

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Daniel Affonso Vasconcelos

**INFLUÊNCIA DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM UMA HABILIDADE
COGNITIVA DE RACIOCÍNIO EM ADULTOS JOVENS**

Belo Horizonte
2023

Daniel Affonso Vasconcelos

**INFLUÊNCIA DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM UMA HABILIDADE
COGNITIVA DE RACIOCÍNIO EM ADULTOS JOVENS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de mestre em Engenharia Mecânica.

Orientadora: Maria Lúcia Machado Duarte

Coorientador: Lázaro Valentim Donadon

Belo Horizonte
2023

V331i Vasconcelos, Daniel Affonso.
Influência da vibração de corpo inteiro em uma habilidade cognitiva de raciocínio em adultos jovens [recurso eletrônico] / Daniel Affonso Vasconcelos . - 2023.
1 recurso online (111 f. : il., color.) : pdf.

Orientadora: Maria Lúcia Machado Duarte.
Coorientador: Lázaro Valentim Donadon.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia.

Anexos: f. 83-111.

Bibliografia: f. 74-82.
Exigências do sistema: Adobe Acrobat Reader.

1. Engenharia mecânica - Teses. 2. Vibração - Teses. 3. Testes de vibração - Teses. 4. Cognição - Teses. 5. Raciocínio - Teses. I. Duarte, Maria Lúcia Machado. II. Donadon, Lázaro Valentim. III. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Engenharia. IV. Título.

CDU: 621 (043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
ESCOLA DE ENGENHARIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA

FOLHA DE APROVAÇÃO

“INFLUÊNCIA DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO EM UMA HABILIDADE COGNITIVA DE RACIOCÍNIO EM ADULTOS JOVENS”

DANIEL AFFONSO VASCONCELOS

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, constituída pelos Professores: Dr^a. Maria Lúcia Machado Duarte (Orientadora – Departamento de Engenharia Mecânica/UFMG), Dr. Lázaro Valentim Donadon (Coorientador – Departamento de Engenharia Mecânica/UFMG), Dr. Oscar Ricardo Sandoval Rodriguez (Departamento de Engenharia Mecânica/UFMG), Dr. Ricardo Queiroz Guimarães (Hospital de Olhos de Minas Gerais) e Dr. Mario Bernardo Filho (Universidade do Estado do Rio de Janeiro/UERJ), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de "**Mestre em Engenharia Mecânica**", na área de concentração de "**Bioengenharia**".

Dissertação aprovada no dia 27 de janeiro de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Maria Lucia Machado Duarte, Professora do Magistério Superior**, em 03/02/2023, às 19:10, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lazaro Valentim Donadon, Professor do Magistério Superior**, em 09/02/2023, às 18:51, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Oscar Ricardo Sandoval Rodriguez, Professor do Magistério Superior**, em 10/02/2023, às 14:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Queiroz Guimaraes, Usuário Externo**, em 09/03/2023, às 15:27, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Mario Bernardo Filho, Usuário Externo**, em 17/03/2023, às 13:45, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2048949** e o código CRC **9977D1BD**.

AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa que permitiu minha dedicação integral aos estudos e à pesquisa, bem como realizar viagens para apresentação de congressos.

À minha orientadora Dra. Maria Lúcia Machado Duarte pela orientação, compartilhamento de conhecimentos acadêmicos como escrita nos rigores acadêmicos, métodos de aquisição e tratamento de dados, ajuda na coleta de dados e a encontrar voluntários para a pesquisa.

A meu coorientador Dr. Lázaro Valentim Donadon, pela orientação, e grande ajuda durante a coleta de dados, com suas horas de dedicação a meu lado no laboratório, as vezes até em finais de semana, trabalhando como controlador do sistema vibracional e pela sua confecção do mesmo, e também pelas trocas e movimentação de pesados equipamentos de laboratório.

Ao Prof. Dr. Jorge Alexandre Neves, pela inestimável ajuda com relação a uma análise estatística mais avançada, que foi fundamental para a conclusão de toda a pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais, a seus funcionários na figura da Marina, pela disposição em ajudar os discentes sempre que necessário a resolver problemas e dúvidas de forma humana e acolhedora e com um senso de rapport e tato social raro nos dias de hoje.

Aos voluntários que foram muitos para serem mencionados individualmente, mas que disponibilizaram horas de suas vidas respondendo formulários, e participando da pesquisa em si sem esperar nada em troca, apenas pelo bem da ciência.

RESUMO

Neste trabalho foram investigados os efeitos das vibrações de corpo inteiro (VCI) na cognição humana em uma tarefa de raciocínio. Foram realizados testes em 40 voluntários, 28 homens e 12 mulheres em uma plataforma vibratória. Foi utilizado um aplicativo de treinamento cognitivo que consistia em um jogo desenvolvido para se testar o raciocínio e que fornecia pontuação, precisão e tempo de reação como métricas de desempenho ao final de cada partida. As frequências utilizadas como parâmetro foram 5 e 30 Hz, conhecidas na literatura como causadoras de efeitos negativos e positivos na cognição humana de forma geral, respectivamente. As amplitudes utilizadas foram de 0,5 e 1,2 m/s² e a combinação dessas duas acelerações com as duas frequências configuravam um total de 4 parâmetros vibratórios. Os 40 voluntários foram divididos em 4 grupos de 10 pessoas, sendo 7 homens e 3 mulheres em cada, e todos eles foram submetidos às 4 combinações de parâmetros, porém em ordem diferente em cada grupo, para que fosse investigado se o momento de exposição de diferentes parâmetros vibracionais, causaria alguma diferença. Além das 4 etapas com vibração, houve 2 etapas de controle, uma antes das etapas com vibração e uma depois, para se testar eventuais efeitos residuais e minimizar a influência do aprendizado com relação ao jogo cognitivo. Foram feitos dois tipos de análise estatísticas, uma análise descritiva, com uso de gráficos e uma análise multivariada. As análises descritivas mostraram diferenças não significativas entre o desempenho de homens e mulheres, entre frequências e entre amplitudes, e com relação ao momento de exposição de cada parâmetro. O desempenho dos voluntários mostrou uma tendência a ser superior na etapa final de controle em relação à inicial também de controle, e isso pode ser atribuído a um fator de aprendizado dos voluntários encontrado na análise multivariada.

Palavras-chave: Vibração de Corpo Inteiro. Cognição. Raciocínio.

ABSTRACT

In this work, effects of whole-body vibrations on human cognition were investigated regarding the reasoning process. Forty volunteers, 28 men and 12 women were tested on a vibrating platform by playing a game that was part of a cognitive training app. The app uses points, precision, and reaction time as a score system for individual performance evaluation. The frequency values used as parameters were 5 and 30 Hz, values that appear often in literature as negative and positive regarding human cognition, respectively. The acceleration values were 0.5 and 1.2 m/s² and the combination of the two frequency values mentioned with these two accelerations created four parameters of vibration. The 40 volunteers were divided into 4 groups of 10 people, being 7 men and 3 women in each one, but every person was exposed to all the parameters. It was the order of exposure that changed among the groups. The experiment was composed of six stages in total; the first and last ones were control stages with null values of vibration from the platform, the 4 stages with vibration were in between the control ones. The objective was to determine eventual residual effects and to minimize one possible influence of a learning effect regarding the cognitive game. Two statistical analyses were performed, one descriptive, with the use of graphs, and another one multilevel. The analysis of the experiment showed very little difference in performance between men and women, regarding vibration parameters and the stage of exposure. The most prominent effect could be attributed to a learning effect that was found in the multilevel analysis as the most significant factor.

Keywords: Whole-body Vibration. Cognition. Reasoning

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Eixos basicêntricos do corpo humano	21
Figura 2: Interface do jogo solitário do aplicativo Neuronation	31
Figura 3: Plataforma Vibratória	33
Figura 4: Detalhe da plataforma e níveis do tipo bolha	34
Figura 5: 1 Plataforma de testes com os sensores acoplados, 2 Acelerômetro de assento, 3 Excitador eletrodinâmico, 4 Computador e placa de aquisição, 5 Amplificador de potência, 6 Condicionador de sinais e 7 Medidor Maestro	35
Figura 6: Interface do programa ControlDesk	37
Figura 7: Diagrama de blocos do sistema de controle	37
Figura 8: Pontuação de homens e mulheres	43
Figura 9: Precisão Homens e Mulheres	44
Figura 10: Tempo de Reação homens e mulheres	45
Figura 11: Pontuação por frequência	45
Figura 12: Precisão por frequência	46
Figura 13: Tempo de reação por frequência	46
Figura 14: Pontuação por amplitude	47
Figura 15: Precisão por aceleração	47
Figura 16: Tempo de reação por aceleração	48
Figura 17: Pontuação a 5 Hz e 0,5 m/s ²	49
Figura 18: Pontuação a 5 Hz e 1,2 m/s ²	49
Figura 19: Pontuação para 30 Hz e 0,5 m/s ²	50
Figura 20: Pontuação 30 Hz e 1,2 m/s ²	51
Figura 21: Precisão a 5 Hz e 0,5 m/s ²	52
Figura 22: Precisão a 5 Hz e 1,2 m/s ²	52
Figura 23: Precisão a 30 Hz e 0,5 m/s ²	53
Figura 24: Precisão a 30 Hz e 1,2 m/s ²	53
Figura 25: Tempo de reação a 5 Hz e 0,5 m/s ²	54
Figura 26: Tempo de reação a 5 Hz e 1,2 m/s ²	54
Figura 27: Tempo de reação a 30 Hz e 0,5 m/s ²	55
Figura 28: Tempo de reação a 30 Hz e 1,2 m/s ²	55
Figura 29: Pontuação por etapa	56
Figura 30: Precisão por etapa	57

Figura 31: Tempo de reação por etapa	58
Figura 32: Relato de dificuldade entre etapas T5 e T0	59
Figura 33: Relatos de dificuldade T5 e T0 do Grupo A	59
Figura 34: Relatos de dificuldade T5 e T0 do Grupo B	60
Figura 35: Relatos de dificuldade T5 e T0 do Grupo C	60
Figura 36: Relatos de dificuldade T5 e T0 do Grupo D	61
Figura 37: Pontuação e relato de dificuldade dos voluntários	62
Figura 38: Pontuação e relato de desconforto dos voluntários	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Escala subjetiva de dificuldade	29
Tabela 2: Escala subjetiva de desconforto	29
Tabela 3: Descrição dos parâmetros por grupo de voluntários	30
Tabela 4: Média e Desvio Padrão de características dos voluntários	32
Tabela 5: Escala subjetiva de dificuldade entre T0 e T5 (sem vibração)	39
Tabela 6: Estimativas do modelo multinível	69

LISTA DE SIGLAS

GRAVI_{sh}: Grupo de Acústica e Vibrações em seres humanos

ISO: *International Organization for Standardization*

TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais

VCI: Vibração de Corpo Inteiro

VMB: Vibração de Mãos-e-Braços

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 Considerações iniciais e relevância do estudo	14
1.2 Motivação do trabalho	16
1.3 Objetivos	17
1.3.1 Objetivos específicos	17
1.4 Estrutura do trabalho	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 Vibrações mecânicas	19
2.2 Vibrações Humanas	19
2.2.1 Vibrações de corpo inteiro (VCI)	20
2.2.2 Normas de avaliação de VCI	21
2.2.3 Vibrações de corpo inteiro e cognição	22
2.3 Cognição	25
3 MÉTODOS E MATERIAIS	28
3.1 Descrição geral do procedimento	28
3.2 Parâmetros vibracionais	29
3.3 Aplicativo e suas pontuações	31
3.4 Voluntários	32
3.5 Materiais e equipamentos utilizados	33
3.5.1 Plataforma Vibratória	33
3.5.2 Sistema de controle	36
3.6 Procedimento de coleta de dados	37
4 RESULTADOS	42
4.1 Análise descritiva	42

4.1.1	Diferenças de pontuação, precisão e tempo de reação entre homens e mulheres	43
4.1.2	Análise da diferença entre frequências	45
4.1.3	Análise das diferenças por amplitude	46
4.1.4	Análise da pontuação por momento de exposição aos parâmetros.....	48
4.1.5	Análise da Precisão por momento de aplicação dos parâmetros	51
4.1.6	Análise do tempo de reação por momento de aplicação dos parâmetros	53
4.1.7	Análise de efeito residual e de aprendizado	55
4.1.8	Análise do desempenho objetivo e relatos subjetivos de dificuldade	61
4.1.9	Análise do desempenho objetivo e efeitos subjetivos de desconforto ...	66
4.2	Análise Multinível Multivariada	69
5	DISCUSSÃO E CONCLUSÃO	71
5.1	Conclusão	73
5.2	Sugestão para trabalhos futuros	73
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	74
Anexo A.	Termo de Aprovação da Pesquisa	83
Anexo B.	Formulário de Anamnese	84
Anexo C.	Termo de consentimento	86
Anexo D.	Formulário Online com dados dos voluntários	89
Anexo E.	Escala de Subjetiva de Dificuldade	107
Anexo F.	Escala subjetiva de desconforto	107
Anexo G.	Formulário de condições de saúde do voluntário e de aquisição de dados	108

1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo serão abordadas as considerações iniciais sobre o tema e relevância do estudo. Em seguida serão apresentados a motivação, objetivos e estrutura deste trabalho.

1.1 Considerações iniciais e relevância do estudo

Com os avanços industriais e tecnológicos de algumas décadas atrás até os dias de hoje, muitas pessoas acabam por frequentar ambientes onde são expostas diariamente ao agente físico vibrações. Estas podem ser vibrações de corpo inteiro (VCI), como aquelas experimentadas em veículos automotores, trens, navios, aviões, e maquinaria industrial ou agrícola, ou vibrações de mãos e braços (VMB), ao se utilizarem dos mais diversos tipos de ferramentas de trabalho eletromecânicas.

Portanto, para fins de conforto humano e saúde pública, bem como questões trabalhistas e de qualidade de vida, é necessário a compreensão dos níveis e parâmetros a que as pessoas que frequentam ambientes onde existem vibrações estão expostas, bem como os seus efeitos na vida delas, sejam eles fisiológicos ou efeitos que alterem suas capacidades de exercer suas funções de forma eficiente (Pisula *et al*, 2012).

Muitas pesquisas já foram feitas para tentar entender e atenuar os efeitos negativos e extrair benefícios positivos das vibrações em seres humanos. A literatura da área contém inúmeras publicações científicas sobre tais efeitos, porém a maioria dos estudos feitos sobre os efeitos de vibrações em seres humanos tende a levar em conta apenas efeitos físicos no corpo, como redução dos sintomas de osteoartrite e aumento da performance muscular do quadríceps (Bokaeian *et al*, 2016), redução dos sintomas de osteoporose e melhoria do equilíbrio e estabilidade da marcha em mulheres pós menopausa (Madou & Cronin, 2008), aumento da amplitude de movimento em juntas de membros inferiores com consequente redução do medo de queda em idosos (Yang *et al*, 2015) e melhora dos sintomas de esclerose múltipla (Yang *et al*, 2016).

Grande parte dos estudos tratam a vibração como um problema, principalmente referente a dores na coluna lombar (Bovenzi, 2006), mas já na

década de 90 existiam alguns pesquisadores interessados em investigar possíveis efeitos benéficos das vibrações de corpo inteiro, como Bosco *et al*, (1999) que relataram um aumento na força e velocidade dos movimentos de jogadoras de vôlei no aparelho *Leg press* de musculação. Relataram também aumento dos níveis de testosterona e do hormônio do crescimento em homens, além de redução nos níveis de cortisol (hormônio regulador do estresse) e aumento da eficiência neuromuscular (Bosco *et al*, 2000; Junior *et al*, 2012).

Mais recentemente, foram realizados estudos que trabalham o uso de VCI de forma terapêutica, podendo ser citados, a revisão sistemática que foi feita dos efeitos da VCI em diabéticos (Rodriguez *et al*, 2022), o estudo sobre o aumento das sensações de prazer e controle inibitório associados a uma maior oxigenação do córtex pré-frontal causada pela vibração de corpo inteiro (da Silva *et al*, 2017). Também as orientações provenientes do consenso de especialistas internacionais para o estudo de vibrações de corpo inteiro em humanos de van Heuvelen *et al* (2021).

Fereydounnia e Shadmehr, (2020) relataram diminuição do tempo de reação em testes com estímulos auditivos em mulheres com lordose da lombar considerada normal, e em testes com estímulos visuais em mulheres com hiperlordose da lombar, ao submeterem essas participantes a uma vibração de corpo inteiro de 30 Hz.

Yung *et al* (2017) investigaram os efeitos combinados da fadiga em trabalhadores expostos às VCI enquanto sentados, e relataram uma moderada sensação de descanso físico, sensório-motor e fisiológico em trabalhadores que acabavam de executar tarefas de alta demanda física e mental e que após tais tarefas iniciavam outras em veículos e eram assim expostos a vibrações de corpo inteiro.

Poucos artigos e regulamentações normativas foram dedicados a entender efeitos das vibrações de corpo inteiro na cognição humana (Firmino, 2017), como é o interesse deste trabalho. Uma revisão destes trabalhos será vista na seção 2.2.3.

Estamos entrando no terceiro milênio e aqui, é sempre crescente interesse em desvendar os mistérios da mente e cérebro humanos. Esse interesse é refletido em uma explosão substancial de pesquisa científica dentro das áreas da Psicologia Cognitiva e Neurociência Cognitiva. Além disso, a abordagem cognitiva tem se tornado cada vez mais influente dentro da psicologia clínica. Nessa área é

reconhecido que os processos cognitivos (especialmente os vieses cognitivos) são responsáveis por um grande papel no desenvolvimento humano e desordens mentais. (EYSENCK e KEANE, 2020, p.1)

1.2 Motivação do trabalho

Com o crescimento das tecnologias digitais móveis, o número de pessoas que se utiliza aparelhos do tipo *Smartphone*, *Notebooks* e *Tablets* cresce a cada dia, tendo a fatia de mercado de dispositivos de telefones do tipo *smartphone* superado a de computadores pessoais do tipo *Desktop* no último trimestre de 2016, de acordo com o site especializado em estatísticas de tecnologia digital StatCounter Global Stats (2016). Essa tendência implica em uma maior frequência de utilização desses dispositivos durante o deslocamento de pessoas através de meios de transporte, como ônibus, carros, trens, metrô, embarcações marítimas e aéreas, principalmente no contexto das grandes cidades, onde o tempo em que as pessoas gastam se deslocando para universidades e empresas é considerável.

O uso de tais dispositivos sob vibração de corpo inteiro pode provocar dificuldades e desconforto, além de influenciar na acuidade visual e impactar na qualidade e compreensão da leitura, dentre outros efeitos, como o envio de mensagens de texto, por exemplo. Existem estudos que abordam a VCI na leitura, porém, abordando leitura impressa (Griffin, 1996). Lopes (2018) e Lopes *et al* (2023), investigaram tanto a leitura impressa, quanto aquela em Tablet. Dutra *et al* (2022a; 2022b) estudaram o efeito da VCI quando usando Smartphones, porém, para envio de mensagens.

Várias atividades cognitivas em ambientes vibratórios também podem ser afetadas, como por exemplo solução de problemas, tempo de reação, e inibição de respostas de acordo com estímulos externos. Portanto, será benéfico entender se o cérebro humano pode ser aprimorado em situações diárias das pessoas e em processos produtivos com a utilização de máquinas e sistemas de vibração em suas residências ou academias ou até mesmo no ambiente de trabalho. Também entender eventuais efeitos negativos no desempenho de estudantes e trabalhadores que aproveitam seus deslocamentos para estudar ou trabalhar utilizando seus dispositivos móveis.

1.3 Objetivos

Este trabalho tem como objetivo geral investigar os efeitos das vibrações de corpo inteiro no raciocínio, utilizando como métrica a pontuação, precisão e tempo de reação de um aplicativo desenvolvido para avaliar esta habilidade cognitiva.

1.3.1 Objetivos específicos

Como objetivos específicos do trabalho tem-se:

- Analisar as diferenças na pontuação, precisão e tempo de reação obtidos pelos voluntários comparando o desempenho de homens e mulheres.
- Analisar a diferença na pontuação, precisão e tempo de reação dos voluntários de acordo com a exposição às vibrações mecânicas com frequências de 5 e 30 Hz.
- Analisar a diferença na pontuação, precisão e tempo de reação dos voluntários com relação à amplitude de 0,5 e 1,2 m/s².
- Analisar as diferenças com relação ao momento em que os voluntários foram expostos a cada uma das combinações de parâmetros vibracionais, através da divisão deles em grupos.
- Investigar efeitos residuais da exposição à vibração, e verificar se houve um efeito de aprendizado nos voluntários comparando pontuação, precisão e tempo de reação de acordo com as etapas.
- Analisar efeitos objetivos, dado pelas métricas do aplicativo, em contraposição a efeitos subjetivos baseados na dificuldade relatada pelos voluntários.
- Analisar efeitos objetivos, dado pelas métricas do aplicativo, em contraposição a efeitos de conforto baseados na sensação de desconforto relatada pelos voluntários.

1.4 Estrutura do trabalho

Para melhor compreensão do assunto a ser abordado, este trabalho está dividido em capítulos.

No capítulo 1 se encontra uma introdução, motivação, e os objetivos, gerais e específicos para realização do trabalho, além desta explicação sobre sua estrutura.

No capítulo 2, é feita uma revisão bibliográfica sobre os assuntos pertinentes a este trabalho, como vibrações mecânicas, vibrações humanas, e cognição.

A metodologia, os equipamentos usados nos experimentos, e os parâmetros vibracionais utilizados são discutidos no capítulo 3.

Os resultados serão apresentados no capítulo 4 através de análises estatísticas descritivas e multivariadas.

Finalmente no capítulo 5 é apresentada a conclusão da análise de resultados do experimento e sugestões para trabalhos futuros.

No capítulo 6 e nos anexos encontram-se os elementos pós-textuais deste trabalho como lista de referências bibliográficas e cópias dos diversos documentos de coletas de dados que foram preenchidos pelos voluntários.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Vibrações mecânicas

A análise de vibrações é um tema comum na engenharia e até mesmo em outras ciências que envolvem seres humanos. Isto porque nos dias de hoje a grande maioria dos seres humanos está exposto a algum tipo de vibração, seja no ambiente de trabalho (no caso de operadores de máquinas agrícolas ou de mineração), ou mesmo pessoas que se utilizam de veículos automotores para traslado para suas atividades diárias, e até mesmo vibração de prédios próximos a avenidas movimentadas. Para se fazer a análise vibracional de um sistema é necessário se fazer a quantificação de parâmetros vibracionais, que mais comumente na literatura são a frequência e a aceleração.

Qualquer movimento que se repita ou oscile como o balançar de um pêndulo ou uma corda dedilhada, é caracterizado pelo agente físico vibração (Rao, 2008). Ainda segundo esse autor são necessários 3 elementos para se constituir um sistema vibracional. Um elemento armazenador de energia cinética, ou seja, a massa que irá oscilar. Um elemento armazenador de energia potencial, ou seja, a mola ou elasticidade do material que vibra. Finalmente um elemento dissipador de energia sob a forma de algo que amorteeça o sistema, como atrito ou dispositivos hidráulicos.

A frequência é o inverso do período que é tempo em que um corpo em movimento oscilatório leva para completar um ciclo, em torno da sua posição de equilíbrio. Sua unidade no Sistema Internacional de Unidades (SI) é denominada *Hertz* (Hz) de forma que 1 Hz é igual a um ciclo por segundo (Hibbeler, 2007).

O segundo parâmetro necessário para se caracterizar um movimento vibratório ou oscilatório é a amplitude, que pode ser determinada pelo deslocamento pico-a-pico do corpo que vibra ou pela aceleração dada em metros por segundo ao quadrado. A aceleração é preferida para estudos dos efeitos das vibrações em seres humanos, e pelos profissionais da engenharia, segundo Rauch *et al*, (2010) ou ainda, van Heuvelen *et al* (2021).

2.2 Vibrações Humanas

De acordo com Griffin (1996), o corpo humano é uma estrutura complexa, ativa, inteligente e dinâmica, e agitar este corpo, não terá uma única e simples

consequência facilmente prevista. As vibrações podem ser um incômodo, serem consideradas nauseantes, estimulantes, incômodas, ser uma fonte de prazer ou causa de dor. Se um movimento vai causar irritação, desconforto, interferir com atividades, ou mesmo causar problemas de saúde, isso depende de alguns fatores, incluindo as características da vibração, tempo de exposição, quais atividades a pessoa está realizando naquele momento, e características subjetivas da pessoa exposta (Griffin, 1996; Mansfield, 2005; ISO2631-1, 1997).

Uma pessoa pode ser exposta a diversos tipos de vibrações no dia a dia, e a forma com que seu corpo recebe essas vibrações também acontece de forma distinta. Vibrações devido ao uso de ferramentas vibratórias são chamadas Vibrações de Mãos e Braços (VMB), enquanto vibrações que uma pessoa experimenta em veículos, ou até mesmo que provém da vibração de edifícios, é considerada como Vibração de Corpo Inteiro (VCI), sendo essas últimas as vibrações foco deste trabalho. Cada uma tem sua forma própria de medição e avaliação, sendo as normas ISO2631-1 (1996, 2010) e ISO5349-1 (2001) as bases para as avaliações de corpo inteiro e mãos e braços respectivamente.

2.2.1 Vibrações de corpo inteiro (VCI)

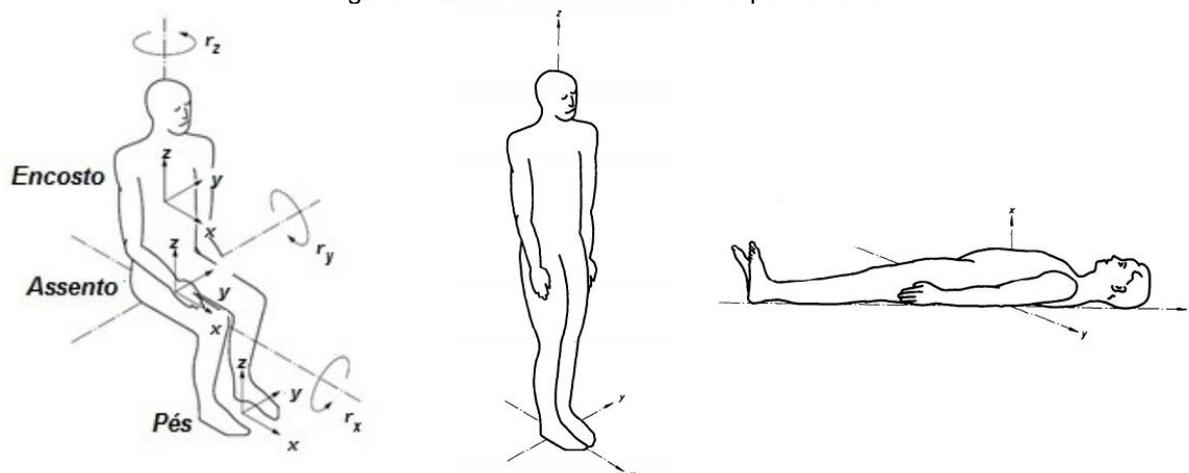
Vibrações de corpo inteiro são vibrações que incidem no corpo como um todo, ao contrário das vibrações de mãos e braços que incidem sobre os membros superiores de uma pessoa. Isso pode acontecer se a cadeira onde a pessoa está sentada está vibrando, se a pessoa está em pé e o chão está vibrando, ou até mesmo em uma cama vibratória (Griffin, 1996). A maioria das exposições a vibrações de corpo inteiro acontecem em veículos onde motoristas e passageiros são expostos a perturbações mecânicas e impactos, segundo Mansfield (2005). Ainda segundo este autor, pessoas são mais sensíveis a vibrações com frequência entre 1 e 20 Hz, muito embora o corpo humano não possa ser considerado como um único órgão sensível a vibrações. Cada órgão tem uma faixa de frequência ao qual ele é mais sensível, o que por sua vez faz com que diferentes sistemas, como visual, auditivo, somático, cognitivo respondam de maneira diferente a uma determinada vibração.

2.2.2 Normas de avaliação de VCI

Alguns critérios para se realizar a medição e análise de vibrações em seres humanos são necessários. A norma que regulamenta as VCI é a norma ISO 2631-1 de 1997, e seu adendo de 2010. Este adendo corrige alguns problemas anteriores e cita em seu texto que a avaliação pode ser feita conforme descrito pela Diretiva Europeia 2002/44/EC que determinou níveis de exposição nos quais funcionários e empregadores devem tomar medidas para a redução da exposição de trabalhadores a vibrações. Esse texto foi trabalhado pelo parlamento europeu com diretivas para aplicação da norma ISO e Diretiva Europeia 2002/44/EC (European Commission, 2009).

