹ e 11,8 km,h⁻¹.

Conforme a norma NBR ISO 5008:2015, na realização de ensaios de vibração de corpo inteiro em tratores agrícolas devem ser feitas leituras com duração mínima de 3 min para cada repetição.

Foram feitas parcelas com leituras de 4 min sendo que a cada 10s é coletada uma amostra, totalizando 24 amostras coletadas por cada repetição, sendo realizadas 5 repetições para cada tratamento.

3.9 Análise estatística utilizada

Para análise estatística dos dados obtidos foi utilizado o software estatístico ASSISTAT® (SILVA; AZEVEDO, 2002).

Para verificar a normalidade dos dados, os mesmos foram submetidos ao teste de Anderson-Darling, o APÊNDICE C mostra os valores obtidos no teste para cada uma das variáveis, para todas as variáveis avaliadas o valor obtido foi menor que o valor crítico, ratificando a distribuição normal para todas as variáveis.

Depois de comprovada a distribuição normal dos dados, os mesmos foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, quando significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos tópicos abaixo estão descritos os resultados e a respectiva discussão de cada parâmetro avaliado.

4.1 Valores de aceleração média (rms) para os eixos X, Y e Z

Na Tabela 7 e nas Figuras 25, 26 e 27 apresentam-se as acelerações médias nos eixos ortogonais para VCI.

Tabela 7 - Teste F e valores médios de aceleração média nos eixos X, Y e Z

Velocidade de 3,5 km.h ⁻¹			
Fontes de Variação	Aceleração média no eixo X (m.s ⁻²)	Aceleração média no eixo Y (m.s ⁻²)	Aceleração média no eixo Z (m.s ⁻²)
Tratamentos (F)	16,9276**	9,4828**	59,3376**
F-crit.	2,8876	2,8876	2,8876
CV (%)	8,09	7,63	3,4
Assento (T. Controle)	0,289 a	0,379 a	0,446 a
Água	0,292 a	0,360 ab	0,392 b
Esferas de madeira	0,220 cd	0,300 cd	0,362 cd
Espuma Viscoelástica	0,203 cd	0,301 cd	0,393 b
Gel	0,207 cd	0,307 cd	0,383 bc
A. inflável (caixa de ovo)	0,238 bc	0,308 bcd	0,364 cd
A. inflável (quadrada)	0,291 a	0,279 d	0,351 d
Látex	0,239 bc	0,309 bcd	0,388 bc
Micropérolas de Poliestireno	0,231 bcd	0,314 bc	0,395 b
Poliuretano	0,193 d	0,301 cd	0,350 d
Velocidade de 6,1 km.h ⁻¹			
Fontes de Variação	Aceleração média no eixo X (m.s ⁻²)	Aceleração média no eixo Y (m.s ⁻²)	Aceleração média no eixo Z (m.s ⁻²)
Tratamentos (F)	224,1763**	186,2652**	58,4851**
F-crit.	2,8876	2,8876	2,8876
CV (%)	2,56	1,91	4,18
Assento (T. Controle)	0,461 ^a	0,687 a	0,642 ab
Água	0,410 b	0,683 a	0,603 bc
Esferas de madeira	0,278 g	0,573 d	0,450 e
Espuma Viscoelástica	0,319 e	0,646 b	0,579 c
Gel	0,296 fg	0,529 e	0,483 de
A. inflável (caixa de ovo)	0,308 ef	0,540 e	0,515 d
A. inflável (quadrada)	0,395 bc	0,473 f	0,604 bc
Látex	0,377 cd	0,623 bc	0,660 a
Micropérolas de Poliestireno	0,362 d	0,644 b	0,566 c
Poliuretano	0,300 f	0,604 c	0,499 d

Legenda: * (p<0,05); ** (p<0,01); ^{NS} (não significativo). Médias com letras diferentes apresentam diferença significativa entre si e médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

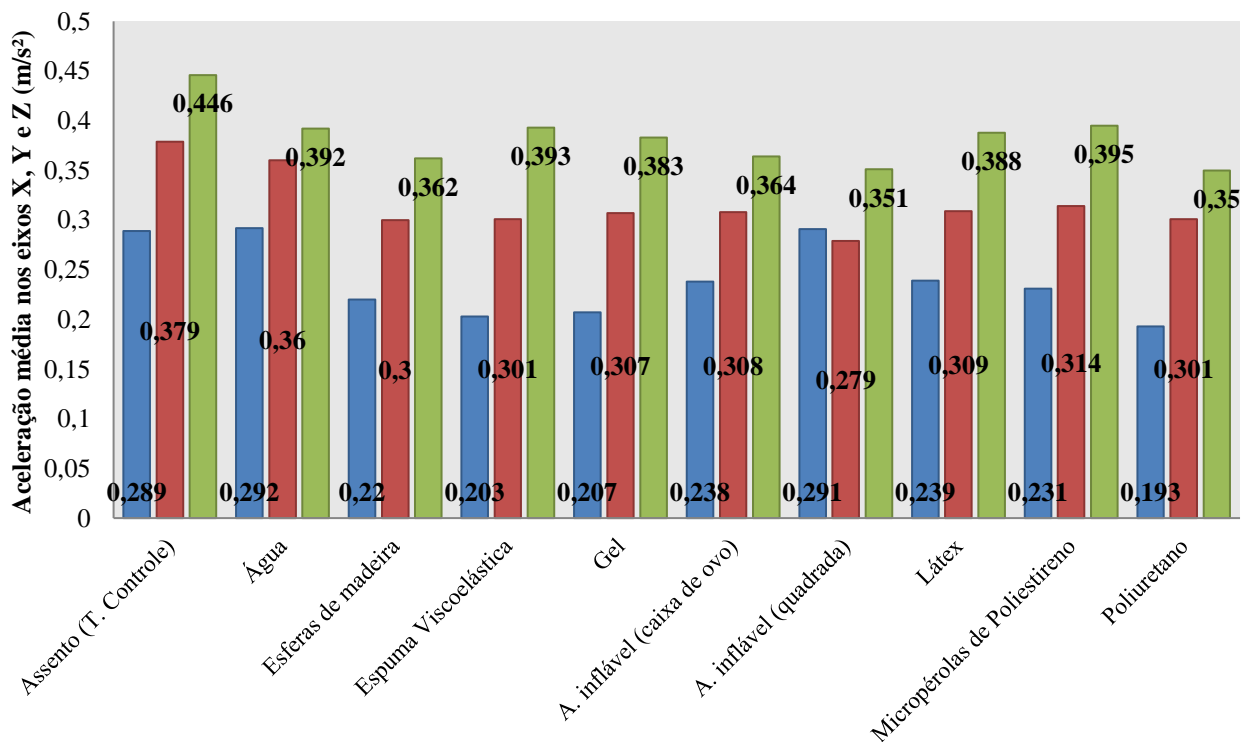
Fonte: Enio Costa (2017).

Continuação... Tabela 7 - Teste F e valores médios de aceleração média nos eixos X, Y e Z

Velocidade de 11,8 km.h ⁻¹			
Fontes de Variação	Aceleração média no eixo X (m.s ⁻²)	Aceleração média no eixo Y (m.s ⁻²)	Aceleração média no eixo Z (m.s ⁻²)
Tratamentos (F)	45,3983**	82,9411**	3,7241**
F-crit.	2,8876	2,8876	2,8876
CV (%)	3,4	1,63	2,61
Assento (T. Controle)	1,07 b	0,99 a	1,393 ab
Água	1,27 a	0,98 a	1,361 ab
Esferas de madeira	0,97 de	0,83 de	1,316 bc
Espuma Viscoelástica	0,99 cd	0,85 cd	1,315 bc
Gel	0,96 de	0,84 cd	1,337 abc
A. inflável (caixa de ovo)	1,11 b	0,84 cd	1,312 c
A. inflável (quadrada)	1,05 bc	0,83 cd	1,382 abc
Látex	1,06 bc	0,82 de	1,349 abc
Micropérolas de Poliestireno	0,94 de	0,86 c	1,333 abc
Poliuretano	0,91 e	0,92 b	1,315 bc

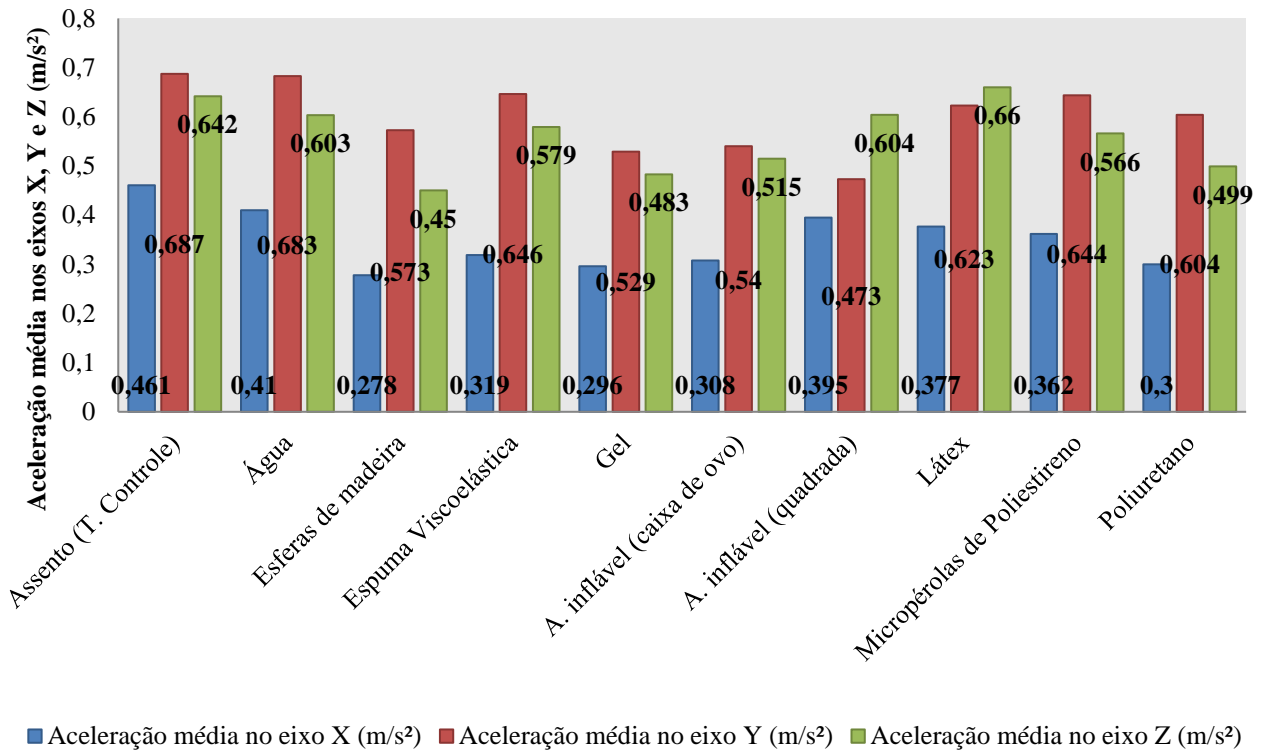
Legenda: * (p<0,05); ** (p<0,01); ^{NS} (não significativo). Médias com letras diferentes apresentam diferença significativa entre si e médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Enio Costa (2017).

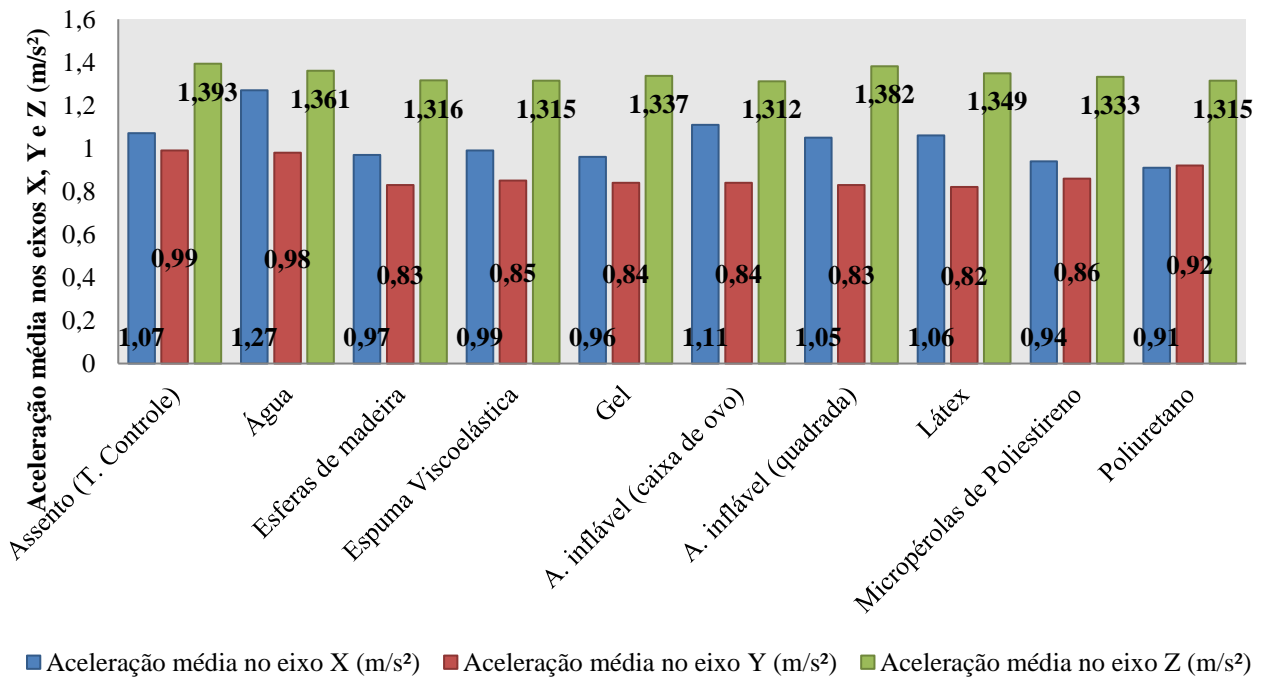
Figura 25 - Aceleração média nos eixos X, Y e Z na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

■ Aceleração média no eixo X (m/s²) ■ Aceleração média no eixo Y (m/s²) ■ Aceleração média no eixo Z (m/s²)

Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 26 - Aceleração média nos eixos X, Y e Z na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 27 - Aceleração média nos eixos X, Y e Z na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

Fonte: Enio Costa (2017).

Conforme Regazzi e Ximenes (2003), valores médios de aceleração média nos eixos X, Y e Z são as medidas mais importantes de amplitude, pois levam em consideração a cronologia da onda como também consideram o valor da amplitude da aceleração que está, diretamente, ligada à energia contida na mesma e, dessa forma indicam o poder destrutivo da vibração.

Analisando a Tabela 7, é possível observar, conforme os resultados do teste F, que para os três eixos ortogonais, nas velocidades de deslocamento do trator avaliadas, houve diferença significativa entre as médias. Nitidamente é possível perceber que o comportamento dos materiais para cada eixo se dá de forma diferente, apresentando diferentes resultados entre si em relação à significância.

A almofada de assento de água não se mostra um material atenuante eficaz em relação à aceleração média, pois, nas velocidades avaliadas para os três eixos ortogonais, ela apresenta, na maioria dos resultados, valores que não possuem diferença significativa em relação ao assento, chegando até a promover amplificação em alguns casos.

Provavelmente, com o aumento da velocidade, ocorreu uma maior movimentação da água dentro da almofada, fazendo com que não houvesse atenuação, como também, fazendo com que essa movimentação do fluido dentro da almofada, contribuísse para a amplificação da vibração apresentando valores superiores ao do assento.

Para as esferas de madeira, houve atenuação nos três eixos ortogonais X, Y e Z nas velocidades de 3,5 km.h⁻¹ e 6,1 km.h⁻¹, com exceção apenas para o eixo Z na velocidade de 11,8 km.h⁻¹. Para os três eixos, é possível observar que o aumento da velocidade influenciou no poder de atenuação do material, pois, com o aumento da velocidade de deslocamento do trator, ocorreu um aumento da aceleração média, no entanto, o poder de atenuação do material não foi suficiente para reduzir significativamente essas acelerações neste eixo.

A espuma viscoelástica e a almofada de poliuretano expandido apresentaram atenuação estatisticamente significativa em relação ao assento para aceleração média nos três eixos ortogonais e em todas as velocidades avaliadas, apresentando comportamento semelhante para as três velocidades, revelando-se como materiais que possuem menor influência da velocidade no seu poder de atenuação. Ambos os materiais, espuma viscoelástica e poliuretano expandido, são espumas de poliuretano, porém são produzidos de forma diferente e possuem características elásticas diferentes.

A almofada de gel também se mostrou um material atenuante, porém, para a velocidade de 11,8 km.h⁻¹ no eixo Z, não houve diferença significativa em relação ao assento.

A almofada inflável “caixa de ovo” se mostrou um material atenuante adequado

para as acelerações médias nos três eixos e nas velocidades utilizadas, já a almofada inflável “quadrada” apresentou atenuação inferior por não apresentar diferença significativa em relação ao assento no eixo Z para a velocidade de 11,8 km.h⁻¹. Indicando que a atenuação é influenciada também pelo formato e pela conformação como a forração está disposta, uma vez que ambas as almofadas foram infladas com o mesmo volume de ar.

A almofada de formato quadrado possui o seu centro mais alto que as laterais, já a de caixa de ovo apresenta uma altura mais uniforme ao longo de todo o comprimento da almofada, o que, provavelmente, proporcionou maior estabilidade ao operador e melhor atenuação das vibrações.

As almofadas de látex e micropérolas de poliestireno promoveram boa atenuação para os eixos X e Y, em todas as velocidades avaliadas, porém, para o eixo Z, não apresentaram bom desempenho, não obtendo diferença significativa em relação ao assento nas velocidades 6,1 km.h⁻¹ e 11,8 km.h⁻¹ para a almofada de látex e, na velocidade de 11,8 km.h⁻¹, para a almofada de micropérolas de poliestireno.

Em diversos trabalhos, como por exemplo, Mehta e Tewari (2010), o eixo Z apresenta os maiores níveis de aceleração média. Segundo Ribas (2012), os mesmos são intensificados devido ao perfil desuniforme da superfície do solo, que aumenta as vibrações incidentes no operador no eixo Z, sendo as acelerações médias do eixo Z as mais difíceis de evitar a ocorrência, pois na agricultura geralmente a área possui terreno desuniforme, dessa forma, o fato de os materiais não apresentarem atenuação no eixo Z em determinadas velocidades, reduz sua qualidade como atenuante.

4.2 Pico máximo de aceleração nos eixos X, Y e Z

A Tabela 8 e as Figuras 28, 29 e 30 apresentam os valores médios de pico máximo de aceleração nos eixos X, Y e Z. De acordo com Solecki (2007), a análise dos valores de pico mostra que existe grande variação nos valores vibração durante todo o tempo da operação em relação aos valores de aceleração média.

Tabela 8 - Teste F e valores médios de pico máximo de aceleração nos eixos X, Y e Z

Velocidade de 3,5 km.h ⁻¹			
Fontes de Variação	Pico Máximo no eixo X (m.s ⁻²)	Pico Máximo no eixo Y (m.s ⁻²)	Pico Máximo no eixo Z (m.s ⁻²)
Tratamentos (F)	0,634 ns	1,1722 ns	2,0334 ns
F-crit.	0,285	2,124	2,124
CV (%)	39,94	18,38	15,5
Assento (T. Controle)	1,191	1,486	1,393
Água	1,395	1,542	1,510
Esferas de madeira	1,263	1,414	1,652
Espuma Viscoelástica	1,154	1,388	1,694
Gel	1,075	1,302	1,936
A. inflável (caixa de ovo)	1,129	1,440	1,823
A. inflável (quadrada)	1,201	1,376	1,784
Látex	1,587	1,540	1,820
Micropérolas de Poliestireno	1,431	1,749	1,842
Poliuretano	0,985	1,339	1,596
Velocidade de 6,1 km.h ⁻¹			
Fontes de Variação	Pico Máximo no eixo X (m.s ⁻²)	Pico Máximo no eixo Y (m.s ⁻²)	Pico Máximo no eixo Z (m.s ⁻²)
Tratamentos (F)	5,5019 **	13,4725 **	4,4022 **
F-crit.	2,8876	2,8876	2,8876
CV (%)	10,27	6,28	16,5
Assento (T. Controle)	1,839 ab	2,953 a	3,530 a
Água	1,865 a	2,303 bcd	3,063 ab
Esferas de madeira	1,473 c	2,411 bcd	2,236 b
Espuma Viscoelástica	1,468 c	2,273 bcd	2,225 b
Gel	1,361 c	2,122 d	2,385 b
A. inflável (caixa de ovo)	1,517 bc	2,130 cd	2,455 b
A. inflável (quadrada)	1,615 abc	2,152 bcd	2,792 ab
Látex	1,584 abc	2,130 cd	2,871 ab
Micropérolas de Poliestireno	1,586 abc	2,130 cd	3,105 ab
Poliuretano	1,398 c	2,359 bcd	2,679 ab

Legenda: * (p<0,05); ** (p<0,01); ^{NS} (não significativo). Médias com letras diferentes apresentam diferença significativa entre si e médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Enio Costa (2017).

