



UFOP

Universidade Federal
de Ouro Preto

Universidade Federal De Ouro Preto - UFOP
Centro Desportivo – CEDUFOP
Bacharelado em Educação Física



TCC em Formato de Artigo

**Parâmetros de vibração imposta em plataformas
vibratórias estocásticas de corpo inteiro utilizadas em
reabilitação e treinamento**

Flávia Lourenção Silva

OURO PRETO

2016



Flávia Lourenção Silva



Parâmetros de vibração imposta em plataformas vibratórias estocásticas de corpo inteiro utilizadas em reabilitação e treinamento

Trabalho de Conclusão de Curso em formato de artigo formatado para a Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano, apresentado à disciplina seminário de TCC (EFD-381) do curso de Educação Física em Bacharelado da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para aprovação da mesma.

Orientador: Prof. Ms. Leandro Vinhas de Paula.

OURO PRETO – MG

AGOSTO/2016

S586p Silva, Flávia Lourenção.

Parâmetros de vibração imposta em plataformas vibratórias estocásticas de corpo inteiro utilizadas em reabilitação e treinamento. [manuscrito] / Flávia Lourenção Silva. - 2016.

13 f.

Orientador: Prof.Ms. Leandro Vinhas de Paula.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Centro Desportivo da Universidade de Ouro Preto. Departamento de Educação Física.

1. Plataformas vibratórias. 2. Vibrações estocásticas. 3. Deslocamento. 4. Aceleração. 5. Frequência de vibração. I. Paula, Leandro Vinhas de. II. Universidade Federal de Ouro Preto. III. Título.

CDU: 796



Ata da Defesa do Trabalho de Conclusão de Curso
intitulado:

“PARÂMETROS DE VIBRAÇÃO IMPOSTA EM PLATAFORMAS
VIBRATÓRIAS ESTOCÁSTICAS DE CORPO INTEIRO
UTILIZADAS EM REABILITAÇÃO E TREINAMENTO”

Aos 03 dias do mês de agosto de 2016, no bloco de salas de aula, sala 104 da Universidade Federal de Ouro Preto, reuniu-se a Banca Examinadora do Trabalho de Conclusão de Curso do (a) estudante Flávia Lourenção Silva orientada pelo (a) Prof.^(a) Leandro Vinhas de Paula. A defesa iniciou-se pela apresentação oral feita pelo (a) estudante, seguida da arguição pelos membros da banca. Ao final, os membros da banca examinadora reuniram-se e decidiram por APROVAR o (a) estudante. A média final foi de: (nota da defesa 55 + nota da disciplina 20) = total de pontos 75.

Banca examinadora:

Membro 1 - Prof. Dr. Rodrigo Pereira da Silva

Membro 2 - Prof. Dr. Everton Rocha Soares

Orientador - Prof. Ms. Leandro Vinhas de Paula

Presidente do Colegiado do curso de Educação Física- Prof. Dr. Everton Rocha Soares

Aos meus pais Leontina e Silvio pelo amor incondicional.

Aos meus irmãos Felipe e Julia pelo apoio e carinho.

AGRADECIMENTOS

À minha família, meus pais pelo cuidado e investimento, aos meus irmãos pela fé depositada. Graças a vocês tive segurança para seguir.

Ao meu orientador Profº Mestre Leandro Vinhas de Paula pela instrução e paciência em meus momentos de dificuldade.

Aos meus amigos, pelos momentos de alegrias e sustentação nos dias de tristeza. Principalmente a república Fruto Proibido.

A Isabela e Ludmila pelo carinho e amor.

Aos professores que me orientaram na jornada.

Ao corpo docente do CEDUFOP pelo conhecimento e formação.

“Se A é o sucesso, então A é igual a X mais Y mais Z.
O trabalho é X; Y é o lazer; e Z é manter a boca fechada”.

(Albert Einstein)

RESUMO

Este estudo teve como objetivo caracterizar os parâmetros de vibração imposta em uma plataforma vibratória estocástica de corpo inteiro utilizada em reabilitação e treinamento. O dispositivo *swbv* utilizado no estudo possui 6 níveis de vibração: nível 2, nível 4, nível 6, nível 8, nível 10 e nível 12 o qual possui vibrações que são geradas através da combinação de um sinal sinusoidal e um sinal ruidoso. A plataforma foi programada através de sua interface homem-máquina para executar 20 séries com duração de 20 - 30 segundos para cada um dos níveis de vibração. Em cada nível foram combinadas quatro níveis de ruído diferentes (Ruído 0, Ruído 1, Ruído 3 e Ruído 5), sendo que para cada nível de vibração e de ruído foram coletadas 5 repetições. O estudo revelou que os parâmetros de aceleração de vibração aumentam conforme o nível de vibração administrado aumenta em cada um dos eixos. No eixo superior-inferior (x) mostrou maiores valores de aceleração (A_{rms} e A_{peak}) por nível respectivamente em relação aos eixos ântero-posterior (z) e látero-lateral (y). Para a F_{peak} houve aumento de acordo com o nível de vibração administrado em cada um dos eixos superior-inferior, ântero-posterior e látero-lateral. O maior deslocamento foi identificado respectivamente nos eixos superior-inferior, ântero-posterior e látero-lateral. Sugere-se que para a prescrição de programas de reabilitação e treinamento com vibrações estocásticas os parâmetros sejam precedidos de verificação.

Palavras-chave: Plataformas vibratórias, vibrações estocásticas, frequência de vibração, deslocamento, aceleração.