Segundo a ISO 2631-1 de 1997, a grandeza principal a ser quantificada, é a aceleração, para se determinar o nível de vibração aceitável, considerada em uma faixa entre 0,5 até 80 Hz para questões de saúde, conforto e percepção, e uma faixa entre 0,1 e 0,5 Hz para enjoo ou tontura. As vibrações devem ser mensuradas de acordo com um sistema de coordenadas ortogonais de três eixos, conhecidos como eixos basicêntricos e que tem origem no ponto onde é considerado que a vibração entra no corpo, de acordo com a posição da pessoa, ilustrados na Figura 1.

Figura 1: Eixos basicêntricos do corpo humano



Fonte: ISO 2631-1, 1997 e 2010

O eixo x é considerado como o sentido que vai das costas de uma pessoa até o seu peito. A direção do eixo y é definida como um vetor que vai do braço direito até o braço esquerdo com a pessoa analisada tomada como referencial, e finalmente o eixo z tem sua direção dada como indo dos pés até a cabeça da pessoa. Segundo

Griffin (1996), o eixo z é o qual apresenta maior transmissibilidade para a cabeça, conhecida como *Seat-to-Head Transmissibility* (STHT) (Rakheja, 2010; Liang e Chiang, 2006) e o qual apresenta os maiores desconfortos.

2.2.3 Vibrações de corpo inteiro e cognição

Atividades que envolvem cognição são complexas por natureza, e podem ter seu desempenho prejudicado não apenas por vibrações que incidam diretamente sobre a cabeça, mas no corpo como um todo, pois a percepção de desconforto pode causar ansiedade e o balançar do corpo pode dificultar a leitura ainda que em uma frequência que não esteja necessariamente ligada a aquelas que afetam a cabeça, (Pisula *et al*, 2012).

Segundo Griffin (1996), a frequência de 5 Hz em vibrações verticais, é similar à aquela a qual uma pessoa é exposta em um veículo em uma estrada de terreno irregular, e esta faixa de frequência é também a que causa maior percepção de desconforto e dificuldade de se executar atividades que dependem das mãos, como por exemplo usar um aplicativo de smartphone (Dutra *et al*, 2022a; Dutra *et al*, 2022b).

Frequências entre 4 Hz e 5 Hz foram relatadas como valores em que a transmissão da vibração recebida de um assento para a cabeça de uma pessoa é máxima, em um estudo feito com modelagens por Liang e Chiang (2006).

Duarte *et al* (2020) testaram 10 homens e 10 mulheres com um aplicativo cognitivo destinado a medir o foco, utilizando como fonte de vibração um automóvel de passeio em um trajeto pelo campus da Universidade Federal de Minas Gerais cujas ruas são compostas em sua maioria por paralelepípedos. A análise de dados obtidos pelo acelerômetro triaxial de assento, mostrou picos de amplitude na faixa de frequência próxima a 5 Hz. O desempenho encontrado foi menor quando os participantes estavam sujeitos à VCI do que em etapas de controle, com o carro estacionado. Abordou-se no estudo tanto pessoas com transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH), quanto pessoas que não apresentam o transtorno e chegou-se à conclusão de que a VCI foi melhor para o grupo com TDAH do que para o grupo de controle.

Zamanian *et al* (2014) investigaram os efeitos da exposição a vibrações de curta duração na cognição de 25 estudantes em uma faixa fixa de frequências entre 3 e 7 Hz, em três níveis de aceleração, que eles consideraram como baixa vibração

(0,53 m/s²), media vibração (0,81 m/s²) e alta vibração (1,12 m/s²). Os autores constataram uma queda na capacidade de atenção seletiva dos participantes que receberam vibração com relação ao grupo de controle, porém sem grande variação entre os valores de magnitude.

Ishimatsu *et al* (2016) em um experimento para investigar os efeitos das vibrações de corpo inteiro na cognição, escolheram como parâmetro uma frequência de 17 Hz em 19 atletas para simular as vibrações provenientes de um helicóptero com uma aceleração de 1,0 m/s². Como resultado, perceberam uma queda na capacidade dos voluntários em manter a atenção e na capacidade de inibição de ações de acordo com estímulos. O tempo de reação dos participantes também foi reduzido com relação ao grupo de controle, o que indica uma troca entre velocidade e acurácia.

Aumentos de desempenho na cognição humana também ocorrem devido à exposição a VCI. Boerema *et al* (2018) estudaram os efeitos fisiológicos das VCI em ratos, e cognitivos em humanos em uma frequência de 30 Hz. Nos ratos foi relatado um aumento de massa muscular com relação aos do grupo de controle, melhoria na performance motora e redução na excitação. Nos seres humanos, os pesquisadores encontraram melhoras no processo cognitivo de atenção a estímulos específicos.

Fuermaier *et al* (2014), se utilizaram também da frequência de 30 Hz, como parâmetro vibracional para estudar os efeitos cognitivos da vibração de corpo inteiro em estudantes universitários divididos em dois grupos distintos, um grupo com pessoas diagnosticadas com TDAH e um grupo de pessoas que não apresentam o quadro. Foi constatado pelos pesquisadores uma melhoria nos processos cognitivos dos participantes de ambos os grupos, porém nos participantes com TDAH essa melhora foi ainda mais acentuada. Mesma conclusão foi observada no trabalho de Duarte *et al*, (2020).

Heijer *et al* (2015), investigaram o efeito da exposição à vibração de frequência 30 Hz, e a melhoria nas atividades cognitivas de crianças de acordo com o Quociente Intelectual (Q.I) das mesmas e encontraram que efeitos positivos na cognição possuem uma correlação positiva com esse indicador. Esses autores também relatam que repetidas aplicações de VCI são benéficas para a capacidade de inibição e sugerem com isso que acumulação de doses de vibração ou maiores tempos de exposição aumentam os efeitos positivos.

Regterschot *et al* (2014) investigaram efeitos positivos na cognição de 112 mulheres e 21 homens, novamente se utilizando de VCI na frequência de 30 Hz e relataram um aumento na capacidade cognitiva de atenção e na de inibição. Esses autores também relatam que a duração desses efeitos positivos é curta, e os benefícios cognitivos tendem a se extinguir depois de um tempo e sugerem para outros pesquisadores que investiguem o efeito de tempos maiores de exposição bem como aplicações de VCI mais frequentes. Quanto ao efeito residual da vibração, abordagem foi feita também nos trabalhos de Duarte, *et al* (2020) e Firmino *et al*, (2021) e constatou-se que a análise de efeitos feita no final é mais confiável, pelo fato que os efeitos são mais expressivos, o que mostra que efeitos vibracionais residuais são proporcionais ao tempo de exposição.

Firmino (2017) usou um jogo de aplicativo no qual o objetivo era investigar o aspecto lógico da cognição humana, para simular os efeitos das VCI em trocadores de ônibus, e como essas vibrações podem afetar as funções destes profissionais. Como resultado relatou queda de rendimento dos voluntários na frequência de 5 Hz e aumento na de 30 Hz, mas nos dois casos o mais expressivo foi o relato de desconforto dos participantes na frequência de 5 Hz e sensação de “conforto muscular” na de 30 Hz.

Nick *et al* (2019) avaliaram o efeito da VCI na cognição usando tanto smartphones, quanto tablets, verificando os efeitos entre homens e mulheres nas frequências de 5 e 30 Hz. Chegaram à conclusão de que as mulheres tiveram um desempenho um pouco superior aos homens e que, de modo geral, os voluntários submetidos a 30 Hz tiveram desempenho melhor do que aqueles submetidos a 5 Hz.

Pode-se concluir da análise dos trabalhos de todos esses pesquisadores que os efeitos negativos das vibrações de corpo inteiro na cognição humana tendem a ser relatados na frequência de 5 Hz, enquanto os efeitos positivos tendem a aparecer com a exposição a vibrações na frequência de 30 Hz. Alguns autores sugerem como possível explicação para os efeitos benéficos da frequência de 30 Hz, que os mecanorreceptores especializados da pele humana conhecidos como corpúsculos de Meissner são ativados na faixa de frequência entre 30 Hz e 40 Hz e possuem vias aferentes pela coluna para o tálamo e deste para o córtex pré-frontal (Regterschot *et al*, 2014; Van der Zee *et al*, 2018).

2.3 Cognição

O termo Cognição, se refere a uma variedade de processos mentais, como o pensamento, a percepção, imaginação, fala, ação e planejamento (Ward, 2015; Fonseca, 2007). De uma forma mais ampla é a capacidade de uma pessoa em perceber estímulos do ambiente e inferir informações sobre esse ambiente e os impactos de sua presença nele (Beck, 1975). Termos usados no dia a dia como raciocínio, atenção, tempo de reação, e outros, são oriundos de uma perspectiva neurocientífica. Fazem parte do termo mais amplo Cognição e este por sua vez é parte de abordagens ou disciplinas mais abrangentes como Psicologia Cognitiva, ou Neurociência Cognitiva.

Eysenck e Keane (2020) identificaram quatro grandes abordagens sobre o tema cognição humana. São elas: a psicologia cognitiva, a neuropsicologia cognitiva, a neurociência cognitiva e a ciência cognitiva computacional. Essas abordagens possuem zonas de sobreposição umas com as outras e para fins de praticidade e pragmatismo, pode-se para fim dessa revisão focar ou talvez até mesmo contrapor, duas abordagens mais abrangentes e mais passíveis de serem aquelas utilizadas em artigos científicos e em literatura com menor aprofundamento em aspectos biológicos. Essas abordagens são a psicologia cognitiva e a neurociência cognitiva.-

A cognição humana, vem sendo estudada mesmo antes desse termo ter sido criado, com o estudo das capacidades e processos mentais nas pessoas. Foi discutida e analisada até mesmo na época dos filósofos gregos da era clássica como Aristóteles e Platão. Ao analisar todos os pesquisadores, cientistas e filósofos que pesquisaram os vários processos e construtos que compõem o que hoje se denomina cognição, antes mesmo deste termo ter sido cunhado e que vieram entre a filosofia clássica greco-romana e os dias atuais, este trabalho de revisão bibliográfica seria impraticável. Porém, pode-se citar os trabalhos de Hebb, (1949); Turing, (1950); Bruner, (1956).

A abordagem cognitiva contemporânea é considerada fundada por, George Armitage Miller, e Donald Broadbent. Estes nos anos 50 já pesquisavam as funções mentais humanas e ainda se utilizavam de termos como Percepção - que hoje é parte do processo cognitivo – de forma global. Ainda não tratavam o que hoje se chama de processos cognitivos como coisas separadas do comportamento humano

(Collin *et al*, 2012). O *Behaviorismo*, abordagem que estuda o comportamento humano sem se aprofundar em processos mentais, ainda foi a abordagem científica dominante na psicologia da época. Miller durante seus trabalhos realizados no *Massachusetts Institute of Technology* e em Harvard pesquisava a memória de curto prazo ou memória de trabalho. Publicou, um artigo chamado “*The magic number seven, plus or minus two*” fundamental para a ciência cognitiva, e que conclui que a capacidade média do ser humano é de lidar com sete “blocos de informação” de cada vez, com uma variação de mais ou menos dois (Miller, 1956). Outros de seus trabalhos na área da cognição e linguística deram origem às técnicas que até hoje são relevantes em aplicações de tradução automática, sistemas de busca e até mesmo inteligência artificial. Esse conceito de blocos de informação e como os mesmos se organizam se mostraram de fundamental importância para a área e a evolução dos estudos em cognição humana.

Neste trabalho se investigam o processo ou função cognitiva de raciocínio, que é a capacidade de tirar conclusões a partir de informações segundo definição do aplicativo Neuronation utilizado como ferramenta de teste e coleta de dados desta pesquisa (Neuronation, 2022).

A definição de raciocínio adotada nesse trabalho é a de raciocínio relacional, ou raciocínio analógico, que é a capacidade de fazer analogias de acordo com informações e estímulos do ambiente e extrair conclusões (Neuronation, 2022). O raciocínio relacional é considerado como um importante domínio de avaliação da inteligência fluida (inteligência que não depende de conhecimento prévio de algum assunto). Problemas de raciocínio são aqueles compostos de padrões abstratos cuja solução é independente de conhecimentos anteriores (Krawczyk, 2010). Ainda segundo este autor, a capacidade de se fazer analogias é importante para fazer sentido informações novas e entender a relação entre as coisas, e a habilidade humana de se resolver problemas depende dela. Como adultos, utiliza-se as analogias para aprender e ensinar através da análise da similaridade entre as coisas e situações (Krawczyk, 2010).

2.4 Modelagem multinível

Esse tipo de modelo estatístico é adequado para lidar tanto com a presença de dados transversais, quanto dependentes do tempo (Vector Psychometric Group, 2021), ou seja, quando os dados estão aninhados com mensurações repetidas ou

longitudinais, de diferentes indivíduos (Singer e Willet, 2003; Fitzmaurice *et al*, 2011; Hair, Jr e Fávero, 2019).

A abordagem multinível envolve a modelagem teórica de construtos em relação aos quais é defendida sua organização hierárquica. Trata-se de testar a estrutura hierárquica dos dados a partir de modelos estatísticos que contemplam múltiplos níveis de análise (Brandão, 2009). Essa hierarquia diz respeito a diferentes tipos e níveis de dados. Existem dados que não variam entre um mesmo indivíduo como sexo e altura (por exemplo, alunos de uma escola que podem ser comparados com dados de alunos de outra escola), e dados que variam para um mesmo indivíduo no tempo (como por exemplo a nota de um mesmo aluno em diferentes avaliações) (Hair, Jr e Fávero, 2019).

Um modelo de regressão multinível é dado por duas ou mais equações. A primeira permite a estimação da pontuação dada pela variável dependente “Y” que representa o fenômeno que se está interessado. Essa variável é função de uma ou mais variáveis mensuradas nas diferentes etapas do experimento, ou seja, variáveis explicativas que mudam ao longo do tempo. Outra equação controla a variabilidade entre os indivíduos, a partir de variáveis fixas ao longo do tempo.

$$Y = B_{0j} + B_{1j}(X1) + r_{ij} \quad (1)$$

$$B_{0j} = G_{00} + G_{01}(X2) + u_{0i} \quad (2)$$

Onde:

Y = variável resposta;

B_{0j} = constante do primeiro nível;

B_1 = coeficiente de regressão da equação de primeiro nível;

r_{ij} = termo de erro estocástico da equação de primeiro nível;

G_{00} = constante do segundo nível;

G_{01} = coeficiente de regressão da equação do segundo nível;

u_{0i} = termo de erro estocástico da equação de segundo nível.

Esta técnica será utilizada no tratamento estatístico dos dados, conforme será apresentado no item 3.7.

3 MÉTODOS E MATERIAIS

Nessa seção são apresentados os métodos para realização da pesquisa com discussões sobre os voluntários, equipamentos utilizados, e obtenção de dados pessoais pelos respectivos questionários e formulários utilizados. São discutidos também os parâmetros vibracionais utilizados nos testes e divisão dos participantes em grupos de acordo com esses parâmetros.

3.1 Descrição geral do procedimento

A coleta de dados foi realizada no Laboratório de Vibrações Mecânicas, sala 1934 do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Minas Gerais no período de maio a julho de 2022.

O projeto de pesquisa e os formulários nela utilizados foram aprovados pelo comitê de ética e pesquisa da Universidade Federal de Minas Gerais sob o parecer CAAE:15856519.4.00005149 conforme documento apresentado no Anexo A.

Antes que cada voluntário pudesse ser considerado apto a participar da pesquisa foi solicitado que preenchessem um formulário de anamnese (Anexo B) e um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) (Anexo C), que continha uma explicação breve sobre a pesquisa e sua motivação.

A anamnese consiste em um histórico médico e questões gerais a respeito de fatores que viessem a inviabilizar a participação do voluntário, como problemas na coluna, labirintite ou gravidez e foi baseada na norma ISO 13090-1 (1998) e em Griffin (1996).

Os voluntários foram também solicitados a preencher um formulário online com itens relativos a medidas autorreferidas de altura, massa corporal, idade, fatores descritivos como escolaridade, ocupação, e fatores relevantes à essa pesquisa, como familiaridade com dispositivos móveis, meio de transporte mais utilizado, hábito de usar dispositivos móveis em veículos, e familiaridade com aplicativos de treinamento cerebral (Anexo D).

No dia do experimento foi solicitado aos voluntários responder um formulário adicional, que dizia respeito a saúde e condições fisiológicas do participante naquele dia em questão (Anexo G). Esse formulário continha itens como: período em que o teste estava sendo feito, horas de sono dormidas no dia anterior, ingestão de bebidas alcoólicas ou que continham cafeína e alimentação. Além disso havia perguntas sobre a opinião do voluntário depois de jogar uma partida de

familiarização do aplicativo. Os participantes eram apresentados também a duas escalas subjetivas, um de dificuldade e outra de desconforto, ambas com 5 itens que descrevem as sensações dos voluntários com relação a um dado parâmetro de vibração e à dificuldade de jogar o jogo do aplicativo naquele mesmo parâmetro, e eram solicitados dar uma nota de 1 a 5, de acordo com a sua percepção da dificuldade e sensação de conforto, conforme as Tabelas 1 e 2, repetidas a seguir (Anexo E e Anexo F).

Tabela 1: Escala subjetiva de dificuldade

1	Muito Fácil	A realização da tarefa ocorreu sem problema algum
2	Fácil	A realização foi possível, não como o normal, mas ainda com certa facilidade
3	Indiferente	Não foi fácil nem difícil
4	Difícil	Houve empecilhos ou dificuldades, mas a tarefa pôde ser concluída
5	Muito Difícil	A tarefa foi complicada a ponto de quase não ser concluída

Tabela 2: Escala subjetiva de desconforto

1	Muito Confortável	A vibração não causou nenhum mal-estar ou incômodo
2	Confortável	A vibração trouxe alguma sensação, mas não causou incômodo ou desconforto
3	Indiferente	Não foi confortável, nem desconfortável
4	Desconfortável	A vibração causou mal-estar ou incômodo
5	Muito Desconfortável	A vibração causou mal-estar ou incômodo a ponto de causar dor de cabeça, náuseas, enjoos, vista embaçada ou outros

A duração dos testes completos com cada voluntário era cerca de uma hora e meia contando todas as etapas, a saber, preenchimento dos formulários presenciais descritos e o teste experimental propriamente dito, conforme será descrito detalhadamente mais adiante.

3.2 Parâmetros vibracionais

Os parâmetros vibracionais escolhidos para os testes foram as frequências de 5 e 30 Hz visto que, de acordo com a literatura, esses são valores para os quais se esperam queda (Fuermaier *et al*, 2014; Costa *et al*, 2014; Zamanian *et al*, 2014; Ishimatsu *et al*, 2016) e aumento nas capacidades cognitivas humanas (Heijer *et al*, 2015; Firmino, 2017; Boerema *et al*, 2018; Fereydounnia *et al*, 2020).

As amplitudes em aceleração ponderada pela norma ISO 2631-1 de 1997 foram escolhidas como 0,5 e 1,2 m/s² de forma a serem valores onde um possa ser

considerado baixo e outro alto, para que fosse possível se obter dados mais heterogêneos (Zamanian, *et al*, 2014).

O eixo no qual foram medidas as vibrações foi o eixo Z ou eixo vertical (ISO 2631-1, 2010). Isto porque é neste eixo onde ocorrem as maiores amplitudes em um trajeto típico em qualquer veículo terrestre, pois as vibrações são provenientes do movimento de subida e descida das rodas e da suspensão. É também o eixo onde é maior a transmissão das vibrações da coluna para a cabeça segundo Griffin (1996) e Mansfield (2005).

Um teste propriamente dito consiste em 6 etapas de 10 minutos cada, mais o tempo para realizar uma partida do jogo do aplicativo, nomeadas como T0, T1, T2, T3, T4 e T5. A primeira e última etapa (T0 e T5) foram realizadas com a plataforma vibratória desligada, ou seja, com parâmetros vibracionais nulos tanto para a frequência quanto para a amplitude. Porém o sistema estava ligado, isto é, já estavam em operação o dispositivo resfriador (*cooler*) e a corrente de armadura, ambos do excitador eletrodinâmico (*shaker*), bem como todos os outros equipamentos. Isto porque o *cooler* gera um ruído considerável em torno de 70dB e poderia influenciar os resultados já que era necessário durante as etapas com vibração. Portanto, durante todas as 6 etapas o sistema ficou ligado.

As etapas T0 e T5 foram consideradas como etapas de controle do experimento. As etapas intermediárias (T1 a T4) foram aquelas onde os participantes estavam submetidos às vibrações, possuindo cada uma, parâmetros vibracionais distintos. Além disso os participantes foram divididos de forma aleatória em quatro grupos, A, B, C e D, de acordo com a ordem em que eram submetidos a cada parâmetro, em cada etapa de 10 minutos de modo a se avaliar o momento de aplicação de cada uma das etapas. A Tabela 3 detalha os parâmetros de cada grupo por frequência e aceleração.

Tabela 3: Descrição dos parâmetros por grupo de voluntários

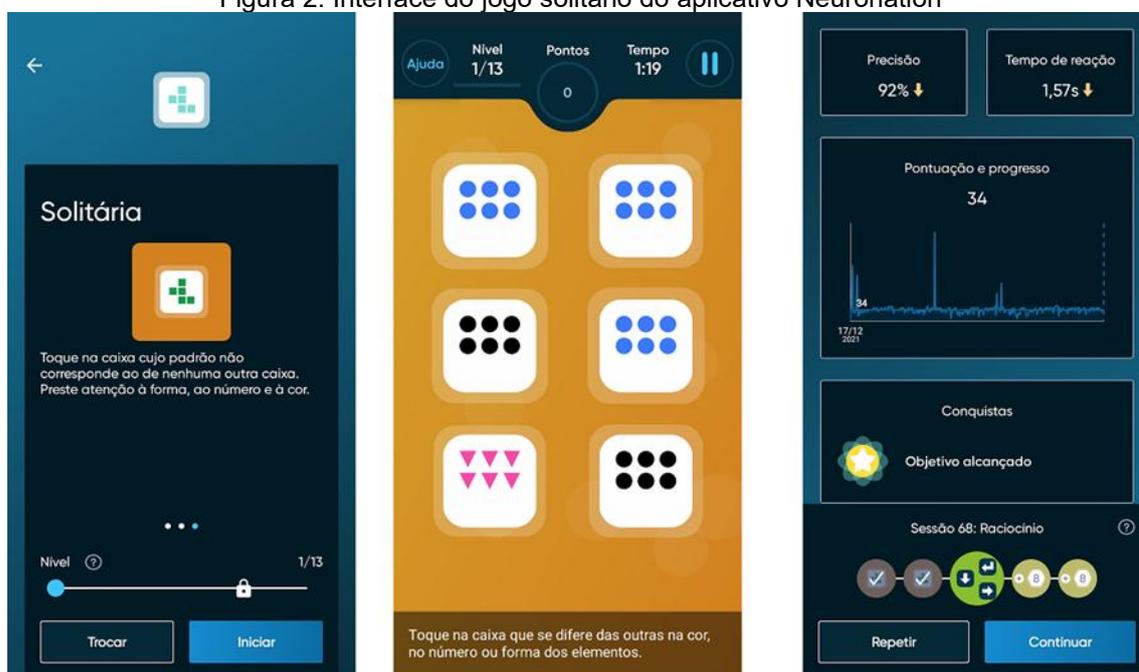
Etapa/Grupo	Grupo A	Grupo B	Grupo C	Grupo D
T0	0 Hz; 0 m/s ²			
T1	5 Hz; 0,5 m/s ²	5 Hz; 1,2 m/s ²	30 Hz; 0,5m/s ²	30 Hz; 1,2 m/s ²
T2	5 Hz; 1,2 m/s ²	30 Hz; 0,5m/s ²	30 Hz; 1,2 m/s ²	5 Hz; 0,5 m/s ²
T3	30 Hz; 0,5m/s ²	30 Hz; 1,2 m/s ²	5 Hz; 0,5 m/s ²	5 Hz; 1,2 m/s ²
T4	30 Hz; 1,2 m/s ²	5 Hz; 0,5 m/s ²	5 Hz; 1,2 m/s ²	30 Hz; 0,5m/s ²
T5	0 Hz; 0 m/s ²			

3.3 Aplicativo e suas pontuações

O aplicativo utilizado nos testes foi o *Neuronation* da empresa alemã Synaptikon GmbH (Neuronation, 2022), construído em parceria com universidades deste mesmo país. Trata-se de um aplicativo de treinamento cerebral disponível para smartphones, tablets e computadores pessoais na versão browser. É um aplicativo que consiste em 34 jogos desenvolvidos por programadores e cientistas da área de psicologia das universidades colaboradoras. Esses jogos estão divididos em 4 áreas da cognição humana; atenção, velocidade, memória e raciocínio.

A modalidade, área ou ainda processo cognitivo estudado nessa pesquisa foi o raciocínio, que é definida no próprio aplicativo como a capacidade de tirar conclusões a partir da informação. O jogo escolhido dentro dessa área é chamado de Solitária (Figura 2), e consiste em um conjunto de caixas com figuras geométricas distintas em cor, forma e quantidade. O voluntário deve identificar e tocar na caixa cujo padrão não corresponda a nenhuma das outras caixas exibidas na tela.

Figura 2: Interface do jogo solitária do aplicativo Neuronation



A dificuldade foi padronizada pelos pesquisadores como sendo a inicial do aplicativo, e o tempo de cada rodada do jogo é padronizado em 1 minuto e 30 segundos pelo aplicativo. Durante uma rodada o nível de dificuldade progride de acordo com o desempenho do participante, porém esse nível era sempre recolocado

na posição inicial para a etapa seguinte de modo a padronizar as variáveis do teste. Isto porque, segundo Martinelli (2016) em sua pesquisa utilizando de outro aplicativo, a falta de padronização pode resultar em resultados dispares.

Ao final de cada partida o aplicativo relata ao usuário a sua pontuação, precisão e tempo médio de reação do participante. A pontuação e precisão são dadas em função da quantidade de respostas corretas do participante, enquanto o tempo de reação é a média dos tempos que o participante levou para escolher sua resposta, correta ou não, e é dado em segundos.

3.4 Voluntários

Por razões de conveniência e praticidade, a maioria dos voluntários para o experimento foram estudantes da Universidade Federal de Minas Gerais de diversos cursos, mas em sua maioria da área das Engenharias. Descontando o número de voluntários que não foram considerados aptos por questões de saúde relatadas em suas anamneses, e 3 voluntários cujos experimentos foram interrompidos, o total foi de 40 voluntários que geraram experimentos válidos. A validação do tamanho amostral é dada pela análise multivariada na seção 4.2 (Análise Multinível Multivariada).

Destes 40 voluntários, 28 foram homens e 12 mulheres. Conforme já mencionado, os participantes foram divididos em quatro grupos de acordo com a ordem em que lhes era aplicado determinado parâmetro vibracional (Tabela 3), ficando assim 10 participantes (7 homens e 3 mulheres) por grupo. As informações sobre idade, altura e massa corporal (MC) estão na Tabela 4.

Tabela 4: Média e Desvio Padrão de características dos voluntários

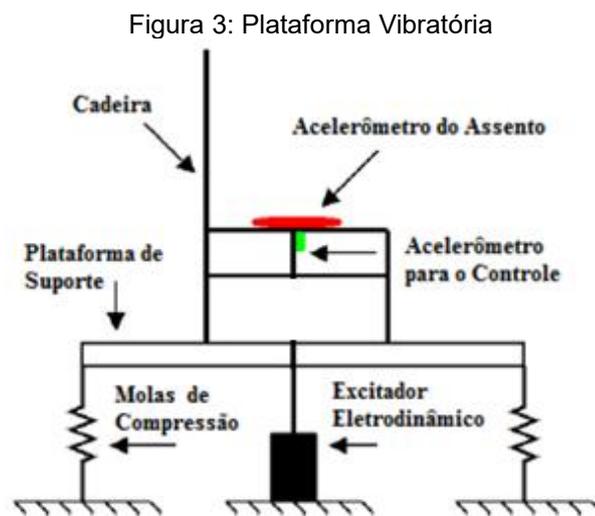
Homens			Mulheres			Geral					
	Idade (anos)	Altura (m)	MC (kg)		Idade (anos)	Altura (m)	MC (kg)		Idade (anos)	Altura (m)	MC (kg)
Média	23,5	1,75	76,9	Média	27	1,63	66,2	Média	24,5	1,71	73,69
Desvio padrão	3,47	0,06	13,7	Desvio padrão	9,03	0,04	9,00	Desvio padrão	5,83	0,08	13,3

3.5 Materiais e equipamentos utilizados

No experimento foi utilizado um smartphone da marca Xiaomi modelo Redmi 8, e os dados obtidos durante os testes foram anotados em um formulário de aquisição de dados (Anexo G). A plataforma vibracional, e seu sistema de controle, serão descritos a seguir.