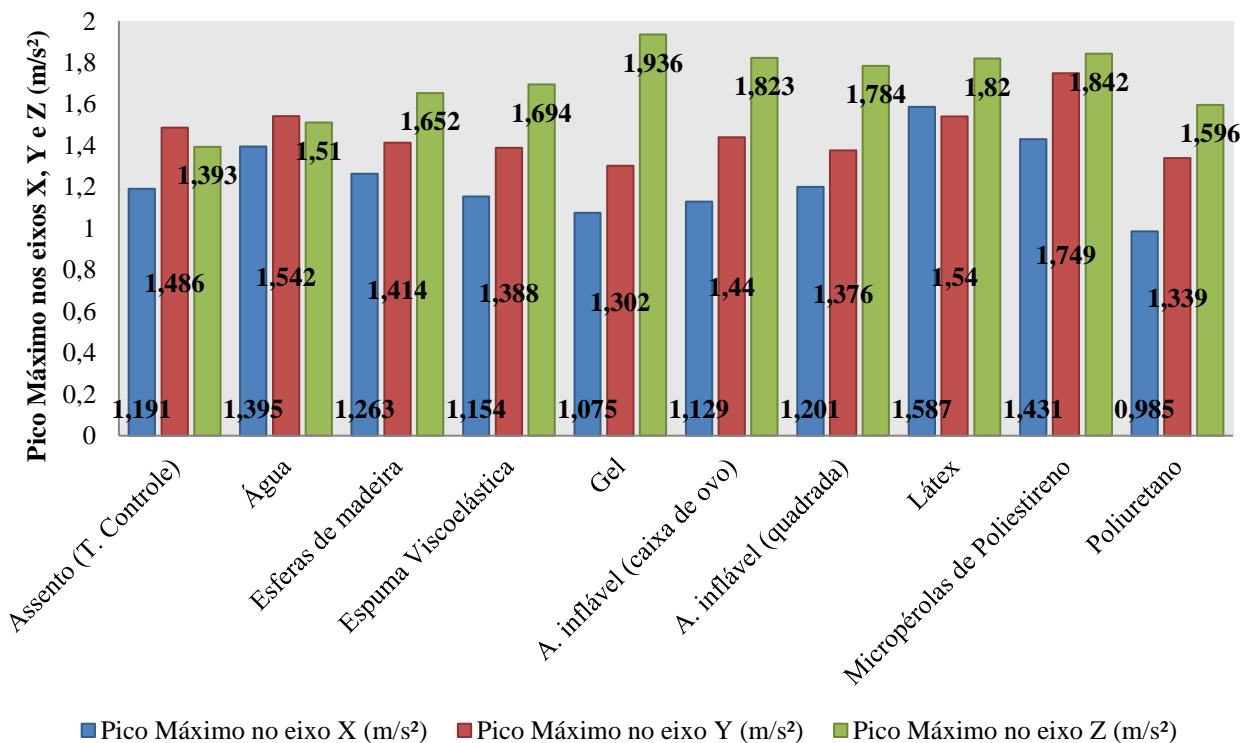
Continuação... Tabela 8 - Teste F e valores médios de pico máximo de aceleração nos eixos X, Y e Z

Velocidade de 11,8 km.h ⁻¹			
Fontes de Variação	Pico Máximo no eixo X (m.s ⁻²)	Pico Máximo no eixo Y (m.s ⁻²)	Pico Máximo no eixo Z (m.s ⁻²)
Tratamentos (F)	16,9712**	3,2184**	13,9675**
F-crit.	2,8876	2,8876	2,8876
CV (%)	7,14	8,03	6,92
Assento (T. Controle)	4,071 bcd	4,398 a	9,36420 a
Água	5,352 a	3,878 abc	9,326 a
Esferas de madeira	3,959 bcd	3,914 abc	6,090 d
Espuma Viscoelástica	3,739 cd	3,580 bc	5,854 d
Gel	3,781 cd	3,979 abc	6,527 cd
A. inflável (caixa de ovo)	3,494 d	3,677 bc	6,565 cd
A. inflável (quadrada)	4,464 b	3,959 abc	9,376 a
Látex	4,115 bc	3,434 c	9,087 a
Micropérolas de Poliestireno	3,984 bcd	3,908 abc	7,402 bc
Poliuretano	3,598 cd	4,124 ab	7,447 bc

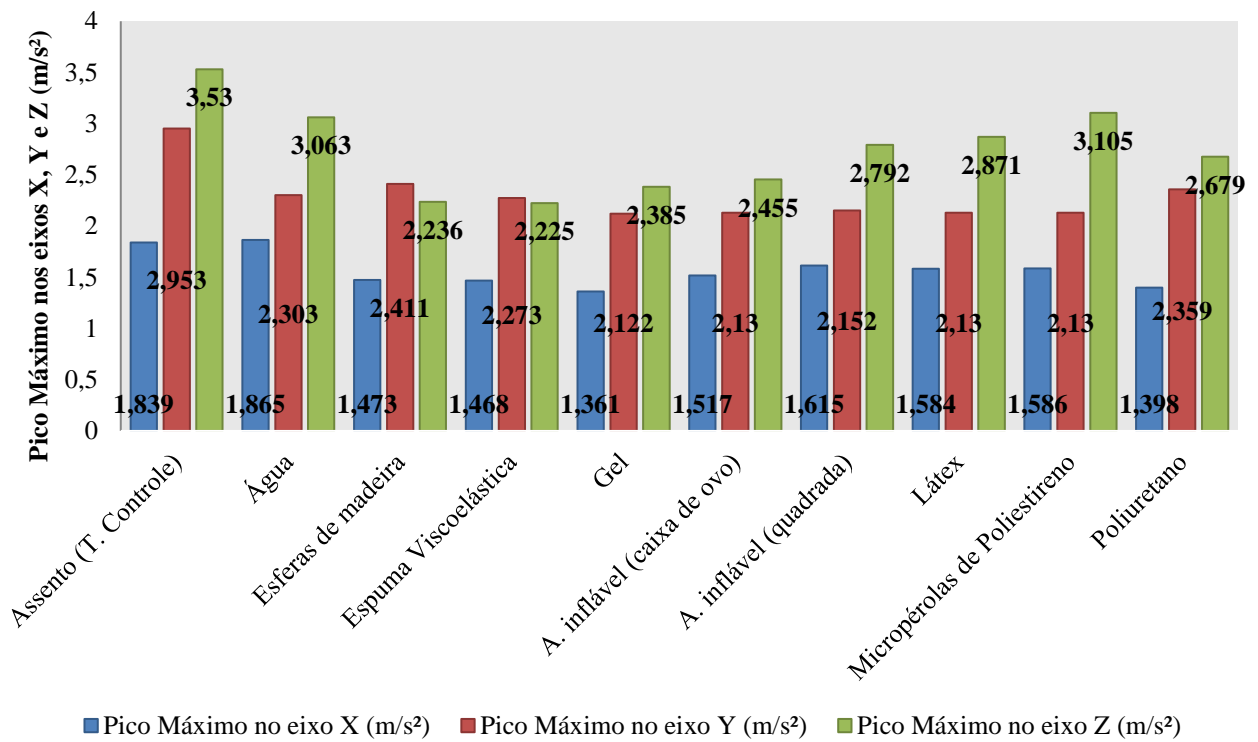
Legenda: * (p<0,05); ** (p<0,01); ^{NS} (não significativo). Médias com letras diferentes apresentam diferença significativa entre si e médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Enio Costa (2017).

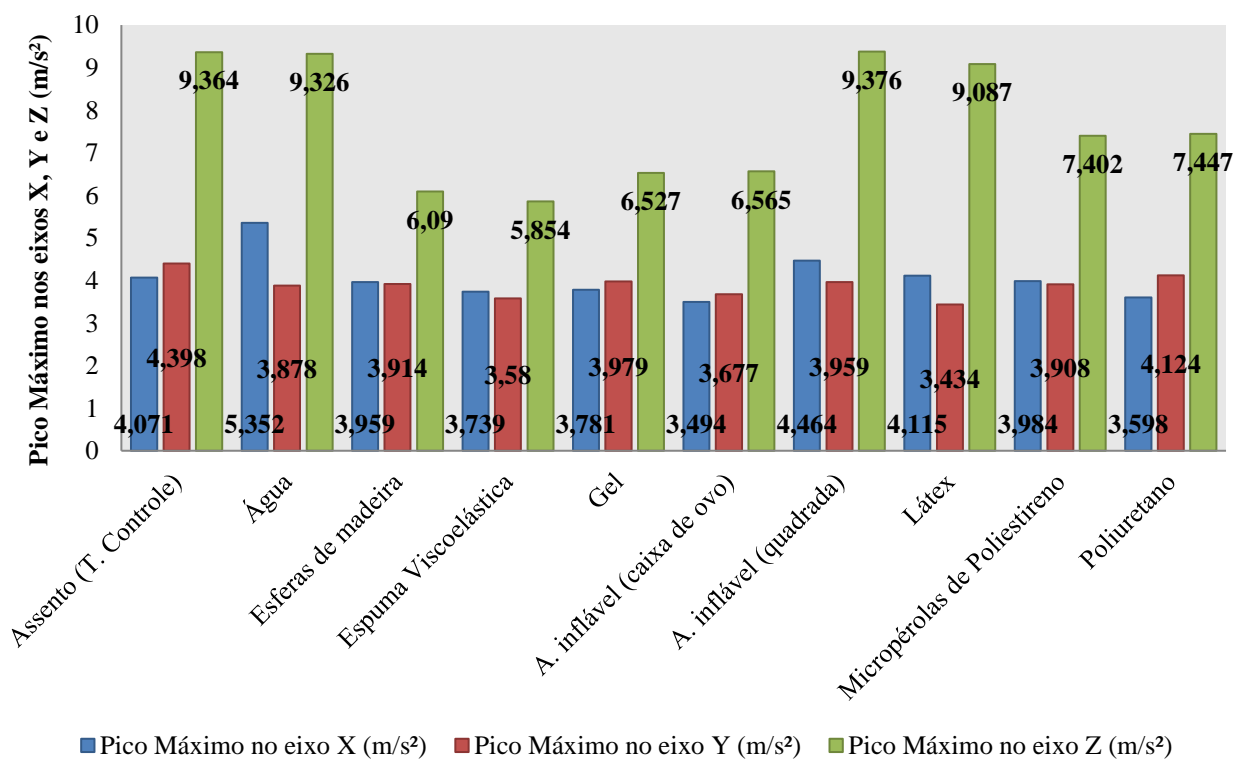
Figura 28 - Pico máximo nos eixos X, Y e Z na velocidade de 3,5 km.h⁻¹



Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 29 - Pico máximo nos eixos X, Y e Z na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 30 - Pico máximo nos eixos X, Y e Z na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

Fonte: Enio Costa (2017).

O valor de pico é especialmente útil para indicar o nível de curta duração dos choques mecânicos, mas os valores de pico só indicam o nível máximo que ocorreu, sem considerar a forma de onda (REGAZZI; XIMENES, 2003).

Esses valores de pico elevados ocorrem principalmente devido a choques mecânicos induzidos ao assento do operador (SOLECKI, 2007). Choques mecânicos aumentam consideravelmente com o aumento da velocidade, por isso ocorreu o aumento nos valores de pico, conforme o aumento das velocidades de deslocamento do trator utilizadas.

Choques mecânicos podem ser reduzidos com o uso do cinto de segurança, pois o mesmo mantém o operador mais fixo ao assento e com isso reduz a projeção do operador de cima do assento (LOPES, 2012), portanto, acredita-se que a redução nos valores de pico máximo obtidos no trabalho em relação aos encontrados na literatura se deu em função de que em todos os tratamentos o operador estava utilizando o cinto de segurança e, também, pelo fato de a área ter sido preparada anteriormente com aração e gradagem, o que ofereceu maior uniformidade à superfície de rolamento.

Na velocidade de 3,5 km.h⁻¹, nenhum dos materiais apresentou diferença significativa em relação ao assento, pois foram obtidos valores de pico baixos, muito inferiores aos encontrados na literatura, por exemplo, em Ribas *et al.* (2014), no entanto, percebe-se que, com o aumento a velocidade, há a elevação dos valores de pico máximo, sendo possível avaliar a atenuação nas maiores velocidades adotadas nos ensaios.

A almofada de água, seguindo o comportamento apresentado para a aceleração média, não promoveu atenuação para os valores de pico máximo, não apresentando diferença significativa em relação ao assento na maioria dos casos, chegando até a amplificar os valores de pico máximo em algumas situações.

As esferas de madeira apresentaram atenuação significativa para velocidade de 6,1 km.h⁻¹, nos três eixos ortogonais, porém, para o eixo Y na velocidade de 11,8 km.h⁻¹, não apresentou diferença significativa em relação ao assento, no entanto, não houve amplificação.

A espuma viscoelástica promoveu atenuação em relação ao assento para todas as velocidades avaliadas nos três eixos ortogonais. O que mostra o bom desempenho do material para atenuação das vibrações de corpo inteiro à qual o operador de máquinas agrícolas está exposto, pois, tanto para a aceleração média, quanto para os valores de pico, a espuma apresentou atenuação estatisticamente significativa.

A almofada de assento de gel promoveu atenuação em todos os tratamentos, exceto no eixo Y na velocidade de 11,8 km.h⁻¹, entretanto, não houve amplificação neste caso.

A almofada inflável no formato caixa de ovo apresentou atenuação significativa

para os três eixos, nas três velocidades avaliadas, se mostrando um material adequado para atenuação das acelerações médias, e também mostra que não é sensível a picos, conseguindo manter sua atenuação, absorvendo parte desses picos e diminuindo a transmissão ao operador.

A almofada inflável quadrada não apresentou diferença em relação ao assento na velocidade de 3,5 km.h⁻¹ nos três eixos, na velocidade de 6,8 km.h⁻¹ nos eixos X e Z e na velocidade de 11,8 km.h⁻¹ nos eixos X, Y e Z. O que mostra que, também neste parâmetro, o formato da almofada de assento também influencia nos resultados.

A almofada de látex promoveu atenuação em relação ao assento apenas no eixo Y para as velocidades de 6,1km.h⁻¹ e 11,8 km.h⁻¹.

As micropérolas de poliestireno demonstraram atenuação apenas para o eixo Y na velocidade de 6,1 km.h⁻¹ e para o eixo Z na velocidade de 11,8 km.h⁻¹. A ocorrência de alternância de comportamento atenuante entre eixos e velocidades pode ser explicada pelo fato de a forma com a qual os picos ocorrem durante o movimento está diretamente relacionada ao aumento da velocidade.

A almofada de poliuretano expandido na velocidade de 6,1 km.h⁻¹ não apresentou diferença significativa em relação ao assento no eixo Z, e no eixo Y para a velocidade de 11,8 km.h⁻¹, indicando que o aumento da velocidade pode não apenas aumentar a incidência das acelerações, como também influenciar no eixo ortogonal em que as mesmas ocorrem.

4.3 Fator de crista equivalente

Na Tabela 9 e na Figura 31, estão dispostos os valores de Fator de crista equivalente, foi possível observar que houve diferença significativa entre o assento e os materiais atenuantes.

Tabela 9 - Teste F e valores médios de FCeq

Velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	
Fontes de Variação	FCeq
Tratamentos (F)	8,6330 **
F-crit.	2,8876
CV (%)	13,76

Legenda: * (p<0,05); ** (p<0,01); ^{NS} (não significativo). Médias com letras diferentes apresentam diferença significativa entre si e médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Enio Costa (2017).

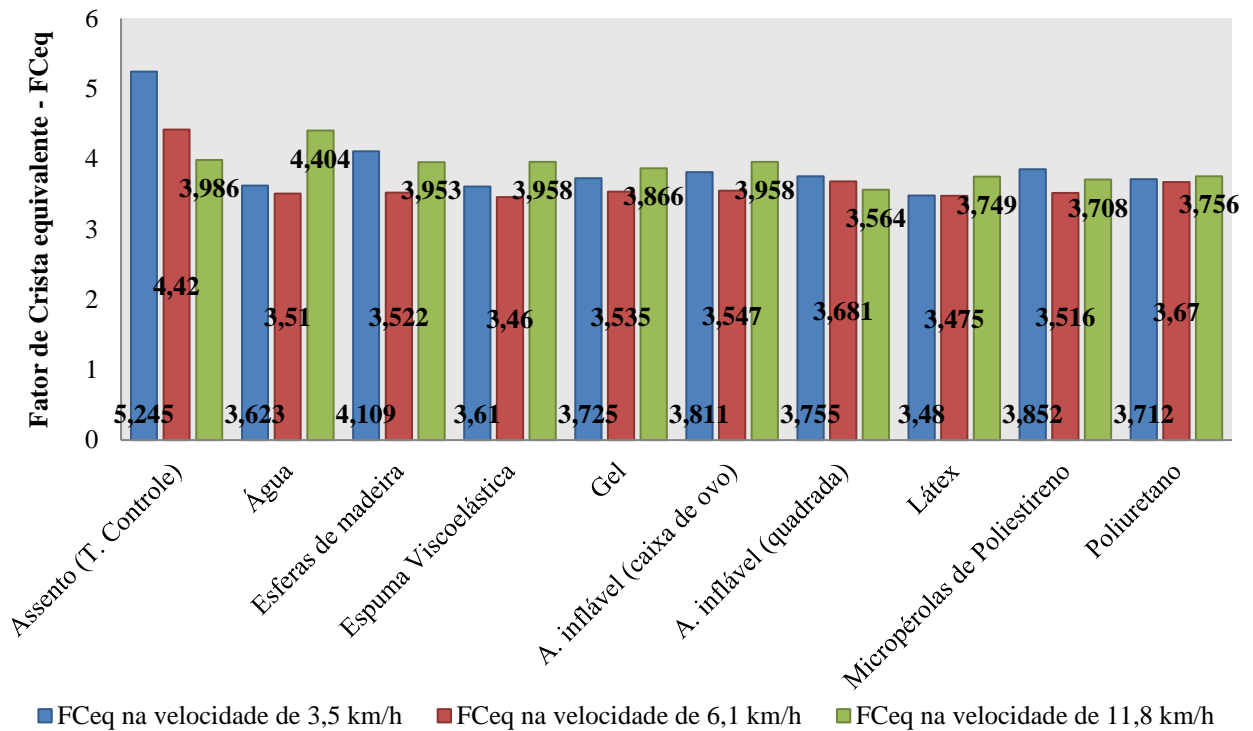
Continuação... Tabela 9 - Teste F e valores médios de FCeq

<i>Assento (T. Controle)</i>	5,245 a
Água	3,623 b
Esferas de madeira	4,109 b
Espuma Viscoelástica	3,610 b
Gel	3,725 b
A. inflável (caixa de ovo)	3,811 b
A. inflável (quadrada)	3,755 b
Látex	3,480 b
Micropérolas de Poliestireno	3,852 b
Poliuretano	3,712 b
Velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	
Fontes de Variação	FCeq
Tratamentos (F)	4,9397 **
F-crit.	2,8876
CV (%)	8,12
<i>Assento (T. Controle)</i>	4,420 a
Água	3,510 b
Esferas de madeira	3,522 b
Espuma Viscoelástica	3,460 b
Gel	3,535 b
A. inflável (caixa de ovo)	3,547 b
A. inflável (quadrada)	3,681 b
Látex	3,475 b
Micropérolas de Poliestireno	3,516 b
Poliuretano	3,670 b
Velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	
Fontes de Variação	FCeq
Tratamentos (F)	6,1865 **
F-crit.	2,8876
CV (%)	5,26
<i>Assento (T. Controle)</i>	3,986 ab
Água	4,404 a
Esferas de madeira	3,953 b
Espuma Viscoelástica	3,958 b
Gel	3,866 b
A. inflável (caixa de ovo)	3,958 b
A. inflável (quadrada)	3,564 b
Látex	3,749 b
Micropérolas de Poliestireno	3,708 b
Poliuretano	3,756 b

Legenda: * (p<0,05); ** (p<0,01); ^{NS} (não significativo). Médias com letras diferentes apresentam diferença significativa entre si e médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 31 - Valores médios de FCeq



Fonte: Enio Costa (2017).

Segundo Silva Filho (2017), o fator de crista permite observar a homogeneidade do fenômeno em estudo ao longo do período avaliado. Quando são obtidos grandes valores para o fator de crista (acima de 9) indica a presença de algum pico destacado, geralmente resultante de fenômenos repetitivos a intervalos regulares, os valores obtidos foram bem abaixo de 9 para todas as velocidades, no assento e em todos os materiais, indicando que os valores de pico máximo não foram significativamente superiores aos valores médios de aceleração.

Nas velocidades de 3,5 e 6,1 km.h⁻¹ os materiais obtiveram valores inferiores ao assento, porém, na velocidade de 11,8 km.h⁻¹, a almofada de água foi a que apresentou maior valor e o assento não apresentou diferença significativa em relação aos materiais.

Para todos os tratamentos e em todas as velocidades avaliadas, os valores de pico obtidos não foram superiores em relação à aceleração média, pode-se considerar que os valores de pico máximo foram baixos principalmente por: ausência de um equipamento agrícola acoplado ao trator, geralmente os equipamentos tracionados pelo trator tendem a amplificar as vibrações transmitidas ao operador, o uso do cinto de segurança pelo operador ao longo de todo o trajeto, uma vez que o cinto deixa o operador mais fixo ao assento, o relevo da área ser plano pelo fato de a mesma ter sido submetida a processos de aração e gradagem gradeada antes dos ensaios.

4.4 Transmissibilidade nos eixos X, Y e Z (AETA%)

Na Tabela 10 e Figuras 32, 33 e 34 estão dispostos os valores de transmissibilidade nos três eixos ortogonais, é possível observar diferenças significativas entre as médias.

Tabela 10 - Teste F e valores médios de transmissibilidade (AETA%) nos eixos X, Y e Z

Velocidade de 3,5 km.h ⁻¹			
Fontes de Variação	Transmissibilidade no eixo X (%)	Transmissibilidade no eixo Y (%)	Transmissibilidade no eixo Z (%)
Tratamentos (F)	96,9653 **	5,8391 **	47,6934 **
F-crit.	2,8876	2,8876	2,8876
CV (%)	3,88	8,90	7,45
Assento (T. Controle)	100 a	100 a	100 a
Água	76,6 b	95,3 a	71,4 b
Esferas de madeira	63,7 de	76,7 bc	56,5 ef
Espuma Viscoelástica	62,2 de	73,7 c	56,5 def
Gel	61,9 de	78,2 bc	48,5 f
A. inflável (caixa de ovo)	65,9 cd	79,4 bc	60,1 cde
A. inflável (quadrada)	63,6 de	80,6 bc	68,1 bc
Látex	70,7 c	90,6 ab	66,6 bcd
Micropérolas de Poliestireno	69,6 c	83,5 bc	62,5 bcde
Poliuretano	59,7 e	73,9 c	49,4 f
Velocidade de 6,1 km.h ⁻¹			
Fontes de Variação	Transmissibilidade no eixo X (%)	Transmissibilidade no eixo Y (%)	Transmissibilidade no eixo Z (%)
Tratamentos (F)	66,2358 **	38,9393 **	24,8538 **
F-crit.	2,8876	2,8876	2,8876
CV (%)	4,68	3,51	7,52
Assento (T. Controle)	100 a	100 a	100 a
Água	87,4 b	90,6 c	92 a
Esferas de madeira	60,9 e	89,4 cd	60,5 e
Espuma Viscoelástica	66,8 de	82,9 de	65,9 de
Gel	62,4 e	79,5 ef	80 bc
A. inflável (caixa de ovo)	66,8 de	83,1 de	69,5 cde
A. inflável (quadrada)	81,2 bc	73,1 f	83,6 b
Látex	77,3 c	93,1 bc	86,8 b
Micropérolas de Poliestireno	74 cd	99,7 ab	76,8 bcd
Poliuretano	63,6 e	91,8 c	69,9 cde

Legenda: * (p<0,05); ** (p<0,01); ^{NS} (não significativo). Médias com letras diferentes apresentam diferença significativa entre si e médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Enio Costa (2017).