ABSTRACT

The purpose of this study is to characterize the vibration parameters placed on a stochastic resonance whole body vibration platform used in rehabilitation and performance. The swbv device used in this study has 6 vibration levels: level 2, level 4, level 6, level 8, level 10 and level 12 which has vibrations that are generated by combination of a sinusoidal signal and a noisy signal. The platform was programmed through its man-machine interface to perform 20 series with the duration 20 - 30 seconds to each of the vibration levels. At each level it was combined with four different noise levels (noise 0, noise 1, noise 3, noise 5) and for each level of vibration and noise were collected 5 repetitions. The study revealed that the vibration acceleration parameters increase as the vibration level increases when placed on each axis. On the vertical axis (x) showed bigger acceleration values (A_{rms} and A_{peak}) by level respectively in relation to the anterior-posterior axis (z) and lateral (y). For F_{peak} was increased according to the level of vibration placed in each upper, anterior-posterior and lateral axis. The biggest displacement has been identified respectively in the upper, anterior-posterior and lateral axis. It is suggested that for the prescription of rehabilitation and performance programs with stochastic vibrations parameters are preceded by verification.

Keywords: vibrating platforms, stochastic vibration, vibration frequency, displacement, acceleration.

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	11
2.MÉTODOS	13
2.1. Amostra e desenho do estudo.....	13
2.2. Procedimentos	13
2.3. Processamento de dados.....	14
2.4. Análise estatística.....	15
3.RESULTADOS	16
4.DISSCUSSÃO	19
5.CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS	23

ARTIGO ORIGINAL**PARÂMETROS E VIBRAÇÃO IMPOSTA EM PLATAFORMAS VIBRATÓRIAS
ESTOCÁSTICAS DE CORPO INTEIRO UTILIZADAS EM REABILITAÇÃO E
TREINAMENTO****PARAMETERS OF VIBRATION IMPOSED ON A PLATFORM A STOCHASTIC
RESONANCE WHOLE BODY VIBRATION USED IN REHABILITATION AND
PERFORMANCE**

Flávia Lourenção Silva, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

Leandro Vinhas de Paula Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, Brasil.

Flávia Lourenção Silva

Rua Alfa, n 420, Bauxita

Ouro Preto – MG, CEP : 35400-000

Email: flavia.ufop12.1@hotmail.com

RESUMO

Este estudo teve como objetivo caracterizar os parâmetros de vibração imposta em uma plataforma vibratória estocástica de corpo inteiro utilizada em reabilitação e treinamento. O dispositivo *swbv* utilizado no estudo possui 6 níveis de vibração: nível 2, nível 4, nível 6, nível 8, nível 10 e nível 12 o qual possui vibrações que são geradas através da combinação de um sinal sinusoidal e um sinal ruidoso. A plataforma foi programada através de sua interface homem-máquina para executar 20 séries com duração de 20 - 30 segundos para cada um dos níveis de vibração com séries administradas em cada nível foram combinadas com quatro níveis de ruído diferentes (Ruído 0, Ruído 1, Ruído 3 e Ruído 5), sendo que para cada nível de vibração e de ruído foram coletadas 5 repetições. O estudo revelou que os parâmetros de aceleração de vibração aumentam conforme o nível de vibração administrado aumenta em cada um dos eixos. No eixo superior-inferior (x) mostrou maiores valores de aceleração (A_{rms} e A_{peak}) por nível respectivamente em relação aos eixos ântero-posterior (z) e látero-lateral (y). Para a F_{peak} houve aumento de acordo com o nível de vibração administrado em cada um dos eixos superior-inferior, ântero-posterior e látero-lateral. O maior deslocamento foi identificado respectivamente nos eixos superior-inferior, ântero-posterior e látero-lateral. Sugere-se que para a prescrição de programas de reabilitação e treinamento com vibrações estocásticas os parâmetros sejam precedidos pela verificação.

Palavras-chave: Plataformas vibratórias, vibrações estocásticas, frequência de vibração, deslocamento, aceleração.

ABSTRACT

The purpose of this study is characterize the vibration parameters placed on a stochastic resonance whole body vibration platform used in rehabilitation and performance. The *swbv* device used in this study has 6 vibration levels: level 2, level 4, level 6, level 8, level 10 and level 12 which has vibrations that are generated by combination a sinusoidal signal and a noisy signal. The platform was programmed through its man-machine interface to perform 20 series with the duration 20 - 30 seconds to each of the vibration levels. At each level it was combined four different noise levels (noise 0 noise 1 noise 3 noise 5) and for each level of vibration and noise were collected 5 repetitions. The study revealed that the vibration acceleration parameters increases as the vibration level increases when placed on each axis. On the vertical axis (x) showed bigger acceleration values (A_{rms} and A_{peak}) by level respectively in relation to the anterior-posterior axis (z) and lateral (y). For F_{peak} was increased according to the level of vibration placed in each upper, anterior-posterior and

lateral axis. The biggest displacement has been identified respectively in the upper, anterior-posterior and lateral axis. It is suggested that for the prescription of rehabilitation and performance programs with stochastic vibrations parameters are preceded by verification.

Keywords: vibrating platforms, stochastic vibration, vibration frequency, displacement, acceleration.

1. INTRODUÇÃO

Os dispositivos mais comuns para geração de vibrações mecânicas em seres humanos geram padrões sinusoidais de vibrações e têm sido amplamente empregados como um recurso tecnológico para reabilitação e treinamento¹. No entanto, além dos dispositivos tradicionais que geram vibrações sinusoidais de corpo inteiro (VCI), alguns programas de reabilitação e treinamento têm utilizado dispositivos capazes de gerar vibrações estocásticas de corpo inteiro (VECI) mostrando efeitos positivos sobre o controle postural, porém sem a caracterização da vibração imposta^{1,2,3}.