3.5.1 Plataforma Vibratória

A plataforma vibratória do GRAVI_{sh}, de fabricação própria, ilustrada na Figura 3, é constituída por uma chapa de aço retangular, apoiada ao chão através de um sistema de molas, uma em cada extremidade. Esta chapa é conectada a um excitador eletrodinâmico por meio de uma haste metálica delgada rosqueada em ambas as extremidades.



Fonte: Donadon et al (2012) adaptado por (Belo, 2015)

Sobre esta chapa de aço, existe ainda uma estrutura metálica apoiada sobre roldanas na qual a cadeira usada para os testes com voluntários se encaixa. Essa estrutura mostrada na Figura 4 permite que sejam feitos ajustes da posição horizontal de modo a garantir que o centro de massa do voluntário coincida na medida do possível com o centro da plataforma, e para garantir a horizontalidade desta com relação ao solo e com isso minimizar vibrações em eixos que não sejam o eixo vertical.

A posição da cadeira é ajustada com o sistema de posicionamento tomando como referência um nível de bolha.

Figura 4: Detalhe da plataforma e níveis do tipo bolha



A cadeira tem seu assento e encosto de madeira e pés metálicos e apesar de se configurar como desconfortável para longos experimentos, é dessa forma para que o amortecimento das vibrações seja mínimo, e possa ser inferido que a vibração gerada pela plataforma seja bem próxima aos valores que o corpo do voluntário irá receber.

A chapa de aço retangular tem como dimensões, 750 x 1000 x 3 mm, e as 4 molas de aço, possuem um diâmetro externo de 76 mm, altura de 350 mm, diâmetro de fio de 6 mm e 9 espiras.

O excitador eletrodinâmico ou *shaker*, é um dispositivo que gera vibração no eixo vertical e os transmite para a plataforma pela haste metálica aparafusada nele e na plataforma.

A vibração gerada é controlada pelo sistema de controle descrito na próxima subseção. As hastes metálicas são escolhidas de acordo com a massa corporal do voluntário e são fixadas após o voluntário se sentar na cadeira. As hastes são delgadas, pois são projetadas para que em caso de choques ou situações em que o voluntário precise se levantar emergencialmente, elas se rompam e dessa forma preservem a integridade física do excitador, que é um equipamento mais frágil e de custo mais elevado. Também servem para minimizar efeitos rotacionais indesejados que poderiam existir por desalinhamento da plataforma, ocorrendo assim um aumento ou aparecimento de vibração em outros eixos.

Os sistemas de aquisição de dados, de excitação e de controle consistem (Figura 5) em um acelerômetro triaxial de assento (Tabela 5), um acelerômetro uniaxial (Tabela 6), um medidor de vibração, um condicionador de sinal, uma placa de aquisição de dados, um amplificador. Esses últimos especificados na (Tabela 7) e um microcomputador com os programas dspace control desk e Matlab versão 2014,

mais precisamente o *toolbox* Simulink, que é uma extensão destinada a processamento de sinais por diagrama de blocos, instalados. Estes programas são utilizados para o sistema de controle descrito na próxima sessão.

Figura 5: 1 Plataforma de testes com os sensores acoplados, 2 Acelerômetro de assento, 3 Excitador eletrodinâmico, 4 Computador e placa de aquisição, 5 Amplificador de potência, 6 Condicionador de sinais e 7 Medidor Maestro



Fonte: Viana (2019)

O uso do sistema Maestro é necessário para verificar se a plataforma está na amplitude correta de vibração, pois o acelerômetro acoplado ao Maestro não pode ser utilizado como sensor do sistema de controle por apresentar uma sensibilidade muito baixa.

Tabela 5: Especificações do acelerômetro triaxial

Modelo	AP 2083
Fabricante	AP Tech
Número de Série	5019
Sensibilidade axial (mV/g)	X: 10,2 Y: 9,9 Z: 10,0

Tabela 6: Especificações do acelerômetro uniaxial

Modelo	352A
Fabricante	PCB Piezoelectronics
Número de Série	7202
Sensibilidade (mV/g)	1008

Tabela 7: Especificações dos equipamentos

Equipamento	Modelo	Fabricante	Número de Série
Amplificador	CE 2000	Crown	C414725
Medidor de vibração	Maestro	01-dB	12317
Placa de aquisição	1104	dSPACE	501248
Condicionador de sinal	482A22	PCB Piezoelectronics	00005520
Excitador	VTS 150-6	Dynamic Solutions	138

3.5.2 Sistema de controle

O sistema de controle é do tipo malha fechada, especificamente um controlador PI na forma I-P, e tem como objetivo gerar a vibração com os parâmetros pré-estabelecidos do experimento. Em outras palavras, este visa ajustar automaticamente a amplitude em aceleração ponderada e frequência de vibração pré-determinadas para o experimento.

O acelerômetro uniaxial é fixado embaixo da cadeira de testes e seu sinal é medido pela placa de aquisição controladora dSPACE1104. O sinal do acelerômetro é corrigido pelo sistema de controle em malha fechada, porém existem ajustes que o sistema não é capaz de fazer automaticamente, para garantir que os parâmetros vibracionais sejam aqueles pré-estabelecidos. Isso ocorre pois apesar da robustez do sistema de controle, a variabilidade de massa corporal ou altura dos participantes causam variações que devem ser corrigidas manualmente.

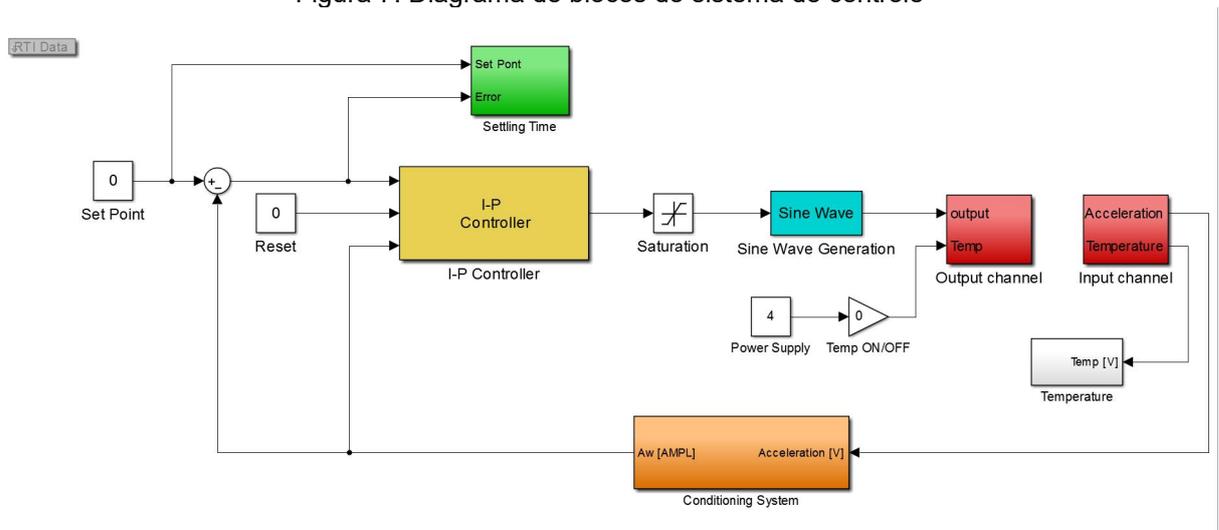
Para isso é utilizado o acelerômetro triaxial sobre o qual o participante se senta, ou seja, ele se localiza entre o corpo do participante e a cadeira. Seu sinal de aceleração é processado pelo sistema Maestro, e comparado pelo pesquisador, com a aceleração indicada pelo software gráfico ControlDesk visto na Figura 6, caso haja discrepâncias é feito o ajuste manual no software até que a aceleração seja a mais próxima possível da estabelecida.

O sistema de controle em malha fechada que minimiza o erro e ajusta-se automaticamente é programado através de um diagrama de blocos em Simulink e se utiliza de um controlador PI na forma I-P, e foi baseado no trabalho de Amaral (2015) (Figura 7).

Figura 6: Interface do programa ControlDesk



Figura 7: Diagrama de blocos do sistema de controle



Fonte: Amaral (2015)

3.6 Procedimento de coleta de dados

Uma sessão típica experimental, consistia em várias etapas, conforme um roteiro que foi implementado para gerar o mínimo de variabilidade indesejada na pesquisa. Um total de 43 voluntários foram considerados aptos a participar do experimento. Porém 3 desses não concluíram o experimento, ou por terem solicitado a interrupção do experimento, ou por rompimento da haste metálica de transmissão

da vibração e a impossibilidade de sua substituição em tempo mínimo de modo a não comprometer o experimento.

Os 40 voluntários restantes foram então divididos em 4 grupos, mas todos foram expostos às duas frequências de 5 e 30 Hz, e às duas acelerações ponderadas de 0,5 e 1,2 m/s², combinadas entre si, conforme já apresentado na Tabela 3.

O que varia entre os grupos é a etapa em que foram submetidos aos parâmetros. Isso foi feito para se testar se haveria diferenças nos resultados decorrentes da ordem de apresentação dos parâmetros e nos efeitos residuais de acordo com a frequência ou aceleração.

Cada voluntário ao ser recebido no laboratório, era instruído sobre os parâmetros do experimento, sua variação de acordo com as etapas, o tempo de duração e sobre as perguntas de conforto e dificuldade subjetivas que lhes seriam feitas durante as etapas com a apresentação das escalas referentes, Tabela 1 e Tabela 2, ou Anexo E e Anexo F, respectivamente.

Após a confirmação de que o voluntário entendeu o experimento, era apresentado a ele o aplicativo de treinamento cognitivo e o jogo que seria usado no experimento. Era solicitado ao voluntário que lesse as instruções na tela do aparelho celular e que jogasse uma ou mais partidas para familiarização conforme a necessidade do voluntário para compreensão do jogo.

Após o voluntário confirmar que compreendeu o funcionamento do jogo, era solicitado que preenchesse o formulário relativo às condições fisiológicas naquele momento e com questões subjetivas a respeito do jogo, antes de subir à plataforma e dar início ao experimento propriamente dito.

Com o voluntário sentado na cadeira da plataforma, era dado início ao experimento. O cronômetro do programa de interface gráfica ControlDesk era iniciado (Figura 6), o *cooler* usado para resfriar o excitador e a sua corrente de armadura eram ligados. Era esperado que seu ruído fizessem os voluntários acreditarem que o sistema como um todo já estava ligado, apesar de que, como já foi dito, a primeira etapa do experimento (T0) consistia em uma etapa de controle com frequência e aceleração nulas. Após 5 minutos o voluntário era questionado pelo pesquisador a respeito da sua opinião subjetiva do desconforto causado por aquela vibração (Tabela 2 ou Anexo F), e sua resposta anotada no formulário de coleta de dados.

Após 10 minutos do início de cada etapa, o voluntário então recebia o aparelho smartphone com o jogo em posição de início, e jogava uma partida. Ao término da partida, o cronômetro era interrompido e era iniciado um outro cronômetro, para registro de tempos de parada da plataforma. O tempo médio contando os 10 minutos iniciais, e término da partida, era em torno de 11min e 30s. O tempo médio entre as paradas para troca dos parâmetros vibratórios foi em torno de 30,5 s.

A pontuação, precisão e tempo de reação, fornecidos pelo próprio aplicativo do jogo eram anotados e o pesquisador perguntava ao voluntário sobre a dificuldade de jogar o jogo sob aquelas condições de vibração, de acordo com a escala subjetiva de dificuldade (Tabela 1 ou Anexo E).

Com os dados relativos àquela etapa anotados, era dado início a etapa T1 com seus respectivos parâmetros vibracionais. Esse procedimento era repetido um total de 6 vezes, até o término da etapa final (T5). Essa também se configura como uma etapa de controle, com frequência e aceleração iguais a zero, para que fossem testados efeitos residuais da vibração após 10 minutos.

Após a última etapa o voluntário era arguido sobre sua opinião a respeito da dificuldade relativa de jogar na última etapa em relação a primeira etapa, com as possíveis respostas de acordo com a Tabela 8. Tal resposta entrou como uma variável na análise de dados também para investigar efeitos residuais de vibração na cognição.

Tabela 8: Escala subjetiva de dificuldade entre T0 e T5 (sem vibração)

última etapa mais difícil que a primeira
última etapa mais fácil do que a primeira
indiferente

Aos 5 minutos decorridos de cada etapa, durante o questionamento sobre o conforto subjetivo do voluntário, são anotados também, a posição dos pés do voluntário na plataforma, e aos 10 minutos, enquanto o voluntário joga, a mão (ou mãos) que ele utiliza para segurar o smartphone, em cada uma das etapas.

3.7 Modelo multinível multivariado

Foi feita uma análise de dados, para a pontuação, baseada na estimação de um modelo multinível de acordo com o sistema composto pelas Equações 1 e 2, repetidas abaixo. Conforme já citado, esse tipo de modelo é adequado para lidar tanto com a presença de dados transversais (o que representa nesta pesquisa a presença de diferentes voluntários), quanto dependentes do tempo (cada voluntário jogar várias partidas durante várias etapas) (Vector Psychometric Group, 2021). No caso desta pesquisa, os dados estão aninhados com mensurações repetidas ou longitudinais, de diferentes indivíduos (Singer e Willet, 2003; Fitzmaurice *et al*, 2011; Hair, Jr e Fávero, 2019).

Foi aplicada uma versão dos Modelos Multiníveis, os chamados Modelos Hierárquicos Lineares (MHL). Como regra geral (pois há situações que permitem amostras menores), a literatura mostra que os MHL têm boa performance apenas se o número de grupos for igual ou maior do que 15 (Hoylle e Gottfredson, 2015). O presente estudo é uma aplicação específica dos MHL, qual seja, a análise de dados em painel (ou análises longitudinais). Nesses casos, cada voluntário é “um grupo”, visto que para cada um há medidas repetidas. Assim, visto que o presente estudo conta com 40 voluntários com diferentes medidas repetidas ao longo do tempo, tem-se um número muito superior ao mínimo requerido para uma estimação confiável de MHL.

A Equação 1, é aquela que permite a estimação da pontuação dada pela variável dependente “Y” que é função das variáveis (X1, X2, X3), mensuradas nas diferentes etapas do experimento, a saber, a ordem temporal das mensurações, a frequência e a amplitude, respectivamente, ou seja, que contém como variáveis explicativas aquelas que mudam ao longo do tempo. A Equação 2, controla a variabilidade entre os indivíduos, a partir de variáveis que são fixas ao longo do tempo, o que no caso da presente análise se restringe à variável X4, que é um coeficiente que representa o sexo do voluntário. O número da equação está repetido da seção 2.4, para mostrar que é a mesma equação.

$$Y = B_{0j} + B_{1j}(X1) + B_{2j}(X2) + B_{3j}(X3) + r_{ij} \quad (1)$$

$$B_{0j} = G_{00} + G_{01}(X4) + u_{0i} \quad (2)$$

Onde:

Y = Pontuação do voluntário em cada jogada (variável resposta);

B_{0j} = constante do primeiro nível;

$B_1 - B_3$ = coeficientes de regressão da equação de primeiro nível;

r_{ij} = termo de erro estocástico da equação de primeiro nível;

G_{00} = constante do segundo nível;

G_{01} = coeficiente de regressão da equação do segundo nível;

u_0 = termo de erro estocástico da equação de segundo nível.

O modelo definido pelas equações (1) e (2) é, portanto, formado por um sistema de equações de regressão com níveis hierárquicos distintos. Neste tipo de modelo, parâmetros tradicionais da Equação de Regressão transformam-se em variáveis aleatórias. No caso específico do modelo formalizado acima, apenas um parâmetro da primeira equação de regressão – a saber, a constante B_0 – torna-se uma variável resposta da segunda equação.

4 RESULTADOS

Nessa seção são discutidos os resultados dos experimentos em duas etapas: uma etapa composta de análises descritivas das métricas obtidas e relatos subjetivos dos participantes, com gráficos feitos no programa Microsoft Excel 2016 e uma segunda etapa que consiste em análise multivariada feita com o programa HLM da Scientific Software International (HLM, 2022). Os resultados são expostos e discutidos de acordo com os objetivos específicos descritos na introdução deste trabalho.

Como explicado na seção 3.3, o aplicativo oferece três métricas para análise de dados, a pontuação, a precisão e o tempo de reação do participante. O tempo de cada partida é fixo em 1 minuto e 30 segundos. A pontuação é a quantidade de respostas corretas obtidas nesse dado tempo. O jogo permite que se passe de nível de dificuldade dependendo do desempenho do usuário. A quantidade de pontos por resposta correta é função do nível. A precisão é o percentual de respostas corretas em relação ao total de respostas e o tempo de reação é a média do tempo em segundos que o participante leva para escolher sua resposta.

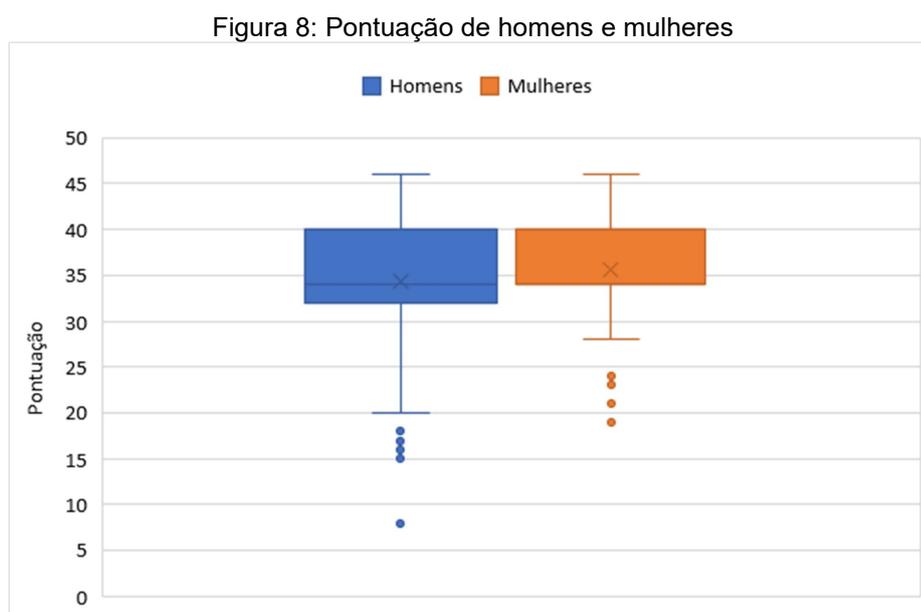
4.1 Análise descritiva

A análise descritiva será feita através da análise dos *boxplots* ou diagrama de blocos. Um *boxplot* é uma representação gráfica, que descreve de forma simultânea várias características importantes de um grupo de dados, como centro, variabilidade, assimetrias e dados não usuais ou *outliers*. Na caixa retangular, são mostrados os quartis, e os pontos de máximo e mínimo de um conjunto de dados. No caso de gráficos com disposição vertical, o primeiro quartil corresponde à linha inferior da caixa e o terceiro quartil à linha superior. A linha que atravessa a caixa corresponde ao segundo quartil ou mediana e o “x” que aparece dentro da caixa é a média dos valores representados. As linhas em cada extremidade da caixa são chamadas *whiskers* ou bigodes e se estendem dos respectivos quartis até valores com quantidade equivalente a 1.5 interquartis. Valores além dessa zona são considerados *outliers* e são valores que estão muito fora ou destoam bastante dos outros valores característicos daquela amostra e aparecem no gráfico sob a forma de pontos isolados. Gráficos do tipo *boxplot* são muito úteis em comparações de grupos de dados pois são fáceis de serem interpretados e possuem impacto visual

(Montgomery e Runger, 2014). Deve-se ressaltar, que, o que se chama aqui de análise descritiva tem de fato o objetivo apenas de descrever aspectos específicos das variáveis de interesse. Na amostra a utilização de marcadores para os intervalos de confiança nos gráficos reportados permite que sejam feitas inferências estatísticas. Todavia, estas inferências não são exploradas de forma mais aprofundada nesta seção, pois assume-se aqui que suas validades só se mostram de forma mais robusta na análise multivariada que será apresentada adiante.

4.1.1 Diferenças de pontuação, precisão e tempo de reação entre homens e mulheres

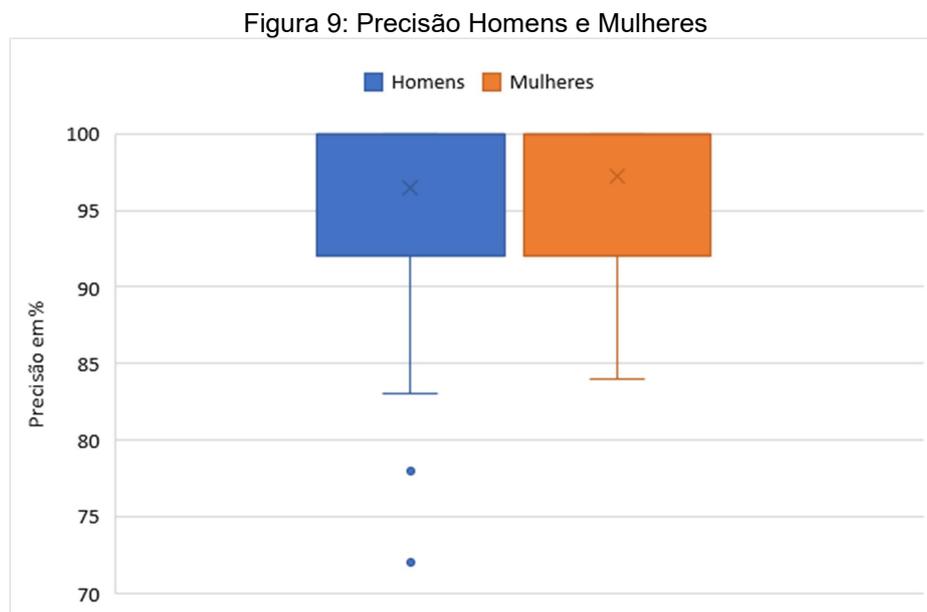
Conforme foi dito na seção 3.4, do total de 40 voluntários, foram 28 homens e 12 mulheres. A pontuação média foi de 34,32 para os homens e 35,67 para as mulheres, de acordo com a Figura 8.



O aplicativo do jogo possui um sistema de pontuação que não produz grande variabilidade de resultados possíveis, poucos foram os casos em que a pontuação ultrapassou os 40 pontos, e como já foi dito, o nível de dificuldade aumenta de acordo com o desempenho do participante, bem como a pontuação recebida de acordo com o nível. Dessa forma existem poucos valores possíveis para pontuações, como por exemplo, o único valor possível acima de 40 pontos é 46 pontos, valor esse que poucos voluntários atingiram. Isso ocorre pois geralmente a

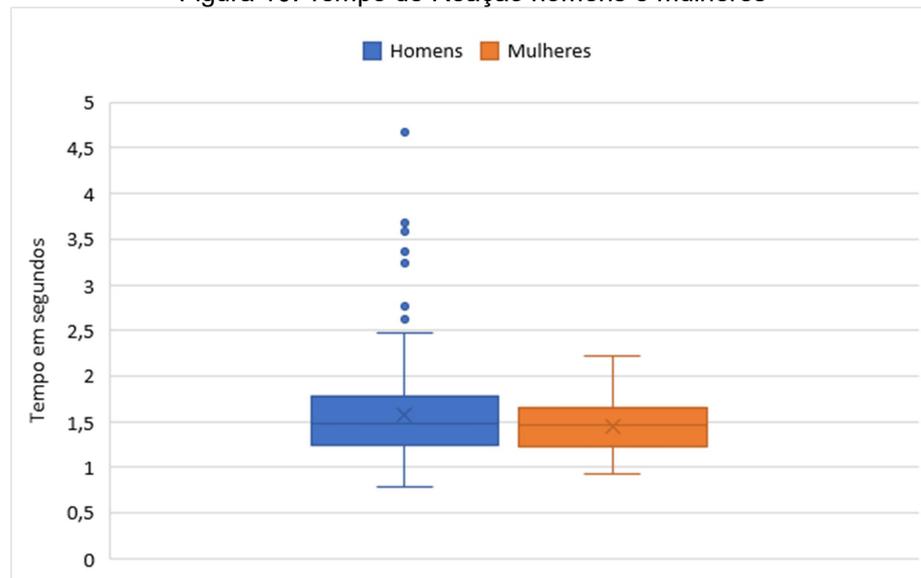
pessoa vai estar próxima dessa pontuação nos últimos segundos do jogo e em um nível em que cada resposta correta vale 6 pontos. Uma pequena variabilidade na pontuação tende a ocorrer dentre as menores pontuações.

A média de precisão para homens foi de 96,48% e de 97,2% para mulheres, o que por si só não é o suficiente para configurar uma eventual impulsividade maior no grupo masculino. A Figura 9 apresenta o *boxplot* da precisão entre homens e mulheres. Pode-se ver uma pequena variação entre os grupos.



A média de tempo de reação (Figura 10) para homens foi de 1,58 segundos para homens e 1,45 segundos para mulheres, isso juntamente com a precisão ligeiramente inferior para os homens poderia indicar que os homens cometeram uma maior quantidade de erros não ligados a impulsividade. Deve-se notar que houve um grande número de *outliers* no grupo dos homens no *boxplot* do tempo de reação.

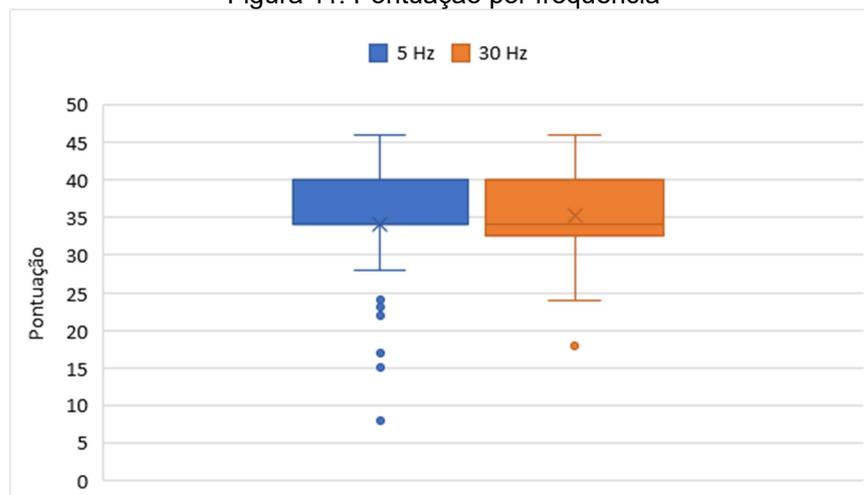
Figura 10: Tempo de Reação homens e mulheres



4.1.2 Análise da diferença entre frequências

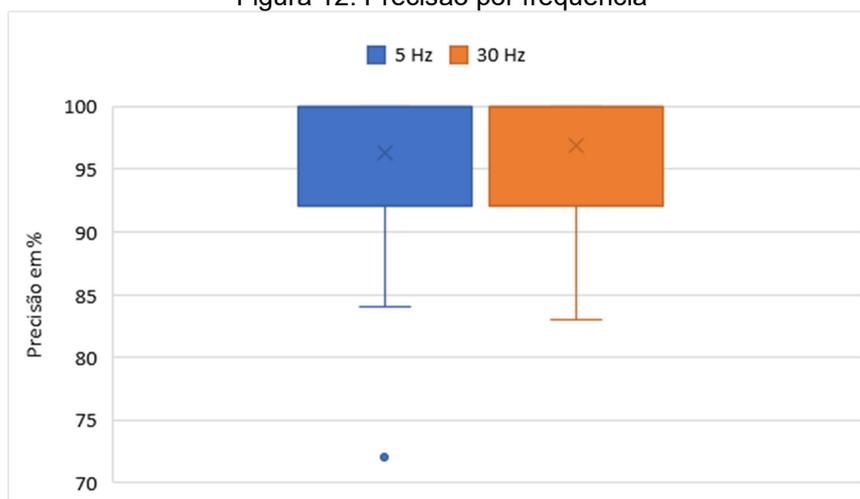
Essa análise (Figura 11) compara o desempenho geral dos voluntários em pontuação, precisão e tempo de reação levando-se em consideração apenas as diferenças entre as duas frequências, independente do gênero e grupo. A média na pontuação foi de 34,175 pontos para a frequência de 5 Hz e 35,175 para a de 30 Hz, exatamente 1 ponto a mais.