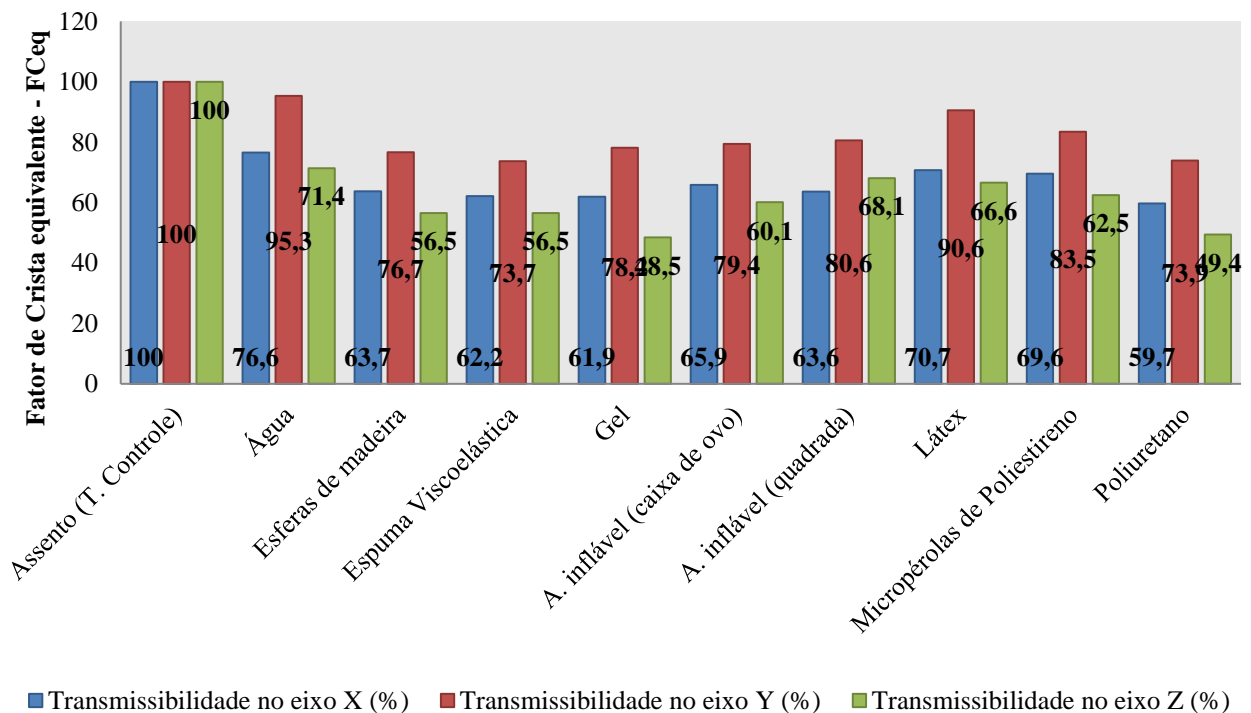
Continuação... Tabela 10 - Teste F e valores médios de Transmissibilidade (AETA%) nos eixos X, Y e Z

Velocidade de 11,8 km.h ⁻¹			
Fontes de Variação	Transmissibilidade no eixo X (%)	Transmissibilidade no eixo Y (%)	Transmissibilidade no eixo Z (%)
Tratamentos (F)	15,8206**	16,0256 **	8,3742 **
F-crit.	2,8876	2,8876	2,8876
CV (%)	7,25	3,5	4,73
Assento (T. Controle)	100 ab	100 ab	100 a
Água	109,2 a	93,4 bc	92,3 abc
Esferas de madeira	81,7 de	94 bc	84,3 cd
Espuma Viscoelástica	75,7 e	81,5 d	80,4 d
Gel	86,6 bcd	94,2 bc	88,4 bcd
A. inflável (caixa de ovo)	80,2 de	91,2 c	83,2 cd
A. inflável (quadrada)	95,3 bc	95,9 abc	88,1 bcd
Látex	91,4 bcd	91,6 c	88,6 bcd
Micropérolas de Poliestireno	84,7 cd	94 bc	94,5 ab
Poliuretano	83,4 cd	101,5 a	90,9 bc

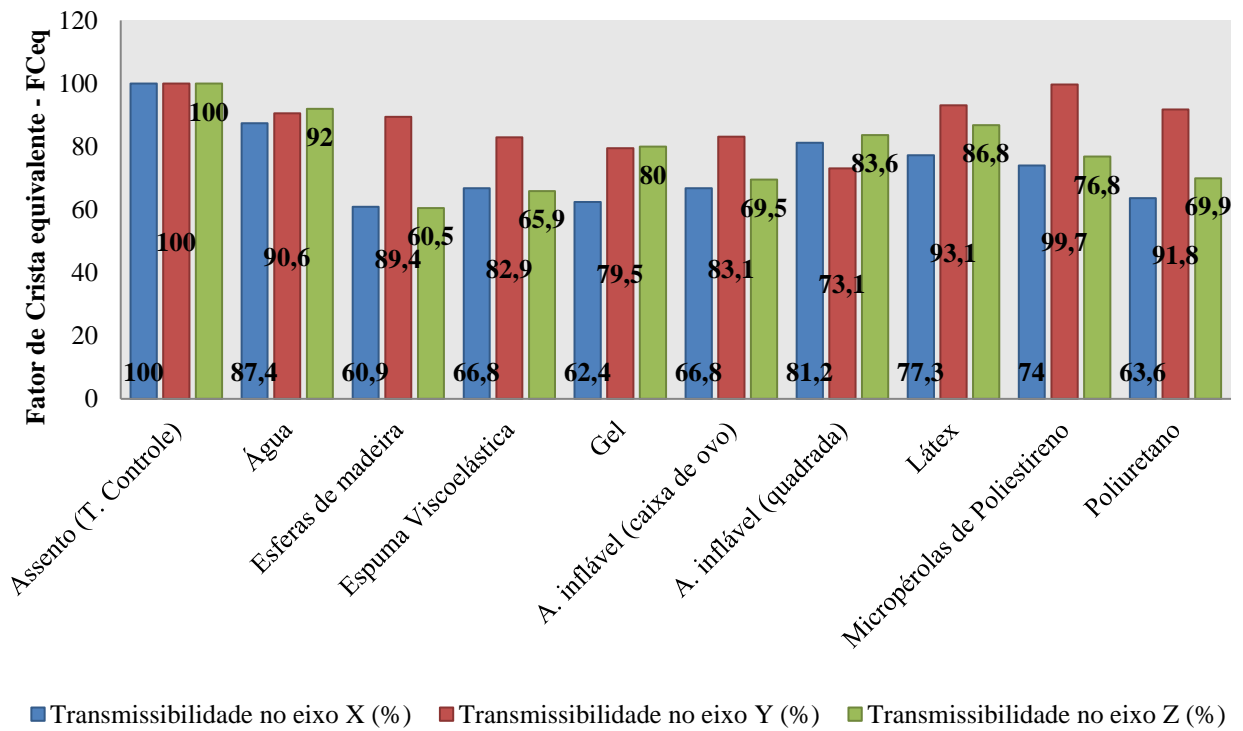
Legenda: * (p<0,05); ** (p<0,01); ^{NS} (não significativo). Médias com letras diferentes apresentam diferença significativa entre si e médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Enio Costa (2017).

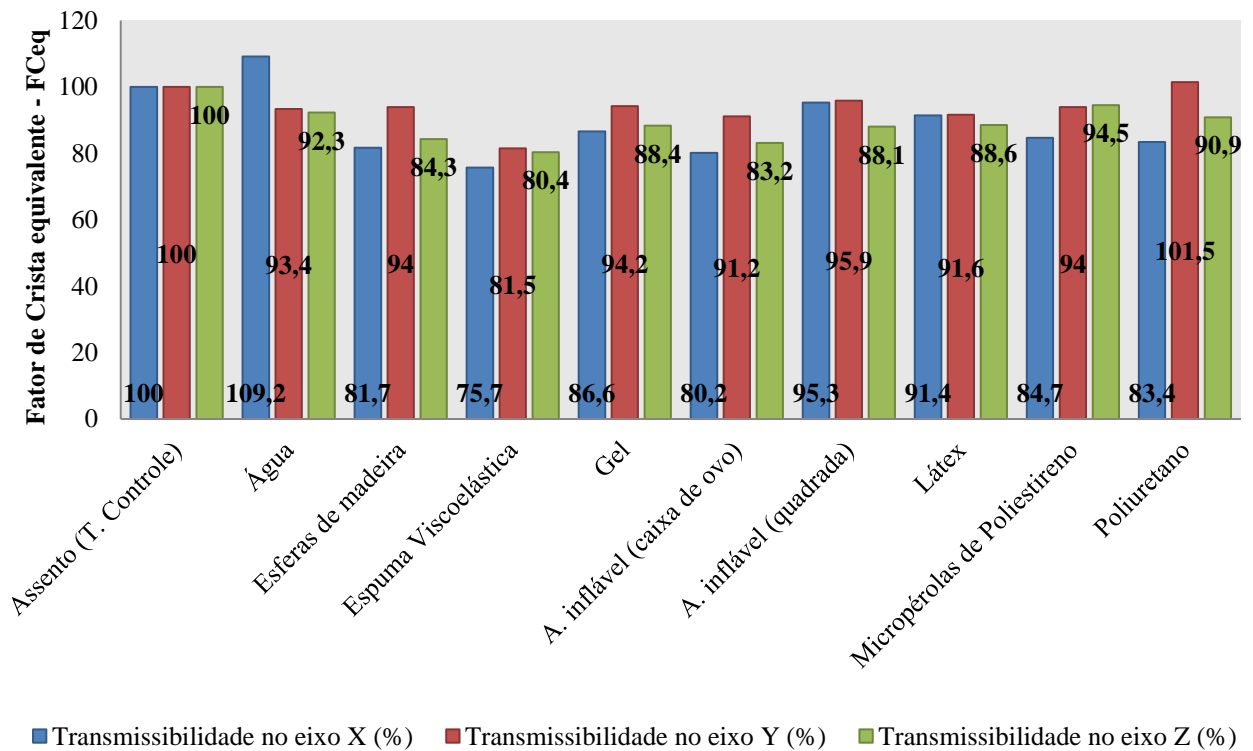
Figura 32 - Transmissibilidade (AETA%) nos eixos X, Y e Z na velocidade de 3,5 km.h⁻¹



Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 33 - Transmissibilidade (AETA%) nos eixos X, Y e Z na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 34 - Transmissibilidade (AETA%) os eixos X, Y e Z na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

Fonte: Enio Costa (2017).

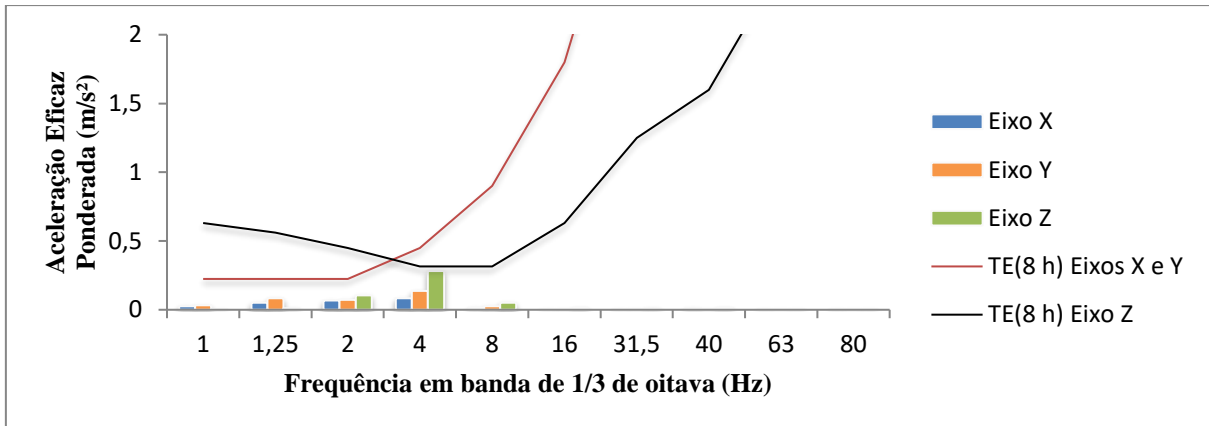
É possível perceber que, para a espuma de poliuretano, conforme ocorre o aumento da velocidade, a sua capacidade de atenuação diminui para os três eixos, chegando até a amplificar a vibração transmitida no eixo Y para a velocidade de 11,8 km.h⁻¹. Conforme conclusão de Mehta e Tewari (2010) em avaliação de espumas de poliuretano como material atenuante em condições de ensaio dinâmicas para redução das VCI em tratores, as almofadas de poliuretano apresentam atenuação das vibrações, seguindo a seguinte lógica: quanto maior a densidade das espumas, melhor seu desempenho. Portanto, acredita-se que, ao ensaiar almofadas de espuma de poliuretano com maior densidade em condições reais, obtenha-se melhores resultados de atenuação.

A espuma viscoelástica foi o material que apresentou menores valores de transmissibilidade, ou seja, o material que apresentou maior atenuação entre os avaliados. Mayton *et al.* (2008), avaliando a exposição do operador de tratores agrícolas a vibração do corpo inteiro, realizaram intervenções no assento para reduzir os riscos de lesões obtidas devido ao uso do assento, em particular em relação aos impactos e solavancos. Os autores recomendam o uso de espuma viscoelástica como o melhor material atenuante principalmente para contenção de impactos.

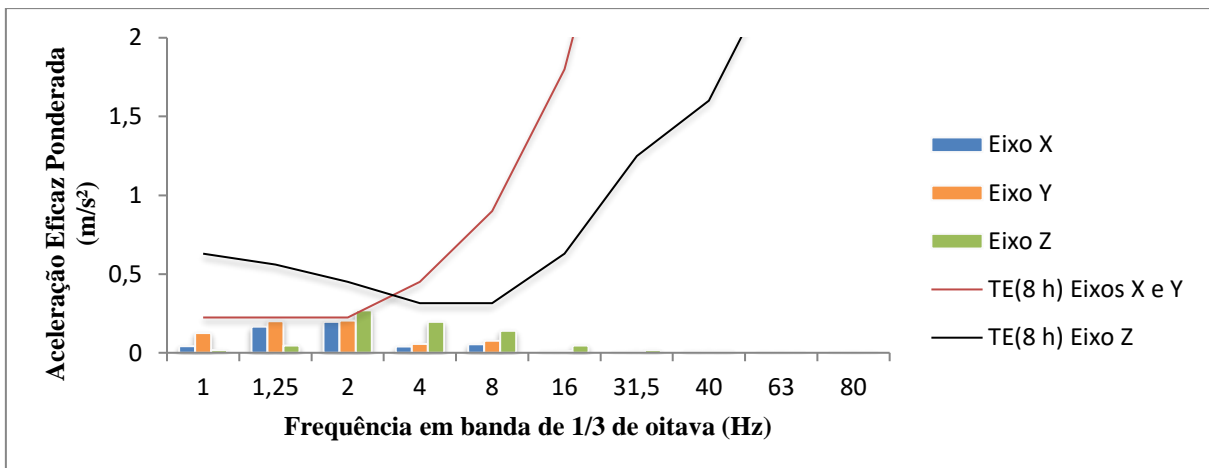
As almofadas infláveis apresentaram uma menor média de transmissibilidade, diferindo significativamente em relação ao assento para todas as variáveis avaliadas, ideia prevista por Ji, Eger e Dickey (2017) que, utilizando almofadas infláveis sobre o assento, observaram que as almofadas de ar melhoram significativamente as propriedades de atenuação da vibração do assento do trator.

4.5 Mapas de aceleração eficaz ponderada

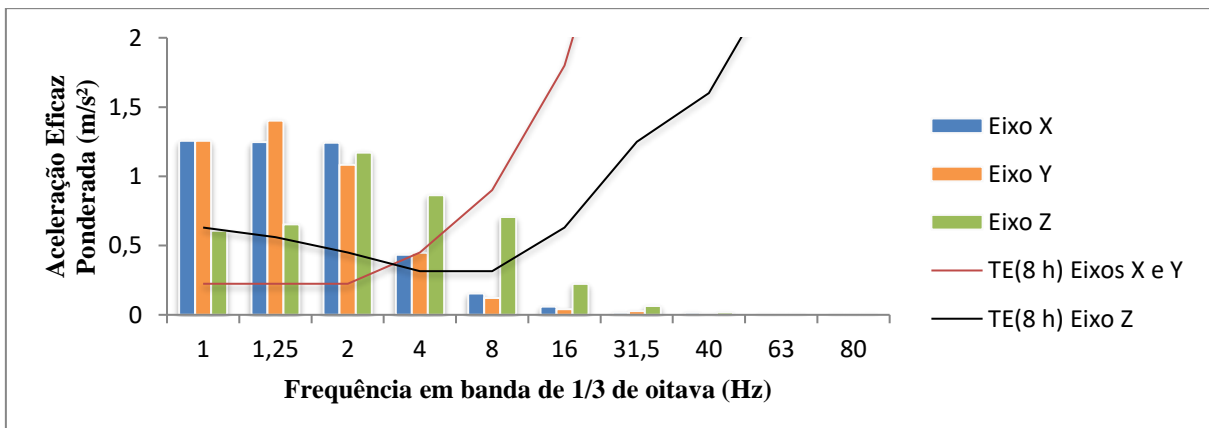
As Figuras 35, 36 e 37 apresentam os mapas de aceleração eficaz ponderada (MAEP) para o tratamento controle (assento sem almofada). É possível observar que nas velocidades de 3,5 km.h⁻¹ e 6,1 km.h⁻¹ não foram ultrapassados os limites de exposição em nenhum dos três eixos, entretanto, para a velocidade de 11,8 km.h⁻¹, os limites foram ultrapassados para os três eixos.

Figura 35 - MAEP do assento na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

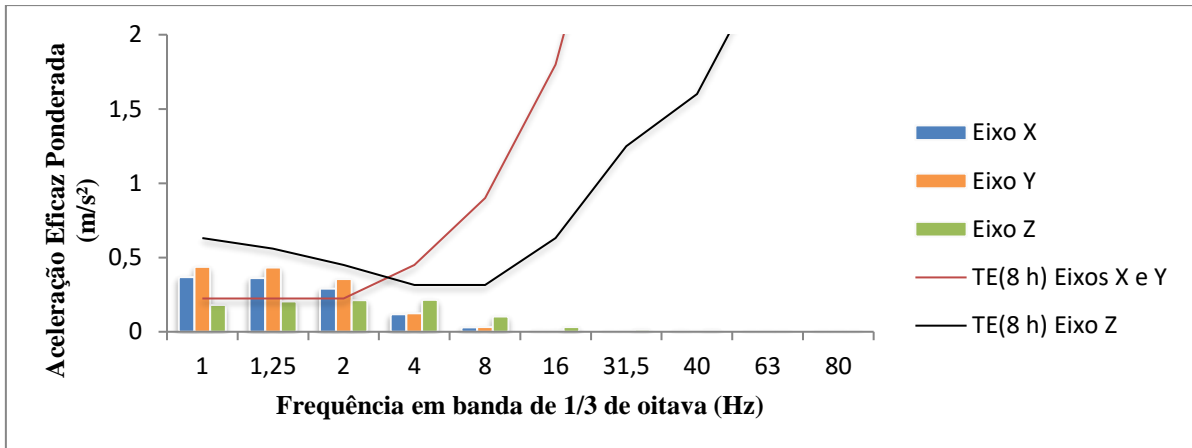
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 36 - MAEP do assento na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

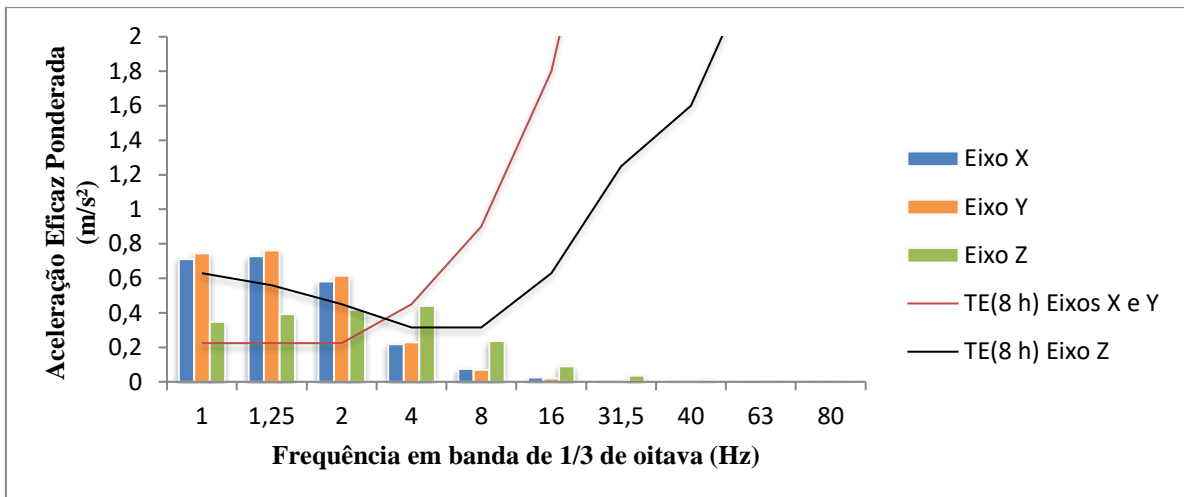
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 37 - MAEP do assento na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

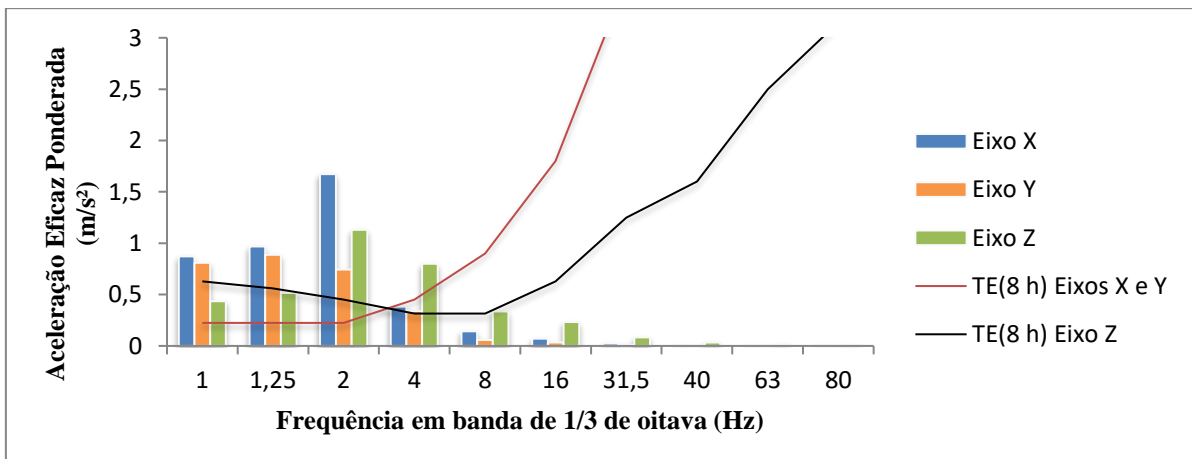
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 38 - MAEP da almofada de água na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

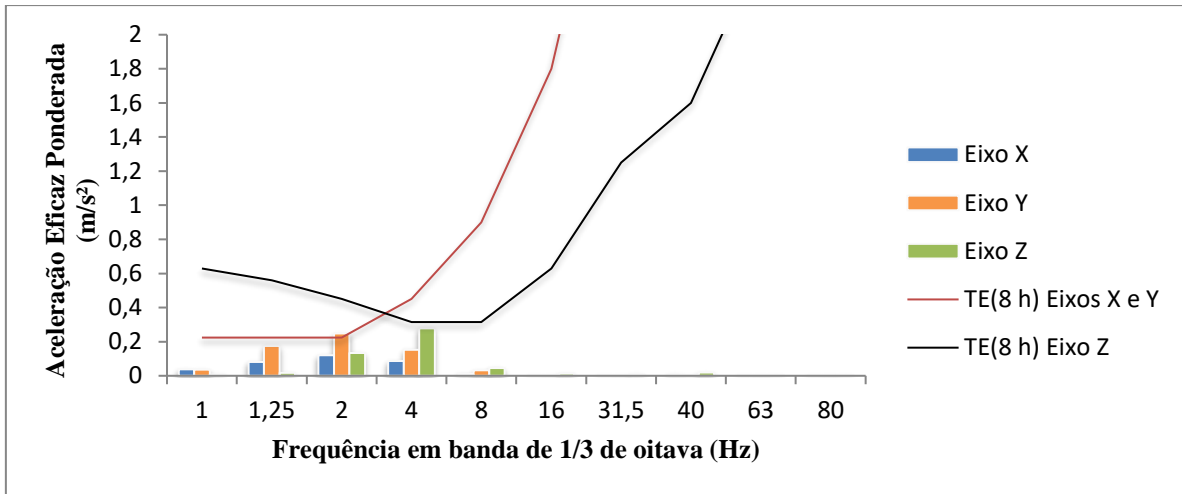
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 39 - MAEP da almofada de água na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