A exposição do corpo à vibração é a principal característica do uso de plataformas vibratórias tanto na *performance* quanto em seu uso fisioterápico. A vibração transmitida de um dispositivo de vibração de corpo inteiro (DVCI) para o organismo é o agente que provoca estresse fisiológico, sendo responsável pelas respostas morfológicas e neurais agudas e crônicas desse tipo de tecnologia¹.

A utilização de dispositivos VECI como ferramenta para reabilitação e treinamento tem sido fundamentada com base na teoria de ressonância estocástica. Basicamente, a SR é um fenômeno verificado em diversos sistemas biológicos, em que a resposta de um sinal sinusoidal fraco é otimizada na presença de um determinado nível de ruído no sistema de neural, evidenciada pela amplificação da resposta do sistema proprioceptivo^{4,5}. Adicionalmente, o treinamento com este tipo de vibrações tem sido denominado de treinamento de vibração de corpo inteiro de ressonância estocástica.

Os exercícios de vibração são praticados comumente sob plataformas oscilantes, podendo ser com ambos os pés de forma síncrona e também de uma forma lado-alternado, de modo que quando o pé direito esta com altura menor o esquerdo esta mais elevado⁶.

Há benefícios relatados em aplicações com melhoria no desempenho neuromuscular. É relatado em áreas de ciência do esporte o aumento da força muscular⁷, aumento da altura e potência do salto⁸ e ganho de flexibilidade^{9,10}; nas áreas de reabilitação e medicina, ganho de estabilidade articular¹, aumento da densidade mineral óssea^{11,12} e

também é sugerido como tratamento pós acidente vascular cerebral^{10,13} e ainda Turbanski³ e Elfering¹⁴ reportaram efeitos positivos com o uso de dispositivos VECI em pacientes com Parkinson.

Mesmo sendo a vibração a principal fonte de modificações no corpo para exercícios vibratórios (EV's) e no uso em reabilitação, existem estudos o qual evidenciam que indivíduos expostos às vibrações por períodos de tempo prolongado podem, ao longo dos anos, desenvolver danos à saúde ^{15,16}, tais como lombalgia, degeneração precoce da região lombar ^{17,18}, e também sintomas como perda da sensibilidade, dor e formigamento de membros, associados à síndrome de hand-arm vibration (HAV)¹⁹.

Com isso, além do aspecto da segurança, os efeitos provenientes do treinamento ou tratamento com vibrações mecânicas são dependentes das características do estímulo imposto. Apesar disso, pouco se conhece acerca dos parâmetros da vibração gerada pela SWBV Rauch¹² propuseram recomendações para reportar estudos de intervenção com o uso de WBV. Dentre as variáveis relacionadas ao dispositivo VCI que devem ser relatados, estão os detalhes técnicos comerciais do dispositivo, o tipo de vibração gerada, a frequência da vibração (número de ciclos de oscilação por segundo, em Hz), o deslocamento pico a pico (mm), aceleração de pico (maior valor de aceleração, em $m.s^{-2}$), e média (raiz quadrada da média dos quadrados dos valores de aceleração – *Root Mean Square Acceleration* (RMS), em $m.s^{-2}$).

Para análise dos potenciais efeitos das vibrações ao corpo existe a necessidade da caracterização desses dispositivos, o qual é realizado através dos parâmetros da vibração mecânica e estímulos vibratórios oferecidos por uma plataforma VCI. Assim, o conhecimento dos parâmetros vibratórios pode auxiliar profissionais durante o planejamento dos EV's, controle e segurança no uso dessa tecnologia.

Os parâmetros de cada vibração interferem diretamente na resposta fisiológica e são expressos pela magnitude que é o parâmetro mais importante nas oscilações, pois é indicada pela aceleração, a qual é calculada em função de outros dois parâmetros amplitude e frequência das vibrações¹⁰. A aceleração é determinada pela amplitude e pela frequência das oscilações, sendo reportada em metros por segundo ao quadrado ou em relação ao número de vezes que supera a aceleração gravitacional (g)¹⁵; a qual pode ser calculada através do acelerômetro, instrumento mais comum de medição. A amplitude que se refere à quantidade de deslocamento entre as oscilações é calculada como sendo a metade da diferença entre o maior e o menor valor de deslocamento durante a oscilação em mm ⁹. E a frequência de vibração reportada como o número de vezes em que o ciclo

completo do movimento oscilatório de um corpo se repete durante o período de um segundo¹⁰.

As análises da aceleração *Root Mean Square Acceleration (Arms)* taxa média de variação de velocidade durante um ciclo de oscilação, aceleração de pico (*Apeak*) taxa máxima de mudança de velocidade durante uma oscilação no ciclo, frequência de pico (*Fpeak*) taxa de repetição dos ciclos de oscilação e deslocamento (*D*) sinônimo de pico a pico da amplitude¹², são comumente utilizados para caracterização da magnitude das oscilações vibratórias dos DVCI.

O conhecimento dos parâmetros de vibração são importantes para prescrição de EV's, assim como a verificação da consistência dos diferentes níveis e eixos das acelerações. A análise da confiabilidade da aceleração dos dispositivos VCI utilizados é uma tarefa fundamental para verificação da consistência dos diferentes níveis de aceleração.

Considerando o melhor de nosso conhecimento, a determinação de tais parâmetros ainda não foi realizada em dispositivos SWBV, de forma satisfatória. Além disso, para a prescrição de programas de reabilitação e treinamento deve ser precedida pela verificação da magnitude da vibração imposta por estes equipamentos. O objetivo deste estudo foi caracterizar o estímulo vibratório fornecido por uma plataforma vibratória estocástica utilizada na reabilitação e treinamento desportivo.

2. MÉTODOS

2.1. Amostra e desenho do estudo

Este é um estudo do tipo descritivo e experimental de um dispositivo SWBV. A amostra compreende ao número de séries de aceleração registradas (20 séries/ nível de vibração) para cada um dos 6 níveis de vibração, totalizando 120 séries.