Figura 11: Pontuação por frequência



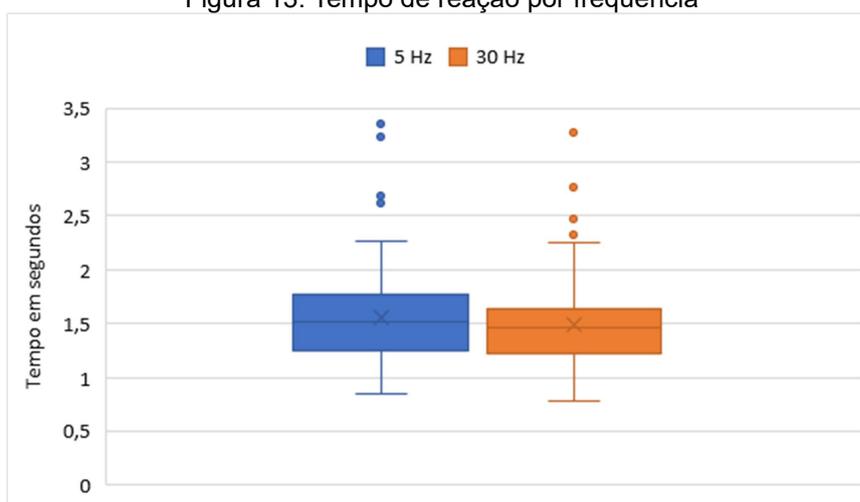
A precisão entre as duas frequências teve uma média de 96,26% para 5 Hz e 96,89% para 30 Hz (Figura 12).

Figura 12: Precisão por frequência



O tempo de reação entre as duas frequências Figura 13, apresenta uma variabilidade um pouco maior para 5 Hz. Suas médias foram de 1,56 segundos para 5 Hz e 1,49 segundos para 30 Hz.

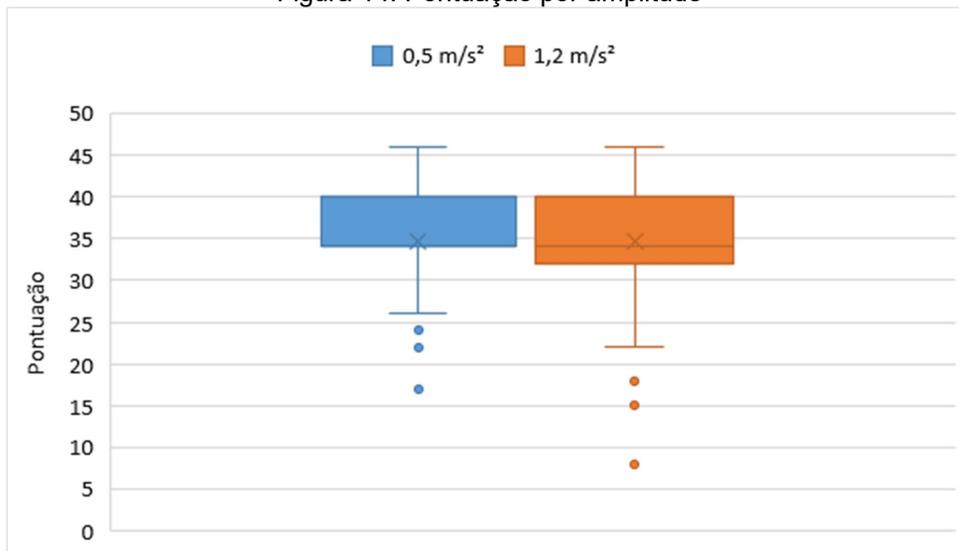
Figura 13: Tempo de reação por frequência



4.1.3 Análise das diferenças por amplitude

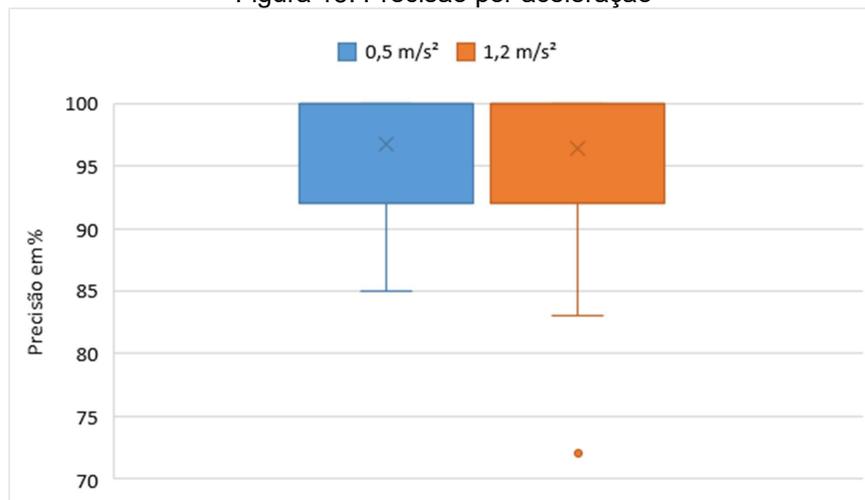
Essa análise compara o desempenho dos voluntários em pontuação, precisão e tempo de reação de acordo com os dois diferentes valores de amplitude de aceleração utilizados, a saber, 0,5 e 1,2 m/s². A média das pontuações (Figura 14) foi bastante próxima, com 34,69 pontos para 0,5 m/s² e 34,67 para a aceleração de 1,2 m/s². Nota-se uma presença maior de valores baixos de pontuação na aceleração de 1,2 m/s².

Figura 14: Pontuação por amplitude



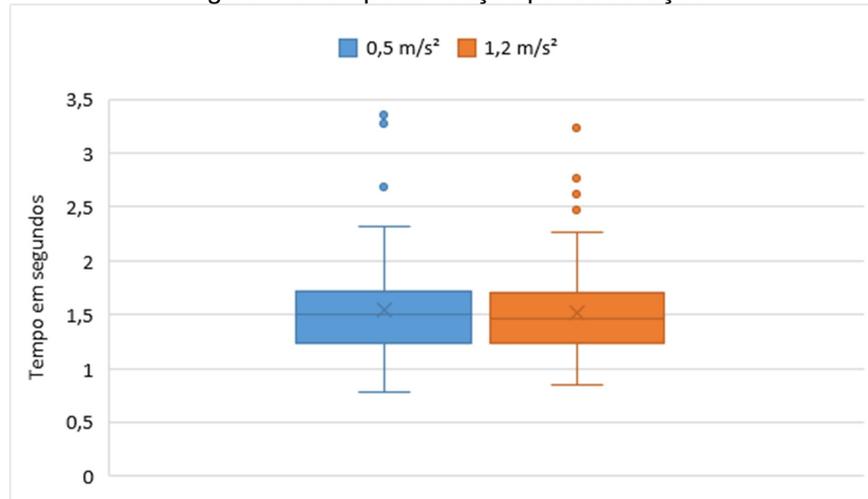
A precisão (Figura 15) também não apresentou grandes diferenças, com uma média de 96,76% para a aceleração de 0,5 m/s² e 96,39% para 1,2 m/s².

Figura 15: Precisão por aceleração



O tempo de reação teve valores médios bem próximos com uma média de 1,54 segundos para 0,5 m/s² e 1,51 para a aceleração de 1,2m/s² (Figura 16).

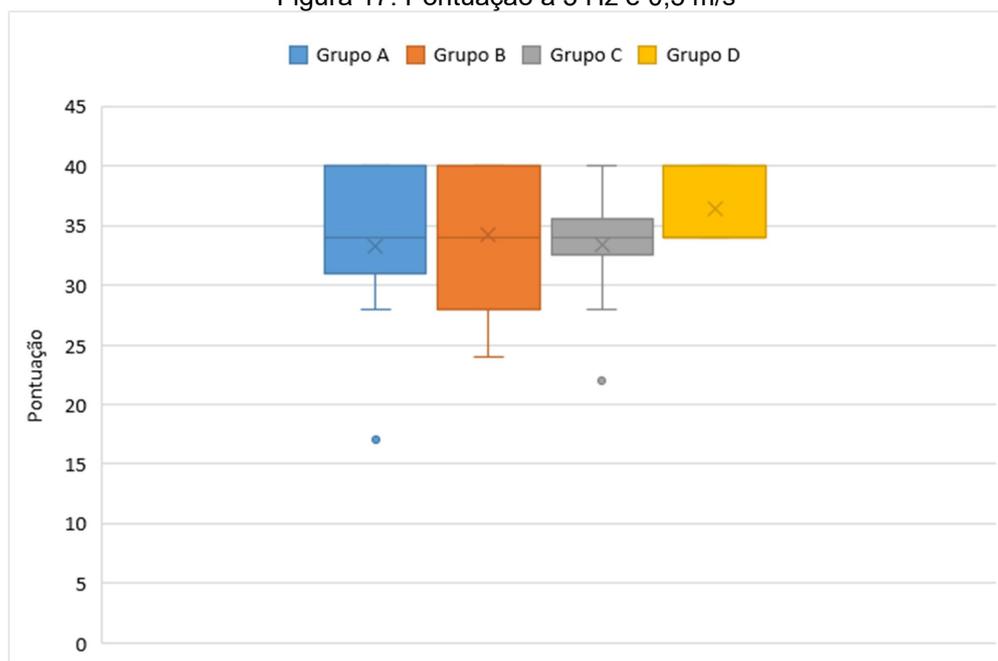
Figura 16: Tempo de reação por aceleração



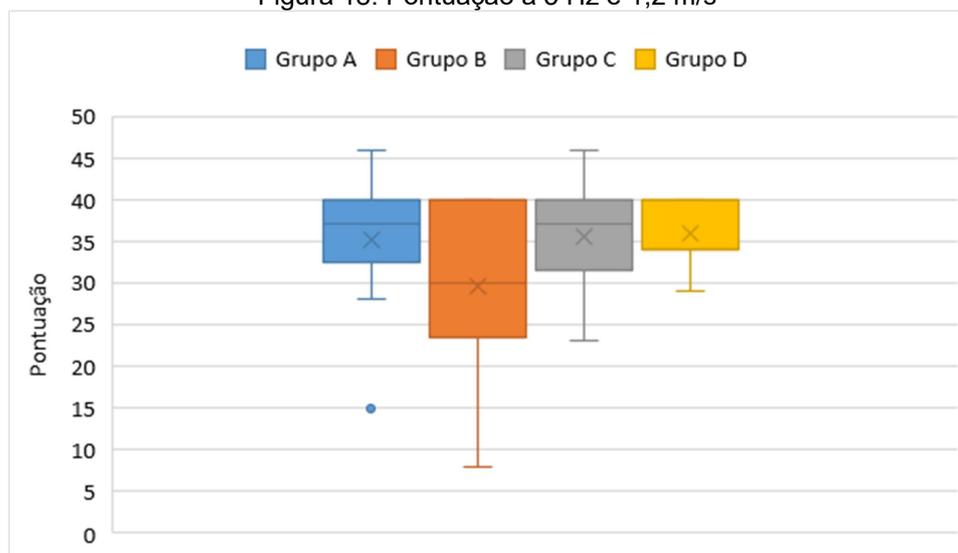
4.1.4 Análise da pontuação por momento de exposição aos parâmetros.

A combinação das duas frequências e duas acelerações gera um total de 4 parâmetros vibracionais. O primeiro dos parâmetros a ser analisado (Figura 17) é o composto por uma frequência de 5 Hz e 0,5 m/s², esse parâmetro ocorre na primeira etapa com vibração (T1) para participantes do grupo A, quarta etapa para o grupo B (T4), terceira etapa para o grupo C (T3) e segunda etapa para o grupo D (T2).

O grupo D teve a maior média de pontuação nesse parâmetro com 36,4 pontos, o grupo B teve média de 34,2 pontos, o grupo C teve 33,4 pontos, e o menor valor foi 33,3 para o grupo A, que como já foi dito tem esse parâmetro como o seu primeiro.

Figura 17: Pontuação a 5 Hz e 0,5 m/s²

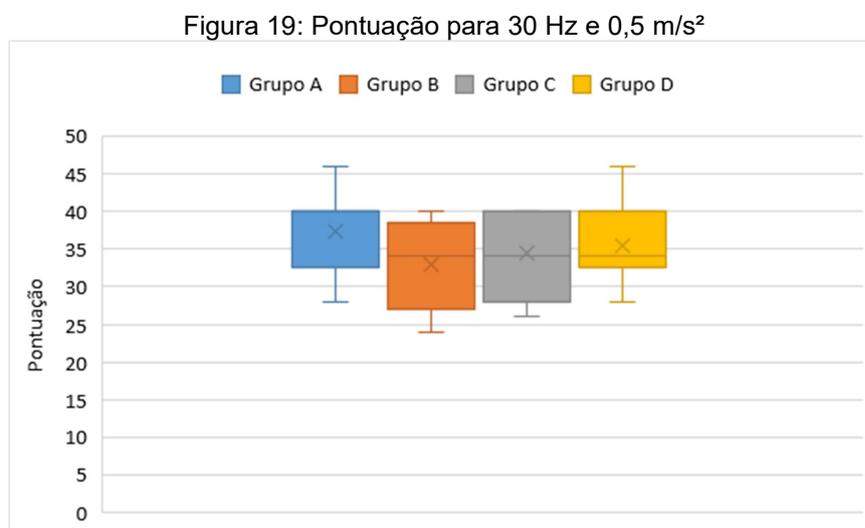
Em seguida (Figura 18) o parâmetro analisado é o de 5 Hz e 1,2 m/s² que é o segundo parâmetro vibracional para o grupo A, primeiro para o grupo B, quarto para o grupo C e terceiro para o grupo D.

Figura 18: Pontuação a 5 Hz e 1,2 m/s²

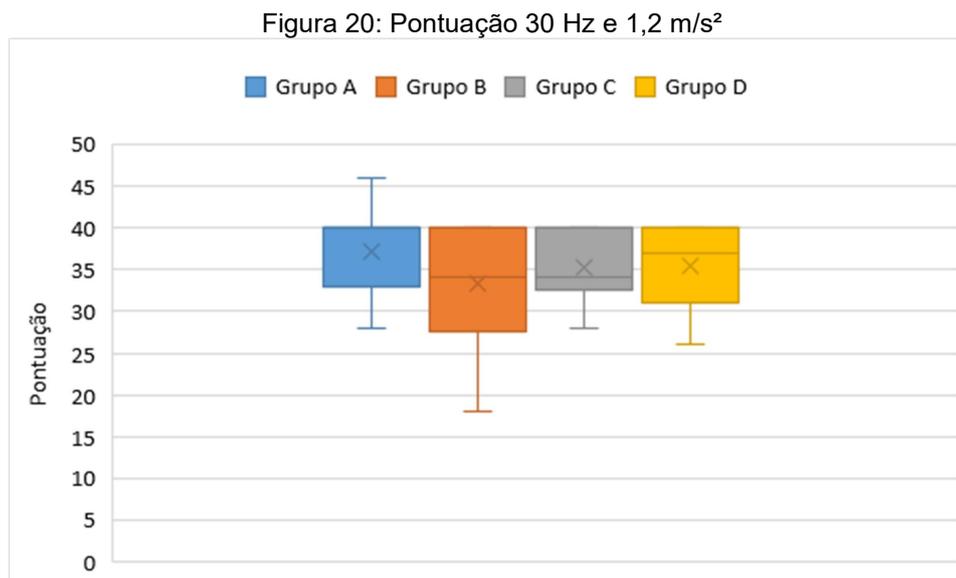
É possível se notar uma maior variabilidade nas pontuações no grupo B, que é o grupo onde esse parâmetro é o primeiro. Esse é o parâmetro onde a vibração é mais perceptível para o voluntário, o aparelho smartphone balança bastante nas mãos dos voluntários, a aceleração pode ser considerada alta e a frequência baixa e

segundo a literatura, parâmetros assim são os que causam maior déficit cognitivo nas pessoas. Nota-se as mais baixas pontuações no grupo B, e a rara ocorrência de 46 pontos nos grupos A e C, que são expostos a esse parâmetro, na segunda e última etapa respectivamente, o que pode indicar que a ordem das etapas não tem grande influência na pontuação. O grupo B obteve a média mais baixa com 29,6 pontos, enquanto os outros 3 grupos tiveram médias bem próximas, com o maior valor de 35,9 para o grupo D, e 35,1 e 35,5 para os grupos A e C respectivamente.

O próximo parâmetro a ser analisado é o de frequência 30 Hz e $0,5 \text{ m/s}^2$ de aceleração e é considerado como de baixa aceleração, e frequência que na literatura aparece como benéfica à cognição humana (Figura 19).



A maior média aqui foi do grupo A que tem esse parâmetro como seu terceiro teste, etapa T3, com uma pontuação média de 37,4 pontos, seguido do grupo D com 35,4 pontos e que tem a ocorrência desse parâmetro na última etapa (T4), e grupo C com 34,4 pontos, ficando a média de pontuação mais baixa com o grupo B com 33 pontos e que é exposto a essa vibração na sua segunda etapa (T2).



Finalmente, a Figura 20 detalha o desempenho do parâmetro 30 Hz e 1,2 m/s² de aceleração, novamente a média das pontuações foi relativamente próxima com maior valor ocorrendo no grupo A (37,2 pontos), que tem esse parâmetro na última das etapas com vibração (T4). O menor valor da média foi no grupo B, sendo de 33,4 pontos e que tem a ocorrência do parâmetro na etapa T3. Os grupos C e D tiveram um valor médio de pontuação bem similar, com 35,2 e 35,4 pontos respectivamente.

4.1.5 Análise da Precisão por momento de exposição aos parâmetros

Os valores de precisão entre os grupos e de acordo com o momento de aplicação dos parâmetros não apresentaram grandes diferenças. A análise dessas variáveis destaca, uma média de precisão de 91,7% para o grupo B e com o parâmetro de 5 Hz e 1,2 m/s² (Figura 22), como valor médio mais baixo de todos os grupos em todos os parâmetros vibracionais. Esse parâmetro é o primeiro a ser aplicado em voluntários do grupo B (etapa T1), e é o parâmetro em que a plataforma, vibra de maneira mais perceptível e intensa. O grupo D, no qual o parâmetro ocorre na terceira etapa (T3), teve como média de precisão 97,6%. O fato de que o grupo B apresentar média de precisão e média de pontuação mais baixas para esse intenso parâmetro de 5 Hz e 1,2 m/s² sugere que ter esse parâmetro na primeira etapa configura-se como algum tipo de choque para os voluntários e reforça

o mesmo como parâmetro negativo para a cognição humana, conforme a literatura relata. A Figura 23, mostra como o desempenho do grupo B é maior logo na etapa seguinte T3.

A título de comparação o grupo C que tem o parâmetro 5 Hz e 1,2 m/s² na etapa T4, apresentou nessas condições uma média de precisão de 96,9% e média de pontuação de 35,5 pontos como já foi visto na discussão sobre pontuações. Isso pode sugerir que outros valores de vibrações podem anular efeitos negativos na cognição provocados por um dado parâmetro, e pode explicar a baixa significância encontrada na análise multivariada que será discutida na seção 4.2 deste trabalho.

Figura 21: Precisão a 5 Hz e 0,5 m/s²

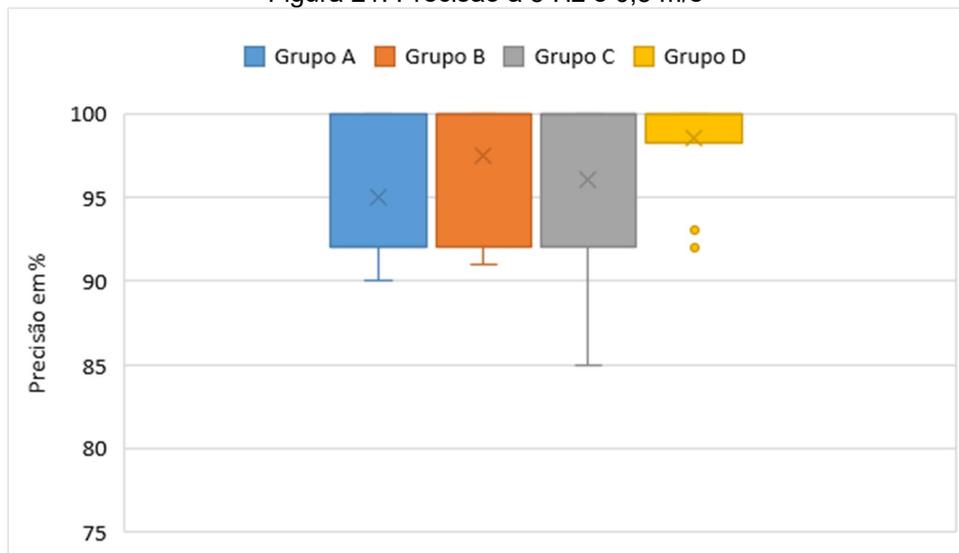


Figura 22: Precisão a 5 Hz e 1,2 m/s²

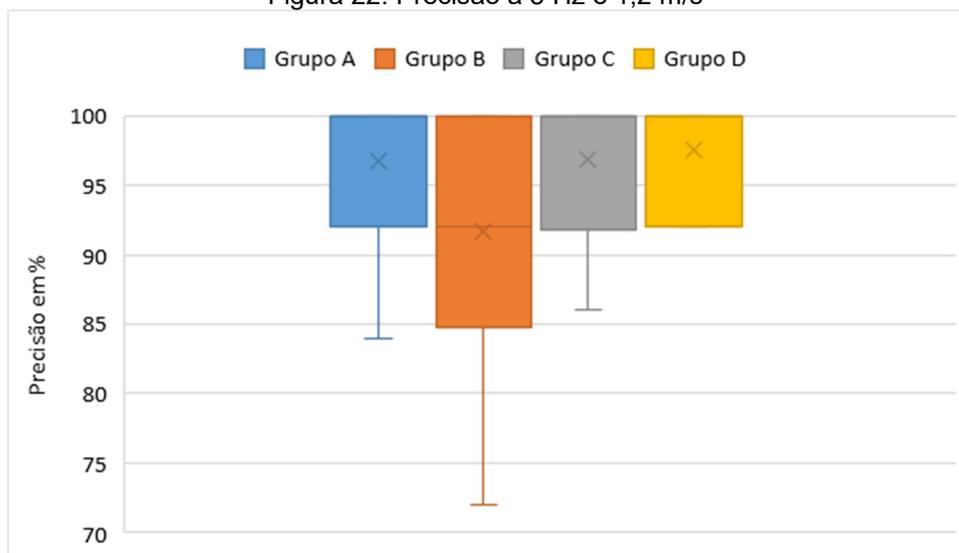
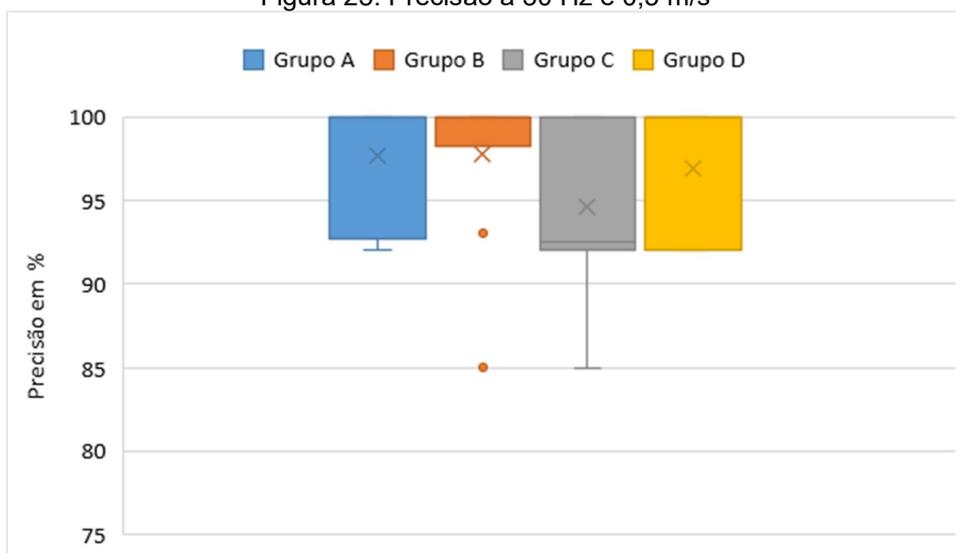
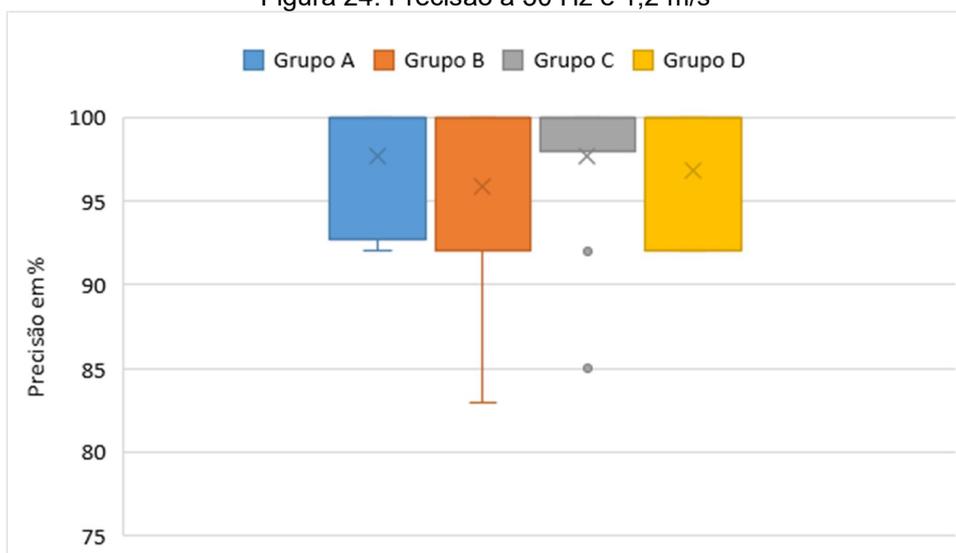


Figura 23: Precisão a 30 Hz e 0,5 m/s²Figura 24: Precisão a 30 Hz e 1,2 m/s²

O maior valor médio de precisão geral foi encontrado como sendo 98,5% e pertencendo ao grupo D, quando expostos ao parâmetro de 5 Hz e 0,5 m/s² (Figura 21), o que acontece na segunda etapa vibracional (T2) para este grupo. A Figura 24 ilustra um aumento na média de 94,6% para 97,7% na precisão do grupo C ao passar da etapa T1 para T2.

4.1.6 Análise do tempo de reação por momento de exposição aos parâmetros

Esta análise está representada no intervalo das Figura 25 até a Figura 28. Novamente o grupo B aparece com o pior desempenho, como aconteceu para a pontuação e precisão, no parâmetro de 5 Hz e 1,2 m/s². Como se observou, é o

parâmetro onde a plataforma balança de forma mais intensa e ocorre na primeira etapa vibracional (T1) neste grupo. A média de tempo de reação para o grupo B na etapa mencionada foi de 1,8 segundos. A média mais baixa de tempo de reação foi encontrada para o grupo C quando submetidos aos parâmetros 30 Hz e 0,5 m/s² que para esse grupo configuram a primeira etapa com vibração (T1) com o valor de 1,368 segundos. O tempo de reação é uma medida em que valores menores são vistos como mais desejáveis do que valores maiores, porém, tempos de reação muito baixos, mas com baixa precisão ou baixa pontuação podem indicar impulsividade, o que de fato aconteceu com o grupo C. Tempos de reação mais altos podem significar uma diminuição da capacidade cognitiva se vierem acompanhados de baixa precisão ou pontuação, o que foi o caso do grupo B.