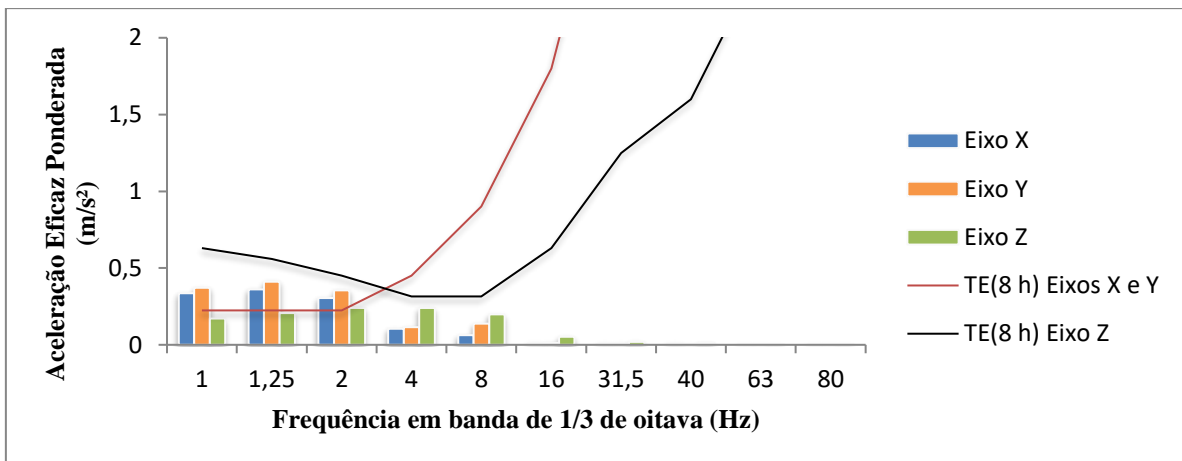
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 40 - MAEP da almofada de água na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

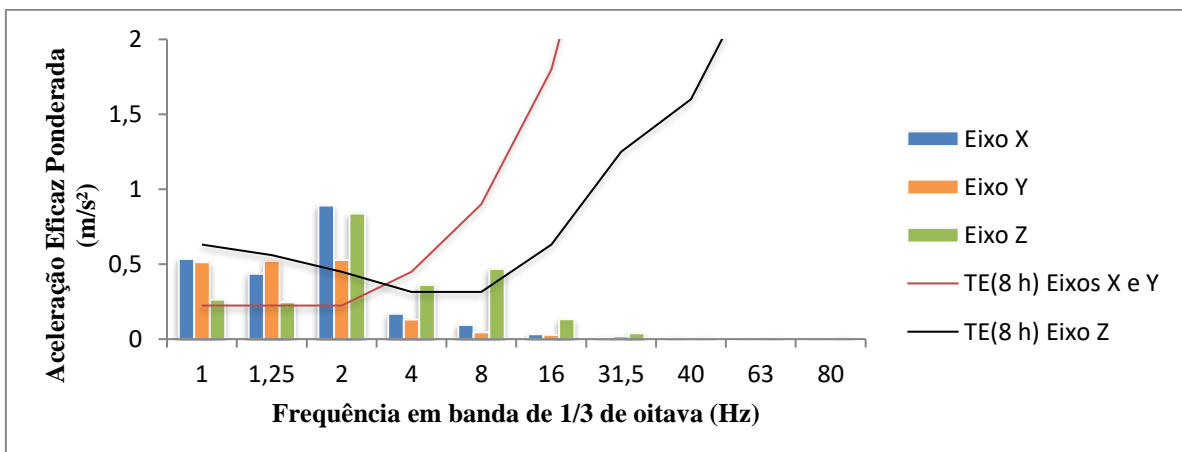
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 41 - MAEP da almofada de esferas de madeira na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

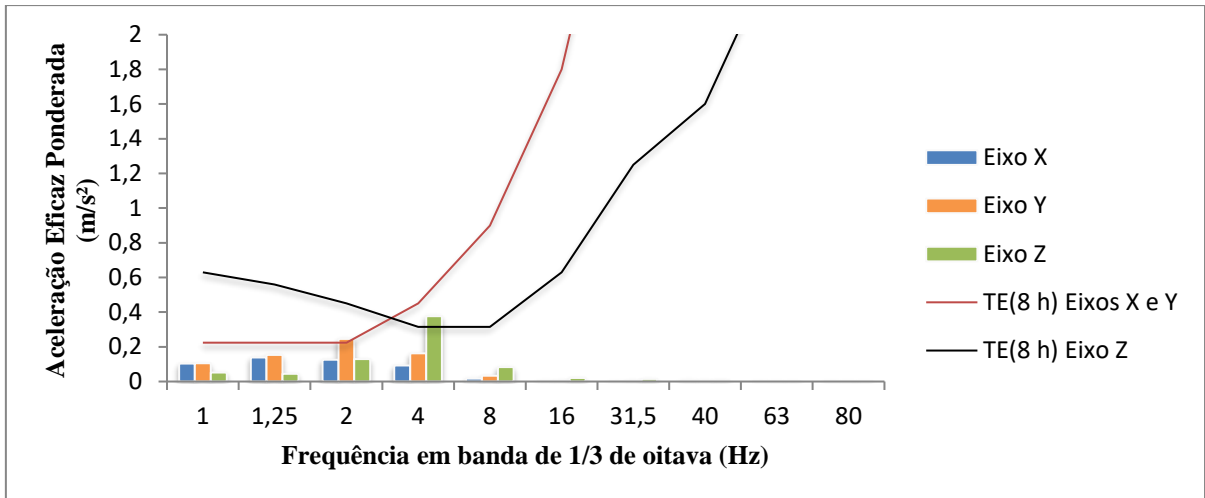
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 42 - MAEP da almofada de esferas de madeira na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

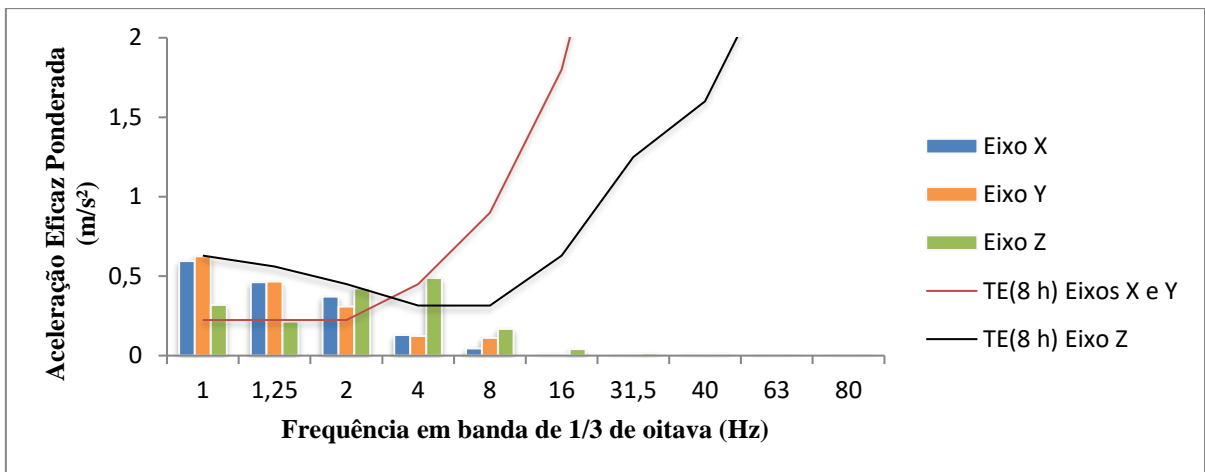
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 43 - MAEP da almofada de esferas de madeira na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

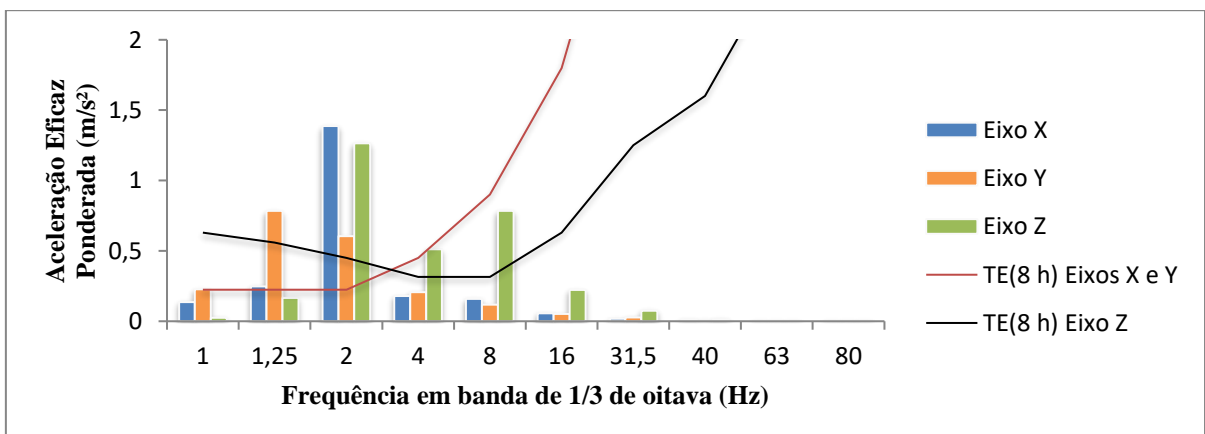
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 44 - MAEP da almofada de espuma viscoelástica na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

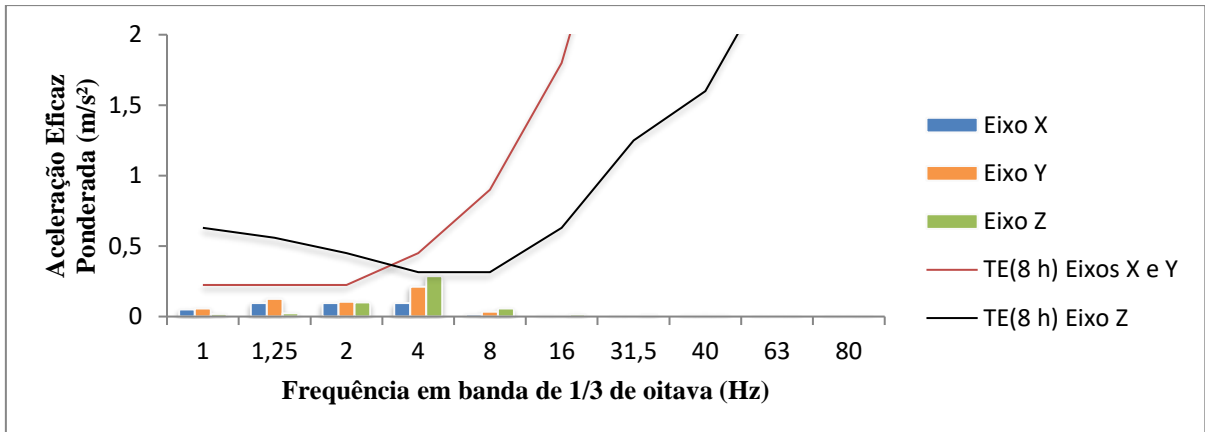
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 45 - MAEP da almofada de espuma viscoelástica na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

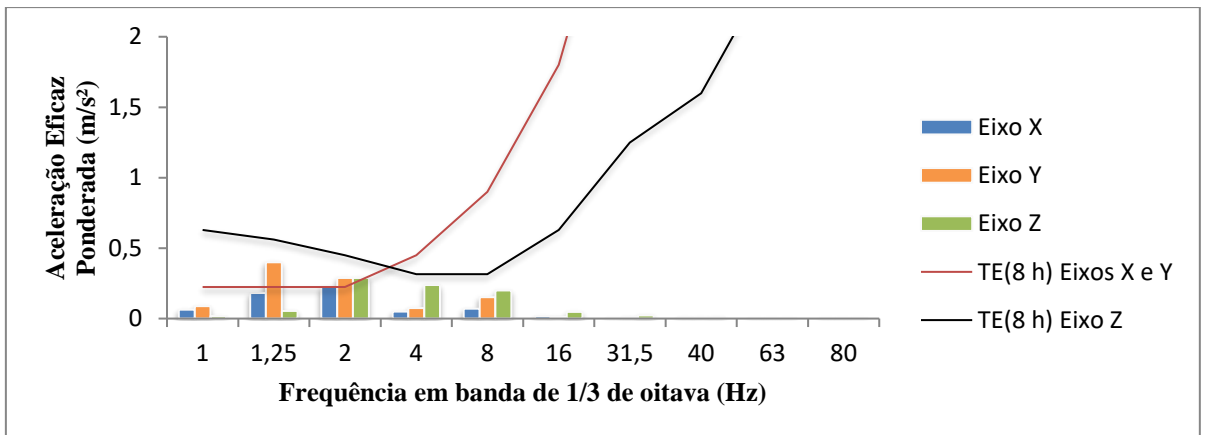
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 46 - MAEP da almofada de espuma viscoelástica na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

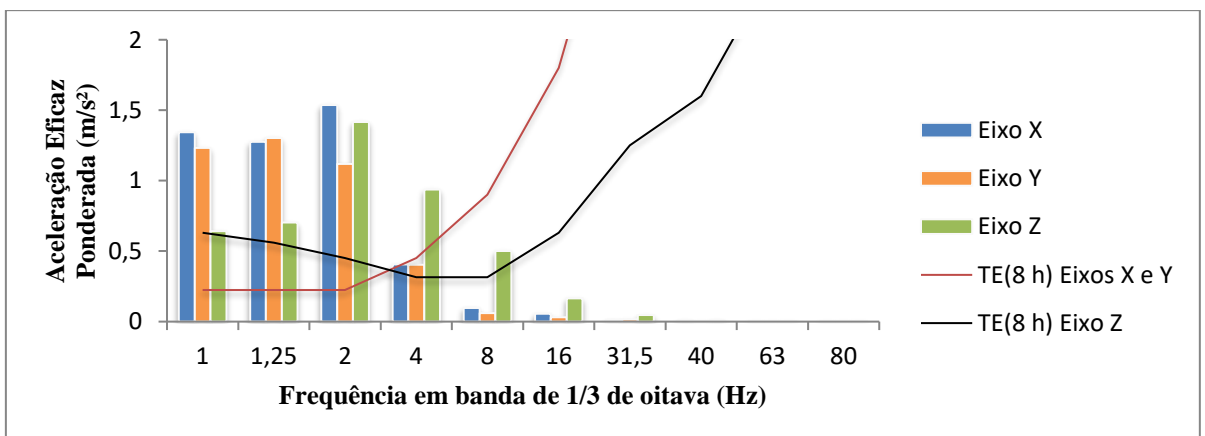
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 47 - MAEP da almofada de gel na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

Fonte: Enio Costa (2017).

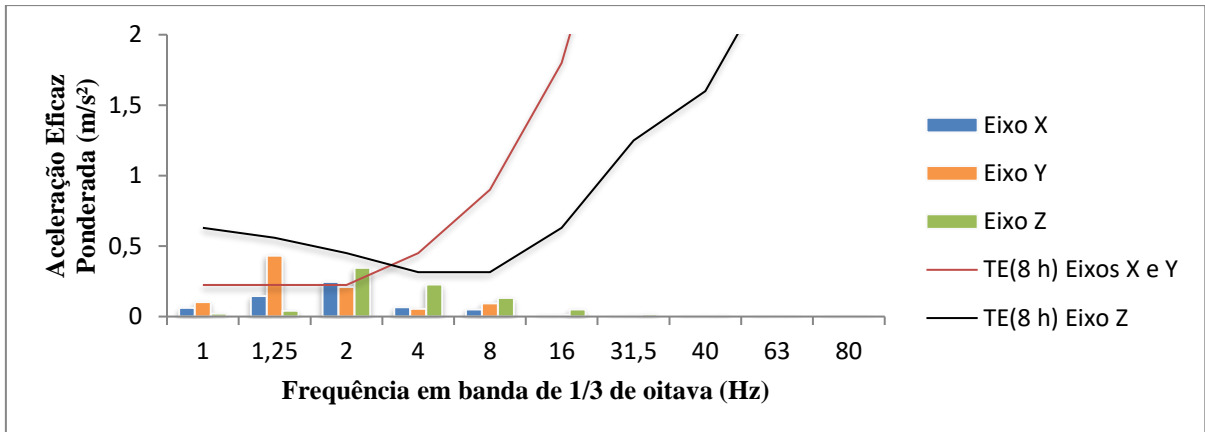
Figura 48 - MAEP da almofada de gel na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 49 - MAEP da almofada de gel na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

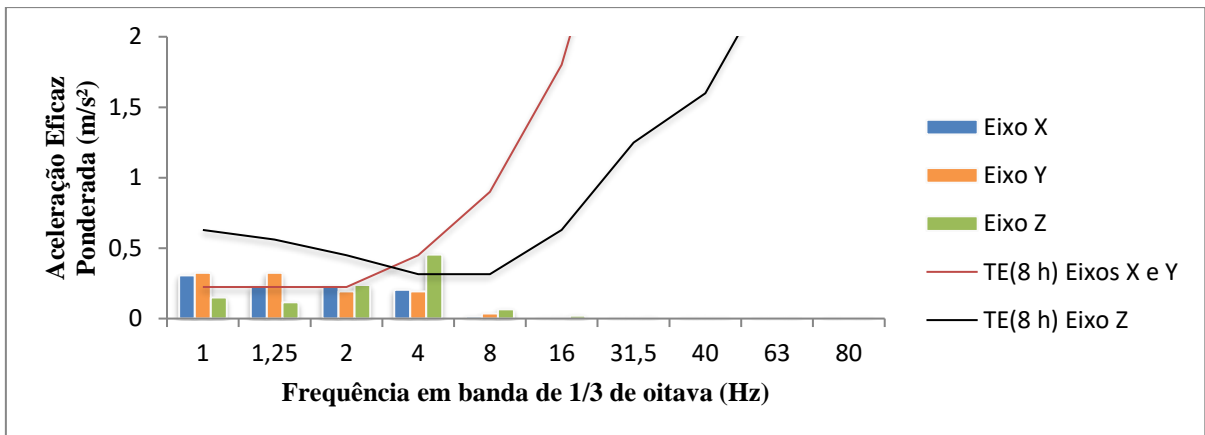
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 50 - MAEP da almofada inflável em formato caixa de ovo na velocidade de 3,5 km.h⁻¹



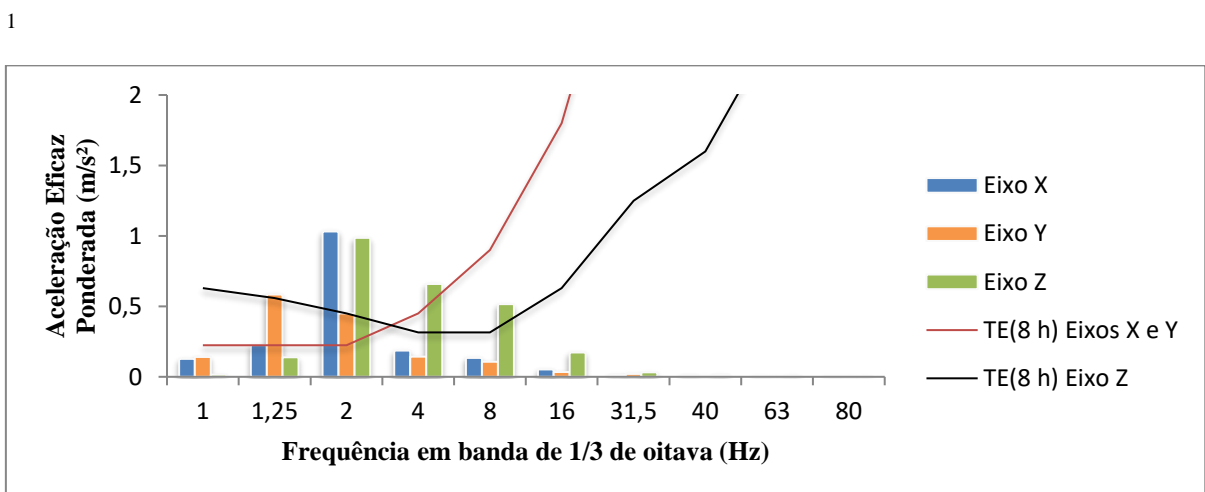
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 51 - MAEP da almofada inflável em formato caixa de ovo na velocidade de 6,1 km.h⁻¹



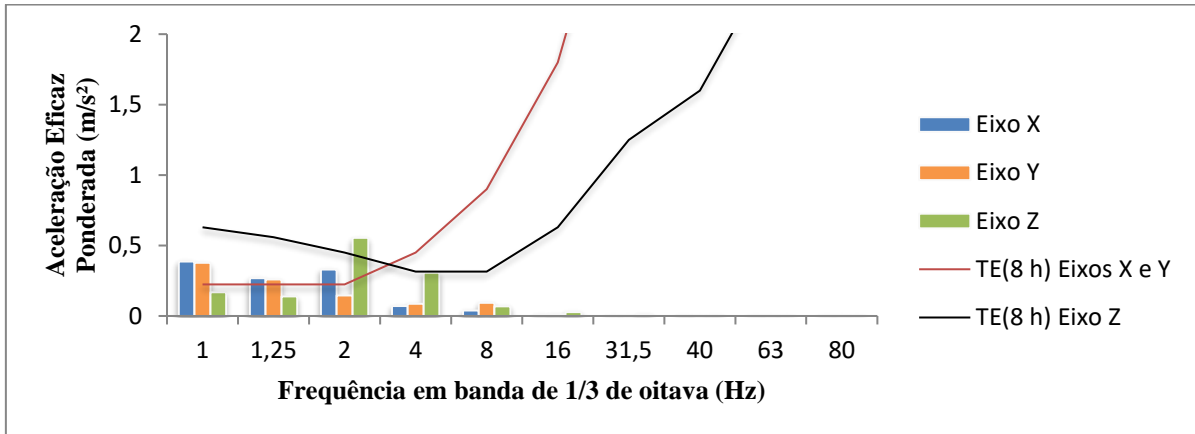
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 52 - MAEP da almofada inflável em formato caixa de ovo na velocidade de 11,8 km.h⁻¹