2.2. Procedimentos

Neste estudo foi utilizado um dispositivo SWBV (SRT Zeptor training PLUS NOISE®, Germany) que gera vibrações estocásticas nas direções superior-inferior, ântero-posterior e látero-lateral (“x”, “y”, e “z”, respectivamente) em superfícies separadas, com capacidade

máxima de carga de 150 Kg (Figura 1). A plataforma *swbv* possui 6 níveis de vibração: nível 2, nível 4, nível 6, nível 8, nível 10 e nível 12. As vibrações estocásticas são geradas através da combinação de um sinal sinusoidal e um sinal ruidoso (randômico)³.

Para a medição da magnitude da vibração imposta, foi fixado um acelerômetro triaxial, conectado a um sistema de aquisição de sinais (ME6000T8 Biomonitor System de oito canais, MEGA Eletronics, Kuopio, Finlândia) ao centro do assoalho de uma das duas superfícies da *swbv* (Figura 1).

A plataforma foi programada através de sua interface homem-máquina (Figura 1) para executar 20 séries com duração de 20 - 30 segundos para cada um dos níveis de vibração. As séries administradas em cada nível foram combinadas com quatro níveis de ruído diferentes (Ruído 0, Ruído 1, Ruído 3 e Ruído 5), sendo que para cada nível de vibração e de ruído foram coletadas 5 repetições. A aceleração ($m.s^{-2}$) nos diferentes níveis de vibração e ruído foi mensurada a uma taxa de amostragem de 1 KHz e sem carga sobre a *swbv* durante os experimentos.

2.3. Processamento de dados

Os dados de acelerometria foram filtrados com um filtro Butterworth, 4ª ordem rejeita-faixa de 59 – 61Hz. Em seguida foram quantificadas a aceleração (Formula 1) foi computada como raiz quadrada da média dos quadrados dos valores de aceleração aceleração de pico (A_{peak} , Formula 2) nos eixos superior-inferior (“x”), látero-lateral (“y”) e antero-posterior (“z”) para cada nível de vibração:

$$Arms = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (1)$$

$$A_{peak} = Arms * \sqrt{2} \quad (2)$$

Para a determinação da frequência de pico de vibração (F_{peak}) foi aplicada uma transformada rápida Fourier (FFT). O deslocamento médio (D , formula 3) observado nos diferentes eixos foi determinado por meio da seguinte relação citada em (Rauch et al., 2010):

$$D = \frac{A_{peak}}{(2\pi^2 F_{peak}^2)} \quad (3)$$

As análises foram realizadas utilizando o software Matlab®, versão 2012 (Mathworks, Natick, USA).



Figura 1. (A) Superfícies da swbv; (B) Interface homem-máquina; (C) Local de fixação do acelerômetro triaxial.

2.4. Análise estatística

Os valores de Arms, Apeak e Fpeak e D para cada nível proposto foram descritos em forma de média e desvio padrão. Para verificar a confiabilidade das respostas obtidas foi quantificado o coeficiente de variação (desvio padrão / média * 100). As variáveis foram classificadas conforme Sampaio (2010) como: 0 – 15% baixa instabilidade relativa, entre 15,1% - 25% instabilidade moderada, acima de 25,1% alta instabilidade). Para as análises foi empregado o software estatístico R, versão 3.1.2.

3. RESULTADOS

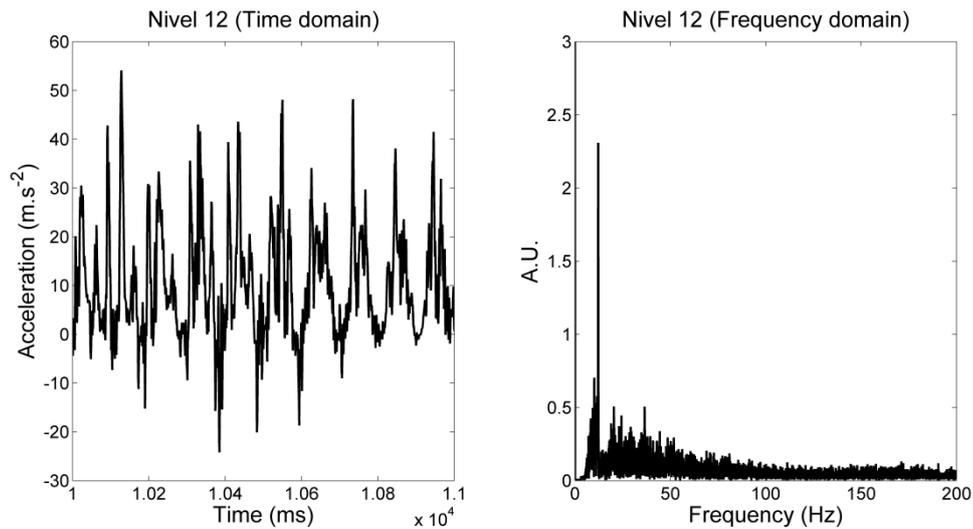


Figura 2. Magnitude da vibração para os (A) domínios do tempo [Aceleração (dm.s^{-2}) vs. Tempo (ms)] e (B) frequência [Unidades arbitrárias vs. Frequência (Hz)].

A Figura 3 e tabela 1 mostram os valores de Arms obtidos (média \pm desvio padrão) nos ensaios. Os valores de Arms oscilaram aproximadamente de $1g$ e $2g$ ($g=9,81 \text{ m.s}^{-2}$) no eixo “x” do nível 1 ao nível 12, até $1,2g$ para o eixo “z” e menores que $0,28g$ para o eixo “y”. O cálculo do CV% para a variável Arms mostrou uma baixa instabilidade relativa para todos os eixos.