Figura 25: Tempo de reação a 5 Hz e 0,5 m/s²

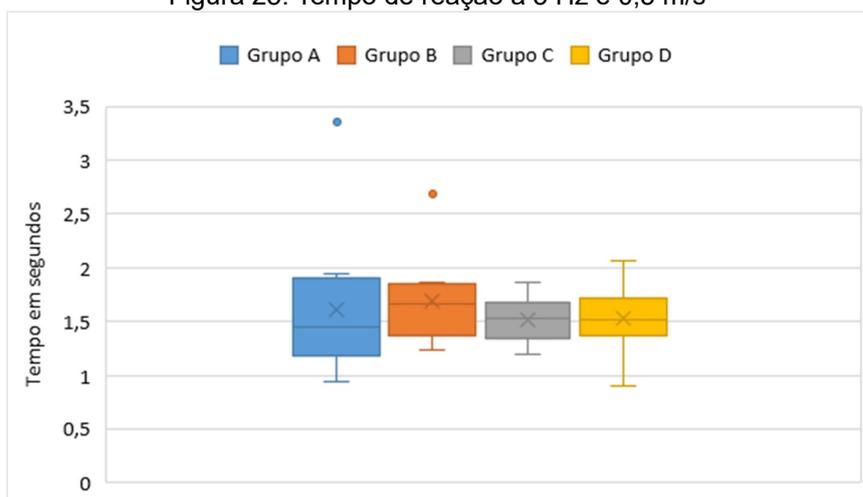


Figura 26: Tempo de reação a 5 Hz e 1,2 m/s²

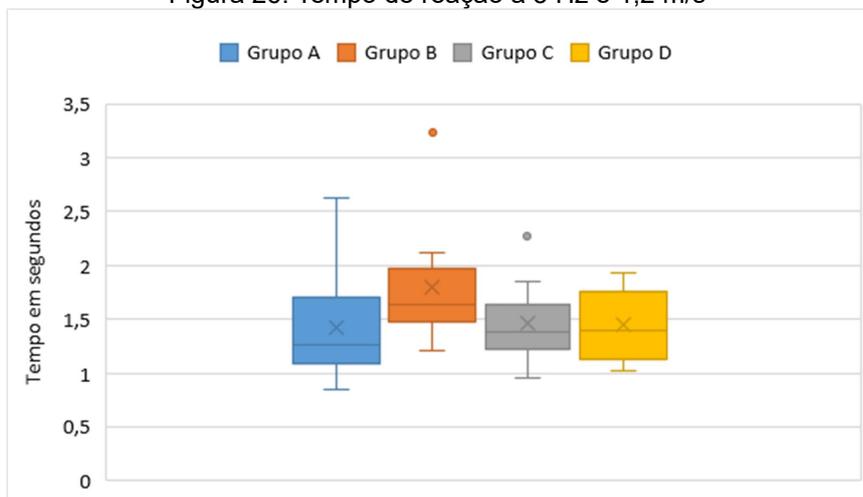
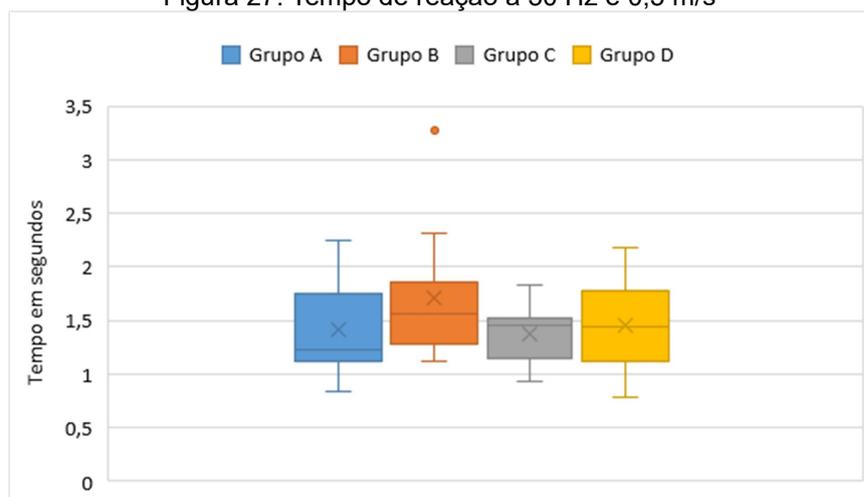
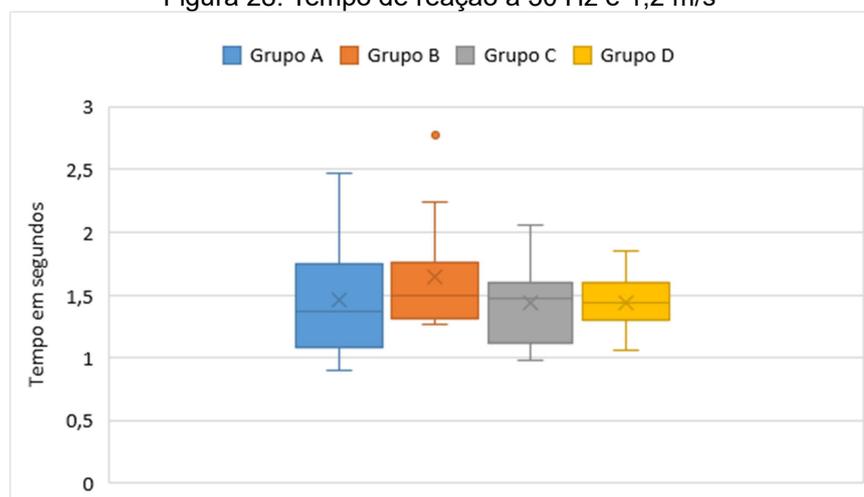


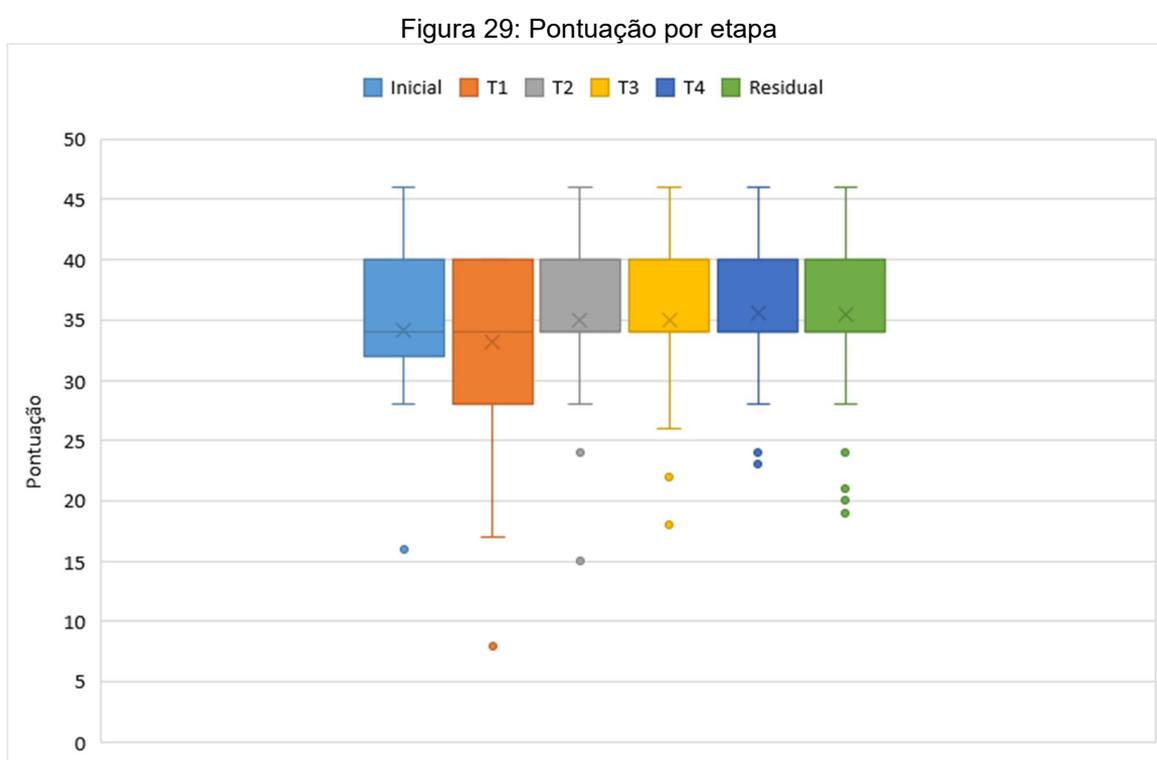
Figura 27: Tempo de reação a 30 Hz e 0,5 m/s²Figura 28: Tempo de reação a 30 Hz e 1,2 m/s²

4.1.7 Análise generalizada de efeito residual e de aprendizado

A etapa final do experimento com cada voluntário foi uma etapa de controle, para que eventuais efeitos residuais das vibrações do jogo fossem testados. Esta análise feita de duas formas, uma comparação das etapas, e uma análise das respostas subjetivas dadas pelos voluntários quando perguntados sobre a dificuldade relativa entre a última e primeira etapa.

A discussão nessa seção não separa os voluntários por grupo e é apenas ilustrativa, uma discussão levando em conta os grupos dos participantes é feita nas seções 4.1.8 e 4.1.9 onde são discutidas as relações entre pontuação e relatos subjetivos de dificuldade e pontuação com relatos subjetivos de desconforto.

Comparando-se as médias de pontuação (Figura 29) das etapas inicial e residual (T0 e T5), obtemos 34,12 pontos na etapa T0 contra 35,5 pontos da etapa T5, mesmo se levando em conta que todos os voluntários foram expostos a todos os parâmetros vibracionais, mudando-se apenas a ordem. Quando analisamos a média de pontuação de todas as etapas, não é observado um crescimento linear e uniforme. A média de pontuação oscila, sendo de 34,125 pontos como já foi dito na etapa inicial, caindo para 33,175 pontos (o menor valor médio) na etapa T1, subindo novamente na etapa T2 com 34,925 pontos, caindo novamente em T3 (35,025 pontos em média), subindo para o valor mais alto da média de pontos 35,575 em T4, para então atingir o valor já relatado de 35,5 na etapa de controle residual ou T5.



Apenas a análise descritiva dos dados não é suficiente para se falar em aprendizado, pois por esses dados de médias e *boxplot* vemos que as médias de pontuação das 4 últimas etapas têm valores muito próximos. Mas na seção 4.2 de análise multivariada, veremos que é justamente o aprendizado que apresentou maior significância estatística embora ainda não muito expressiva.

Na Figura 30 vemos que a média como indicativo de desempenho é novamente um pouco superior na etapa de controle e final T5, do que na etapa de controle e inicial T0. A média de precisão é de 96,8% na etapa inicial e 97,0% na

etapa final. Com relação a tendência de crescimento das etapas iniciais para as finais ocorre o mesmo que para a pontuação, uma ligeira oscilação de valores médios de precisão, mas com valores muito próximos. Porém assim como foi na pontuação essa oscilação de valores ocorre mais acentuadamente nas etapas iniciais, de T0 a T3, apresentando saltos maiores de valor, enquanto de T3 a T5 as diferenças de valores são muito pequenas.

Figura 30: Precisão por etapa

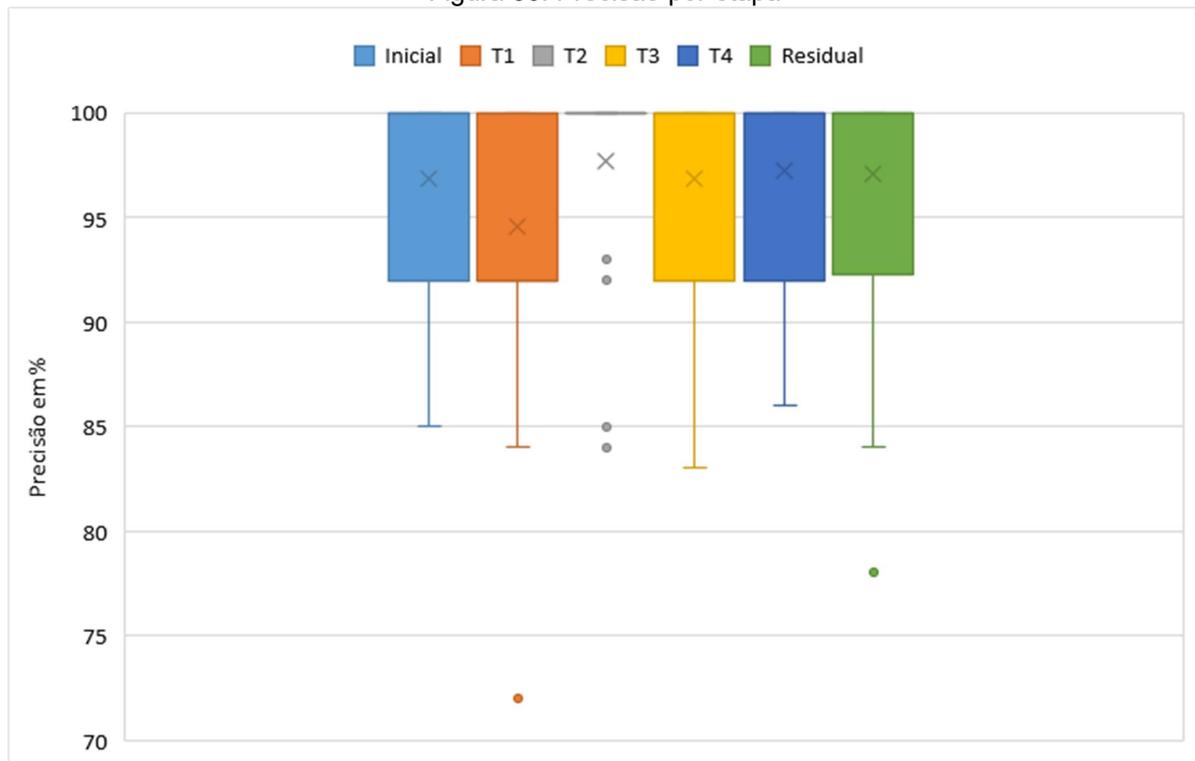
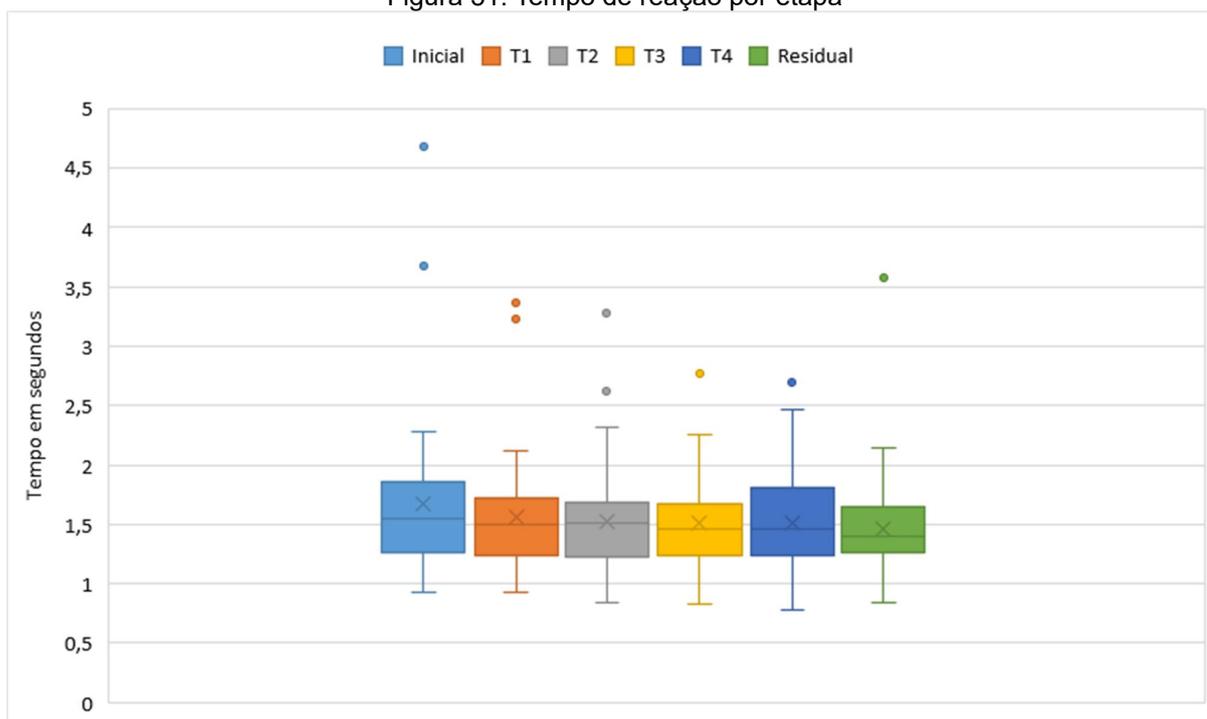


Figura 31: Tempo de reação por etapa

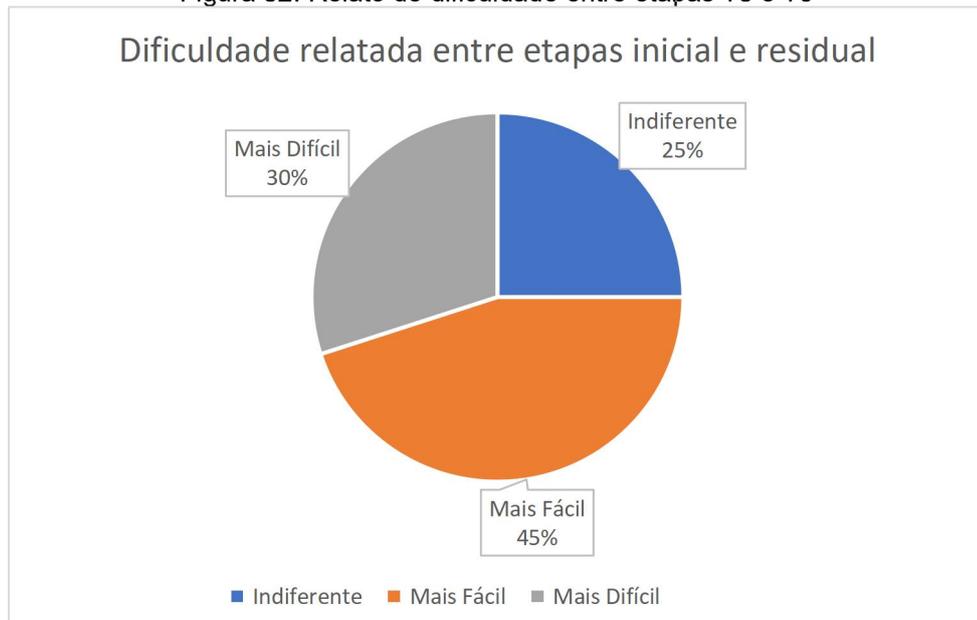


Para o tempo de reação (Figura 31) ocorre o mesmo que aconteceu anteriormente com a pontuação e precisão, ou seja, o desempenho das etapas iniciais foi inferior se comparado ao das finais. O tempo de reação é menor na etapa final do que na inicial, lembrando que queda no tempo de reação é geralmente considerado benéfico. As médias foram de 1,67 segundos em T0 e 1,46 segundos em T5. Porém ao contrário do que aconteceu na pontuação e precisão o valor na etapa inicial foi o “pior” e o final foi o “melhor”, os valores foram decrescendo (ou melhorando) do início para o fim, com exceção da penúltima etapa (T4) que teve sua média de tempo de reação ligeiramente superior do que sua etapa anterior (T3) com valores de 1,5155 segundos e 1,5055 segundos respectivamente. A análise do tempo de reação é a mais expressiva das 3 métricas para dizer que houve um possível efeito de aprendizado.

Uma outra forma de análise foi feita perguntando aos voluntários sua opinião sobre a dificuldade relativa percebida por eles entre jogar na última etapa em comparação com a primeira etapa, contando como as etapas de controle. Os voluntários eram solicitados a responder se acharam a última vez que jogaram “mais difícil”, “mais fácil” ou se se sentem “indiferentes” com relação à diferença nas dificuldades, conforme apresentado na Tabela 8.

A Figura 32, representa os percentuais de relatos de dificuldade subjetiva de todos os voluntários sem levar em consideração a divisão por grupos. O maior percentual de indivíduos que relatam que a última partida do jogo foi mais fácil pode ser indicador de efeitos residuais positivos na cognição ou um possível aprendizado.

Figura 32: Relato de dificuldade entre etapas T5 e T0



As Figura 33 até Figura 36 mostram os percentuais de relatos de dificuldade subjetiva por grupo.

Figura 33: Relatos de dificuldade T5 e T0 do Grupo A

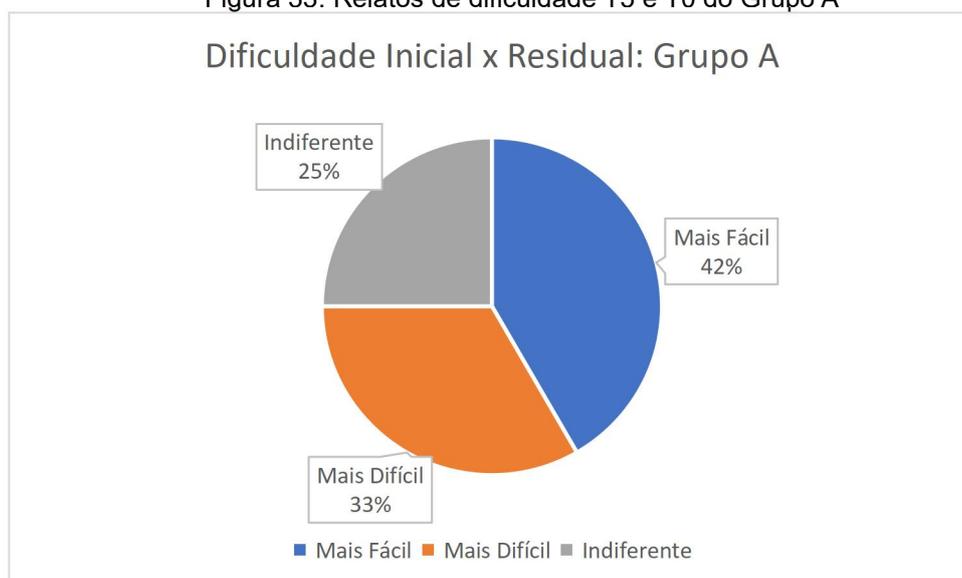
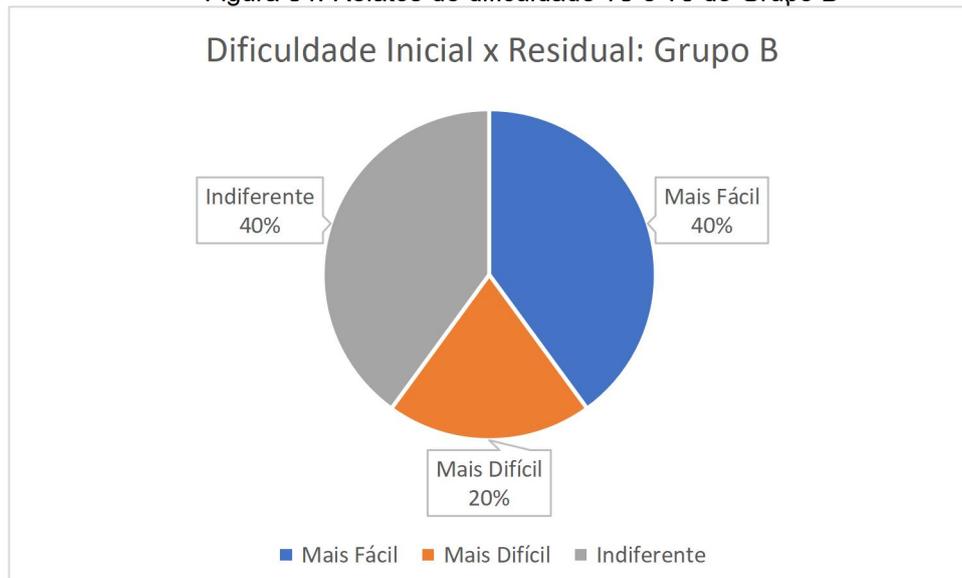
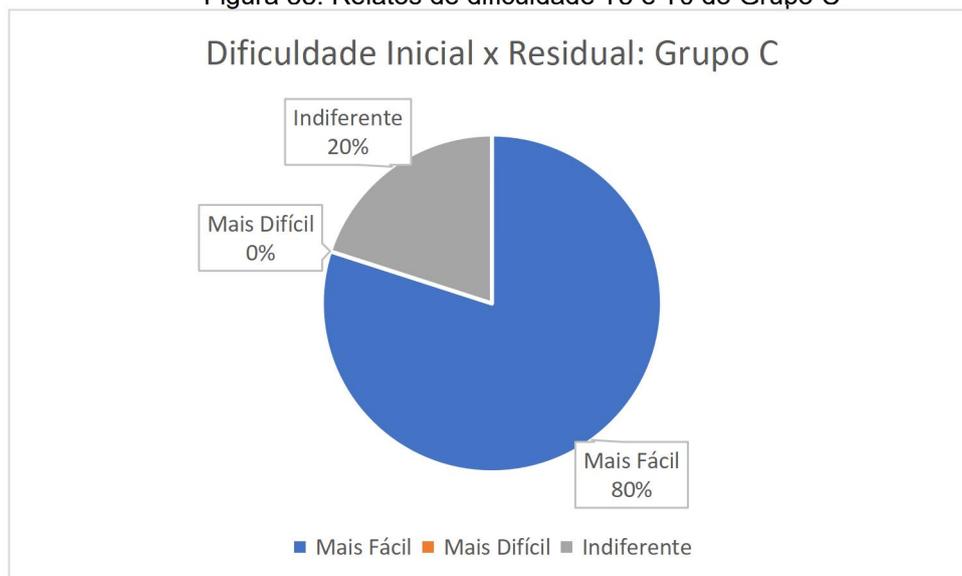


Figura 34: Relatos de dificuldade T5 e T0 do Grupo B



Os gráficos pertencentes aos grupos A e B estão mais equilibrados quanto a acharem que o último teste (T5) foi mais fácil que o primeiro (T0). O grupo A tem como último parâmetro antes da etapa final de controle, 30 Hz e 1,2 m/s², e o grupo B tem 5 Hz e 0,5 m/s². Um parâmetro com frequência dita benéfica, mas com aceleração mais elevada, e outro com frequência conhecida por diminuir o desempenho cognitivo, mas com baixa aceleração. Porém, o número de voluntários que julgou ser mais difícil no grupo B foi menor.

Figura 35: Relatos de dificuldade T5 e T0 do Grupo C

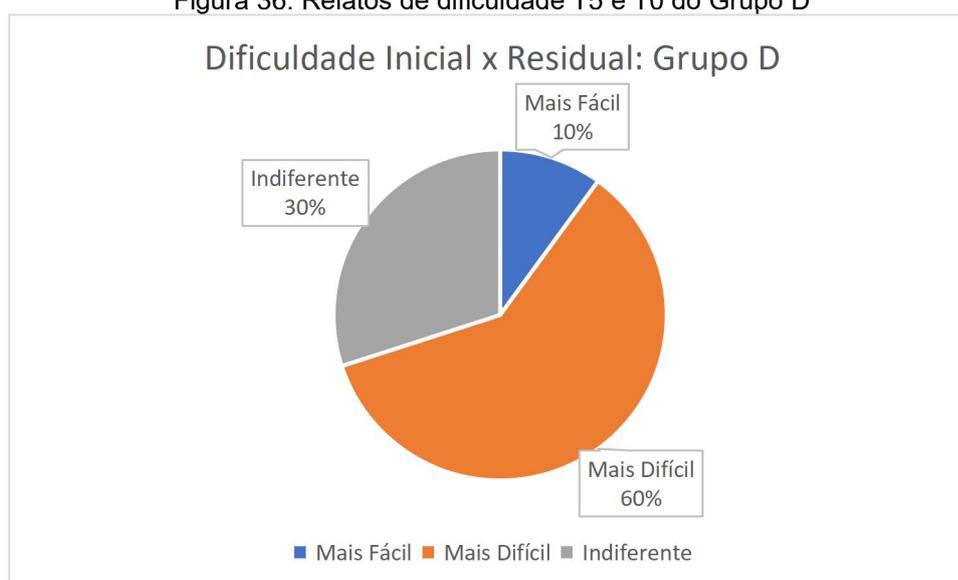


Os gráficos com maior diferença entre mais fácil e mais difícil, são os pertencentes aos grupos C e D. O grupo C (Figura 35) tem como último parâmetro

vibratório ao qual os voluntários foram expostos, a frequência de 5 Hz e aceleração de $1,2 \text{ m/s}^2$ que aparece na literatura relacionados a efeitos negativos na cognição humana e como já visto na seção anterior, que tratava das diferenças entre grupos, esse parâmetro quando aparece como primeiro parâmetro é o que mostrou causar as maiores quedas de pontuação e precisão. Entretanto os voluntários que o tem como último parâmetro antes da etapa de controle para efeitos residuais, são os que relatam em maior número, que a etapa final foi mais fácil do que a primeira.

O fenômeno oposto, mas que também contraria as tendências encontradas na literatura, foi o fato dos voluntários do grupo D (Figura 36) que tem como último parâmetro antes da etapa de controle, uma frequência de 30 Hz e aceleração de $0,5 \text{ m/s}^2$, terem relatado em sua maioria que a última partida jogada foi mais difícil do que a primeira. Esses são parâmetros de VCI que na literatura aparecem como benéficos à cognição humana (Boerema, 2018; Firmino, 2017).