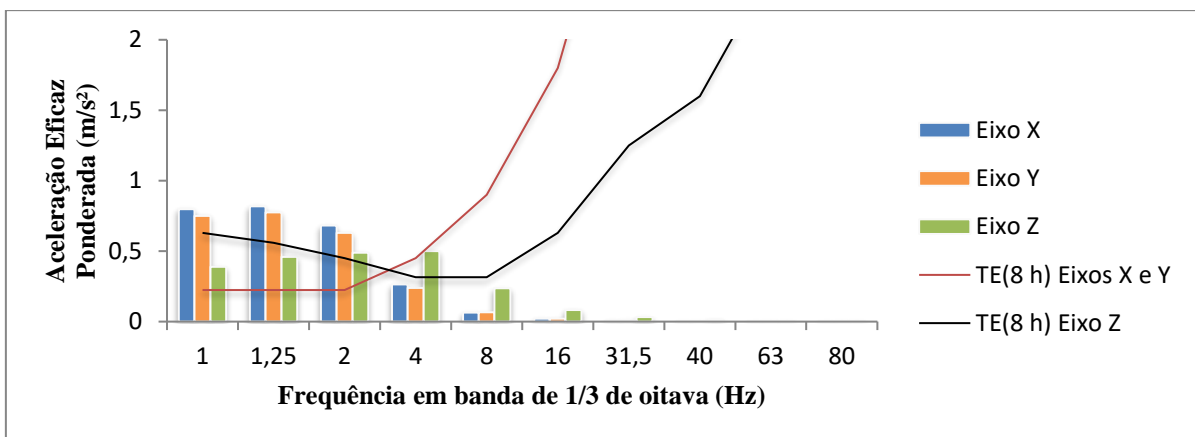
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 53 - MAEP da almofada inflável em formato quadrado na velocidade de 3,5 km.h⁻¹



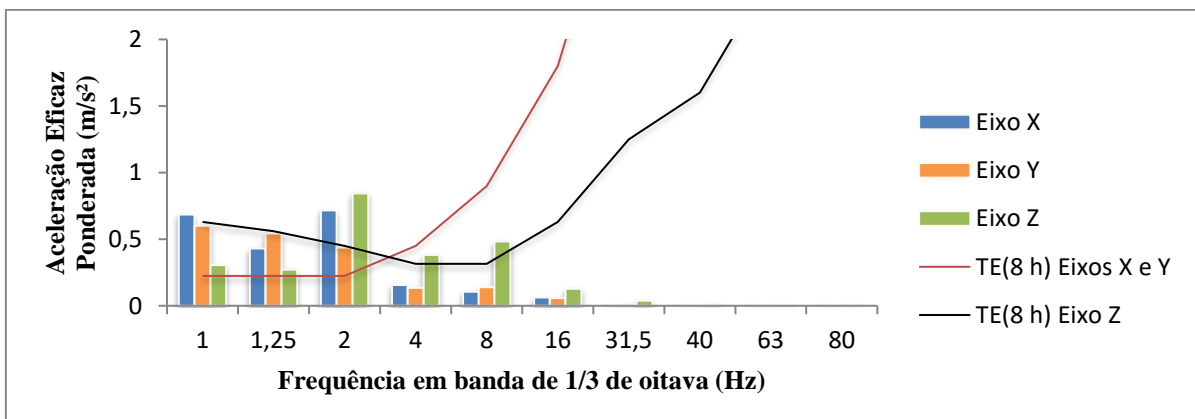
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 54 - MAEP da almofada inflável em formato quadrado na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

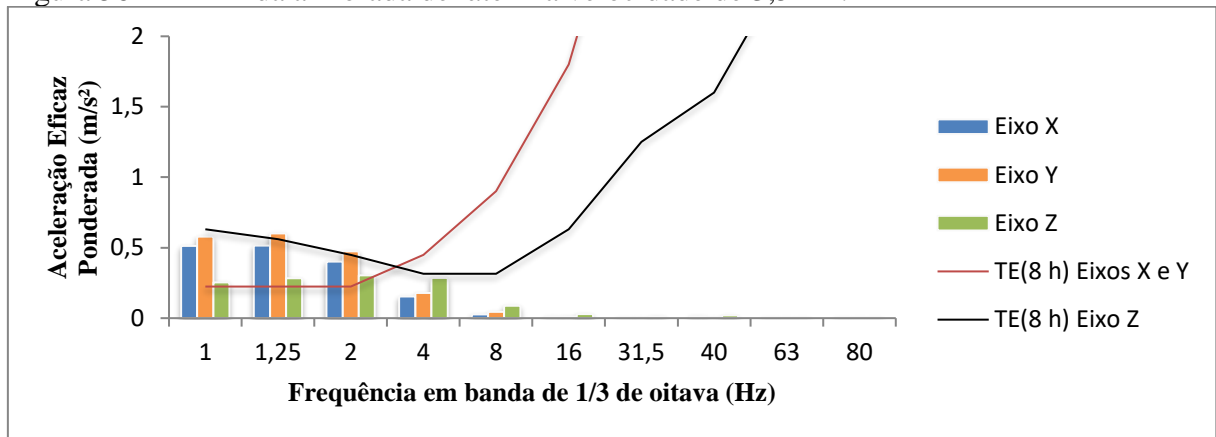


Fonte: Enio Costa (2017).

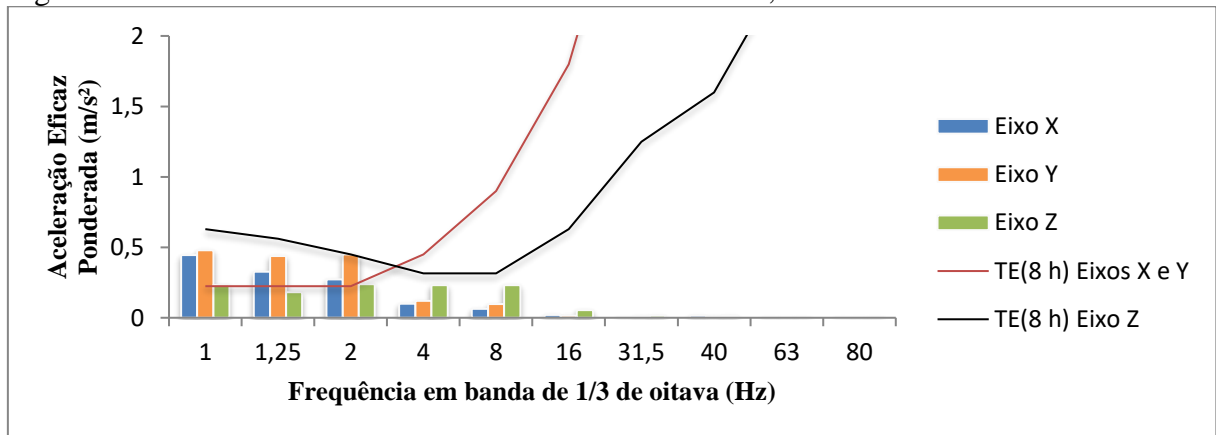
Figura 55 - MAEP da almofada inflável em formato quadrado na velocidade de 11,8 km.h⁻¹



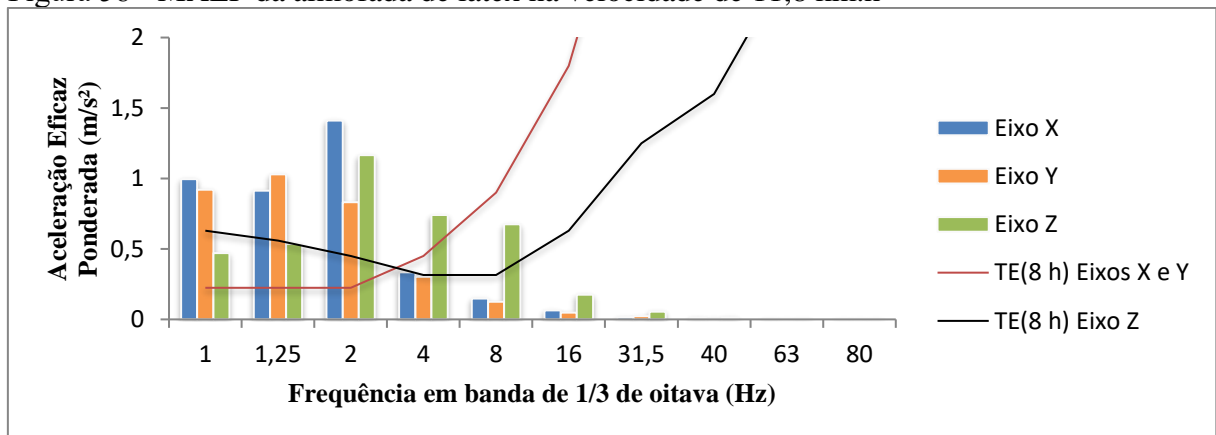
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 56 - MAEP da almofada de látex na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

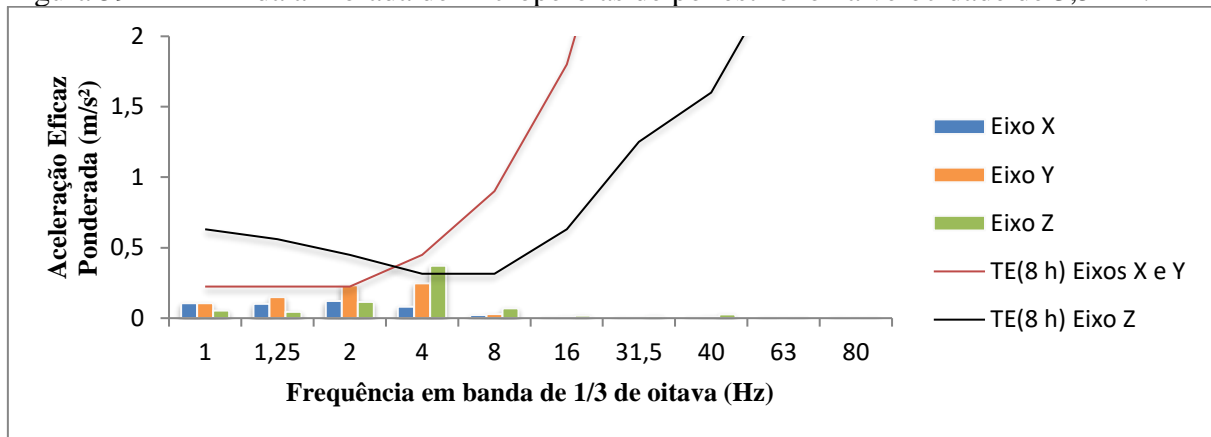
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 57 - MAEP da almofada de látex na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

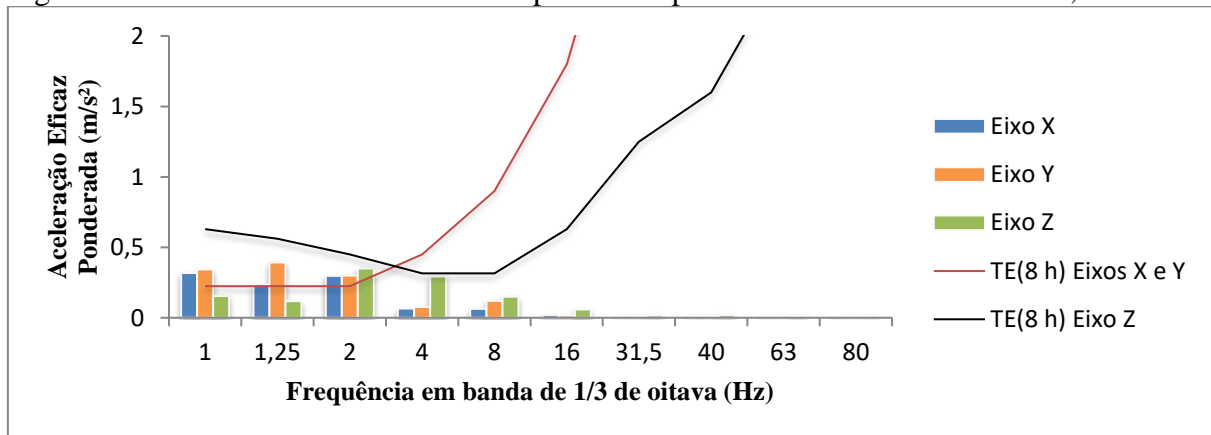
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 58 - MAEP da almofada de látex na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

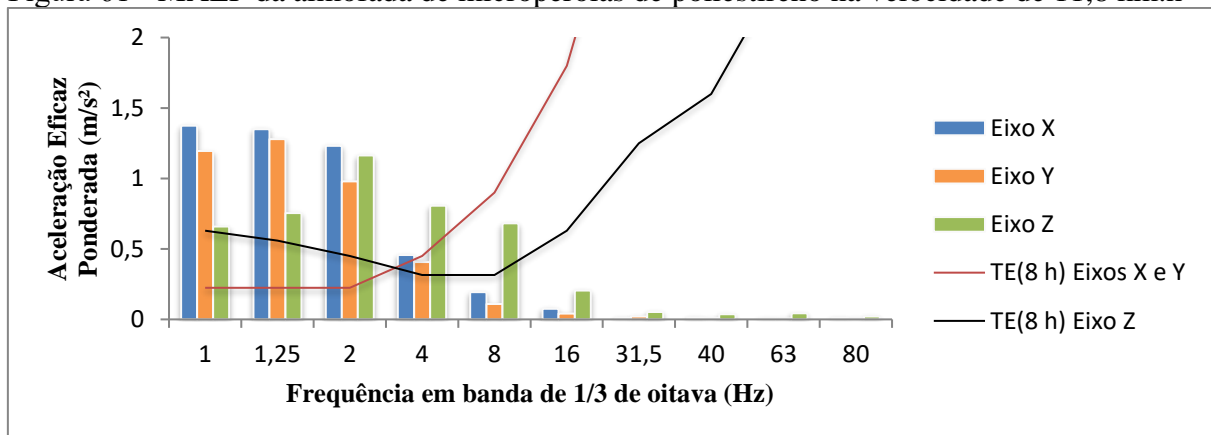
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 59 - MAEP da almofada de micropérolas de poliestireno na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

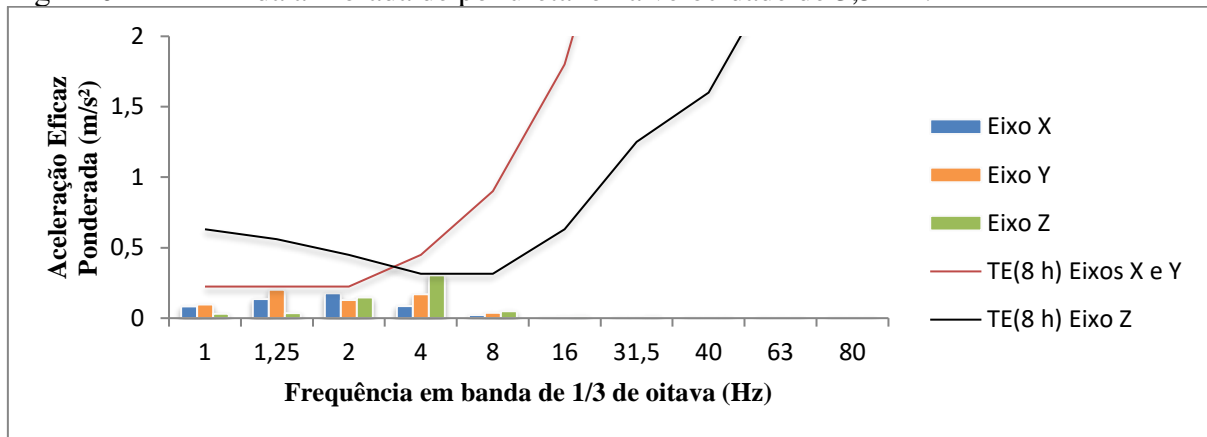
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 60 - MAEP da almofada de micropérolas de poliestireno na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

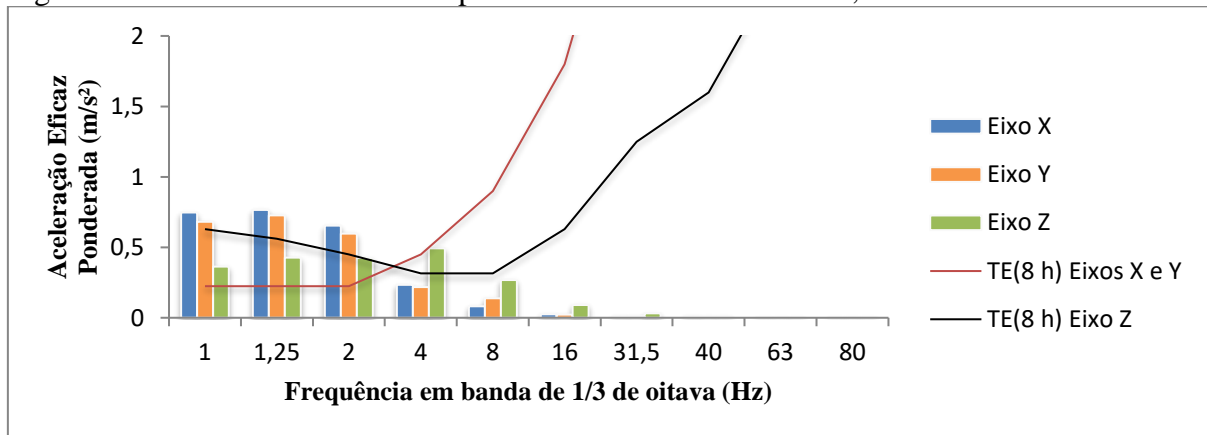
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 61 - MAEP da almofada de micropérolas de poliestireno na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

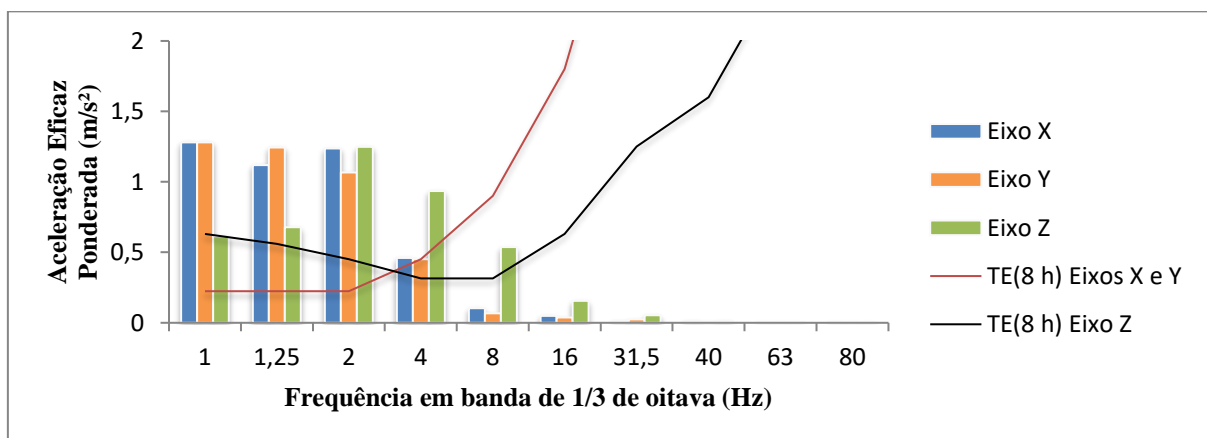
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 62 - MAEP da almofada de poliuretano na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 63 - MAEP da almofada de poliuretano na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 64 - MAEP da almofada de poliuretano na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

Fonte: Enio Costa (2017).

Conforme a ISO 2631 (1978), os limites de tempo de exposição de 8 h nos eixos X, Y e Z especificam um ponto além do qual a exposição à vibração pode ser considerada portadora de um risco significativo que afetará a eficiência de trabalho em muitos tipos de tarefas, por exemplo, operações com tratores agrícolas, em que os efeitos dependentes do tempo como a fadiga são conhecidos por piorarem o desempenho do profissional.

Quando são ultrapassados esses limites de exposição, o operador tem seu nível de eficiência reduzido e com isso pode vir a reduzir a qualidade da operação realizada, pode haver o aparecimento de problemas de saúde advindos da exposição e até a ocorrência de acidentes de trabalho.

Segundo a ISO 2631 (1978), o real grau de interferência da realização da atividade na saúde do operador em qualquer situação depende de muitos fatores, incluindo características do próprio indivíduo, assim como a natureza e a dificuldade da tarefa, os limites de exposição recomendados mostram o nível geral em que tal interferência se inicia.

As Figuras 38, 39 e 40 apresentam os mapas de aceleração ponderada eficaz (MAEP) para a almofada de água. É possível observar que conforme há o aumento da velocidade, há uma intensificação das AEPs nos três eixos ortogonais X, Y e Z. Apenas para o eixo Z na velocidade de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$ não foram ultrapassados os limites de exposição para uma jornada diária de 8h.

Segundo a ISO 2631 (1978), em seres humanos as bandas de frequências mais sensíveis ao corpo humano (onde o limite de exposição estabelecido é mais baixo) estão entre 4 a 8 Hz para vibração longitudinal (a_z) e abaixo de 2 Hz para vibração transversal (a_x, a_y).

As Figuras 41, 42 e 43 apresentam os mapas de aceleração ponderada eficaz (MAEP) para as esferas de madeira. Na velocidade de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$, foi ultrapassado o limite de exposição para o eixo Y, para a faixa de 2 Hz, na velocidade de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$, o limite foi ultrapassado para os eixos X e Y nas frequências de 1 a 2 Hz, que são as mais sensíveis ao corpo. Para a velocidade de $11,8 \text{ km.h}^{-1}$ os três eixos atingiram o limite.

As Figuras 44, 45 e 46 apresentam os mapas de aceleração ponderada eficaz (MAEP) para almofada de espuma viscoelástica. Os limites foram ultrapassados nos eixos X, Y e Z, nas três velocidades avaliadas, onde foram atingidas as faixas mais sensíveis ao corpo.

Para a almofada de gel (Figuras 47, 48 e 49), os limites foram ultrapassados para velocidade de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$ nos eixos X e Y e para a velocidade de $11,8 \text{ km.h}^{-1}$, nos três eixos os limites de exposições foram ultrapassados.

Para a almofada de ar em formato caixa de ovo (Figuras 50, 51 e 52), os limites não foram ultrapassados, apenas para o eixo Z na velocidade de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$.

A almofada inflável em formato quadrado (Figuras 53, 54 e 55), Látex (Figuras 56, 57 e 58), micropérolas de poliestireno (Figuras 59, 60 e 61) e poliuretano (Figuras 62, 63 e 64) ultrapassaram os limites para os três eixos, em todas as velocidades avaliadas.

Foi possível observar que nenhuma das almofadas apresentou um desempenho melhor que o assento em relação às AEPs, todas as almofadas avaliadas intensificaram as AEPs independente do material avaliado, principalmente nas faixas de frequência mais sensíveis ao corpo, dessa forma, são necessários estudos mais aprofundados para verificar se a forma de fixação das almofadas e outros parâmetros não associados ao material em si influenciaram nessa amplificação.

4.6 Valor de dose de vibração resultante (VDVR) e aceleração resultante de exposição normalizada (aren)

Os valores médios de dose de vibração resultante (VDVR) e aren (Aceleração resultante de exposição normalizada) são apresentados na Tabela 11 e nas Figuras 65 e 66, houve diferença significativa entre o assento e os materiais atenuantes.