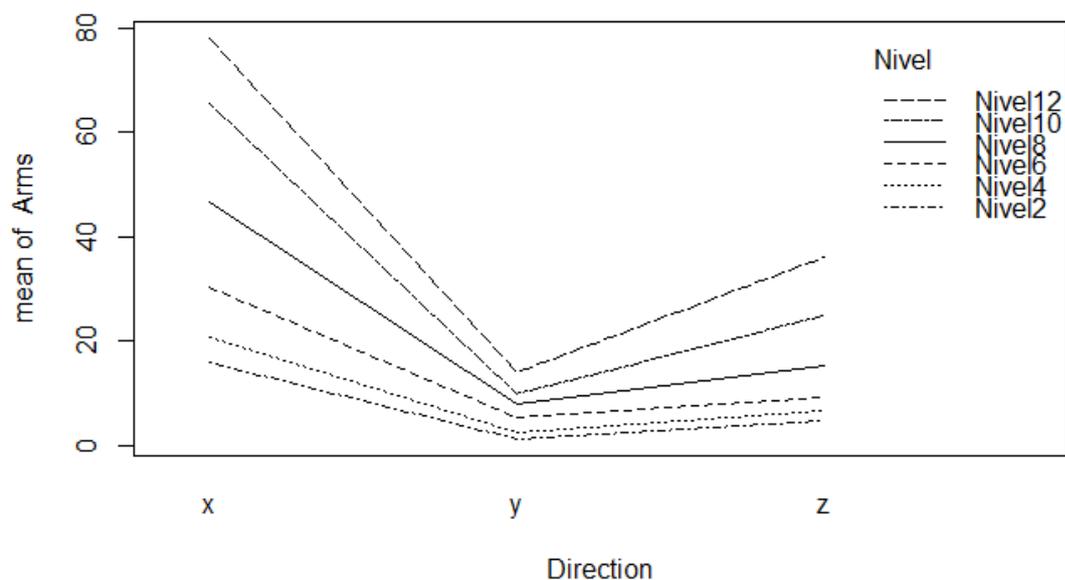


Figura 3. Valores médios de Arms (m.s^{-2}) relativos ao nível e direção de vibração.

Tabela 1. Valores de aceleração média (Arms) em $m.s^{-2}$ (Média±Desvio Padrão) e coeficiente de variação - CV (%) para cada eixo.

Nível/Eixo	Eixo X	CV _x (%)	Eixo Y	CV _y (%)	Eixo Z	CV _z (%)
Nível 2	9,95±0,02	0,201	0,62±0,92	148,39	1,71±0,10	5,848
Nível 4	10,08±0,05	0,496	0,59±0,05	8,475	2,43±0,21	8,642
Nível 6	10,44±0,07	0,670	1,40±0,20	14,28	3,68±0,28	7,609
Nível 8	11,73±0,36	3,069	1,59±0,14	8,805	5,88±0,51	8,673
Nível 10	13,93±1,06	7,609	2,82±4,34	153,90	8,48±1,05	12,38
Nível 12	17,05±1,36	7,976	2,33±0,17	7,266	11,50±0,89	7,73

A tabela 2 mostra para cada nível e eixo a Apeak obtida (média±desvio padrão) bem como a instabilidade relativa da variável (CV%). A variável Apeak variou progressivamente a cada nível entre 1,64g a 7,96g, entre aproximadamente 0,5g e 3,7g para o eixo “z” e semelhante à variável Arms para o eixo “y” (0,23g). Após o cálculo do CV% foi verificado uma oscilação de 7,845% a 34,89% para a variável Apeak.

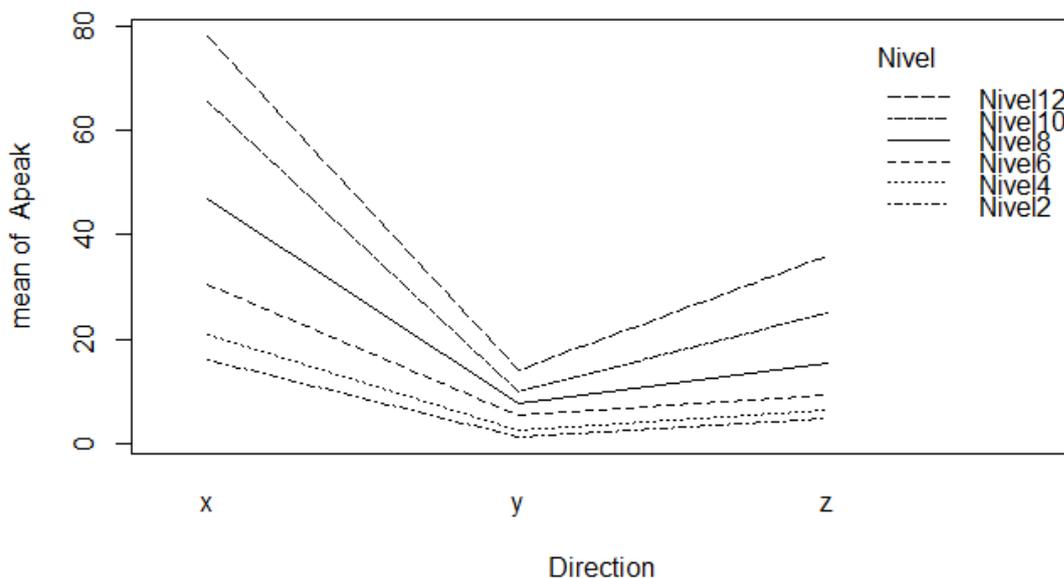


Figura 4. Aceleração de pico ($m.s^{-2}$) para o nível e direção de vibração.