Figura 36: Relatos de dificuldade T5 e T0 do Grupo D

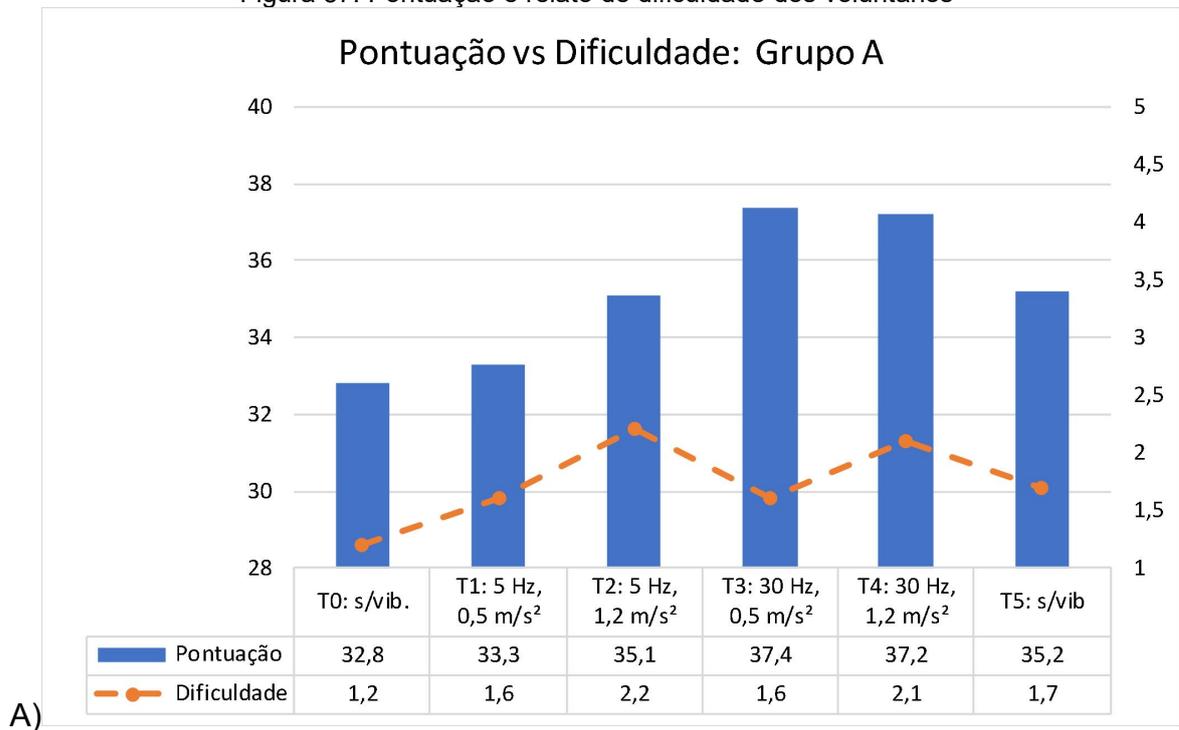


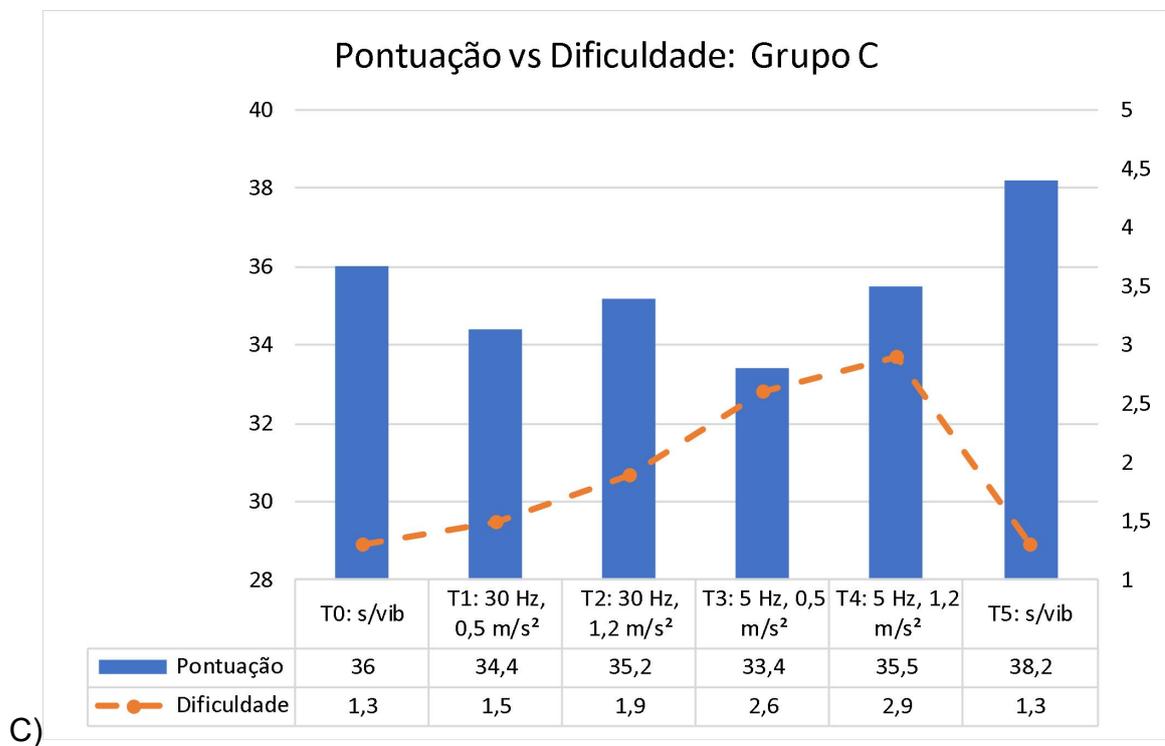
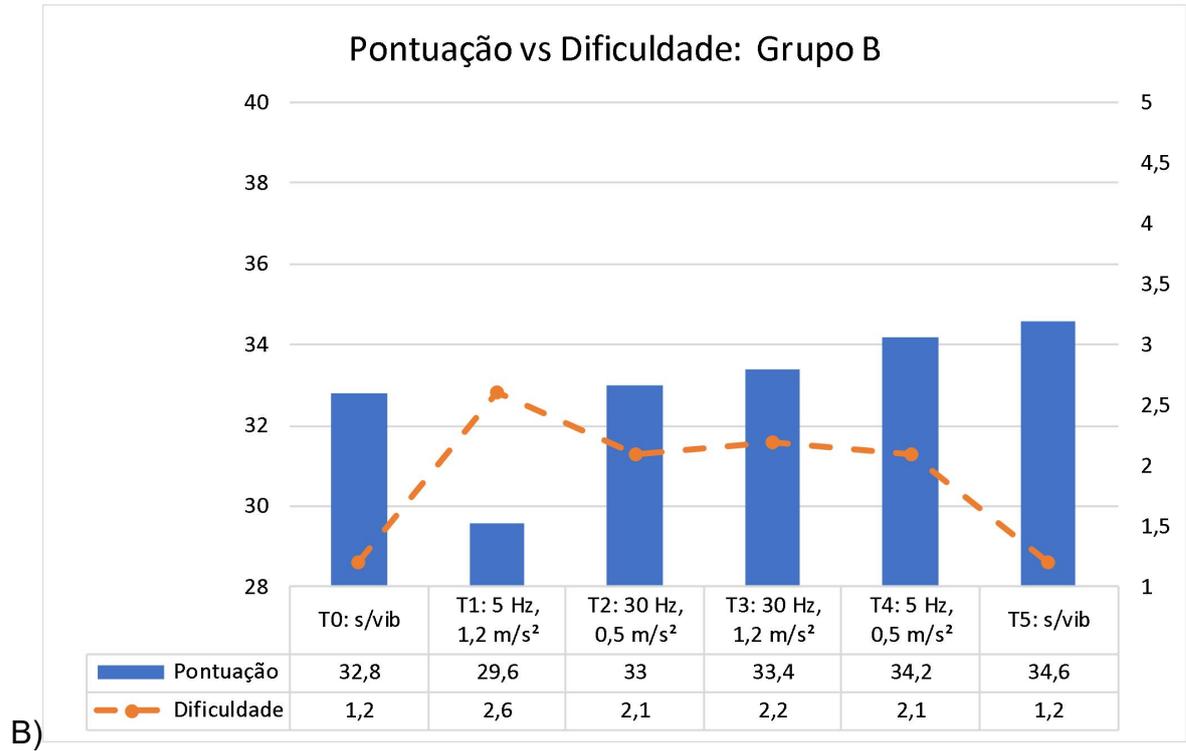
4.1.8 Análise do desempenho objetivo e relatos subjetivos de dificuldade

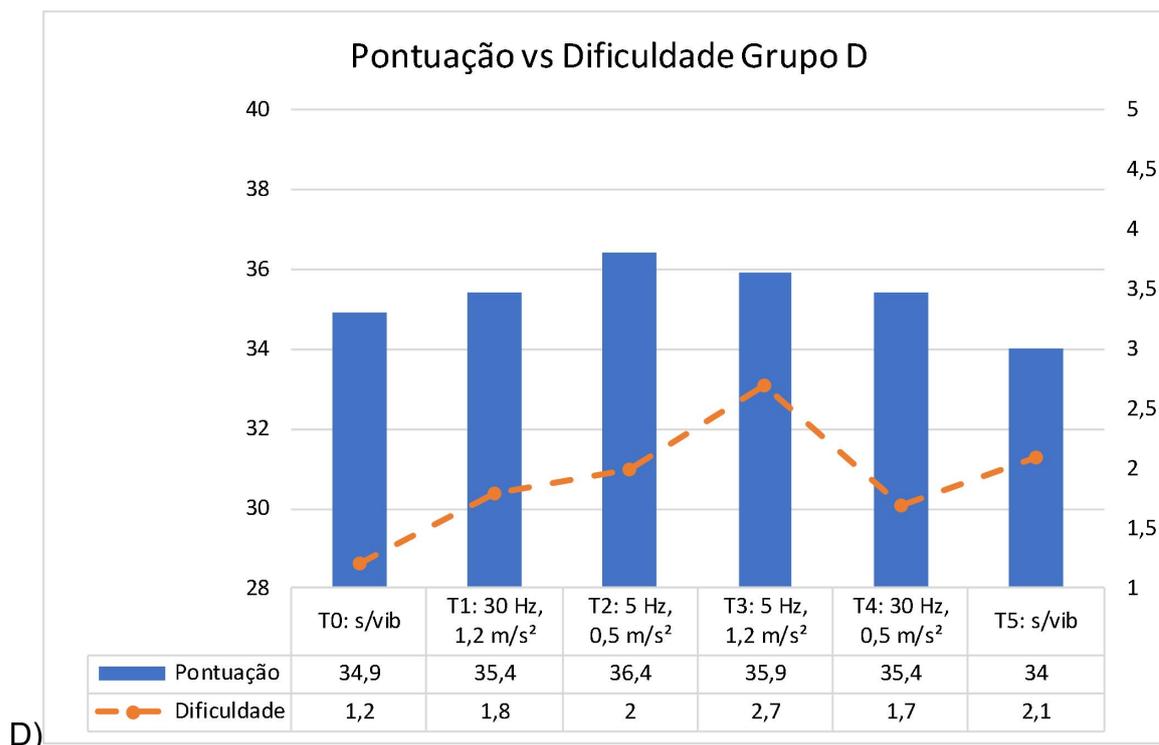
Essa seção trata de uma discussão sobre as médias de pontuação dos participantes por etapa e parâmetro (fator objetivo), em contraposição as médias de valores dos relatos de dificuldade subjetiva dos voluntários. Conforme foi mostrado na Tabela 1 (seção 3.1), os voluntários são solicitados a dar uma nota de 1 (muito fácil) a 5 (muito difícil) a respeito da dificuldade que foi jogar o jogo naquele parâmetro vibracional de acordo com suas opiniões.

A Figura 37 é composta de quatro partes, uma para cada grupo experimental. Dessa forma é possível discutir-se as diferenças no desempenho objetivo em relação aos relatos subjetivos de dificuldade, levando-se em consideração em qual etapa os voluntários estavam submetidos a um dado parâmetro. Assim pode-se investigar se um dado parâmetro vibracional causa diferentes efeitos de acordo com o instante no qual ele ocorre.

Figura 37: Pontuação e relato de dificuldade dos voluntários







Na parte A da Figura 37, relativa ao desempenho e relatos de dificuldade do grupo A, pode-se notar que as maiores pontuações ocorrem nas etapas T3 e T4, que correspondem ambas a uma frequência de 30 Hz considerada causadoras de efeitos benéficos à cognição humana. O maior valor médio de pontuação sendo 37,4 pontos e ocorrendo em T3, e o menor na etapa de controle T0 (32,8). As maiores dificuldades relatadas aparecem nas etapas com maior amplitude, o que é esperado. A média geral da pontuação do grupo, independente de etapa, foi de 35,17 com desvio padrão de 6,76. A pontuação máxima individual encontrada foi de 46 pontos e a mínima 15. O valor mais repetido (moda) como nota para a dificuldade é 1. A maior média nos valores relatados para dificuldade é de 2,2 pontos e ocorre na etapa T2, que tem como parâmetros vibracionais uma frequência de 5 Hz e amplitude de 1,2 m/s².

O grupo B apresenta média geral na pontuação de 32,39 pontos e desvio padrão 7,08. As pontuações máximas e mínimas individuais foram de 40 e 8 pontos respectivamente. A moda dos valores de dificuldade relatados é 1. O grupo B apresenta as médias de pontuação mais baixas dos quatro grupos, com destaque para o valor de 29,6 pontos na frequência de 5 Hz e amplitude de 1,2 m/s² na etapa T1, ou seja, a primeira com vibração, e que pode ser vista como uma queda brusca

em relação à etapa inicial de controle T0. O maior valor de pontuação médio ocorre na etapa final de controle T5 sendo de 34,6 pontos. O maior valor de relato de dificuldade ocorre na etapa T1 que também como já foi dito é a de menor pontuação média (2,6 pontos). Os menores valores atribuídos à dificuldade ocorrem nas etapas sem vibração.

O grupo C teve como maior pontuação individual 46 pontos e 22 pontos como valor mínimo, também individual. A média geral de pontuação para o grupo independente de etapa foi de 35,45 pontos com desvio padrão de 5,29. Possui o valor de 1 para relato de dificuldade mais repetido pelos participantes (moda). O valor médio de pontuação mais baixo ocorre na etapa T3, que tem como frequência 5 Hz e amplitude de 0,5 m/s² e é de 33,4 pontos. A pontuação média em etapa vibracional mais alta ocorre em T4, com um valor de 35,5 tendo essa etapa 5 Hz e 1,2 m/s² como parâmetros vibracionais. A etapa de controle T5 apresenta o maior valor médio de pontuação 38,2 pontos. A dificuldade média relatada encontra seu valor mínimo nas etapas de controle T0 e T5, começando com 1,3 pontos e subindo até T4 onde atinge seu valor máximo de 2,9 pontos, nesta etapa que como já foi dito tem 5 Hz e 1,2 m/s² como parâmetros vibracionais.

Com relação ao grupo D, a média geral de pontuação independente de etapa foi de 35,33 pontos com um desvio padrão amostral de 5,24 pontos. A pontuação individual teve um máximo de 46 pontos e mínimo de 19. O maior valor médio de pontuação é de 36,4 pontos e ocorre na etapa T2 que tem como parâmetros vibracionais 5 Hz e 0,5 m/s². O menor ocorre na etapa de controle T5 e é de 34 pontos. A média de notas para os relatos de dificuldade começam em 1,2 na etapa T0 e sobem até atingir um valor máximo de 2,7 pontos em T3 que tem como parâmetros vibracionais 5 Hz e 1,2 m/s² e depois caem consideravelmente para um valor de 1,7 pontos na etapa seguinte que tem como parâmetros 30 Hz e 0,5 m/s², para então subirem novamente para 2,1 na etapa final onde não ocorrem vibrações e esse é o único grupo onde isso ocorre. O grupo D é também o único com nota 5 para relato de dificuldade subjetiva e com moda 2 para os mesmos relatos.

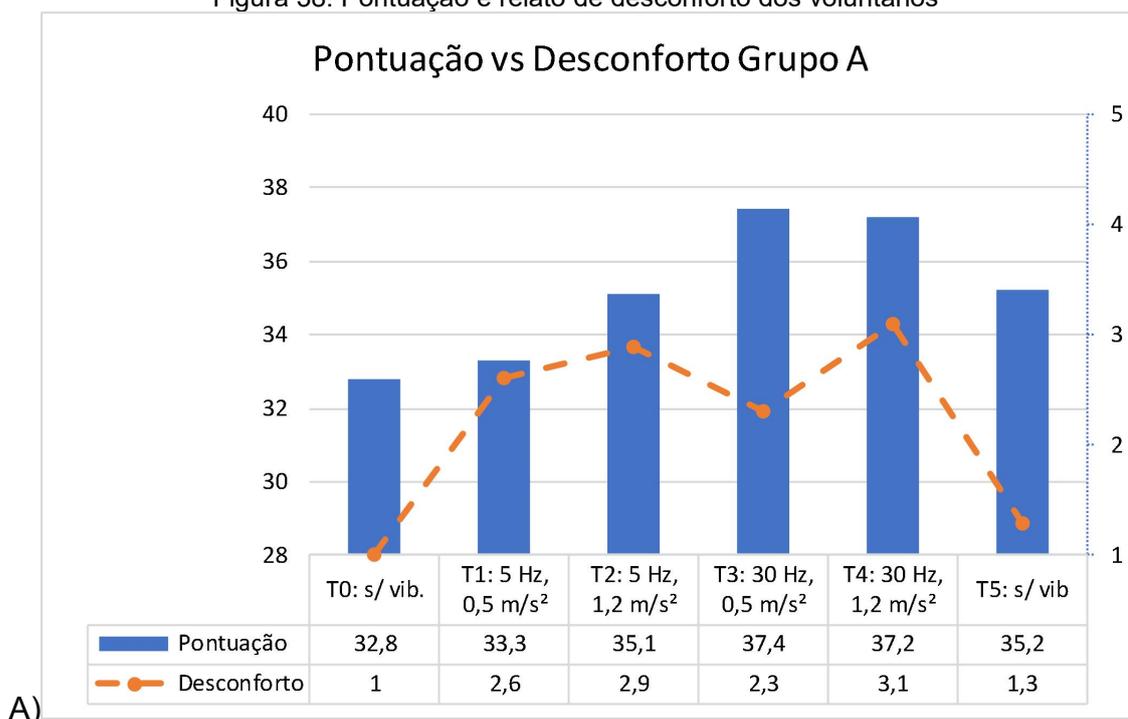
Levando se em consideração os quatro grupos, o grupo B que tem como primeira etapa vibracional (T1) os parâmetros de 5 Hz e 1,2 m/s², apresentou a menor média de pontuação por etapa com um valor de 29,6 e menor média geral independente de etapa, com 32,39 pontos. A maior média de pontuação por etapa

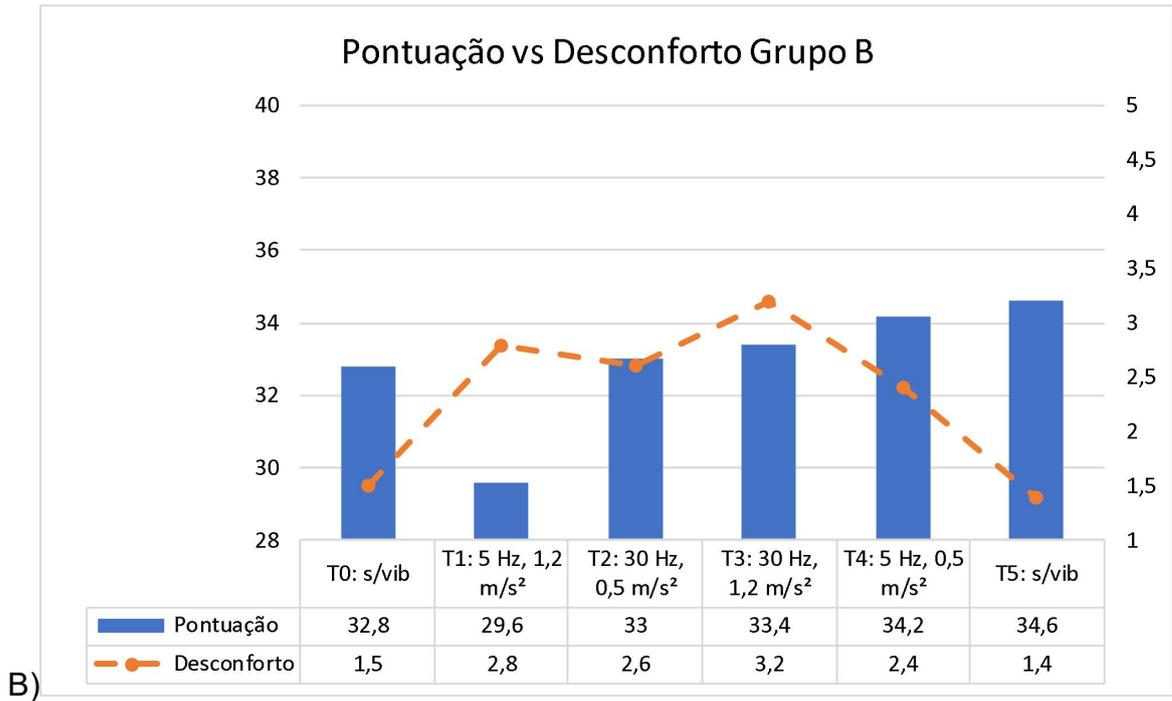
ocorre na etapa de controle T5 no grupo C, com um valor de 38,2 pontos e este grupo é também o que apresenta a maior média geral de pontuação, 35,45 pontos. Os maiores relatos de dificuldade acontecem no grupo D, que é o único grupo onde ocorre um relato individual de nota 5, e é também o único grupo que apresenta moda igual a 2 nos relatos de dificuldade. O maior valor médio de relato de dificuldade, porém, ocorre no grupo C sendo de 2,9 pontos na etapa T4. Em todos os grupos a maior média de relato de dificuldade ocorrem na etapa com parâmetros vibracionais de 5 Hz e 1,2 m/s².

4.1.9 Análise do desempenho objetivo e efeitos subjetivos de desconforto

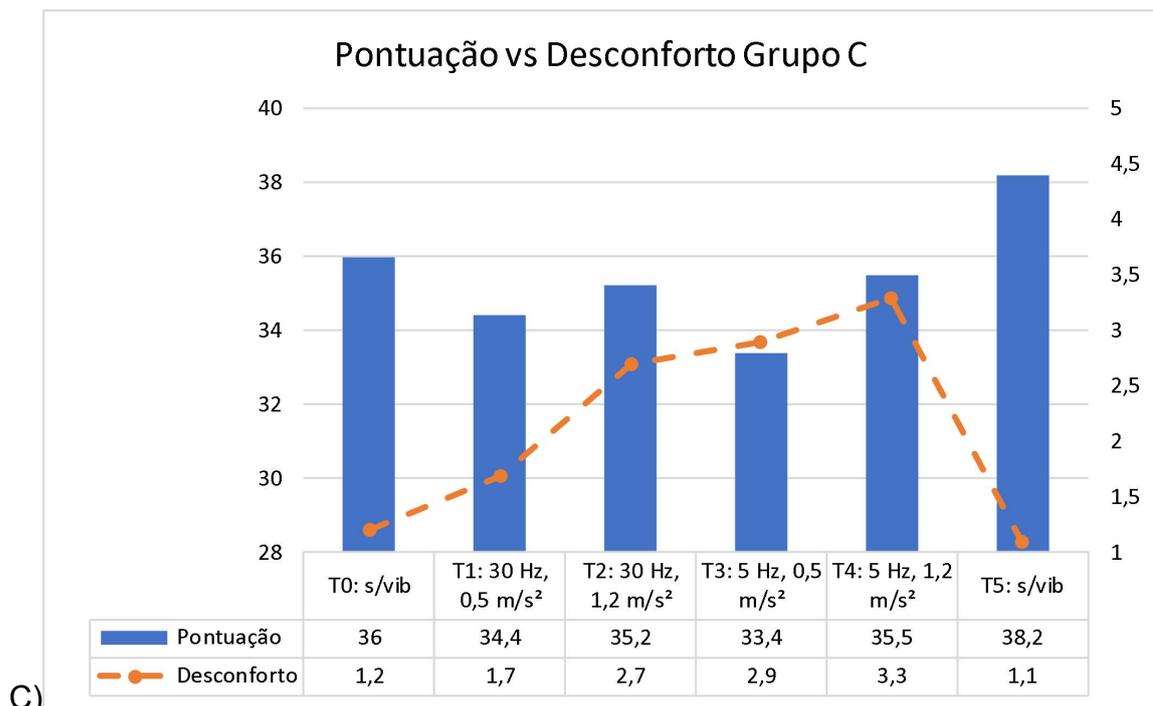
Nessa seção discute-se sobre o desempenho objetivo, (pontuação), comparada com os relatos subjetivos de desconforto. Este último consiste na média de valores relatados pelos voluntários em uma escala que vai de 1 (muito confortável) até 5 (muito desconfortável), Tabela 2, seção 3.1. Os valores de desconforto relatados pelos voluntários, de modo geral são um pouco mais elevados do que os de dificuldade. Os gráficos são dados em uma figura com quatro partes, uma para cada grupo assim como na seção anterior.

Figura 38: Pontuação e relato de desconforto dos voluntários

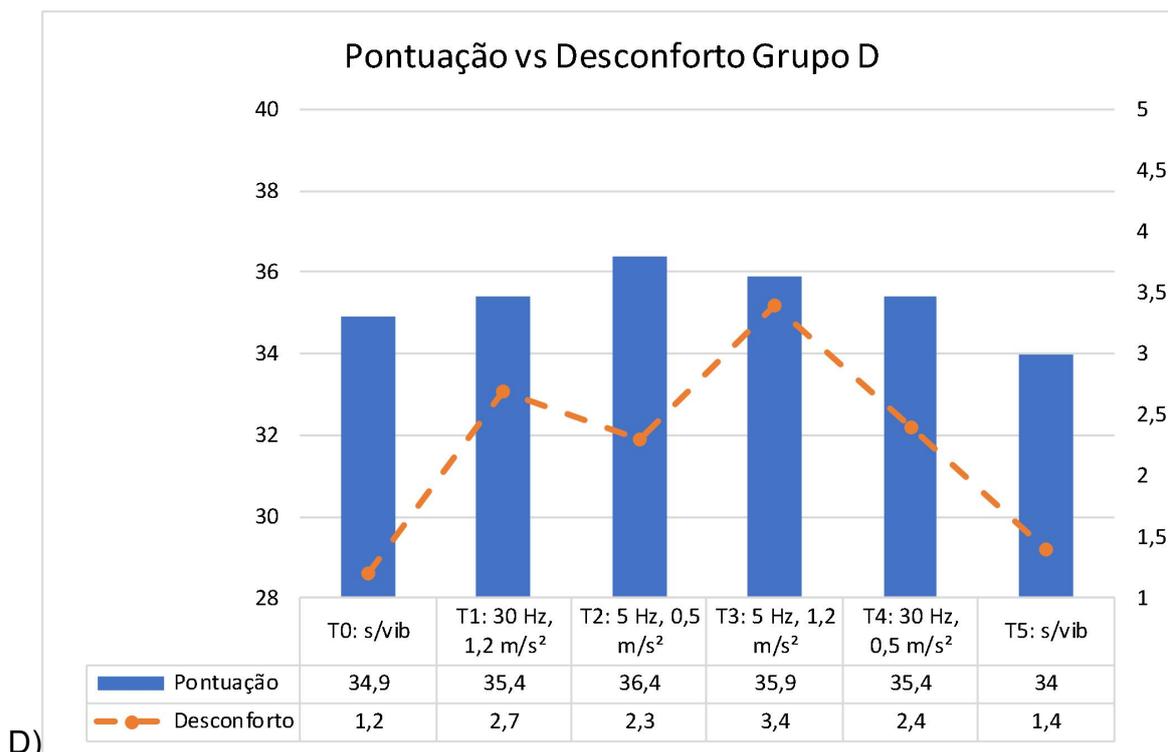




B)



C)



Na parte A da Figura 38, temos os dados relativos ao grupo A, nota-se que os maiores níveis de relato de desconforto médio são obtidos na última etapa com vibração, etapa T4, com parâmetros de 30 Hz e 1,2 m/s² apesar dessa etapa ser a com a segunda pontuação mais alta do grupo em média (37,2). A média relatada sendo de 3,1 pontos. Os relatos de desconforto são os menores como esperado nas etapas de controle. O valor máximo de desconforto individual relatado foi de 5 pontos e a moda igual a 1.

O grupo B, representado pelo gráfico correspondente à parte B da Figura 38, como já vimos na seção anterior apresenta as menores médias de pontuação, ou seja, o menor desempenho objetivo. Com relação aos relatos de desconforto, a maior média com um valor de 3,2 acontece na etapa T3 que tem os parâmetros vibracionais de 30 Hz e 1,2 m/s². O valor máximo de desconforto individual relatado foi de 5 pontos e a moda igual a 1.