Tabela 11 - Teste F e valores médios de VDVR e aren

Velocidade de 3,5 km.h ⁻¹		
Fontes de Variação	Aren (m.s ⁻²)	VDVR (m.s ^{-1,75})
Tratamentos (F)	107,1361 **	122,5387 **
F-crit.	2,8876	2,8876
CV (%)	3,7	3,46
Assento (T. Controle)	0,695 a	12,518 a
Água	0,533 b	9,588 b
Esferas de madeira	0,442 de	7,974 de
Espuma Viscoelástica	0,434 de	7,786 de
Gel	0,430 de	7,756 de
A. inflável (caixa de ovo)	0,443 de	7,958 de
A. inflável (quadrada)	0,458 cd	8,254 cd
Látex	0,491 c	8,856 c
Micropérolas de Poliestireno	0,486 c	8,714 c
Poliuretano	0,414 e	7,479 e

Legenda: * (p<0,05); ** (p<0,01); ^{NS} (não significativo). Médias com letras diferentes apresentam diferença significativa entre si e médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Enio Costa (2017).

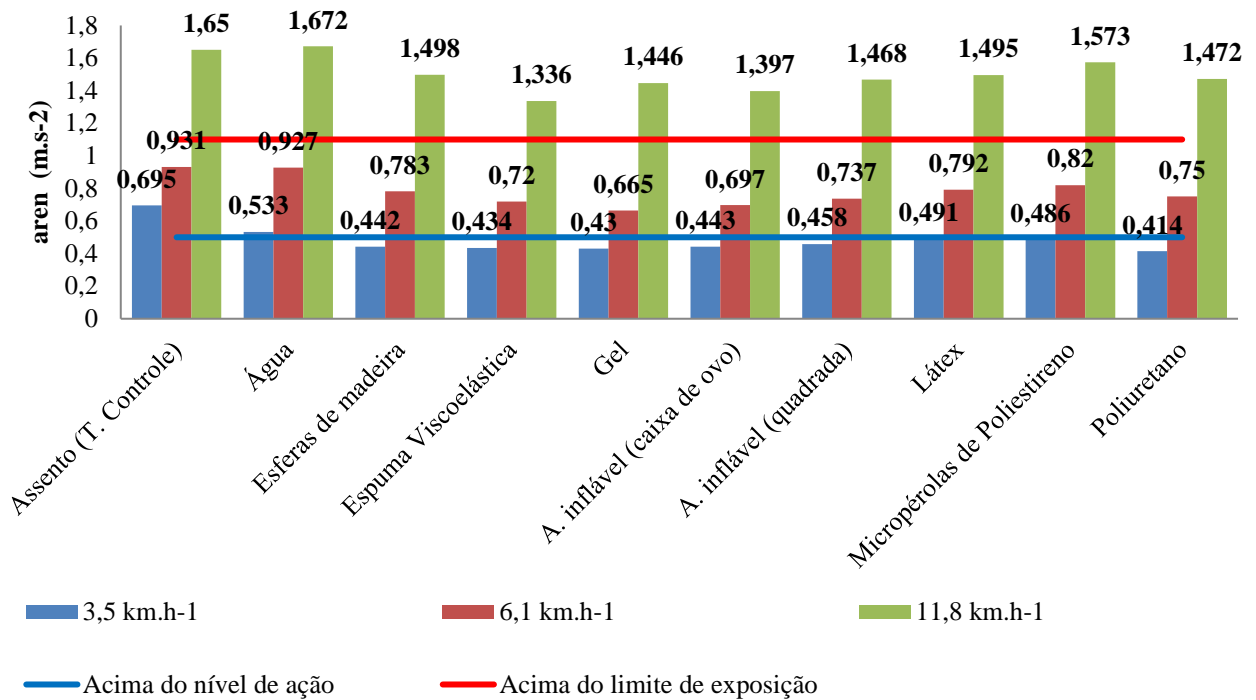
Continuação... Tabela 11 - Valores médios de VDVR e aren

Velocidade de 6,1 km.h ⁻¹		
Fontes de Variação	Aren (m.s ⁻²)	VDVR (m.s ^{-1,75})
Tratamentos (F)	113,0576 **	174,2815**
F-crit.	2,8876	2,8876
CV (%)	2,02	1,63
Assento (T. Controle)	0,931 a	17,744 a
Água	0,927 a	17,740 a
Esferas de madeira	0,783 c	15,194 bc
Espuma Viscoelástica	0,720 ef	13,772 fg
Gel	0,665 g	12,712 h
A. inflável (caixa de ovo)	0,697 fg	13,322 g
A. inflável (quadrada)	0,737 e	14,078 ef
Látex	0,792 bc	15,132 c
Micropérolas de Poliestireno	0,820 b	15,682 b
Poliuretano	0,750 de	14,340 de
Velocidade de 11,8 km.h ⁻¹		
Fontes de Variação	aren (m.s ⁻²)	VDVR (m.s ^{-1,75})
Tratamentos (F)	68,1024**	88,5925 **
F-crit.	2,8876	2,8876
CV (%)	1,9	1,61
Assento (T. Controle)	1,65 a	31,392 a
Água	1,672 a	31,936 a
Esferas de madeira	1,498 c	28,600 c
Espuma Viscoelástica	1,336 e	25,590 f
Gel	1,446 cd	27,616 de
A. inflável (caixa de ovo)	1,397 d	26,982 e
A. inflável (quadrada)	1,468 c	27,990 cd
Látex	1,495 c	28,542 cd
Micropérolas de Poliestireno	1,573 b	29,896 b
Poliuretano	1,472 c	28,110 cd

Legenda: * (p<0,05); ** (p<0,01); ^{NS} (não significativo). Médias com letras diferentes apresentam diferença significativa entre si e médias sem letras não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

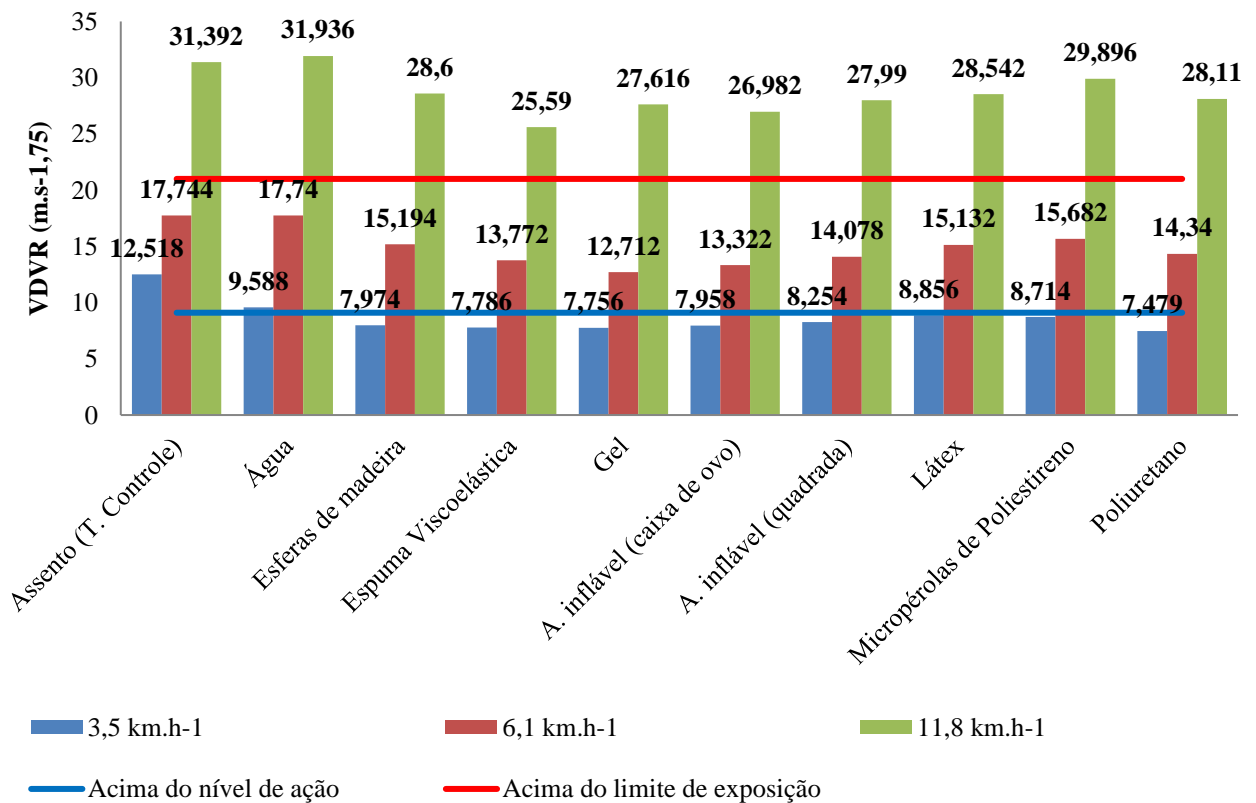
Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 65 - Valores médios de aren nas três velocidades avaliadas



Fonte: Enio Costa (2017).

Figura 66 - Valores médios de VDVR nas três velocidades avaliadas



Fonte: Enio Costa (2017).

Conforme a NHO 09 (FUNDACENTRO, 2013) valores de dose de vibração resultante (VDVR) aceitáveis são de 0 até $9,1 \text{ m.s}^{-1,75}$ e valores aceitáveis de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) são de 0 a $0,5 \text{ m.s}^{-2}$, para uma jornada de trabalho de oito horas diárias.

Para velocidade de $3,5 \text{ km.h}^{-1}$, o assento e a almofada de água obtiveram valores acima do nível de ação, sendo então necessário, conforme a NHO-09, a adoção de medidas preventivas ou corretivas, de forma a reduzir a probabilidade de que a exposição do operador a essas vibrações cause prejuízos a sua saúde e evitar que o limite de exposição seja ultrapassado.

Procedimentos que podem ser utilizados para reduzir a exposição à vibração do operador conforme a NHO-09 são: utilização de velocidades de deslocamento que proporcionem menores valores de aceleração de vibração, ajuste do assento do trator ao peso do usuário, redução do período de exposição do operador e conservação das máquinas com sua manutenção em dia (FUNDACENTRO, 2013).

Todas essas medidas foram tomadas na realização do experimento de forma que, a única ação a ser tomada nessa situação é a redução do período de exposição do operador, que pode ser realizada por meio da redução da jornada de trabalho do operador, da adoção de intervalos durante a jornada ou através do revezamento de operadores.

Segundo Balbinot (2001), quando VDVR atinge valores acima de $8,5 \text{ m s}^{-1,75}$, além de possíveis efeitos nocivos a saúde do operador, também causa um desconforto médio ao operador, sendo VDVR um parâmetro de avaliação que indica a severidade da exposição à vibração, porém a literatura existente não relata a respeito da relação precisa entre VDVR e o risco direto a que o corpo humano está sujeito.

Dessa forma, tanto o assento, quanto a almofada de água tendem a causar desconforto ao operador durante a operação nas condições avaliadas. Os materiais que apresentaram menores valores de VDVR e aren foram: as esferas de madeira, a espuma viscoelástica, almofadas de gel, almofadas de ar inflável com formato de caixa de ovo e poliuretano.

Para a velocidade de $6,1 \text{ km.h}^{-1}$, o assento e todos os materiais atenuantes avaliados obtiveram valores acima do nível de ação para aren e VDVR, sendo os materiais com menores valores, as almofadas de espuma viscoelástica, gel e inflável. Conforme Langer, Ebbessen e Kordestani (2015), quando se obtêm valores de aren maiores que $0,5 \text{ m.s}^{-2}$ faz-se necessário o emprego de mudanças no trator afim de reduzir as vibrações de corpo inteiro incidentes ao operador.

De acordo com Balbinot (2001), valores de VDVR por volta de $15 \text{ m.s}^{-1,75}$ proporcionam grande desconforto, causando dores aos operadores e podendo até promover a formação de ferimentos. Nos ensaios realizados para o estudo, o assento, as esferas de madeira, as almofadas de látex e as micropérolas de poliestireno atingiram esse limite.

De acordo com a NHO 09 (FUNDACENTRO, 2013) quando se obtêm valores de dose de vibração resultante (VDVR) superiores a $21 \text{ m.s}^{-1,75}$ e valores de aceleração resultante de exposição normalizada (aren) superiores $1,1 \text{ m.s}^{-2}$, para uma jornada de trabalho de oito horas diárias, significa que o limite de exposição foi excedido e faz-se necessário a adoção imediata de medidas corretivas visando ao controle da exposição.

Para velocidade de deslocamento de $11,8 \text{ km.h}^{-1}$, todos os materiais apresentaram atenuação em relação ao assento, com exceção da almofada de água, porém, o assento e todos os materiais utilizados atingiram valores acima do limite de exposição e apresentam condição insalubre de trabalho.

A almofada de espuma viscoelástica apresentou os menores valores de VDVR e aren nas três velocidades avaliadas, porém para a velocidade de $11,8 \text{ km.h}^{-1}$ foram encontrados valores que caracterizam a condição de trabalho como insalubre, Kim *et al.* (2016) recomendam o uso de espumas viscoelásticas de baixa densidade, pois as mesmas apresentaram maior nível de compressão e uma pressão de contato melhor distribuída ao longo do assento, pois, de acordo com os autores, quanto menor a densidade da espuma viscoelástica, menor é a rigidez, tornando o assento mais macio, dessa forma acredita-se que ao ensaiar espumas viscoelásticas de menor densidade possam ser obtidos resultados melhores para esses parâmetros.

5 CONCLUSÃO

Todas as almofadas de assento utilizadas no estudo, com exceção da almofada com preenchimento de água, mostraram-se capazes de atenuar as vibrações transmitidas ao operador de tratores agrícolas.

A almofada com preenchimento de água foi o material que apresentou pior desempenho, obtendo os maiores valores de VDVR e aren entre os materiais utilizados, chegando até, em algumas das condições avaliadas, a amplificar as vibrações transmitidas ao operador.

Nas condições avaliadas, a espuma viscoelástica foi o material que apresentou melhor atenuação das vibrações transmitidas ao operador, obtendo os menores valores de VDVR e aren entre os materiais ensaiados.

Apesar de vários materiais se mostrarem como bons atenuantes em relação ao assento, na velocidade de $11,8 \text{ km.h}^{-1}$ todos os tratamentos avaliados apresentaram valores de VDVR e aren acima do limite de exposição, o que caracteriza a condição de trabalho, mesmo com a utilização dos materiais, como insalubre.

6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se para trabalhos futuros a avaliação de outros materiais potencialmente atenuantes que não puderam ser ensaiados neste estudo.

Ensaier espumas viscoelásticas com diferentes densidades a fim de encontrar uma densidade com níveis de atenuação superiores aos encontrados.

Ensaier almofadas de assento infláveis com diferentes formatos, tendo em vista que os formatos avaliados apresentaram resultados distintos, apresentando níveis de atenuação consideráveis.

Confeccionar e ensaiar almofadas não comerciais com diferentes composições entre os materiais avaliados para propor uma composição ótima relacionada com a atenuação.

Avaliar qualitativamente o conforto e a adequação ao uso de almofadas em operações com tratores agrícolas.

Verificar o desempenho das almofadas de assento utilizando um trator com pneus diagonais.

REFERÊNCIAS

- ADAM, S. A.; JALIL, A. A. Vertical suspension seat transmissibility and seat values for seated person exposed to whole-body vibration in agricultural tractor preliminary study. **Procedia Engineering**, v. 170, p. 435–442, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877705817311864>>. Acesso em: 15 dez. 2017.
- ALONÇO, A. dos S. **Metodologia de projeto para segurança em máquinas agrícolas**. 2004. 208f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/86926>>. Acesso em: 25 abr. 2017.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 5008: Tratores agrícolas de rodas e máquinas de campo - Medição da vibração transmitida ao corpo inteiro do operador. 18 p. 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO. O que é EPS. Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/01OqueeEPS.html>>. Acesso em: 19 jun. 2016.
- BALBINOT, A. **Caracterização dos níveis de vibração em motoristas de ônibus: Um enfoque no conforto e na saúde**. 2001. 281 f. Tese (Doutorado em Biomecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/2482>>. Acesso em: 18 mar. 2016.
- BARBOSA, J. A.; VIEIRA, L. B.; DIAS, G. P.; DIAS JÚNIOR, M. S. Desempenho operacional de um trator agrícola equipado alternadamente com pneus radiais e diagonais. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 474-480, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162005000200021>. Acesso em: 8 jan. 2018.
- BARCELÓ L.E.; HILBERT J.A.; AUCANÁ M. **Efecto de diferentes presiones de inflado y regulaciones del asiento sobre las vibraciones de cuerpo entero em tractores agrícolas**. INSTITUTO DE INGENIERIA RURAL INTA CAUTELAR. 2004. 10 p. Disponível em: <<http://www.inta.gov.ar/index.html>>. Acesso em: 10 out. 2016.
- BASRI, B.; GRIFFIN, M. J. The application of SEAT values for predicting how compliant seats with backrests influence vibration discomfort. **Applied Ergonomics**, v. 45, p. 1461-1474, 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24793821>>. Acesso em: 16 dez. 2017.
- BERASATEGUI, M. R. **Modelización y simulación del comportamiento de um sistema mecánico con suspensión aplicado a los asientos de los tractores agrícolas**. 2000. 259 f. Tese (Doctorado En Ingenieria Mecánica) – Departamento de Ingenieria Mecánica, Universidad Politécnica de Madri, Madri, 2000. Disponível em: <<https://serviciosgate.upm.es/tesis/tesis/3082>>. Acesso em: 19 maio 2016.
- BIES, D. A.; HANSEN, C. H. **Engineering Noise Control: Theory and practice**. Spon Press: Abingdon, 2009. Disponível em: <<http://healthf.kaums.ac.ir/uploadedfiles/jozveh/motalebi/engineeringnoisecontroltheoryandpr>>

actice.pdf>. Acesso em: 14 dez. 2017.

BISOGNIN, D. A. Origin and evolution of cultivated cucurbits. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n.5, p.715-723, 2002. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782002000400028>.

Acesso em: 13 jun. 2017.

BLOOD, R. P.; JOHNSON, P. W. Quantifying whole body vibration exposures in metropolitan bus drivers: an evaluation of three seats. **Noise Notes**, v.11, n.1, p. 61-70, 2012.

Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814112000947>>.

Acesso em: 23 maio 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria MTE n.º 1.297, de 13 de agosto de 2014. NR 15 - anexo 08. Disponível em: <<http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr15.htm>>.

Acesso em: 14 mar. 2015.

CANDEIAS, M. S. G. S. **Caracterização de um polioli viscoelástico e pesquisa de inibidores da formação do 2, 4, 6 – triclороanisol estratégia de inibição por eliminação de fungos formadores do 2,4,6- triclороanisol**. 2007. 162 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biológica) – Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007. Disponível em:

<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137578424/tese_intranet.pdf>. Acesso em: 15 dez. 2017.

CHANDER, D. S.; CAVATORTA, M. P. An observational method for Postural Ergonomic Risk Assessment (PERA). **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 57, p. 32-41, 2017. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814116302657>>. Acesso em: 11 dez. 2017.

CILOGLU, H.; ALZIADEH, M.; MOHANY, A.; KISHAWY, H. Assessment of the whole body vibration exposure and the dynamic seat comfort in passenger aircraft. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 45, p. 116-123, 2015. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814114001784>>. Acesso em: 10 out. 2017.

CORRÊA, I. M. Pequeno, mas seguro. **Revista Cultivar Máquinas**, Pelotas, n.62, p.14-16, 2007. Disponível em: <https://issuu.com/grupocultivar/docs/maquinas_62>. Acesso em: 15 mar. 2015.

CORRÊA, I. M.; YAMASHITA, R. Y.; RAMOS, H. H.; FRANCO, A. V. F. Perfil dos acidentes rurais em agências do INSS de São Paulo no ano 2000. **Rev. Bras. Saúde Ocup.**, v. 28, n.1, p.107-108, 2003. Disponível em:

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0303-](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0303-76572003000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)

[76572003000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0303-76572003000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 26 set. 2017.

COUTO, H. A. **Ergonomia aplicada ao trabalho: o manual técnico da máquina humana**. v. 1. Belo Horizonte: Ergo Editora, 1995.

CUNHA, J. P. A. R. da; DUARTE, M. A. V.; RODRIGUES, J. C. Avaliação dos níveis de

vibração e ruído emitidos por um trator agrícola em preparo de solo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 39, p. 348-355, 2009. Disponível em:

<<https://www.revistas.ufg.br/pat/article/viewFile/6927/5904>>. Acesso em: 11 jan. 2015.

DEBOLI, R.; CALVO, A.; PRETI, C. Whole-body vibration: Measurement of horizontal and vertical transmissibility of an agricultural tractor seat. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 58, p. 69-78, 2017. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814117300628>>. Acesso em: 10 dez. 2017.

DHINGRA, H. S.; TEWARI, V. K.; SINGH, S. Discomfort, pressure distribution and safety in operator's seat – A critical review. **Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of Scientific Research and Development**, v.5, p.1-16, 2003. Disponível em:

<<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.536.752&rep=rep1&type=pdf>>.

Acesso em: 15 fev. 2016.

DIAS, T. A. **Biomateriais no tratamento de feridas cutâneas**. Universidade Federal de Goiás, 49f., Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária), 2010. Disponível em:

<<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tde/946>>. Acesso em: 16 out. 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo** Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997.

FEITOSA, J. R.; FERNANDES, H. C.; TEIXEIRA, M. M.; CECON, P. R. Influência da pressão interna dos pneus e da velocidade de deslocamento nos parâmetros operacionais de um trator agrícola e nas propriedades físicas do solo. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.35, n.1, p.117-127, jan./fev. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-69162015000100117&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 19 jun. 2016.

FERNANDES, J. R. S. **Caraterização de espumas multi densidade como apoios antivibráteis**. 2012. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Porto, Lisboa, 2012. Disponível em:<<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/68151/1/000154671.pdf>>. Acesso em: 2 dez. 2017.

FRANCHINI, D. **Análise do nível de vibrações verticais no assento de um trator agrícola**. 2007. 139 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007. Disponível em: <http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_arquivos/11/TDE-2007-05-21T091737Z-591/Publico/Danilo.pdf>. Acesso em: 12 abr. 2017.

FUNDACENTRO. Norma de higiene ocupacional (NHO-09): Avaliação da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro: procedimento técnico. São Paulo: Fundacentro, 2013. Disponível em: <<http://www.fundacentro.gov.br/biblioteca/normas-de-higiene-ocupacional/publicacao/detalhe/2013/4/nho-09-procedimento-tecnico-avaliacao-da-exposicao-ocupacional-a-vibracao-de-corpo-inteiro>>. Acesso em: 4 dez. 2017.

GANNON, L. Single impact testing of suspension seats for high-speed craft. **Ocean Engineering**, v.141, p. 116–124, 2017. Disponível em: <https://ac.els-cdn.com/S002980181730313X/1-s2.0-S002980181730313X-main.pdf?_tid=4babfcc2-d887-

11e7-ad29-0000aacb362&acdnt=1512346306_051243dfc487fa6f1f0539102550c5b2>.
Acesso em: 13 out. 2017.