Tabela 2. Aceleração de pico (Apeak) em $m.s^{-2}$ (Média±Desvio Padrão) e coeficiente de variação - CV (%) para cada eixo.

Nível/Eixo	Eixo X	CV _x (%)	Eixo Y	CV _y (%)	Eixo Z	CV _z (%)
Nível 2	16,12±1,50	9,305	1,29±0,25	19,38	4,84±0,45	9,297
Nível 4	20,85±2,34	11,22	2,45±0,80	32,653	6,56±0,74	11,28
Nível 6	30,50±2,61	8,557	5,33±1,86	34,897	9,25±1,04	11,24
Nível 8	46,78±3,67	7,845	7,84±1,58	20,153	15,34±2,04	13,29
Nível 10	65,61±6,70	10,21	9,90±1,69	17,071	25,07±4,87	19,42
Nível 12	78,09±16,17	20,70	14,12±2,44	17,28	36,11±4,92	13,62

Os valores de F_{peak} (média±desvio padrão) são relatados na tabela 3 e na figura 5 para os respectivos níveis de vibração. A F_{peak} variou progressivamente a cada nível e em cada um dos eixos. O CV% variou de 8,55% a 34,89% para a variável F_{peak} mostrando que dependendo do nível administrado baixa, moderada e elevada instabilidade de medida.

Por fim, o deslocamento pico-a-pico expresso em termos de média (desvio-padrão) nos eixos superior-inferior, ântero-posterior e látero-lateral foram respectivamente de 4,01(3,23) mm (CV = 80,54%), 3,29(1,82) mm (CV = 55,31%) e 1,59(1,11) mm (CV = 69,81%).

Tabela 3. Frequência de pico (F_{peak}) em Hz para os níveis de vibração (Média±Desvio Padrão) e coeficiente de variação - CV (%) para cada eixo.

Nível/Eixo	Eixo X	CV _x (%)	Eixo Y	CV _y (%)	Eixo Z	CV _z (%)
Nível 2	3,14±0,70	22,29	9,38±2,48	26,43	2,43±0,31	12,75
Nível 4	4,27±0,05	1,170	7,53±2,42	32,13	5,17±4,74	91,68
Nível 6	6,36±0,04	0,628	9,53±0,03	0,314	6,00±0,51	8,5
Nível 8	8,48±0,04	0,471	11,14±2,02	18,13	7,63±0,73	9,567
Nível 10	10,54±0,49	4,648	11,67±2,21	18,93	9,36±0,99	10,57
Nível 12	12,25±0,07	0,571	12,20±1,58	12,95	10,67±0,74	6,935

Figura 5. Frequência de pico (Hz) obtida para cada nível e direção de vibração.

4. DISCUSSÃO

O objetivo principal desse estudo foi caracterizar os parâmetros vibratórios de um DVCI estocástico utilizado em treinamento e reabilitação. Os parâmetros de vibração de aceleração observados na caracterização aumentam à medida que o nível de vibração administrado aumenta em cada um dos eixos. O eixo superior-interior (x) mostrou maiores valores de aceleração (A_{rms} e A_{peak}) por nível respectivamente em relação aos eixos ântero-posterior (z) e látero-lateral (y). A F_{peak} também aumentou de acordo com o nível de vibração administrado. O maior deslocamento foi identificado em sequência nos eixos superior-inferior, ântero-posterior e látero-lateral.

Na análise da confiabilidade, o coeficiente de variação (CV%), mostrou que os parâmetros A_{rms} apresentaram no eixo "x" baixa instabilidade (0 – 15%), no eixo "y" baixa instabilidade (0 – 15%), exceto para os níveis 2 e 10 alta instabilidade da resposta medida (acima de 25%) e no eixo "z" baixa instabilidade (0 – 15%); para A_{peak} no eixo "x" moderada instabilidade (15,1 – 25%) e alta instabilidade (acima de 25%), eixo "y" moderada instabilidade (15,1 – 25%) e alta intensidade (acima de 25%) e eixo "z" baixa instabilidade (0 – 15%) e moderada instabilidade (15,1 – 25%); para F_{peak} eixo "x", baixa instabilidade (0 – 15%) e moderada instabilidade (15,1 – 25%) e eixos "y" e "z" baixa instabilidade (0 – 15%), moderada instabilidade (15,1 – 25%) e alta instabilidade (acima de 25%). Sendo que a grande variação dos valores CV% devido ao ruído imposto nos ensaios.

Foi observado no estudo que para a A_{rms} , na direção vertical no eixo x o aumento foi crescente entre os níveis do menor ao maior (2 a 12). Na mesma condição sem carga com outro DVCI, sinusoidal, PeI^{20} , relata que a A_{rms} no mesmo eixo (x) apresentou aumento crescente entre todos os níveis (s1 a s9) sem variações significativas entre níveis.

Por outro lado, para o eixo látero-lateral, PeI^{20} apresentou valores crescentes entre os níveis e com maiores escores maiores que o presente estudo (s1 a s9, 1,5g a 3,3g). Além disso, os níveis de aceleração são muito baixo comparados ao eixo superior-inferior na plataforma vibratória estudada. No eixo ântero-posterior, os valores absolutos entre os níveis também seguiram a lógica de incremento da A_{rms} a cada nível. Adicionalmente, quando contrastado com PeI^{20} , apresentou também escores maiores que o experimento realizado. Possivelmente, essas características são devidas às características técnicas de cada um dos dispositivos, divergindo quanto aos parâmetros de vibração tendo em vista o público alvo dos mesmos.