O grupo C, apresenta um padrão crescente de desconforto médio relatado, atingindo um máximo de 3,3 pontos na etapa T4, com parâmetros de 5 Hz e 1,2 m/s². O valor individual máximo de nota dada pelos voluntários para o desconforto foi de 5 pontos e o valor individual de nota para o desconforto que mais se repete (moda) foi de 1.

Para o Grupo D tem-se que o maior valor médio de relatos de desconforto acontece na etapa T3 com parâmetros de 5 Hz e 1,2 m/s² e sendo de 3,4 pontos. O maior valor individual relatado foi de 5 pontos e a moda igual a 1.

De modo geral, os valores de desconforto médio por grupo sem se levar em conta as etapas e seus respectivos parâmetros vibracionais, tiveram todos valores muito próximos, sendo eles de 2,2 pontos para o grupo A, 2,31 pontos para o grupo B (maior valor), 2,15 para o grupo C (menor valor) e finalmente, 2,23 pontos para o grupo D. Se levarmos em consideração etapas e parâmetros, em todos os casos os maiores valores médios de desconforto relatado aconteceram em etapas com amplitude de 1,2 m/s², mas não necessariamente na frequência de 5 Hz. Para os grupos A e B a frequência com maiores relatos de desconforto foram 30 Hz e para os grupos C e D o valor de frequência associado a maior desconforto subjetivo foi de 5 Hz.

4.2 Análise Multinível Multivariada

A Tabela 9 traz os resultados da estimação do modelo (realizada com o uso do software HLM para Windows V.6.08.S). A estimação do efeito aleatório (u_{0i}), e o fato de que ele é estatisticamente significativo, mostra que a modelagem escolhida do tipo análise de dados em painel (ou longitudinal) que controla tanto a dependência transversal quanto dependência temporal foi adequada. Apesar disso, a estimação dos efeitos mostrou que apenas a variável relacionada à etapa se mostrou significativa. Isso indica que foi encontrado apenas um efeito de aprendizado no experimento, mas os parâmetros vibracionais (frequência e amplitude) e sexo do voluntário não tiveram efeitos significantes.

Tabela 9: Estimativas do modelo multinível

Efeitos fixos	Graus de Liberdade	Coefficientes estimados
G_{00}	40	34.72*
G_{01}	40	-1.157
B_{1j}	203	0.378**
B_{2j}	203	0.030
B_{3j}	203	-0,540
Efeitos aleatórios		
u_{0i}		4.429*
r_{ij}		4.285

*p < 0,001; **p < 0,05.

Apenas a sequência temporal das medidas mostrou-se estatisticamente significativa, indicando um “efeito aprendido”, com uma elevação média de 0,378 ponto a cada nova rodada do jogo. Não é demais lembrar que esse “efeito aprendido” se deu mesmo na presença de alocação aleatória das variáveis experimentais (amplitude e frequência) na ordenação temporal das mensurações. Provavelmente, devido ao fato que as variações nos níveis de amplitude e frequência não terem efeitos significantes sobre a pontuação – e por isso mesmo não serão analisados aqui – permitiram um “efeito aprendido” tão pronunciado. Portanto, o que a modelagem multivariada desenvolvida mostrou, é que apenas a experiência com o jogo foi relevante estatisticamente para explicar a pontuação alcançada pelos voluntários ao longo das seis mensurações realizadas para cada indivíduo.

5 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

O objetivo geral deste trabalho foi estudar a influência das vibrações de corpo inteiro nas habilidades cognitivas de raciocínio. Uma plataforma vibracional foi usada para submeter os voluntários a vibrações cujos parâmetros são conhecidos na literatura por serem similares à vibração que as pessoas experimentam ao andar em veículos (5 Hz), e vibrações que aparecem como causadores de efeitos benéficos na cognição (30 Hz).

O experimento foi realizado com um total de 40 voluntários (28 homens e 12 mulheres), divididos aleatoriamente em 4 grupos, de acordo com a ordem em que eram submetidos a diferentes parâmetros, sendo que todos os voluntários foram submetidos a todas as combinações de frequência e amplitude. Os parâmetros foram, duas frequências e duas acelerações distintas, a saber: 5 e 30 Hz, 0,5, e 1,2 m/s², combinados entre si.

Os testes consistiam em 6 etapas com duração de 10 minutos cada, uma etapa inicial de controle com a plataforma sem parâmetros vibratórios, 4 etapas com vibração e uma nova etapa (final) de controle para teste de efeitos residuais das vibrações na cognição. Em todas as etapas o sistema de resfriamento do excitador e a corrente de armadura estavam ligados.

Considerando os objetivos específicos deste trabalho, as conclusões baseadas em análises estatísticas descritivas foram que, com relação às diferenças no desempenho entre homens e mulheres, as médias de pontuação das mulheres foram ligeiramente superiores (em torno de 3,9%), com a mesma proporção de homens e mulheres com pontuações altas, porém uma quantidade maior de homens com baixa pontuação. A precisão nos homens foi ligeiramente inferior (0,7%), e o tempo de reação superior (8,5%), com uma considerável quantidade de *outliers* no grupo masculino.

Comparando-se apenas as diferenças entre o desempenho nas duas frequências, a pontuação média foi apenas um ponto maior para a frequência de 30 Hz com relação à de 5 Hz, a média de precisão não demonstrou diferença significativa, e o tempo de reação idem. Com relação a amplitude não houve diferenças significativas, na pontuação, precisão e tempo de reação entre os valores de 0,5 e 1,2 m/s².

A análise do momento de exposição consistiu em comparar as médias das pontuações, da precisão e do tempo de reação dos 4 grupos em relação a cada parâmetro vibracional. Novamente os valores nas 3 métricas foram muito próximos, com exceção do desempenho do grupo B, na frequência de 5 Hz e aceleração de $1,2\text{m/s}^2$ que é o primeiro parâmetro para esse grupo, e que foi mais baixo do que as médias dos outros grupos, e que foi também inferior à do próprio grupo B em outros parâmetros. Duas conclusões a serem extraídas é que a ordem em que os voluntários recebem os parâmetros vibracionais tem muito pouca significância, e o único efeito mais acentuado observado é quando a vibração mais intensa é a primeira a ser aplicada.

Analisando o desempenho por etapa sem levar em consideração a divisão por grupos, observou-se uma oscilação no desempenho nas etapas iniciais, com uma certa estabilização no desempenho nas finais. Levando-se em consideração também os relatos subjetivos dos voluntários sobre a dificuldade relativa entre a última etapa e a primeira, observou-se que 80% dos voluntários que foram expostos a 5 Hz e $1,2\text{ m/s}^2$ como último parâmetro antes da etapa residual de controle relataram que a última partida jogada foi considerada mais fácil do que a primeira. Esse dado reforça a ideia de que os efeitos negativos desse parâmetro são mais acentuados quando o mesmo ocorre na etapa inicial, ou talvez quando é o único, que é o que ocorre na maioria dos experimentos vistos na literatura. Observou-se também que 60% dos voluntários que foram expostos na última etapa por uma vibração considerada benéfica na literatura (30 Hz e $0,5\text{ m/s}^2$), relataram maior dificuldade de jogar o jogo na última partida do que na primeira.

Com relação ao objetivo de se comparar os efeitos objetivos no desempenho e relatos subjetivos dos voluntários sobre a dificuldade de se jogar quando expostos a diferentes parâmetros, observou-se que os voluntários relatam maior dificuldade nas etapas que ocorrem no meio do experimento, e que os melhores desempenhos ocorrem nas mesmas etapas com maior relato de dificuldade, com exceção da primeira etapa com vibração, independente do parâmetro de exposição. As mesmas tendências foram observadas na análise que comparou desempenho objetivo e relatos subjetivos de desconforto, incluindo o fato que a primeira etapa vibracional mostrou pior desempenho acompanhado de um salto no índice médio de desconforto relatado. Mas de modo geral conclui-se que maiores relatos de desconforto não implicam em pior desempenho objetivo.

O efeito de aprendizado, foi a única variável sobre a qual foi encontrada uma pequena significância estatística na análise longitudinal multivariada. Na análise descritiva o mesmo foi investigado junto com efeitos residuais, mas como já foi visto, foi observado uma oscilação de desempenho nas etapas iniciais com “estabilização” nas finais.

O objetivo principal deste trabalho no que diz respeito a investigar os fatores propostos foi realizado com êxito, embora não tenham sido encontradas fortes correlações entre parâmetros e efeitos, sejam eles objetivos ou subjetivos.

Os resultados aqui obtidos foram contrários aqueles obtidos na maioria das bibliográficas onde a frequência de 5 Hz tem efeito deletério (Costa, 2014; Firmino, 2017; Zamanian, 2014) e a frequência de 30 Hz tem efeito benéfico (Boerema, 2018; Fuermaier, 2014; Regterschot, 2014). A especulação para tal achado é que todos os voluntários foram submetidos a todas as frequências e amplitudes e nos estudos citados, os voluntários eram submetidos a apenas 1 delas em cada experimento. Surgiram com esse trabalho muitas questões inovadoras sobre a metodologia de estudos com vibrações humanas.

5.1 Conclusão

Não foram encontrados efeitos cognitivos relativos ao momento de exposição de cada voluntário. A tendência do desempenho se estabilizar nas últimas etapas sugere uma adaptação do corpo humano à presença de vibrações ainda que os parâmetros variem, e como foi confirmado pela análise multinível multivariada a presença de um fator de aprendizado dos voluntários quanto ao uso do aplicativo.

5.2 Sugestão para trabalhos futuros

Diante das conclusões obtidas neste trabalho, pode-se sugerir como trabalhos futuros:

- Fazer uso de apenas uma frequência por vez para cada grupo;
- Fazer uso de apenas uma amplitude por vez para cada grupo;
- Testar grupos com dois parâmetros apenas, um que teoricamente reduza o desempenho e um que aumente e vice-versa.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, T. P. (2015) **Implementação e Verificação de um Sistema de Controle para Plataforma de Testes de Vibração de Corpo Inteiro**. Universidade Federal de Minas Gerais, Departamento de Engenharia Mecânica, Belo Horizonte. <http://www.bibliotecadigital.ufmg.br>. Acesso em 17 de outubro 2022.

BECK, A.T. (1975). **Cognitive therapy and the emotional disorders**. Madison, CT: International Universities Press, Inc. ISBN 978-0-8236-0990-1

BELO, C. P. (2015) **Avaliação da influência da frequência e amplitude de vibração de corpo inteiro na execução de tarefas em Smartphones**. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Minas Gerais.

BOEREMA, A. S., HEESTERBEEK, M., BOERSMA, S. A., SCHOEMAKER, R., de VRIES, E. F. J., van HEUVELEN, M. J. G., VAN DER ZEE, E. A. (2018), **Beneficial Effects of Whole Body Vibration on Brain Functions in Mice and Humans**. Dose Response, University of Groningen, Países Baixos.

BOKAEIAN, H. R., BAKHTIARY, A. H., MIRMOHAMMADKHANI, M., MOGHIMI, J. (2016). **The effect of adding whole body vibration to strengthening training in the treatment of knee osteoarthritis: A randomized clinical trial**. Journal of Bodywork and Movement Therapies, Volume 20, Issue 2, Pages 334-340, ISSN 1360-8592, <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2015.08.005>.

BOSCO, C., COLLI, R., INTROINI, E., CARDINALE, M., TSARPELA, O., MADELLA, A., TIHANYI, J., VIRU, A. (1999). **Adaptive responses of human skeletal muscle to vibration exposure**. Clinical Physiology, 19(2), 183-187.

BOSCO, C., IACOVELLI, M., TSARPELA, O., CARDINALE, M., BONIFAZI, M., TIHANYI, J., VIRU, M., DE LORENZO, A., VIRU, A. (2000). **Hormonal responses to whole-body vibration in men**. European Journal of Applied Physiology, 81(6), 449-454. doi: 10.1007/s004210050067.

BOVENZI, M. (2006). **Health risks from occupational exposure to mechanical vibration**. *La Medicina del lavoro*. 97. 535-41.

BRUNER, J. S., AUSTIN, G. A. (1956) **A study of thinking**. New Jersey: John Wiley & Sons.

COLLIN, C., BENSON, N., GINSBURG, J., GRAND, V., LAZYAN, M., WEEKS, M. **The psychology book**. London: Dorling Kindersley Limited, 2012.

COSTA, N., AREZES, P. M., MELO, R. B. (2014), **Effects of occupational vibration exposure on cognitive/motor performance**. *International Journal of Industrial Ergonomics* 44 654-661. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2014.07.005>.

DONADON, L. V., DUARTE, M.L.M., GALVEZ, J. M. (2012), **Development of an active control system for a whole body vibration platform**. *ABCM Symposium Series in Mechatronics v. 5*, p.298-305.

DIRECTIVE 2002/44/EC (2002) – **On the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibration)** (sixteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC)

DUARTE, M. L. M., COSTAL, G. Z., MARTINELLI, S. F., NEVES, J. A. B. (2020), **Effects of vehicular whole-body vibration on focus measured by a mobile app for brain training: A pilot study on the influence of gender and Attention Deficit Hyperactivity Disorder**, *Work*, 67, pp. 641-654, doi:10.3233/wor-203314.

DUTRA, R. M. A., DUARTE, M. L. M., de MELO, G. C., NEVES, J. A. B. (2022a), **The effect of whole-body vibration on public transportation passenger performance while typing on smartphones**, *Ergonomics*, DOI: 10.1080/00140139.2021.2022767.

DUTRA, R. M. A., MELO, G. C, DUARTE, M. L. M. (2022b), **Analysis of Seat-to-Hand Vibration Transmissibility in Seated Smartphone Users**. XXVII Brazilian Congress on Biomedical Engineering.

EUROPEAN COMMISSION, DIRECTORATE-GENERAL FOR EMPLOYMENT, SOCIAL AFFAIRS AND INCLUSION. (2009), **Non-binding guide to good practice with a view to implementation of directive 2002/44/EC on the minimum health and safety requirements regarding exposure of workers to the risks arising from physical agents (vibrations)**, Publications Office, <<https://data.europa.eu/doi/10.2767/41117>>.

EYSENCK, M. W., KEANE, M. T. (2020), **Cognitive Psychology: A Student's Handbook**. New York: Routledge, 981p.

FEREYDOUNNIA, S., SHADMEHR, A. (2020) **Efficacy of whole body vibration on neurocognitive parameters in women with and without lumbar hyper-lordosis**, Journal of Bodywork and Movement Therapies, Volume 24, Issue 1, Pages 182-189, ISSN 1360-8592, <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.05.030>.

FIRMINO, S. G. **Influência da vibração de corpo inteiro em cobradores de ônibus avaliada através de testes de cognição**. 2017. Monografia (Graduação). Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais.

FIRMINO S. G., DUARTE, M. L. M., NEVES, J. A. B., VIANA P. A. ,X., de ARAÚJO, F. S. B. (2021), **Whole body vibration influence on bus fare collectors evaluated by using a brain training mobile app**, Int Arch Occup Environ Health, DOI 10.1007/s00420-020-01601-x.

FITZMAURICE, G. M., LAIRD, N. M., WARE, J. H.(2021), **Applied longitudinal analysis**. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons.

FONSECA. V. **Cognição, neuropsicologia e aprendizagem**. (2007) 5º ed. Petrópolis: Editora Vozes, 183p.

FUERMAIER, A. B. M., TUCHA, L., KOERTS, J., van HEUVELEN, M. J. G., van der ZEE, E. A., LANGE, K. W., TUCHA, O. (2014) **Good Vibrations – Effects of Whole Body Vibration on Attention in Healthy Individuals and Individuals with ADHD**. PLoS ONE 9(2): e90747.doi:10.1371/journal.pone.0090747. San Francisco, California, USA,

JUNIOR, E. G., BARONI B. M., VAZ, M. A. (2012) **Efeitos do exercício com vibração corporal total sobre o sistema neuromuscular: uma breve revisão**. Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício, São Paulo. 6(36):612-622

GRIFFIN, M. J. **Handbook of Human Vibration**. London: Academic Press, 1996. 998p.

HAIR, JR. J. F., FÁVERO, L. P. (2019), "**Multilevel modeling for longitudinal data: concepts and applications**", RAUSP Management Journal, Vol. 54 No. 4, pp. 459-489. <https://doi.org/10.1108/RAUSP-04-2019-0059>

HEBB, D. O. **The Organization of Behaviour**. 1949. John Wiley & Sons. ISBN 978-0-471-36727-7

van HEUVELEN, M. J. G., RITTWEGER, J., JUDEX, S., SAÑUDO, B., SEIXAS, A., FUERMAIER, A. B. M., TUCHA, O., NYAKAS, C., MARÍN, P. J., TAIAR, R., STARK, C., SCHOENAU, E., Sá-CAPUTO, D. C., BERNARDO-Filho, M., van der ZEE, E. A. (2021) **Reporting Guidelines for Whole-Body Vibration Studies in Humans, Animals and Cell Cultures: A Consensus Statement from an International Group of Experts**. *Biology (Basel)*.10(10):965. doi: 10.3390/biology10100965. PMID: 34681065; PMCID: PMC8533415.

HOYLE, R. H., Gottfredson, N. C. **Sample Size Considerations in Prevention Research Applications of Multilevel Modeling and Structural Equation Modeling**. 2015. *Prev Sci*. 16(7): 987-996. doi:10.1007/s11121-014-0489-8.

den HEIJER, A. E., GROEN, Y., FUERMAIER, A. B. M., van HEUVELEN, M. J. G., van der ZEE, E. A., TUCHA, L., TUCHA, O. (2015) **Acute Effects of Whole Body**

Vibration on Inhibition in Healthy Children. PLoS ONE 10(11): e0140665.
<<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0140665>>.

HIBBELER, R. C. (2007). Dinâmica: **Mecânica para Engenharia**. 10ª ED. São Paulo: Prentice-Hall.

ISO 2631-1: **Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration**. Part 1: General requirements. 1997.

ISO 2631-1: Amendment 1, **Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration**. Part 1: General requirements. Amendment 1, 2010.

ISO 5349-1: **Mechanical vibration – Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration – Part 1: General requirements**. 2001.

ISO 13090-1: **Mechanical vibration and shock – Guidance on safety aspects of tests and experiments with people – Part 1: Exposure to whole body mechanical vibration and repeated shock**. 1998

ISHIMATSU, K., MELAND, A., HANSEN, T. A. S., KASIN, J. L., WAGSTAFF, A. S. (2016). **Action slips during whole-body vibration**. Applied Ergonomics, v. 55, 241-247.

KRAWCZYK, D. C. (2010). **The cognition and neuroscience of relational reasoning**. Brain Research, 1428: 13-23.

LIANG, C. C., CHIANG, C. F. (2006). **A study on biodynamic models of seated human subjects exposed to vertical vibration**, International Journal of Industrial Ergonomics, v. 36, p. 869-890.

LOPES, V. P. (2018) **Influência da vibração de corpo inteiro, mídias e iluminação artificial na cinemática ocular durante atividades de leitura realizadas por**

portadores de estresse visual: Estudo preliminar. Tese (doutorado). Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais.

LOPES, V. P., DUARTE, M. L. M., DONADON, L. V., ARAUJO, F. S. B., VILHENA, D. A., & GUIMARÃES, R. Q. (2023). **Influence of whole-body vibration, media and artificial lighting on eye-movement during reading.** Revista Brasileira de Oftalmologia, in press.

MADOU, K. H., CRONIN, J. B. (2008). **The effects of Whole Body Vibration on Physical and Psychological Capability in Special Populations.** Hong Kong Physiotherapy Journal, volume 26, pages 26-38.

MANSFIELD, Neil. J. (2005). **Human Response to Vibration.** London: Taylor & Francis e-Library. 266p.

MARTINELLI, S. F. **Influência da vibração de corpo inteiro em veículo de passeio durante uso de aplicativo para treinamento de foco.** 2016. Monografia (Graduação). Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais.

MILLER, G. A. (1956). **The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information.** Psychological Review, 63(2), 81–97. <https://doi.org/10.1037/h004315>

MONTGOMERY, D. C., RUNGER, G. C. (2014). **Applied Statistics and Probability for Engineers.** 6ª edição. Massachusetts: Wiley. 810p.

NEURONATION, v 3.6.98, 2022. Synaptikon GmbH, Friedrichstraße 68, 10117 Berlin, Germany

NICK, H. C., DUARTE, M. L. M., XAVIER, P. V. (2019). **The effects of Whole-Body Vibration (WBV) Evaluated Using Cognitive Brain-Training App Games on Tablet or Cell phone for Both Genders.** Augmented Human Research, 4:5. <https://doi.org/10.1007/s41133-019-0015-4>

PISULA, P. J., LEWIS, C. H., BRIDGER, R. S. (2012). **Vessel motion thresholds for maintaining physical and cognitive performance: a study of naval personnel at sea.** *Ergonomics* 55 (6), 636-649.

RAKHEJA, S., DONG, R. G., PATRA, S., BOILEAU, P. É., MARCOTTE, P., WARREN, C.(2010). **Biodynamics of the human body under whole-body vibration: Synthesis of the reported data.** *International Journal of Industrial Ergonomics* v.40 710-732. doi: 10.1016/j.ergon.2010.06.005

RAO, S., **Vibrações Mecânicas.** (2008). 4ª ed., São Paulo: Pearson Prentice Hall, 424p.

RAUCH, F., SIEVANEN, H., BOONEN, S., CARDINALE, M., DEGENS, H., FELSEMBERG, D., ROTH, J., SCHOENAU, E., VERSCHUEREN, S., RITTWEGGER, J. (2010). **Reporting whole-body vibration intervention studies: recommendations of the International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions.** *International Society of Musculoskeletal and Neuronal Interactions. J Musculoskelet Neuronal Interact.*(3):193-8. PMID: 20811143.

REGTERSCHOT, G. R. H., van HEUVELEN, M. J. G., ZEINSTRA, E. B., FUERMAIER, A. B. M., TUCHA, L., KOERTS, J., TUCHA, O. van der ZEE, E. A. (2014). **Whole Body Vibration Improves Cognition in Healthy Young Adults.** *PLoS ONE* 9(6): doi:10.1371/journal.pone.0100506.

RODRIGUES, F. T. M., FERREIRA, A. P. L., ALVES, K. F. P., MARQUES, T. V., de LIMA, D. F., de LUCENA, L. C., CAMPOS, S. L., LEITE, W. S., GUERRA, R. O., RAPIN, A., de ARAÚJO, M. G. R., TAIAR, R. (2022). **Whole-Body Vibration Associated with Strength Training on the Lower-Limb Blood Flow and Mobility in Older Adults with Type 2 Diabetes: A Study Protocol for a Randomized Controlled Trial.** *Diagnostics*, 12, 1550. <https://doi.org/10.3390/diagnostics12071550>

STAT COUNTER GLOBAL STATS (2016). **Desktop vs mobile vs tablet market share worldwide.** <<https://gs.statcounter.com/platform-market-share/desktop-mobile-tablet/worldwide/2016>> Acesso em 25/10/2022

da SILVA, W. Q. A., FONTES, E. B., FORTI, R. M., LIMA, Z. L., MACHADO, D. G. dS., DESLANDES, A. C., HUSSEY, E., WARD, N., MESQUITA, R. C., OKANO, A. H., ELSANGEDY, H. M. (2017). **Affect during incremental exercise: The role of inhibitory cognition, autonomic cardiac function, and cerebral oxygenation.** PLoS ONE 12(11): e0186926. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186926>.

SINGER, J. D., WILLET, J. B. (2003) **Applied longitudinal data analysis: modeling change and event occurrence.** Oxford, New York: Oxford University Press.

TURING, A. M. (1950). **Computing Machinery and Intelligence.** Mind, v.59 (236).

van der ZEE, E. A., HEESTERBEEK, M., TUCHA, O., FUERMAIER, A. B. M., van HEUVELEN, M. J. G. (2018). **Whole Body Vibration, Cognition, and the Brain.** In: TAIAR.

VECTOR PSYCHOMETRIC GROUP. **Hierarchical Linear Models (Aka Multilevel Modeling): The Basics.** Youtube. 9 de Dezembro 2021. 17:03. Disponível em <<https://www.youtube.com/watch?v=9VTGBIQawMg&t=836s>>. Acesso em: 6 de novembro de 2022

VIANA, P. A. X. **Influência da transmissibilidade de vibração do desempenho cognitivo (foco, subárea atenção).** 2019. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Minas Gerais.

WARD, J. **The Students Guide to Cognitive Neuroscience.** (2015). 3º ed. New York: Psychology Press.

YANG, F., KING, G. A., DILLON, L., XIAOGANG, S. (2015). **Controlled whole-body vibration training reduces risk of falls among community-dwelling older adults,**

Journal of Biomechanics, Volume 48, Issue 12, Pages 3206-3212, ISSN 0021-9290,
<https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2015.06.029>.

YANG, F., ESTRADA, E. F., SANCHEZ, M. C. (2016). **Vibration training improves disability status in multiple sclerosis: A pretest-posttest pilot study**, Journal of the Neurological Sciences, Volume 369, Pages 96-101, ISSN 0022-510X,
<https://doi.org/10.1016/j.jns.2016.08.013>.

YUNG, M., LANG, A.E., STOBART, J., KOCIOLEK, A.M., MILOSAVLJEVIC, S., TRASK, C. (2017). **The combined fatigue effects of sequential exposure to seated whole body vibration and physical, mental, or concurrent work demands.** PLOS ONE 12(12): e0188468.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188468>

ZAMANIAN, Z., NIKRAVESH, A., MONAZZAM, M. R., HASSANZADEH, J., FARAROUEI, M. (2014). **Short-term exposure with vibration and its effect on attention.** Journal of Environmental Health Science & Engineering, v. 12, p.135.

Anexo A. Termo de Aprovação da Pesquisa

- DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA	
<p>Título da Pesquisa: A INFLUÊNCIA DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO NAS HABILIDADES COGNITIVAS Pesquisador Responsável: Maria Lúcia Machado Duarte Área Temática: Versão: 3 CAAE: 15856519.4.0000.5149 Submetido em: 14/08/2019 Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS Situação da Versão do Projeto: Aprovado Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável Patrocinador Principal: UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS</p>	
	
Comprovante de Recepção:  PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_1351223	

Você está em: Público > Confirmar Aprovação pelo CAAE ou Parecer

CONFIRMAR APROVAÇÃO PELO CAAE OU PARECER	
Informe o número do CAAE ou do Parecer:	
Número do CAAE: <input type="text" value="15856519.4.0000.5149"/>	Número do Parecer: <input type="text"/>
<input type="button" value="Pesquisar"/>	
<p><i>Esta consulta retorna somente pareceres aprovados. Caso não apresente nenhum resultado, o número do parecer informado não é válido ou não corresponde a um parecer aprovado.</i></p>	
DETALHAMENTO	
Título do Projeto de Pesquisa: <input type="text" value="A INFLUÊNCIA DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO NAS HABILIDADES COGNITIVAS"/>	
Número do CAAE: <input type="text" value="15856519.4.0000.5149"/>	Número do Parecer: <input type="text" value="3539637"/>
Quem Assinou o Parecer: <input type="text" value="Eliane Cristina de Freitas Rocha"/>	Pesquisador Responsável: <input type="text" value="Maria Lúcia Machado Duarte"/>
Data Início do Cronograma: <input type="text" value="01/09/2019"/>	Data Fim do Cronograma: <input type="text" value="31/08/2023"/>
Contato Público: <input type="text" value="Maria Lúcia Machado Duarte"/>	

Anexo B. Formulário de Anamnese

– ANAMNESE –

(Para preenchimento do Questionário de Aptidão para Participação em Testes com Vibração)

Através deste Formulário de Anamnese você (voluntário) está sendo convidado a participar de uma pesquisa relacionada aos efeitos da vibração no ser humano. Conforme recomendação da norma ISO 13090-1:1998 - "*Mechanical Vibration and Shock – Guidance on Safety Aspects of Tests and Experiments with People*" - é importante para a sua participação na pesquisa que sejam fornecidas algumas informações sobre o seu histórico de saúde. Pode existir algum problema que venha a ser impeditivo para sua participação em testes com Vibração. Por este motivo, pedimos que preencha o termo de consentimento abaixo caso concorde em fornecer tais informações. Caso seja selecionado, outro TCLE referente a pesquisa propriamente dita deverá ser assinado.