GEMNE G. Diagnostics of hand-arm system disorders in workers who use vibrating tools. **Occupational and Environmental Medicine**, v.54, p. 90-95, 1999. Disponível em: <<http://pubmedcentralcanada.ca/pmcc/articles/PMC1128657/pdf/oenvmed00086-0018.pdf>>. Acesso em: 2 dez. 2017.

GHELLER, J. Avaliação do isolamento de vibrações por elastômeros. **Revista Borracha Atual**, n. 109, nov./dez., 2013. Disponível em: <http://institutossenai.org.br/public/files/Paper_04.pdf>. Acesso em: 2 fev. 2017.

GRIFFIN, M. J. A comparison of standardized methods for predicting the hazards of whole body vibration and repeated shocks. **Journal of Sound and Vibration**, v. 215, n. 4, p. 883-914, ago., 1998. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X98916005>>. Acesso em: 2 fev. 2017.

GOUW, G.; RAKHEJA, S.; SANKAR, S.; AFEWORK, Y. Increased comfort and safety of drivers of off-highway vehicles using optimal seat Suspension. **Sae Technical Paper** 1990. Disponível em: <<https://doi.org/10.4271/901646>>. Acesso em: 16 set. 2017.

GRIFFIN, M.J. **Handbook of human vibration**. Academic press: London, 1990. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/book/9780123030405>>. Acesso em: 16 mar. 2017.

HAUCK, M. **Geregelte Dämpfung für Traktor-fahrersitze**. 2001. 215 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Berlin, Berlin, 2001. Disponível em: <<https://depositonce.tu-berlin.de/handle/11303/634>>. Acesso em: 5 mar. 2016.

HILBERT, J.; BARCELÓ, L.; AUCANÁ, M. **Estudio de impacto utilizando diferentes presiones de inflado sobre las vibraciones de cuerpo intero en tractores agrícolas**. CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 33., 2002. São Pedro, SP. Anais. Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 2004. CD Rom

HONORATO S. B. **Efeito antioxidante de componentes do látex da seringueira e mangabeira sobre a degradação termo-oxidativa do poli(1,4-cis-isopreno) sintético**. Dissertação (Mestrado em Ciências na área de Química Inorgânica) Universidade Federal do Ceará - UFC – Fortaleza, 2005. Disponível em: <<http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/13711>>. Acesso em: 6 mar. 2017.

HOSTENS, I., RAMON, H. Descriptive analysis of combine cabin vibrations and their effect on the human body. **Journal of Sound and Vibration**. v. 266, n. 3, p. 453–464, 2003. Disponível em:< <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X03005789>>. Acesso em: 16 nov. 2017.

HWANG, D.H., 2013. F.E. Modeling and Static, Dynamic Characterization of Low Density Polyurethane Foam for Automotive Seat. Hong-Ik University Graduate School. 2013.

IIDA, I.; GUIMARÃES, L. B. M. **Ergonomia: projeto e produção**. 3. ed. São Paulo: Blücher, 2016.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 1043-1 Plastics - Symbols and abbreviated terms - Part 1: Basic polymers and their special characteristics Genebra, 2011.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 2631 Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure of Whole- Body Vibration: General requirements. Genebra, 1978.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 2631 Mechanical Vibration and Shock - Evaluation of Human Exposure of Whole- Body Vibration: General requirements. Genebra, 1997.

JAIN, K. K.; SHRIVASTAVA, A. K.; MEHTA, C. R. Analysis of selected tractor seats for seating dimensions in laboratory. **Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of Scientific Research and Development**. V. 10, p.1-10, 2008. Disponível em: <www.cigrjournal.org/index.php/Ejournal/article/view/1243/1100>. Acesso em: 12 nov. 2017.

Jl, X.; EGER, T. R.; DICKEY, J. P. Evaluation of the vibration attenuation properties of an air-inflated cushion with two different heavy machinery seats in multi-axis vibration environments including jolts. **Applied Ergonomics**, v. 59, p. 293-301, 2017. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27890140>>. Acesso em: 29 mar. 2017.

KARACAN, I.; CIDEM, M.; CIDEM, M.; TÜRKER, K. S. Whole-body vibration induces distinct reflex patterns in human soleus muscle. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 34, p. 93–101, 2017. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1050641117300317>>. Acesso em: 1 dez. 2017.

KIM, D. Y.; BANG, J. H.; LEE, C. A.; KIM, H. Y.; CHOI, K. C.; LIM, B. G. Numerical evaluation of time-dependent sagging for low density polyurethane foams to apply the long-term driving comfort on the seat cushion design. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 30, p. 1-10, 2016. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016981411630083X>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

KLAVER, P. P. C. **Programa computacional para otimização da lastragem de tratores agrícolas**. 2013. 67 f. Tese. (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/6424311-Programa-computacional-para-otimizacao-da-lastragem-de-tratores-agricolas.html>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

KLINGESTIERNA, U.; POPE, M. H. Body height changes from vibration. **Spine**, v. 568, p. 566-568, 1987. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3660082>>. Acesso em: 7 nov. 2017.

KROEMER, K. H. E.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao**

homem. 5ª Ed. Artmed Editora. Porto Alegre. 2005. 327 p.

KUMAR, A.; MAHAJAN, P.; MOHAN, D.; VARGHESE, M. Information Technology and the Human Interface: Tractor Vibration Severity and Driver Health: a Study from Rural India. **Journal of Agricultural Engineering Research**, v. 80, n. 4, p. 313-328, 2001. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0021863401907553>>. Acesso em: 29 jun. 2017.

LANGER, T. H.; EBBESEN, M. K.; KORDESTANI, A. Experimental analysis of occupational whole body vibration exposure of agricultural tractor with large square baler. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 47, p. 79-83, maio, 2015. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814115000426>>. Acesso em: 27 nov. 2017.

LI, W.; YU, S.; YANG, H.; PEI, H.; ZHAO, C. Effects of long-duration sitting with limited space on discomfort, body flexibility, and surface pressure. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 58, p.12-24, 2017. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814117300288>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

LOPES, J. L. Análise de vibração ocupacional de corpo inteiro em máquinas colhedoras de cana-de-açúcar. *Revista ABHO*, v. 2, p. 6-16, 2012. Disponível em: <http://www.abho.org.br/wp-content/uploads/2014/02/artigo_analisedevibracaoocupacional.pdf>. Acesso em: 16 maio 2017.

MACEDO, D. X. S.; MONTEIRO, L. A.; SANTOS, V. C.; CHIODEROLI, C. A.; ALBIERO, D. Characterization of accidents involving tractors in Brazilian federal highways in the state of Minas Gerais. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, p. 3049-3055, jul. 2015. Disponível em: < <http://www.academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/3F94A0654478>>. Acesso em: 5 jul. 2015.

MACEDO, D. X. S.; NICOLAU, F. E. DE A.; NASCIMENTO, H. C. F.; COSTA, E.; CHIODEROLI, C. A.; LOUREIRO, D. R. Operational performance of a tractor-seeder according to the velocity and working depth. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.3, p.280–285, 2016. Disponível em: <<http://www.agriambi.com.br/revista/v20n03/v20n03a14.pdf>>. Acesso em: 4 dez. 2017.

MACHADO, A. L. T.; REIS, A. V. dos; MACHADO, R. L. T. Tratores para agricultura familiar: Guia de referência. Pelotas: Ed. Universitária UFPEL, 2010. 124p.

MANSFIELD, N. J. Human response to vibration. London: CRC Press, 2005. 227p. Disponível em: < <http://dinus.ac.id/repository/docs/ajar/Mansfield-human-response-vibration.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

MATTAR, D. M. P.; DALLMEYER, A. U.; SCHLOSSER, J. F.; DORNELLES, M. E. Conformidade de acessos e de saídas de postos de operação em tratores agrícolas segundo norma NBR/ISO 4252. **Engenharia Agrícola**, v.30, n.1, p.74-81, jan./fev. 2010. Disponível em:<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010069162010000100008&script=sci_abstract&tl

ng=pt>. Acesso em: 27 nov. 2017.

MAYTON, A.G.; KITTUSAMY, N.K.; AMBROSE, D.H.; JOBES, C.C.; LEGAULT, M.L. Jarring/jolting exposure and musculoskeletal symptoms among farm equipment operators. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v.38, p. 758-766, 2008. Disponível em: <<https://www.cdc.gov/niosh/mining/works/cover-sheet876.html>>. Acesso em: 26 set. 2017.

MEHTA, C. R.; TEWARI, V. K. Damping characteristics of seat cushion materials for tractor ride comfort. **Journal of Terramechanics**, v. 47, p. 401–406, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022489809001311>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

MINETTE, L. J.; SOUZA, A. P. DE; SILVA, E. P. DA; MEDEIROS, N. M. Postos de trabalho e perfil de operadores de máquinas de colheita florestal. **Revista Ceres**, v.55, n.1, p.66-73, 2008. Disponível em: <<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3272>>. Acesso em: 25 maio 2017.

MONTEDO, U. B. **O trabalho na unidade de produção agrícola familiar segundo a teoria da complexidade**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2001. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/79810/183608.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 17 abr. 2017.

NIETIEDT, G. H.; RIBAS, R. L.; SCHLOSSER, J. F.; FRANTZ, U. G.; CASALI, A. D.; UHRY, D. Distribuição dos comandos de operação em tratores agrícolas nacionais com até 55 kW de potência. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.6, p.690–695, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1415-43662012000600015&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 14 jul. 2017.

PALMER, K. T.; HARRIS, E. C.; GRIFFIN, M. J.; BENNETT, J.; READING, I.; SAMPSON, M.; COGGON, D. Case-control study of low-back pain referred for magnetic resonance imaging, with special focus on whole-body vibration. **Scand. J. Work Environ. Health**, v. 34, n. 5, p. 364-373, 2008. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2875180/pdf/ukmss-27639.pdf>>. Acesso em: 4 dez. 2017.

PATTEN, W. N.; SHA, S.; MO, C. A vibration model of open celled polyurethane foam automotive seat cushions. **Journal of Sound and Vibration**, v. 217, n. 1, p. 145-161, 1998. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022460X98917606>>. Acesso em: 4 dez. 2017.

PINHO, M. S.; SCHLOSSER, J. F.; FRANTZ, U. G.; RODRIGUES, F. A.; FERRE, P. S. Efetividade de um coxim de cabina do trator agrícola na atenuação das vibrações. **Revista Ciência Agronômica**, v. 45, n.3, p.461-468, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rca/v45n3/v45n3a05.pdf>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

POLLARD, J.; PORTER, W.; MAYTON, A.; XU, X.; WESTON, E. The effect of vibration exposure during haul truck operation on grip strength, touch sensation, and balance. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 57, p. 23-31, 2017.

POLYMOS. *Materials and Process*. 2016. Disponível em: <<http://www.polymos.com/en/>>. Acesso em: 19 fev. 2016.

PRASAD, N.; TEWARI, V. K.; YADAV, R. Tractor ride vibration: a review. **Journal of Terramechanics**, v. 32, n.4, p. 205-219, 1995. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022489895000178>>. Acesso em: 19 set.2017.

REGAZZI, R. D.; XIMENES, M. G. Importância da avaliação da vibração no corpo humano: INMETRO. Rio de Janeiro: 2003. 20 p. disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/364215116/Avaliacao-Da-Vibracao-No-Corpo-Humano>>. Acesso em: 4 dez. 2017.

RIBAS, R. L. **Exposição humana à vibrações de corpo inteiro em um trator agrícola em operação de semeadura**. 2012. 89 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012. Disponível em: <http://cascavel.cpd.ufsm.br/tede/tde_arquivos/11/TDE-2013-07-17T090801Z-4444/Publico/RIBAS,%20RODRIGO%20LAMPERT.pdf>. Acesso em: 15 out. 2017.

RIBAS, R. L.; SCHLOSSER, J. F.; FRANTZ, U. G.; FARIAS, M. S. DE; RODRIGUES, F. A. Exposição humana à vibrações de corpo inteiro em um trator agrícola com pneus radiais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.44, n.9, p.1589-1595, set, 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/cr/v44n9/0103-8478-cr-44-09-01589.pdf>>. Acesso em: 19 dez. 2017.

RODRIGUES, J. D. 2017. **Apontamentos de vibrações dos sistemas mecânicos**, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Disponível em: <<https://web.fe.up.pt/~carvalho/aae97.htm>>. Acesso em 7 dez. 2017.

RODRIGUES, S. S. **Desenvolvimento de um sistema para controle de fluxo esofágico para tratamento da obesidade**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica), Universidade de Brasília, Brasília, DF, 106p, 2008. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/handle/10482/1559>>. Acesso em: 05 dez. 2017.

ROSSI, M. A; SANTOS, J. E. G. dos; SILVA, A. L. da. Conformidade ergonômica dos controles no posto de trabalho do operador de trator: Estudo de Caso Nh 7630. **Projética Revista Científica de Design**, v.2, n.1, jun. 2011. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/projetica/article/view/9553>>. Acesso em: 27 mar. 2017.

ROZIN, D.; SCHLOSSER, J. F.; WERNER, V.; GISMAEL F.; PERIN, G. F.; SANTOS, P. M. DOS. Conformidade dos comandos de operação de tratores agrícolas nacionais com a norma NBR ISO 4253. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.14, n.9, p.1014–1019, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662010000900015>. Acesso em: 12 mar. 2015.

SANTOS FILHO, P. F. dos.; FERNANDES, H. C.; QUEIROZ, D. M.; SOUZA, A. P.; CAMILO, A. J. Avaliação dos níveis de vibração vertical no assento de um trator agrícola de pneus utilizando um sistema de aquisição automática de dados. **Revista Árvore**, v. 27, n.6, p. 887-895, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100->

67622003000600015&script=sci_abstract&tlng=es>. Acesso em: 3 dez. 2017.

SANTOS, P. F. **Avaliação dos níveis de ruído e vibração vertical no assento de um trator agrícola de pneus utilizando um sistema de aquisição automática de dados.** 2002. 53f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Curso de Pós-graduação em Mecanização Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2002. Disponível em: <<http://www.locus.ufv.br/handle/123456789/9461>>. Acesso em: 25 jun. 2017.

SANTOS, V. C. dos. **Vibração ocupacional em trator 4x2 TDA em função da pressão interna dos pneus e da superfície de rolamento.** 2016. 56f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2016. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/18201/1/2016-dis_vcsantos.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2018.

SANTOS, V. C. dos; MONTEIRO, L. A.; MACEDO, D. X. S.; MELO, R. P.; M. L. V. Avaliação da exposição do operador à vibração na operação de gradagem. **Energia na Agricultura**, v. 31, n.4, p.312-316, outubro-dezembro, 2016. Disponível em: <<http://energia.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/2386>>. Acesso em: 04 dez. 2017.

SHARMA, A. K; PANDEY, K. P. A review on contact area measurement of pneumatic tyre on rigid and deformable surfaces. **Journal of Terramechanics**, v.33, n.5, p.253-64, 1996. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022489897000086>>. Acesso em: 8 jan. 2018.

SELL, I. **Projeto do trabalho humano: Melhorando as condições de trabalho.** Florianópolis: UFSC, 2002. 470 p. Disponível em: <<http://www.abeu.org.br/farol/abeu/catalogo-unificado/item/edufsc/projeto-do-trabalho-humano--melhorando-as-condicoes-de-trabalho/9207/>>. Acesso em: 2 dez. 2017.

SERVADIO, P.; MARSILI, A.; BELFORE, N. P. Analysis of driving seat vibrations in high forward speed tractors. **Biosystems Engineering**, v. 97 n. 2, p. 171-180, 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1537511007000700>>. Acesso em 26 dez. 2017.

SILVA, F. de A. S. e; AZEVEDO, C. A. V. de. Versão do programa computacional Assisat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4,n.1, p71-78,2002. Disponível em: <<http://www.deag.ufcg.edu.br/rbpa/rev41/Art410.pdf>>. Acesso em: 01 dez. 2017.

SILVA FILHO, J. A. VIBRAÇÃO - Melhor caminho é a prevenção! Disponível em: <http://www.js.srv.br/reportagens/24_04_2015.pdf>. Acesso em: 13 nov. 2017.

SILVA, L. F.; MENDES, R. Exposição combinada entre ruído e vibração e seus efeitos sobre a audição de trabalhadores. **Rev. Saúde Pública**, v. 38, p. 9-17, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S003489102005000100002&script=sci_abstract&tlng=pt>. Acesso em: 7 nov. 2017.

SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306 p. il. Inclui apêndices.

SOLECKI, L. Preliminary recognition of whole body vibration risk in private farmers working environment. **Ann. Agric. Environ. Med.**, v. 14, p. 299-304, 2007. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18247468>>. Acesso em: 31 dez. 2016.

STEIN, G. J.; MUCKA, P.; GUNSTON, T. P.; BADUR, S. Modelling and simulation of locomotive driver's seat vertical suspension vibration isolation system. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 38, n. 5, p.384-395, 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814107001606>>. Acesso em: 12 abr. 2016.

SZYMMANSKA J. Dentist's hand symptoms and high frequency vibration. **Ann. Agric. Environ. Med.**, v. 8, p. 7-10, 2001. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11426919>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

TIEMESSEN, I. J.; HULSHOF, C. T. J.; FRINGS-DRESEN, M. H. W. An overview of strategies to reduce whole-body vibration exposure on drivers: a systematic review. **Int. J. Ind. Ergon.** v. 37, p. 245-256, 2007. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169814106002484>>. Acesso em: 28 ago. 2015.

TOLEDO, A.; FURLANI, C. E. A.; DA SILVA, R. P.; AFONSO LOPES, A.; DABDOUB, M. J. Comportamento espacial da demanda energética em semeadura de amendoim em latossoloso sob preparo convencional. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 12, n. 30, p. 459-467, 2010. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162010000300010>. Acesso em: 5 nov. 2015.

TÜCHSEN, F.; FEVEILE, H.; CHRISTENSEN, K. B.; KRAUSE, N. The impact of selfreported exposure to whole-body-vibrations on the risk of disability pension among men: a 15 year prospective study. **BMC Public Health**, v.10, 2010. Disponível em: <<http://bmcpublihealth.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2458-10-305>>. Acesso em: 05 nov. 2015.

UZABAKILIHU, B.; LARGEAU, C.; CASADEVALL, E. Latex constituents of *Euphorbia candelabrum*, *E. grantii*, *E. tirucalli* and *Synadenium grantii*. **Phytochemistry**, v. 26, n. 11, p. 3041-3045, 1987. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0031942200845896>>. Acesso em: 16 dez. 2017.

VENDRAME, A. C. Segurança do Trabalho, Saúde e Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.vendrame.com.br/artigos.htm>>. Acesso em 5 jun. 2016.

VENDRAME, A. C. Vibrações ocupacionais. Disponível em: <http://www.higieneocupacional.com.br/download/vibracoes_vendrame.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2016.

VILAR, V. D. **Química e tecnologia de poliuretanos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Vilar Consultoria, 2005. Disponível em:< <http://www.poliuretanos.com.br/>>. Acesso em: 14 maio 2015.

WADDELL, G.; BURTON, A. K. Occupational health guidelines for the management of low back pain at work: evidence review. **Faculty of Occupational Medicine**, London, 2000.

Disponível em:

<<https://pdfs.semanticscholar.org/dff9/5228f2572c83fb7c1c3022e3e83ef38aef15.pdf>>.

Acesso em: 13 mar. 2017.

WICE, A., **Spatial dynamic modelling of high speed craft suspension seating**. 2015. 127 f. Thesis (Masters of Applied Science) - Institute for Mechanical and Aerospace Engineering, Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Carleton University, Ottawa-Carleton. 2015. Disponível em:

<https://curve.carleton.ca/system/files/etd/39f7f1500cfe49c495ccfd2d0b419967/etd_pdf/0e5302af666d087ec64234e27062f0d2/wicespatialdynamicmodellingofhighspeedcraftsuspension.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2017.

WITITSUWANNAKUL, R.; RUKSEREE, K.; KANOKWIROON, K.;

WITITSUWANNAKUL, D. A rubber particle protein specific for Hevea latex lectin binding involved in latex coagulation. **Phytochemistry**, v. 69, n. 5, p. 1111–1118, 2008. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18226821>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

WOLFGANG, R.; BURGESS-LIMERICK, R. Whole-body vibration exposure of haul truck drivers at a surface coal mine. **Applied Ergonomics**, v. 45, p. 1700-1704, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003687014001070>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

WULFSOHN, D.; UPADHYAYA, S. K.; CHANCELLOR, W. J. Tractive characteristics of radial ply and bias ply tyres in a californiam soil. **Journal of Terramechanics**, v.25, n.2, p.111-34, 1988. Disponível em:

<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0022489888900195#!>>. Acesso em: 17 nov. 2017.

APÊNDICE A – PERFIL ANTROPOMÉTRICO DO OPERADOR

Tabela 12 - Valores obtidos para o perfil antropométrico do operador

MEDIÇÕES	VALOR OBTIDO
MASSA CORPORAL	100 kg
IDADE	43 anos
ESTATURA	1780 mm
ALT. DOS OLHOS	1670 mm
ALT. DO OUVIDO	1640 mm
ALT. OMBRO	1480 mm
ALCANCE COM OS BRAÇOS ERGUIDOS	2220 mm
DIST. DO PÉ AO JOELHO	490 mm
COMP. DA MÃO	180 mm
ALCANCE ANTEBRAÇO	440 mm
ALCANCE DO BRAÇO	730 mm
CIRC. ABDOMINAL	1110 mm
CIRC. DO QUADRIL	1116 mm
LARG. DAS COSTAS	450 mm
COMP. DAS COSTAS	650 mm
LARG. DO QUADRIL	330 mm
SACRO-JOELHO	550 mm
COMP. DO PÉ	240 mm
ALT. OLHOS (SENTADO)	1230 mm
ALT. OUVIDO (SENTADO)	1200 mm

APÊNDICE B – FOTOS DO OPERADOR

Figura 67 - Fotos de perfil e frente do operador avaliado



Fonte: Enio Costa (2017).