De forma geral, PeI^{20} , na condição sem carga relataram maior A_{rms} no eixo látero-lateral possivelmente justificado dado o aumento da frequência (Hz). Nesse sentido, o

aumento progressivo observado em cada nível para Arms e Apeak também pode ser explicado também pelo aumento progressivo da Fpeak, especialmente no eixo superior-inferior da plataforma.

Vasconcelos²¹ relata na caracterização e comparação da magnitude vibratória (dispositivo sinusoidal) da aceleração nos três eixos de orientação, com a administração de cargas observou-se diferenças significativas entre os eixos vertical (x) para com os eixos anteroposterior e lateral (y e z) durante a exposição à VCI para quando mensurada a aceleração sobre o tornozelo, joelho, coluna lombar e cabeça, em concordância com o experimento de Pel²⁰.

No entanto, o deslocamento médio pico a pico da plataforma SWBV na direção do eixo superior-inferior 4 mm, ântero-posterior 3 mm e látero-lateral 1,59 mm, mostrou maior deslocamento em todos os eixos (\approx 0,4 a 1,8 mm superior) quando comparado aos dispositivos sinusoidais utilizado por Pel²⁰.

Sobre o tipo de vibração e dispositivos do estudo (estocástico), Manninem²², relata que os efeitos da vibração estocástica diferenciam-se daqueles com vibrações sinusoidais, apresentando que, a vibração sinusoidal na direção vertical eixo (x) afeta as funções do corpo humano de uma maneira diferente de vibrações estocásticas na mesma direção, o que pode ser justificada pelo sinal estocástico ser definido com a característica não-linear¹⁴.

Haas² avaliaram o controle postural em pacientes com Parkinson após aplicar exercícios com vibrações estocásticas, utilizando um sensor de aceleração bidimensional de vibrações e relatou deslocamento de no eixo "y" de 3 mm e frequência de 6 Hz, colaborando com outros estudos e com o presente estudo. Contudo, estes autores não reportaram todos os parâmetros de vibração em todos os eixos como realizado neste estudo.

Para o mesmo dispositivo de vibração utilizado Turbanski³, em estudo de controle postural em indivíduos com Parkinson, relatou um deslocamento apresentado pelo dispositivo no superior-inferior com 3 mm, em concordância com nossos achados para o mesmo eixo, porém para a frequência de 6 Hz não é relatada a direção, sendo neste estudo a frequência de 6 Hz caracterizada para o nível 6 no eixo "x". No mesmo estudo, Turbanski³ aponta haver diferenças entre as direções antero -posterior e medial- lateral de deslocamento na plataforma, mas não relata esses valores.

Elfering¹⁴ em análise dos efeitos agudos sob a exposição de vibrações estocásticas, utilizando um dispositivo SWBV a uma frequência de 2 Hz com nível de ruído 0, difere dos valores encontrados neste estudo, quais demonstraram uma frequência para todos os eixos

("x", "y" e "z") superiores a 2Hz, já comparado com uma frequência de 6 Hz com nível de ruído 4, está de acordo com os achados para o nível 6 no eixo "x".

Gabner²³ em outro estudo controlado sobre a doença de Parkinson ao tratar de vibrações estocásticas de corpo inteiro utilizou dispositivos semelhante a esse estudo. Os autores relataram em acordo com os achados deste estudo, uma frequência de 6 Hz e um deslocamento de 3mm. Entretanto, além de não efetuar a caracterização dos parâmetros via medição da aceleração, não é reportada a direção e o sentido destes parâmetros, diferindo do nosso estudo. Em estudo posterior, Haas²⁴ avaliou o desempenho proprioceptivo em acometido pela doença de Parkinson após administrar exercícios vibratório com o mesmo dispositivo utilizado neste estudo, empregando a frequência de 6 Hz, em acordo com Gabner²³ e com os parâmetros de vibração quantificados nos experimentos.

Rogan²⁵, na verificação da viabilidade e os efeitos da aplicação da vibração estocástica de corpo inteiro em idosos destreinados, utilizou o mesmo dispositivo VECI empregado nesse estudo reportando frequências de 1 Hz e 5 Hz, sem classificar o eixo (x, y e z) da frequência de vibração ou utilizar acelerômetros para caracterização dos parâmetros de vibração. Esse estudo segue em desacordo ao experimentos realizados sendo que a caracterização do mesmo modelo de plataforma VECI não reportou valores de 1 Hz para nenhum dos níveis e eixos, sendo caracterizado o menor valor de frequência para o nível 2 no eixo "z" (2,43 Hz); já para o valor de frequência de 5 Hz, só foi apresentado para o nível 4 e eixo "z" (5,17 Hz). Isso implica que a prescrição é passível de incongruências, uma vez que os valores não são apresentados de forma correta e coerente aos parâmetros de vibração e não são reportados em cada um dos nos níveis e eixos.

É identificado como limitação do trabalho a não utilização de carga imposta sobre a plataforma que pode afetar os parâmetros de vibração conforme reportado por Pel²⁰ para medição dos parâmetros e a não medida de confiabilidade interdias. Estudos futuros devem empregar outros modelos de plataformas tanto sinusoidais como estocásticos, a análise da confiabilidade entre dias dos valores dos parâmetros e a análise dos parâmetros na condição com carga.

5. CONCLUSÃO

Recomenda-se que os estudos com vibrações estocásticas reportem a Arms e Apeak, algo não identificado nos estudos já realizados.

A Fpeak aumentou de acordo com o nível de vibração administrado em cada um dos eixos superior-inferior, ântero-posterior e látero-lateral em acordo com trabalhos anteriores. O maior deslocamento foi identificado em sequência nos eixos superior-inferior, ântero-posterior e látero-lateral diferindo dos valores esperados em protocolos de trabalhos já executados.

REFERÊNCIAS

- ¹ Rittweger J. Vibration as an exercise modality: how it may work, and what its potential might be. *Europ Jorunal Appl Physiology*. 2010;108:877–904.
- ² Haas,T,C.; Turbanski, S.; Schmidtbleicher, D. Postural control training in parkinson's disease. *Isokinetics and Exercise Science*. 2004; 12 :11–40.
- ³ Turbanski S, Haas CT, Schmidtbleicher D. Effects of whole-body vibration on postural control in Parkinson's disease. *Research in Sports Medicine*. 2005;13:243-256.
- ⁴ Cordo P, Inglis JT, Verschueren S, Collins JJ, Merfeld DM, Rosenblum S, Buckley S, Moss F. Noise in human muscle spindles. *Nature*. 1996;383:769–770.
- ⁵ Martínez L, Perez T, Mirasso RC, Manjarrezl E. Stochastic resonance in the motor system: effects of noise on the monosynaptic reflex pathway of the cat spinal cord. *Journal Neurophysiol*. 2007;97:4007–4016.
- ⁶ Cardinale, M. and Rittweger, J. Vibration exercise makes your muscles and bones stronger: fact or fiction? *Journal of the British Menopause Society*. 2006; 12, 12-18.
- ⁷ Marín JP, Rhea RM. Effects of vibration on muscle strength: a meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2010;24(2).
- ⁸ Bosco C, Colli R, Introiini E, et al. Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure. *Clinical Physiology*. 1999;19(2):183-187.
- ⁹ Cardinale M, Bosco C. The use of vibration as an exercise intervention. *Rev Exercise Sport Science*. 2013;31(1):3–7.
- ¹⁰ Batista BAM. Efeitos agudos e crônicos das combinações dos treinamentos de força e vibração sobre o desempenho neuromuscular e a excitabilidade das vias reflexas. (Tese de Doutorado Escola de Educação física e esporte) São Paulo (SP): Universidade de São Paulo; 2010.
- ¹¹ Verschueren MPS, Roelants M, Delecluse C, Swinnen S, Vanderschuren D, Boonen S. Efeito do Treino de Vibração de Corpo Inteiro durante 6 Meses na Densidade da Anca, Força Muscular e Controlo Postural das Mulheres Pós Menopausa. *Journal of bone and mineral research*. 2004;19(3).
- ¹² Rauch F, Sievanen H, Boonen S, Cardinale M, Degens H, et al. Reporting whole-body vibration intervention studies recommendations of the International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions. *Journal of Musculoskeletal and Neuronal Interactions*. 2010;10(3):193-198.

- ¹³ Van Nes, I,J,W.; Geurts A,C,H.; Hendricks H,T.; Duysens J. Short-term effects of whole-body vibration on postural control in unilateral chronic stroke patients: Preliminary evidence. *Am J Phys Med Rehabil* 2004;83:867–873.
- ¹⁴ Elfering A, Zahno J, Taeymans J, Blasimann A, Radlinger L. Acute effects of stochastic resonance whole body vibration. *World Journal of Orthopedics*.2013;4:291-298.
- ¹⁵ Batista, M. A. B.; Wallerstein, L. F.; Dias, R. M.; Silva, R. G.; Ugrinowitsch, C.; Tricoli, V. Efeitos do Treinamento com Plataformas Vibratórias R. bras. Ci e Mov. 2007; 15(3): 103-113
- ¹⁶ Junior GE, Baroni MB, Vaz AM. Efeitos do exercício com vibração corporal total sobre o sistema neuromuscular: uma breve revisão. *Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício*. 2012;36(6):612-622.
- ¹⁷ Sampaio, M,B,I.Estatística aplicada a experimentação animal. Editora escola de veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais. 3. Ed. 2010.
- ¹⁸ Silva L.F, Mendes R. Exposição combinada entre ruído e vibração e seus efeitos sobre a audição de trabalhadores. *Rev. Saúde Pública*. 2005;39(1).
- ¹⁹ Bernard PB. Hand-Arm Vibration Syndrome (Abstract). *Musculoskeletal disorders and workplace factors*. Public health servisse EUA: 1997, p.5.
- ²⁰ Pel JJM, Bagheribi J, Van Damm LM, Van Den Berg-Emons HJG, Horemans HLD, et al. Platform accelerations of three different whole-body vibration devices and the transmission of vertical vibrations to the lower limbs. 2009:1-8.
- ²¹ Vasconcellos, P,R.; Schutz, R,G.; Santos, G,S. A interferência da posição corporal na transmissibilidade vibratória durante o treinamento com plataforma vibratória. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Humano*. 2014;16(6):597-607.
- ²² Manninem O. Bioresponses in men after repeated exposures to single and simultaneous sinusoidal or stochastic whole body vibrations of varying bandwidths and noise. *Int Arch Occup Environ Health*. 1986;57:267-295.
- ²³ Gabner, H.; Janzen, A.; Schwirtz, A.; Jansen, P. Random whole body vibration over 5 weeks leads to effects similar to placebo: a controlled study in parkinson's disease., Hindawi Publishing Corporation. 2014; Article ID 386495.
- ²⁴ Haas,T,C.; Buhlmann, A.;Turbanski, S.; Schmidtbleicher, D. Proprioceptive and sensorimotor performance in parkinson's disease. *Research in Sports Medicine*. 2006; (14): 273 –287.

²⁵ Rogan S.; Radlinger, L.; Schmidtbleicher, D.; BIE, R.A.; Bruin, E.D. Feasibility and effects of applying stochastic resonance whole-body vibration on untrained elderly: a randomized crossover pilot study. *BMC Geriatrics*. 15(25):1-8. 2015.

Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano – Diretrizes para Autores. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/rbcdh/article/view/5433/11482>. Acesso em julho de 2016.