APÊNDICE C – TESTE DE NORMALIDADE DE ANDERSON-DARLING

Tabela 13 - Resultados do teste de normalidade de Anderson-Darling

Variável	Valor	V crit	Normal
Aceleração média no eixo X (m.s ⁻²) na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	0,64896	0,73551	Sim
Aceleração média no eixo Y (m.s ⁻²) na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	0,30499	0,73551	Sim
Aceleração média no eixo Z (m.s ⁻²) na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	0,63310	0,73551	Sim
Aceleração média no eixo X (m.s ⁻²) na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	0,33453	0,73551	Sim
Aceleração média no eixo Y (m.s ⁻²) na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	0,72665	0,73551	Sim
Aceleração média no eixo Z (m.s ⁻²) na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	0,59151	0,73551	Sim
Aceleração média no eixo X (m.s ⁻²) na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	0,40778	0,73551	Sim
Aceleração média no eixo Y (m.s ⁻²) na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	0,36252	0,73551	Sim
Aceleração média no eixo Z (m.s ⁻²) na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	0,25049	0,73551	Sim
Pico máximo no eixo X (m.s ⁻²) na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	0,46738	0,73551	Sim
Pico máximo no eixo Y (m.s ⁻²) na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	0,37139	0,73551	Sim
Pico máximo no eixo Z (m.s ⁻²) na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	0,45440	0,73551	Sim
Pico máximo no eixo X (m.s ⁻²) na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	0,57229	0,73551	Sim
Pico máximo no eixo Y (m.s ⁻²) na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	0,49369	0,73551	Sim
Pico máximo no eixo Z (m.s ⁻²) na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	0,28141	0,73551	Sim
Pico máximo no eixo X (m.s ⁻²) na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	0,68202	0,73551	Sim
Pico máximo no eixo Y (m.s ⁻²) na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	0,35089	0,73551	Sim
Pico máximo no eixo Z (m.s ⁻²) na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	0,65910	0,73551	Sim
VDVR (m.s ^{-1,75}) na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	0,32977	0,73551	Sim
VDVR (m.s ^{-1,75}) na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	0,49472	0,73551	Sim
VDVR (m.s ^{-1,75}) na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	0,23324	0,73551	Sim
aren (m.s ⁻²) na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	0,47906	0,73551	Sim
aren (m.s ⁻²) na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	0,67189	0,73551	Sim
aren (m.s ⁻²) na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	0,71426	0,73551	Sim
FCEq na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	0,37824	0,73551	Sim
FCEq na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	0,26382	0,73551	Sim
FCEq na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	0,42276	0,73551	Sim
Transmissibilidade no eixo X (m.s ⁻²) na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	0,51687	0,73551	Sim
Transmissibilidade no eixo Y (m.s ⁻²) na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	0,60786	0,73551	Sim
Transmissibilidade no eixo Z (m.s ⁻²) na velocidade de 3,5 km.h ⁻¹	0,34235	0,73551	Sim

Continuação... Tabela 13 - Resultados do Teste de normalidade de Anderson-Darling

Variável	Valor	V crit	Normal
Transmissibilidade no eixo X (m.s ⁻²) na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	0,24868	0,73551	Sim
Transmissibilidade no eixo Y (m.s ⁻²) na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	0,41453	0,73551	Sim
Transmissibilidade no eixo Z (m.s ⁻²) na velocidade de 6,1 km.h ⁻¹	0,65457	0,73551	Sim
Transmissibilidade no eixo X (m.s ⁻²) na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	0,35831	0,73551	Sim
Transmissibilidade no eixo Y (m.s ⁻²) na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	0,63446	0,73551	Sim
Transmissibilidade no eixo Z (m.s ⁻²) na velocidade de 11,8 km.h ⁻¹	0,42636	0,73551	Sim

Fonte: Enio Costa (2017).

APÊNDICE D – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES DE RMS

Tabela 14 - Análise de variância da aceleração média no eixo X na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	0.06035	0.00671	16.9279 **
Resíduo	40	0.01585	0.00040	
Total	49	0.07620		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	16.9279	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 15 - Análise de variância da aceleração média no eixo Y na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	0.05306	0.00590	9.4828 **
Resíduo	40	0.02487	0.00062	
Total	49	0.07793		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	9.4828	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 16 - Análise de variância da aceleração média no eixo Z na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	0.08742	0.00971	59.3376 **
Resíduo	40	0.00655	0.00016	
Total	49	0.09397		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	59.3376	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 17 - Análise de variância da aceleração média no eixo X na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	0.16196	0.01800	224.1763 **
Resíduo	40	0.00321	0.00008	
Total	49	0.16517		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	224.1763	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 18 - Análise de variância da aceleração média no eixo Y na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	0.21194	0.02355	186.2652 **
Resíduo	40	0.00506	0.00013	
Total	49	0.21700		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	186.2652	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 19 - Análise de variância da aceleração média no eixo Z na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	0.27221	0.03025	58.4851 **
Resíduo	40	0.02069	0.00052	
Total	49	0.29289		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	58.4851	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 20 - Análise de variância da aceleração média no eixo X na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	0.49286	0.05476	44.3941 **
Resíduo	40	0.04934	0.00123	
Total	49	0.54220		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	44.3941	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 21 - Análise de variância da aceleração média no eixo Y na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	0.14641	0.01627	82.9411 **
Resíduo	40	0.00785	0.00020	
Total	49	0.15425		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	82.9411	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 22 - Análise de variância da aceleração média no eixo Z na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	0.04159	0.00462	3.7241 **
Resíduo	40	0.04963	0.00124	
Total	49	0.09122		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	3.7241	0.0017

Fonte: Enio Costa (2017).

APÊNDICE E- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES DE PICO MÁXIMO

Tabela 23 - Análise de variância do pico máximo no eixo X na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	1.42254	0.15806	0.6340 ns
Resíduo	40	9.97184	0.24930	
Total	49	11.39438		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	0.285	0.634	0.7612

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 24 - Análise de variância do pico máximo no eixo Y na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	0.75776	0.08420	1.1722 ns
Resíduo	40	2.87319	0.07183	
Total	49	3.63095		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.124	1.1722	0.3385

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 25 - Análise de variância do pico máximo no eixo Z na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	1.28084	0.14232	2.0334 ns
Resíduo	40	2.79952	0.06999	
Total	49	4.08036		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.124	2.0334	0.0605

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 26 - Análise de variância do pico máximo no eixo X na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	1.28983	0.14331	5.5019 **
Resíduo	40	1.04193	0.02605	
Total	49	2.33176		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	5.5019	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 27 - Análise de variância da do pico máximo no eixo Y na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	2.66571	0.29619	13.4725 **
Resíduo	40	0.87939	0.02198	
Total	49	3.54511		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	13.4725	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 28 - Análise de variância da do pico máximo no eixo Z na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	8.06036	0.89560	4.4022 **
Resíduo	40	8.13772	0.20344	
Total	49	16.19808		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	4.4022	0.0004

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 29 - Análise de variância do pico máximo no eixo X na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	12.82045	1.42449	16.9712 **
Resíduo	40	3.35744	0.08394	
Total	49	16.17788		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	16.9712	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 30 - Análise de variância do pico máximo no eixo Y na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	2.87720	0.31969	3.2184 **
Resíduo	40	3.97331	0.09933	
Total	49	6.85051		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	3.2184	0.005

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 31 - Análise de variância do pico máximo no eixo Z na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	26.06133	2.89570	13.9675 **
Resíduo	40	8.29271	0.20732	
Total	49	34.35404		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	13.9675	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

APÊNDICE F – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES DE VDVR E AREN

Tabela 32 - Análise de variância do VDVR na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	99.40413	11.04490	122.5387 **
Resíduo	40	3.60536	0.09013	
Total	49	103.00949		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	122.5387	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 33 - Análise de variância do VDVR na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	89.45031	9.93892	174.2815 **
Resíduo	40	2.28112	0.05703	
Total	49	91.73143		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	174.2815	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 34 - Análise de variância do VDVR na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	169.11424	18.79047	88.5925 **
Resíduo	40	8.48400	0.21210	
Total	49	177.59824		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	88.5925	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 35 - Análise de variância do aren na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	0.30700	0.03411	107.1361 **
Resíduo	40	0.01274	0.00032	
Total	49	0.31974		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	107.1361	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 36 - Análise de variância do aren na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	0.24589	0.02732	113.0576 **
Resíduo	40	0.00967	0.00024	
Total	49	0.25556		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	113.0576	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 37 - Análise de variância do aren na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	0.49945	0.05549	68.1024 **
Resíduo	40	0.03259	0.00081	
Total	49	0.53205		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	68.1024	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

APÊNDICE G – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES FCeq

Tabela 38 - Análise de variância do FCeq na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	23.11202	2.56800	8.6330 **
Resíduo	40	11.89855	0.29746	
Total				
	49	35.01057		
** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01) * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05) ns não significativo (p >= .05)				
	GL	GLR	F-crit	F
	9	40	2.8876	8.633
				p
				<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 39 - Análise de variância do FCeq na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	3.95726	0.43970	4.9397 **
Resíduo	40	3.56053	0.08901	
Total				
	49	7.51779		
** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01) * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05) ns não significativo (p >= .05)				
	GL	GLR	F-crit	F
	9	40	2.8876	4.9397
				p
				0.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 40 - Análise de variância do FCeq na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	2.33326	0.25925	6.1865 **
Resíduo	40	1.67623	0.04191	
Total				
	49	4.00949		
** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01) * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05) ns não significativo (p >= .05)				
	GL	GLR	F-crit	F
	9	40	2.8876	6.1865
				p
				<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

**APÊNDICE H – ANÁLISE DE VARIÂNCIA DOS VALORES DE
TRANSMISSIBILIDADE (AETA%)**

Tabela 41 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo X na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	6335.58698	703.95411	96.9653 **
Resíduo	40	290.39421	7.25986	
Total	49	6625.98119		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	96.9653	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 42 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo Y na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	2962.42935	329.15882	5.8391 **
Resíduo	40	2254.87011	56.37175	
Total	49	5217.29946		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	5.8391	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 43 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo Z na velocidade de 3,5 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	9771.82781	1085.75865	47.6934 **
Resíduo	40	910.61551	22.76539	
Total	49	10682.44332		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	47.6934	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 44 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo X na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	7159.87583	795.54176	66.2358 **
Resíduo	40	480.43006	12.01075	
Total	49	7640.30590		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	66.2358	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 45 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo Y na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	3364.07895	373.78655	38.9393 **
Resíduo	40	383.96877	9.59922	
Total	49	3748.04772		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	38.9393	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 46 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo Z na velocidade de 6,1 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	7187.21944	798.57994	24.8538 **
Resíduo	40	1285.24170	32.13104	
Total	49	8472.46114		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	24.8538	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 47 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo X na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	5813.56027	645.95114	15.8206 **
Resíduo	40	1633.19258	40.82981	
Total	49	7446.75285		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	15.8206	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 48 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo Y na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	1575.45338	175.05038	16.0256 **
Resíduo	40	436.92809	10.92320	
Total	49	2012.38147		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	16.0256	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

Tabela 49 - Análise de variância da transmissibilidade das almofadas no eixo Z na velocidade de 11,8 km.h⁻¹

QUADRO DE ANÁLISE				
FV	GL	SQ	QM	F
Tratamentos	9	1345.29341	149.47705	8.3742 **
Resíduo	40	713.98799	17.84970	
Total	49	2059.28140		

** significativo ao nível de 1% de probabilidade (p < .01)
 * significativo ao nível de 5% de probabilidade (.01 =< p < .05)
 ns não significativo (p >= .05)

GL	GLR	F-crit	F	p
9	40	2.8876	8.3742	<.0001

Fonte: Enio Costa (2017).

ANEXO A – NHO-09 - EQUAÇÕES UTILIZADAS PARA O CÁLCULO DOS VALORES VDVR E AREN

Abaixo seguem as equações utilizadas para o cálculo dos valores VDVR (valor da dose de vibração resultante) e aren (aceleração resultante de exposição normalizada) (NHO-09 (FUNDACENTRO, 2013):

Aceleração média (am_j): raiz média quadrática dos diversos valores da *aceleração instantânea* ocorridos em um período de medição, expressa em m/s^2 , na direção “j”, definida pela Equação 3:

$$am_j = \left\{ \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} a_j^2(t) dt \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (m.s^{-2}) \quad (3)$$

sendo:

$a_j(t)$ corresponde aos valores $ax(t)$, $ay(t)$ ou $az(t)$, em $m.s^{-2}$, segundo os eixos ortogonais x, y e z, respectivamente;

$t_2 - t_1$ corresponde ao tempo de medição.

Aceleração média resultante (amr): corresponde à raiz quadrada da soma dos quadrados das acelerações médias, medidas segundo os três eixos ortogonais “x”, “y” e “z”, definida pela Equação 4:

$$amr = \sqrt{(f_x am_x)^2 + (f_y am_y)^2 + (f_z am_z)^2} \quad (m.s^{-2}) \quad (4)$$

sendo:

am_j = aceleração média;

f_j = fator de multiplicação em função do eixo considerado

($f = 1,4$ para os eixos “x” e “y” e “ f ” = 1,0 para o eixo “z”).

Aceleração resultante de exposição parcial ($arep_i$): corresponde à aceleração média resultante representativa da exposição ocupacional relativa à componente de exposição “i”, ocorrida em uma parcela de tempo da jornada diária, considerando os três eixos ortogonais. Este parâmetro poderá ser resultado de uma média aritmética das acelerações obtidas cada vez que a componente de exposição é repetida, conforme a Equação 5.

$$arep_i = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s amr_{ik} \quad (\text{m.s}^{-2}) \quad (5)$$

sendo:

amr_{ik} = aceleração média resultante relativa à k-ésima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição “i”;

s = número de amostras da componente de exposição “i” que foram mensuradas.

Aceleração resultante de exposição (are): corresponde à aceleração média resultante representativa da exposição ocupacional diária, considerando os três eixos ortogonais e as diversas componentes de exposição identificadas, definida pela Equação 6.

$$are = \sqrt{\frac{1}{T} \sum_{i=1}^m n_i arep_i^2 T_i} \quad (\text{m.s}^{-2}) \quad (6)$$

sendo:

arep_i = aceleração resultante de exposição parcial;

n_i = número de repetições da componente de exposição “i” ao longo da jornada de trabalho;

T_i = tempo de duração da componente de exposição “i”;

m = número de componentes de exposição que compõem a exposição diária;

T = tempo de duração da jornada diária de trabalho.

Aceleração resultante de exposição normalizada (aren): corresponde à aceleração resultante de exposição (are) convertida para uma jornada diária padrão de 8 horas, determinada pela Equação 7.

$$aren = are \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (\text{m.s}^{-2}) \quad (7)$$

sendo:

are = aceleração resultante de exposição;

T = tempo de duração da jornada diária de trabalho expresso em horas ou minutos;

T₀ = 8 horas ou 480 minutos.

Valor da dose de vibração (VDV_j): corresponde ao valor obtido a partir do método de dose de vibração à quarta potência determinado na direção “j”, sendo que “j” corresponde

aos eixos ortogonais “x”, “y” ou “z”, expresso em m/s^{1,75}, definido pela Equação 8.

$$VDV_j = \sqrt[4]{\int_0^t [a_j(t)]^4 dt} \quad (8)$$

sendo:

$a_j(t)$ = aceleração instantânea ponderada em frequência;

t = tempo de duração da medição.

Valor da dose de vibração (VDV_{ji}): corresponde ao valor de dose de vibração, determinado na direção “j”, relativo às “s” amostras da componente de exposição “i” que foram mensuradas, definido pela Equação 9.

$$VDV_{ji} = \left[\sum_{k=1}^s (VDV_{jik})^4 \right]^{\frac{1}{4}} \quad (9)$$

sendo:

VDV_{jik} = valor de dose de vibração relativa à k-ésima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição “i”;

s = número de amostras da componente de exposição “i” que foram mensuradas.

Valor da dose de vibração da exposição parcial ($VDV_{exp_{ji}}$): corresponde ao valor de dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária no eixo “j”, relativo à componente de exposição “i”, que pode ser obtido por meio da Equação 10.

$$VDV_{exp_{ji}} = f_i \times VDV_{ji} \times \left(\frac{T_{exp}}{T_{amos}} \right)^{\frac{1}{4}} \quad (10)$$

sendo:

VDV_{ji} = valor da dose de vibração medido no eixo “j”, relativo à componente de exposição “i”;

T_{exp} = tempo total de exposição à vibração, ao longo de toda a jornada de trabalho, decorrente da componente de exposição “i” em estudo. Corresponde ao número de repetições da componente, vezes o seu tempo de duração;

T_{amos} = tempo total utilizado para a medição das “s” amostras representativas da componente de exposição “i”, em estudo, de acordo com a Equação 11:

$$T_{amos} = \sum_{k=1}^s T_k \quad (11)$$

T_k = tempo de medição relativo à k-ésima amostra selecionada dentre as repetições da componente de exposição “i”;

s = número de amostras da componente de exposição “i” que foram mensuradas;

f_j = fator de multiplicação em função do eixo considerado

($f = 1,4$ para os eixos “x” e “y” e $f = 1,0$ para o eixo “z”).

Valor da dose de vibração da exposição (VDVexp_j): corresponde ao valor de dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária em cada eixo de medição, que pode ser obtido por meio da Equação 12.

$$VDVexp_j = \left[\sum_{i=1}^m (VDVexp_{ji})^4 \right]^{\frac{1}{4}} \quad (12)$$

sendo:

$VDVexp_{ji}$ = valor da dose de vibração da exposição representativo da exposição ocupacional diária no eixo “j”, relativo à componente de exposição “i”;

m = número de componentes de exposição que compõem a exposição.

Valor da dose de vibração resultante (VDVR): corresponde ao valor da dose de vibração representativo da exposição ocupacional diária, considerando a resultante dos três eixos de medição, que pode ser obtido por meio da Equação 13:

$$VDVR = \left[\sum_j (VDVexp_j)^4 \right]^{\frac{1}{4}} \quad (13)$$

Sendo:

$VDVexp_j$ = valor da dose de vibração da exposição, representativo da exposição ocupacional diária no eixo “j”, sendo “j” igual a “x”, “y” ou “z”.

Pico máximo (PMX_j): Indica o valor mais alto da aceleração durante a medição na no eixo “j”, sendo “j” igual a “x”, “y” ou “z”.



ANEXO B – CARACTERÍSTICAS DO MEDIDOR DE VIBRAÇÃO HD 2030 E DO ACELERÔMETRO 356B41

Quadro 9 - Características do medidor de vibração HD 2030 e do acelerômetro 356B41

Características do medidor de vibração Delta OHM HD 2030	Características do acelerômetro 356B41 para medição da vibração de corpo inteiro
- Display gráfico de 128 x 64 pixel com luz de fundo	- Tipo: Acelerômetro tri-axial miniatura com eletrônico integrado (ICP™) inserido em um apoio emborrachado.
- Faixa de medição: 0,1 m/s ² a 7000 m/s ²	Pode ser usado, se instalado pelo apoio correto, para medições em assentos e assentos traseiros realizando testes nas vibrações emitidas.
- Normas: ISO 8041:2005 / ISO 5349-1:2001/ ISO 2631-1, 2, 4:1997 / IEC 61260:1995 classe 1	- Sensibilidade: 100 mV/g
- Modos de medição: Vibrações transmitidas à mão / Vibrações de corpo inteiro / Vibrações em edificações	- Faixa de medição: ±100 m/s ²
- Parâmetros de medição: RMS, VDV, MTVV, PICO, MAX. e MIN.	- Frequência de resposta (±5%): 0,5 Hz a 1 kHz
- Ponderação de frequência: Fz, Fc, Wh para vibrações transmitidas a mão / Fz, Fa, Wb, Wc, Wd, We, Wj, Wk para vibrações de corpo inteiro / Fz, Fm, Wm para vibrações em edificações	- Frequência ressonante: 27 kHz
- Faixa de linearidade: três faixas de 80dB sobrepostos por 70Db	- Linearidade: 1% F.S.
- Espectro de faixa de oitava ou um terço de oitava para cada eixo de medição.	- Sensitividade transversa: 5% max.
- Memória: Memória tipo FLASH interna 8MB e conector para cartão de memória tipo SD até 2GB.	- Impacto máximo: 2000gpk
- Interface: Serial RS-232 e USB	- Temperatura de operação: -10 a 50°C
- Entrada/saída: Saída LINE para quatro canais de medição	- Tensão de polarização: 3,5 Vdc
- Alimentação: Quatro pilhas alcalinas tipo "AA" 1,5V	
- Temperatura ambiente: -10 a 50°C	
- Umidade ambiente: <90% U.R.	
- Temperatura de armazenamento: -25 a 70°C	
- Dimensões: 240 x 95 x 50 mm	
- Peso: aprox. 680g	

Fonte: Delta OHM (2017).

ANEXO C – CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO DO MEDIDOR DE VIBRAÇÃO HD 2030 E DO ACELERÔMETRO 356B41

 <p style="text-align: center;">LABORATÓRIO almont <i>Lab</i></p>	 <p>Rua Horácio de Castilho, 284 - Vila Maria Alta CEP: 02125-030 - São Paulo - SP site: http://www.almont.com.br CNPJ: 01.236.739/0001-60</p>			
 CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO 				
5391-2015				
Solicitante do Serviço:				
Nome:	Enio Costa			
Endereço:	Av. Luciano Carneiro, 635			
Bairro:	Fatima			
Cidade:	Fortaleza			
CEP:	60.411-205			
	UF: CE			
<hr/>				
Identificação do Item:				
Item:	Monitor de Vibração			
Fabricante:	Instrutherm			
Modelo:	MV-100			
N.º de Série:	13100430199			
Identificação:	Não Informado			
	B.P: 307126			
<hr/>				
Dados da calibração:				
Data da Calibração:	14-out-15			
N.º do Processo:	2012			
Item:	2			
Procedimento de Calibração:	PC-11 REV. 5			
 Condições Ambientais:				
Temperatura:	22,3 °C			
Umidade Relativa:	53 %			
 Método de Medição:				
Os valores são obtidos através da excitação do Piezo por um Calibrador Padrão.				
 Padrões e Instrumentação Utilizados:				
Padrão	Código	Certificado nº	Emitente	Validade
Calibrador de Acelerometro	P-018	CBR1500149	Spectris - RBC	março-17
<hr/>				
<p>Imp. 022 Rev. 02 (08-2012) 1/2</p>				

Fonte: Almont do Brasil (2017).



Rua Horácio de Castilho, 284 - Vila Maria Alta
 CEP: 02125-030 - São Paulo - SP
 site: <http://www.almont.com.br>
 CNPJ: 01.236.739/0001-60

CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO

5391-2015

Teste do sensor de mãos e braços Número de Série: LW146426

Frequência de teste	Eixo	Aceleração (m/s ²)		Erro (m/s ²)	Incerteza (m/s ²)
		VC	VM		
79,58 Hz	X		1,020	-0,006	0,06
	Y	1,026	1,000	-0,026	0,06
	Z		1,010	-0,016	0,06
	X		5,100	-0,036	0,06
	Y	5,136	5,040	-0,096	0,06
	Z		5,050	-0,086	0,06
	X		10,150	-0,104	0,06
	Y	10,254	10,120	-0,134	0,06
	Z		10,080	-0,174	0,06

Teste do sensor de corpo inteiro Número de Série: 154469

Frequência de teste	Eixo	Aceleração (m/s ²)		Desvio (m/s ²)	Incerteza (m/s ²)
		VC	VM		
79,58 Hz	X		1,000	-0,026	0,06
	Y	1,026	1,020	-0,006	0,06
	Z		1,010	-0,016	0,06

Legenda:

VM = Valor Medido (medição obtida no instrumento calibrado)
 VC = Valor convencional (medição obtida do padrão)

Observações:

- Este certificado de calibração é válido somente para o instrumento especificado, não sendo extensivo a quaisquer outros instrumentos de medição, ainda que similares.
- Não é autorizada a reprodução parcial deste documento sem autorização da ALMONT DO BRASIL.
- A incerteza estimada das medições são para um nível de confiança de 95%. Baseado em um fator de abrangência $k=2,00$.

Técnico Executor:

Guilherme Moraes Ribeiro
 Auxiliar Técnico Instrumentista

Responsável Técnico:


 Alison Ricardo Vichine
 Gerente Técnico

Fim do certificado de Calibração