É importante salientar que você a qualquer momento pode solicitar aos responsáveis pela pesquisa sua exclusão, sem que haja algum prejuízo. Os dados fornecidos pelo voluntário durante sua seleção serão mantidos em sigilo, assim como os dados obtidos durante a realização dos testes que serão divulgados de forma anônima. A pesquisa será desenvolvida por membros do Grupo de Acústica e Vibrações em Seres Humanos (GRAVISH/UFMG) sob coordenação da Profa. Maria Lúcia Machado Duarte (Ph.D.) do departamento de Engenharia Mecânica/UFMG, responsável pelo projeto, a qual qualquer problema deve ser reportado. Seus contatos são: 3409-5453 (sala – com secretária eletrônica) ou mlmduarte@ufmg.br. Dúvidas referentes a ética desta pesquisa podem ser solicitadas ao COEP-UFMG (Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG), coep@prpq.ufmg.br, telefones: 3409-4592, Av. Antônio Carlos, 6627 – Unid. Administrativa II – 2º Andar – Sala 2005, CEP: 31270-901.

Declaração de consentimento

1.1) Eu, abaixo assinado, aceito fornecer informações acerca do meu histórico de saúde de modo a verificar a possibilidade de minha participação em pesquisas com Vibração.

Nº. voluntário (interno): _____

NOME COMPLETO: _____

ENDEREÇO: _____

TELEFONE: _____

EMAIL: _____

Ao assinar este termo de compromisso livre e esclarecido (TCLE) necessário para minha seleção de inclusão ou exclusão nos testes de pesquisas relacionadas à Vibração no Ser Humano, eu, abaixo assinado, estou de acordo em fornecer as informações solicitadas abaixo.

Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, de livre e espontânea vontade, participar deste estudo, permitindo que os pesquisadores relacionados neste documento utilizem as minhas informações para fins de pesquisa científica/ educacional, podendo ainda, publicá-las em aulas, congressos, eventos científicos, palestras ou periódicos científicos. Porém, não devo ser identificado por nome ou qualquer outra forma.

Desejo conhecer os resultados desta pesquisa. Não

desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

Belo Horizonte / MG, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Voluntário

Assinatura do Responsável pelo Voluntário

Assinatura do Pesquisador

Questionário de Aptidão para Participação nos Testes com Vibração – ANAMNESE –

O questionário abaixo deve ser preenchido apenas caso tenha assinado o termo de esclarecimento acima. Ele tem como objetivo verificar se você está apto a participar da pesquisa desenvolvida pelos membros do Grupo de Acústica e Vibrações em Seres Humanos (GRAVISH) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Para tal, os pesquisadores se comprometem a tomar todas as medidas necessárias para garantir sua segurança durante os testes. Tais recomendações seguem as diretrizes estabelecidas na norma ISO 13090-1:1998 - "Mechanical Vibration and Shock – Guidance on Safety Aspects of Tests and Experiments with People". Caso não haja nenhum impedimento abaixo, explicações acerca dos testes serão fornecidas e você deverá assinar um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) relativo à pesquisa propriamente dita. As informações aqui prestadas serão de uso exclusivo dos pesquisadores, sendo mantidas em total sigilo. A fidelidade nas respostas será de vital importância para a pesquisa. As informações aqui prestadas são de sua inteira responsabilidade.

Resposta	Não	Não Sei	Sim	Quando?	Qual?
a) Alguma vez sofreu de doença grave?					
b) Alguma vez se acidentou seriamente para ser tratado por médico ou levado ao hospital?					
c) Existe alguma recomendação/restrrição médica quanto a resposta anterior?					
d) Atualmente está fazendo algum tratamento médico? (remédios, fisioterapia, psicologia, etc.)					
e) Sofre de algum defeito ou deficiência que o afete no seu dia-a-dia, trabalho ou viagens?					
Apresenta ou apresentou no passado algum dos problemas abaixo?	Não	Não Sei	Sim	Quando?	Qual?
1) Cardiovasculares?					
2) De pescoço?					
3) Respiratórios?					
4) Problemas de vista?					
5) Descolamento de retina?					
6) Problemas de ouvido?					
7) Gastrintestinais?					
8) Genito-urinários?					
9) Musculares ou esqueléticos?					
10) Relacionados ao sistema nervoso?					
11) Doenças mentais?					
12) História de trauma ou cirurgia recente?					
13) Possui algum tipo de prótese?					
14) Faz uso de medicamento controlado?					
15) Está grávida?					

Belo Horizonte / MG, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Voluntário

Assinatura do Responsável pelo Voluntário

Anexo C. Termo de consentimento

Através deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), você (voluntário) está sendo convidado a participar da pesquisa **A INFLUÊNCIA DA VIBRAÇÃO DE CORPO INTEIRO NAS HABILIDADES COGNITIVAS USANDO TESTES DE APLICATIVOS PARA TREINAMENTO CEREBRAL OU TESTES DE AVALIAÇÃO COGNITIVA DIVERSOS**. No caso de menor de idade, seu responsável que deverá assinar esta autorização, sendo que você deverá preencher e assinar o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), justamente com o seu responsável. O documento abaixo contém todas as informações necessárias sobre a pesquisa que estamos fazendo. Sua colaboração neste estudo será de muita importância para nós, mas se desistir a qualquer momento, isso não causará nenhum prejuízo a você (voluntário).

Este termo segue as recomendações da norma ISO 13090-1:1998 - *Mechanical vibration and shock - Guidance on safety aspects of tests and experiments with people*, assim como os critérios para sua inclusão nos testes (Anamnese), que é a parte mais importante desta norma. Os critérios mencionados para sua inclusão nos testes encontram-se no questionário de aptidão (Anamnese), onde você (voluntário) informou e declarou serem verdadeiras todas as informações sobre suas condições de saúde, de modo a evitar possíveis problemas durante os testes.

A pesquisa será desenvolvida por membros do Grupo de Acústica e Vibrações em Seres Humanos (GRAVISH) da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), sob a coordenação da Profa. Ma. Dra. Maria Lúcia Machado Duarte (currículo Lattes <http://lattes.cnpq.br/0076230777409819>), membro do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da UFMG, responsável pelo projeto, a qual qualquer problema deve ser reportado, podendo ser contata pelo telefone (31) 3409-5453 ou pelo e-mail mlduarte@ufmg.br. As dúvidas referentes à ética desta pesquisa podem ser solicitadas ao COEP-UFMG (Comitê de Ética em Pesquisa da UFMG) com endereço na Av. Antônio Carlos, 6627 – Unidade Administrativa II – 2º Andar, Sala 2005, CEP: 31270-901, coep@prpq.ufmg.br, fone: (31) 3409-4592.

Nesta pesquisa pretendemos, como objetivo principal, entender qual a faixa de vibração (frequência e amplitude) que apresenta alguma interferência, benéfica ou não, na cognição do indivíduo, resultando em melhor desempenho produtivo e, como objetivos secundários, busca-se verificar a influência da VCI na habilidade cognitiva em diferentes faixas etárias e gêneros; verificar qual a habilidade cognitiva – memória, foco, atenção, coordenação, percepção, raciocínio, condução – será mais afetada pela influência da VCI; verificar a diferença dos efeitos da VCI em indivíduos com distúrbio ocular e em indivíduos sem sintomas oculares; verificar se aplicativos de treinamentos cerebrais sob a influência da VCI podem apresentar melhor desempenho nos resultados; verificar se diferentes tipos de iluminação sob influência da VCI causam alterações nos resultados; verificar se existe um tempo específico durante e após a exposição à VCI que traz benefícios na cognição; e, verificar se pessoas com algum distúrbio ou transtorno como TDAH, Parkinson, autismo, dislexia, discalculia, depressão podem ser beneficiadas com sessões de exposição à VCI.

Caso você (voluntário) concorde em participar, a atividade experimental da pesquisa será realizada no Laboratório de Vibrações Mecânicas do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia, na Universidade Federal de Minas Gerais. Por se tratar de vários pontos que podem ser avaliados, informações detalhadas serão dadas de forma verbal ao participante, visto que se pretende realizar dentro desta pesquisa uma série de procedimentos distintos, não cabendo, portanto, a mesma explicação a todos os voluntários. Caso o voluntário não se sinta esclarecido deverá solicitar informações adicionais ou poderá, a qualquer momento, solicitar a sua exclusão da pesquisa. Neste termo serão fornecidas apenas informações gerais do que se pretende adotar em grande parte dos testes, sendo o protocolo informado neste termo escrito de forma genérica. A amostra total utilizada no experimento será, a princípio, de 60 indivíduos, tendo todas as informações do voluntário anotadas. Os testes

serão realizados utilizando aplicativos de treinamento cerebral em tablet ou celular ou testes de avaliação cognitiva diversos como, por exemplo, PVT (*Psychomotor Vigilance Task*), conforme linha de pesquisa com foco em determinado objetivo específico escolhido pelo pesquisador.

Os voluntários serão agrupados em grupos distintos conforme a faixa de frequência vibratória aplicada, gênero, tipo de dispositivo móvel, luminosidade, entre outras variáveis a serem estudadas. Os voluntários ficarão em uma posição sentada, de forma que se sintam o mais confortável, em um assento rígido de madeira e ferro, tipo cadeira escolar, na plataforma de excitação de vibração, com as costas apoiadas em um encosto vertical rígido e com os pés apoiados no suporte móvel da plataforma de vibração. Todos os voluntários que irão participar da pesquisa, antes do início dos testes, serão esclarecidos sobre os procedimentos que deverão ser adotados durante a coleta de dados de modo a padronizar os testes. Qualquer dúvida que por parte do voluntário deverá ser sanada pelos pesquisadores quando devidamente informados. Instruções diferentes serão dadas para os testes em laboratório ou em pista. É importante salientar novamente que a etapa de análise dos dados será feita após as medições, não sendo necessária a presença do voluntário. De modo geral, a pesquisa poderá conter até 4 testes, a saber: 1) será aplicado o teste cognitivo sem vibração (que servirá como base de avaliação para os demais testes), 2) o voluntário será submetido a uma vibração (características específicas para cada teste), podendo ou não realizar algum teste cognitivo, e 3) logo após cessada a vibração será submetido ao mesmo teste cognitivo para avaliar a influência da vibração. 4) Poderá, a critério da pesquisa, ser realizado novo teste cognitivo após um intervalo de ter cessado a exposição vibratório de modo a verificar seu efeito residual.

Esta pesquisa não apresenta riscos consideráveis, pois em nenhuma situação durante os testes laboratoriais os níveis, tempo de exposição e frequências utilizadas serão superiores aos recomendados por normas internacionais e nacionais que visam garantir a saúde e segurança do indivíduo, tais como a ISO 2631-1:1997, ISO 2631-1:2010 e ISO 5349- 1:2001, Diretiva Europeia 2002/44/EC:2002, NHO-09, NHO-10, NR-15, ISO 13090-1:1998.

Quando forem realizados testes em pista, os níveis utilizados serão aqueles experimentados no seu dia-a-dia, não causando, portanto, nenhuma situação mais agravante do que a real. Os testes em pista poderão ser realizados em qualquer tipo de veículo de acordo com o objetivo específico do teste. Mas, para diminuir a chance dos riscos de colisão ou atropelamento acontecerem, será seguido rigorosamente as leis, normas e regras de trânsito vigentes e será praticado a condução da direção defensiva, além de ser evitado trajetos e horários com grande fluxo de veículos. Poderá ser realizada em pistas de paralelepípedo, ou que contenham redutores de velocidade como quebra-molas. O veículo utilizado seguirá critérios de inspeção e verificação das condições de manutenção. A pesquisa pode ajudar a estabelecer um protocolo de tratamento de saúde utilizando vibração de corpo inteiro para a melhora de pessoas com algum distúrbio mental, na melhora cognitiva de idosos, na melhora de performance de estudantes e trabalhadores. Considera-se que os benefícios com esta pesquisa sejam infinitamente maiores do que qualquer risco. Sabe-se que o treinamento cerebral é um item importante para melhoria da qualidade de vida da população. Se este treinamento puder ser melhorado com o uso da vibração, através da melhoria no desempenho, já será um benefício da pesquisa.

Para participar deste estudo você (voluntário) não vai ter nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Nenhum tipo de ressarcimento ou indenização está previsto aos voluntários que participarem da pesquisa, uma vez que, os riscos aos participantes serão aqueles encontrados no dia-a-dia em meios de transporte ou plataformas vibratórias existentes em academias e clínicas de fisioterapia. Porém, os níveis e tempos de exposição procurarão atender normas de segurança nacionais e internacionais, restando apenas a pré-disposição individual. Estes riscos serão mitigados através da criteriosa seleção do voluntário. Em testes veiculares o risco de acidentes será mitigando com a observação e cumprimento da lei de trânsito vigente e através da prática da direção defensiva. Acredita-se que sintomas como náuseas, mal-estar, etc., possam ocorrer, porém, não diferentes daqueles sintomas que possam ocorrer em meios de transporte quando se faz leituras, por exemplo.

Você (voluntário) terá todas as informações que quiser sobre esta pesquisa e estará livre para participar ou recusar-se a participar. Mesmo que você (voluntário) queira participar agora, você (voluntário) pode voltar atrás ou parar de participar a qualquer momento. A sua participação é voluntária e o fato de não querer participar não vai trazer qualquer penalidade ou mudança na forma em que você (voluntário) é atendido (a). O pesquisador não vai divulgar seu nome. Os resultados da pesquisa estarão à sua disposição quando finalizada. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Você (voluntário) não será identificado (a) em nenhuma publicação que possa resultar.

Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias originais, sendo que uma será arquivada pelo pesquisador responsável e a outra será fornecida a você (voluntário). Os dados coletados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 (cinco) anos. Decorrido este tempo, o pesquisador avaliará os documentos para a sua destinação final, de acordo com a legislação vigente. Os pesquisadores tratarão a sua identidade com padrões profissionais de sigilo, atendendo a legislação brasileira (Resolução Nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde), utilizando as informações somente para os fins acadêmicos e científicos.

Declaro que concordo em participar da pesquisa durante o período estabelecido pelos pesquisadores e de acordo com os procedimentos dos testes ao qual serei submetido e que me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer todas as minhas dúvidas. Além disso, estou ciente que todas as explicações acerca dos testes, a natureza da vibração a ser utilizada, e os potenciais riscos e medidas preventivas de precauções me foram fornecidas e, também, enquanto no laboratório em que será realizada a pesquisa, eu aceito observar e cumprir com as normas do local. Se em campo (pista) me comprometo a observar e cumprir as normais e leis vigentes. Eu aceito observar e cumprir as instruções dadas a mim pelo(s) pesquisador(es) referentes a segurança, garantindo apenas o meu direito de exclusão dos testes acima.

Eu, _____,
residente e domiciliado na _____,
bairro _____, nº _____, complemento _____, na cidade de
_____, estado _____, CEP _____, portador da Cédula de
identidade, RG _____, e inscrito no CPF _____ nascido (a) em
____/____/____, abaixo assinado, declaro ter conhecimento das informações contidas neste
documento e ter recebido respostas claras sobre as dúvidas por mim apresentadas a propósito
da minha participação (direta ou indireta) na pesquisa e, adicionalmente, declaro ter
compreendido o objetivo, a natureza, os riscos e benefícios deste estudo.

Após reflexão e um tempo razoável, eu decidi, de livre e espontânea vontade, participar deste estudo, permitindo que os pesquisadores relacionados neste documento utilizem as minhas informações para fins de pesquisa científica/ educacional, podendo ainda, publicá-las em aulas, congressos, eventos científicos, palestras ou periódicos científicos. Porém, não devo ser identificado por nome ou qualquer outra forma.

- Desejo conhecer os resultados desta pesquisa. Não*
 desejo conhecer os resultados desta pesquisa.

Belo Horizonte / MG, _____ de _____ de _____.

Assinatura do Voluntário Participante

Assinatura do Pesquisador

Anexo D. Formulário Online com dados dos voluntários

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

A. DADOS GERAIS DO VOLUNTÁRIO (A ser preenchido pelo voluntário antes dos testes)

*Obrigatório

1. Nome do VOLUNTÁRIO: *

2. Celular (DDD) (número) *

3. Idade *

4. Peso: (kg,g) *

5. Altura: x,xx m *

6. Tamanho do Pé (Ex: 39 , 40 , etc) *

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

7. Faixa Etária *

Marcar apenas uma oval.

- 0 a 12 anos (Criança)
- 12 a 17 anos (Adolescente)
- 18 a 24 anos (Adulto Joven)
- 25 a 39 anos (Adulto)
- 40 a 59 (Adultos Meia-Idade)
- 60 anos ou mais (Idoso)

8. Gênero do VOLUNTÁRIO: *

Marcar apenas uma oval.

- Masculino
- Feminino
- Prefiro Não Dizer
- Outro: _____

9. O VOLUNTÁRIO é: *

Marcar apenas uma oval.

- Destro
- Canhoto
- Ambidestro

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

10. O VOLUNTÁRIO é portador de algum tipo de deficiência? *

Marque todas que se aplicam.

- Não
- Auditiva
- Mental
- Visual
- Física
- Múltipla
- Outro: _____

11. Escolaridade *

Marcar apenas uma oval.

- Fundamental incompleto
- Fundamental completo
- Médio/Técnico incompleto
- Médio/Técnico completo
- Superior Incompleto
- Superior Completo
- Especialização incompleta
- Especialização completa
- Mestrado incompleto
- Mestrado completo
- Doutorado incompleto
- Doutorado completo

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

12. Em qual turno o VOLUNTÁRIO estuda? *

Marque todas que se aplicam.

- Não estuda
- Manhã
- Tarde
- Noite

13. Quantas Horas diarias de estudo? (caso se aplique)

14. O VOLUNTÁRIO trabalha ? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não *Pular para a pergunta 25*

Trabalho

15. Qual a profissão? (Se aplicável)

16. Qual o turno de trabalho (se aplicável) ?

Marque todas que se aplicam.

- Matutino
- Vespertino
- Noturno

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

17. Quantas horas diárias de trabalho em média ? (caso aplicável)

18. Em qual turno o VOLUNTÁRIO dorme? *

Marque todas que se aplicam.

Manhã

Tarde

Noite

19. Quantas horas de sono por dia normalmente? *

20. O VOLUNTÁRIO tem dificuldades para dormir? *

Marcar apenas uma oval.

Sempre (acontece todas as vezes)

Geralmente (acontece na maioria das vezes)

Raramente (acontece na minoria das vezes)

Nunca (não acontece)

21. Sente-se cansado após uma noite de sono? *

Marcar apenas uma oval.

Sempre (todas as vezes)

Geralmente (na maioria das vezes)

Raramente (minoria das vezes)

Nunca (não acontece)

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

22. O VOLUNTÁRIO tem sono agitado com movimentos frequentes e abruptos ou fala durante o sono? *

Marcar apenas uma oval.

- Sempre (todas as vezes)
- Geralmente (maioria das vezes)
- Raramente (minoría das vezes)
- Nunca (não acontece)
- Não Sei

23. Ronca durante o sono? *

Marcar apenas uma oval.

- Sempre (todas as vezes)
- Geralmente (maioria das vezes)
- Raramente (minoría das vezes)
- Nunca (não acontece)
- Não sei

24. Acorda após ter iniciado o sono? *

Marcar apenas uma oval.

- Sempre (todas as vezes)
- Geralmente (maioria das vezes)
- Raramente (minoría das vezes)
- Nunca (não acontece)

Transporte

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

25. Qual o meio de transporte que o VOLUNTÁRIO mais utiliza?

Marcar apenas uma oval.

- Carro
- Moto
- Ônibus
- Outro: _____

26. O VOLUNTÁRIO possui dispositivo móvel? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não *Pular para a pergunta 36*

Dispositivo Móvel

27. Quais dispositivos móveis o VOLUNTÁRIO possui? *

Marque todas que se aplicam.

- Celular
- Tablet
- Notebook
- Outro: _____

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

28. Qual dispositivo móvel mais utiliza no seu dia a dia?

Marcar apenas uma oval.

- Celular
- Tablet
- Notebook
- Outro: _____

29. Em relação ao dispositivo preferencial, quantas horas por dia o VOLUNTÁRIO o utiliza em seu dia a dia ?

Marcar apenas uma oval.

- Mais de 5 horas
- Entre 3 e 5 horas
- Entre 1 e 3 horas
- Ate 1 hora
- Nunca
- Não Sei

30. O VOLUNTÁRIO utiliza algum dispositivo móvel no meio de transporte durante o trajeto? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não *Pular para a pergunta 36*

Uso do dispositivo móvel em veículos

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

31. O VOLUNTÁRIO ao utilizar o celular ou praticar leitura quando está no carro ou no ônibus sente náuseas ou enjôo? *

Marcar apenas uma oval.

- Sempre (acontece todas as vezes)
- Geralmente (acontece na maioria das vezes)
- Raramente (acontece na minoria das vezes)
- Nunca

32. Qual o tipo de dispositivo móvel mais utilizado em veículos?

Marcar apenas uma oval.

- Celular
- Tablet
- Notebook
- Outro: _____

33. Com que frequência diária o utiliza no meio de transporte? *

Marcar apenas uma oval.

- Sempre
- Frequentemente
- Ocasionalmente
- Raramente
- Não sei

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

34. Em relação ao dispositivo móvel preferencial o VOLUNTÁRIO o utiliza por quanto tempo no meio de transporte? *

Marcar apenas uma oval.

- Mais de 30 minutos
- Entre 20 e 30 minutos
- Entre 5 e 20 minutos
- menos de 5 minutos
- Não sei

35. Para qual ocasião utiliza o dispositivo móvel no transporte? Marque todas as opções pertinentes. *

Marque todas que se aplicam.

- Notícias
- WhatsApp
- Redes Sociais
- Vídeos
- Idiomas
- E-mails
- Jogos
- Atividade escolar/Acadêmica
- GPS
- Outro: _____

Aplicativos de Treinamento Cerebral

36. O VOLUNTÁRIO conhece aplicativos de treinamento cerebral? *

Marcar apenas uma oval.

- Sim
- Não

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

37. Qual? (se aplicável)

38. O VOLUNTÁRIO pratica alguma atividade manual? *

Marque todas que se aplicam.

- Não
- Crochê
- Manicure
- Artesanato
- Tocar instrumentos musicais
- Corte e Costura
- Cabeleireiro
- Pintura
- Outro: _____

39. O VOLUNTÁRIO tem o costume de jogar algum tipo de jogo virtual e qual dispositivo mais utiliza para essa finalidade ? *

Marque todas que se aplicam.

- Não jogo
- Sim, Desktop
- Sim, Notebook
- Sim, Tablet
- Sim, Celular
- Sim, Video-game

Informações Gerais

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

40. O VOLUNTÁRIO faz uso de algum medicamento? *

Marcar apenas uma oval.

Não

Sim

41. Qual medicamento (caso se aplique)?

42. O VOLUNTÁRIO está fazendo algum procedimento de saúde como sessões de fisioterapia ou psicologia ? Quantas sessões e duração caso afirmativo? *

43. O VOLUNTÁRIO possui alguma recomendação ou restrição médica? *

Marcar apenas uma oval.

Não

Sim

44. Qual (caso afirmativo)?

45. O VOLUNTÁRIO fuma ? *

Marcar apenas uma oval.

Não

Sim

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

46. Qual a média de cigarros por dia ? (se aplicável)

47. O VOLUNTÁRIO tem alguma doença de visão? *

Marque todas que se aplicam.

- Não
- Presbiopia (Vista cansada)
- Daltonismo
- Miopia (Dificuldade para enxergar longe)
- Astigmatismo
- Glaucoma
- Hipermetropia (dificuldade para enxergar perto)
- Estrabismo
- Síndrome de Irlen
- Outro: _____

48. Faz uso de bebida alcoólica? *

Marcar apenas uma oval.

- Sempre (todos os dias)
- Quase sempre (3 a 6 vezes por semana)
- Frequentemente (1 a 3 vezes por semana)
- Ocasionalmente (2 a 4 vezes por mês)
- Raramente (1 vez por mês)
- Nunca

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

49. O VOLUNTÁRIO possui algum problema auditivo? *

Marcar apenas uma oval.

- Não
- Perda bilateral leve
- Perda bilateral moderada
- Perda bilateral profunda
- Perda bilateral severa
- Perda unilateral leve
- Perda unilateral moderada
- Perda unilateral profunda
- Perda unilateral severa
- Usa aparelho auditivo
- Possui implante coclear
- Outro: _____

50. O VOLUNTÁRIO se sente cansado com frequência? *

Marcar apenas uma oval.

- Sempre(Todos os dias)
- Frequentemente (algumas vezes na semana)
- Ocasionalmente (algumas vezes no mês)
- Raramente (algumas vezes no ano)
- Nunca
- Não sei

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

51. O VOLUNTÁRIO percebe que tem dificuldade de se concentrar? *

Marcar apenas uma oval.

- Sempre (todos os dias)
- Frequentemente (algumas vezes na semana)
- Ocasionalmente (algumas vezes no mês)
- Raramente (algumas vezes no ano)
- Nunca
- Não sei

52. Sente sonolência quando está no carro ou ônibus? *

Marcar apenas uma oval.

- Sempre (acontece todas as vezes)
- Geralmente (acontece na maioria das vezes)
- Raramente (acontece na minoria das vezes)
- Nunca

53. O VOLUNTÁRIO se sente ou alguém já disse que ele está depressivo, irritado ou * tem tido um comportamento explosivo?

Marcar apenas uma oval.

- Sempre (todos os dias)
- Frequentemente (algumas vezes na semana)
- Ocasionalmente (algumas vezes no mês)
- Raramente (algumas vezes no ano)
- Nunca
- Não sei

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

54. Com relação às atividades diárias o VOLUNTÁRIO é capaz de executá-las de forma: *

Marcar apenas uma oval.

- Independente
 Com supervisão
 Dependente

55. Qual a escala de conforto para análise subjetiva da vibração percebida pelo VOLUNTÁRIO durante o deslocamento por meio de ônibus coletivo? *

Marcar apenas uma oval.

Muito confortável (não causa mal-estar algum)

1

2

3

4

5

Muito desconfortável (causa dor de cabeça, náusea, enjôo, vista embaçada e outros)

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

56. Qual a escala de conforto para análise subjetiva da vibração percebida pelo VOLUNTÁRIO durante o deslocamento por meio de carro de passeio? *

Marcar apenas uma oval.

Muito confortável (não causa mal-estal algum)

1

2

3

4

5

Muito desconfortável (causa dor de cabeça, náusea, enjôo, vista embaçada e outros)

57. Espaço para comentários do voluntário

Consentimento:

Após reflexão, eu (o VOLUNTÁRIO) decido, de livre e espontânea vontade, participar deste estudo, permitindo que os pesquisadores participantes desta pesquisa utilizem as minhas informações prestadas neste questionário para fins de pesquisa científica educacional. Porém, não devo ser identificado por nome ou qualquer outra forma. Eu (o VOLUNTÁRIO), também declaro que as informações acima prestadas pelo próprio voluntário, são verdadeiras e assumo inteira responsabilidade pelas mesmas.

11/6/22, 5:24 PM

Questionário do Teste da Influência da Vibração de Corpo Inteiro na Função Cognitiva de Raciocínio.

58. DATA: (Belo Horizonte/ MG, ____ de ____ de ____) *

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.

Google Formulários

Anexo E. Escala de Subjetiva de Dificuldade

Escala Subjetiva de Dificuldade

1	Muito Fácil	A realização da tarefa ocorreu sem problema algum
2	Fácil	A realização foi possível, não como o normal, mas ainda com certa facilidade
3	Indiferente	Não foi fácil nem difícil
4	Difícil	Houveram empecilhos ou dificuldades mas a tarefa pôde ser concluída
5	Muito Difícil	A tarefa foi complicada a ponto de quase não ser concluída

Adaptada de Dutra et al, 2022

Anexo F. Escala subjetiva de desconforto

Escala Subjetiva de Desconforto

1	Muito Confortável	A vibração não causou mal-estar algum ou nenhum incômodo
2	Confortável	A vibração trouxe alguma sensação mas ainda não causou incômodo ou desconforto
3	Indiferente	Não foi confortável, nem desconfortável
4	Desconfortável	A vibração causou mal-estar ou incômodo
5	Muito desconfortável	A vibração causou mal-estar ou incômodo a ponto de causar dor de cabeça, náuseas, enjoos, vista embaçada ou outros.

Anexo G. Formulário de condições de saúde do voluntário e de aquisição de dados

A. DADOS GERAIS DA PESQUISA

(a ser preenchido pelo pesquisador durante o teste e pelo voluntário ao final dos testes)

Nome do **VOLUNTÁRIO**: _____

Nº do **VOLUNTÁRIO**: _____

Data: ____/____/____ Hora: ____:____ Dia da semana: _____

Quantas Horas de sono o VOLUNTÁRIO dormiu na noite anterior ao teste e em qual turno?

Manhã Tarde Noite

Horas de sono na noite anterior: _____

O VOLUNTÁRIO classifica o estado de saúde atual dele como?

Ótimo Bom Regular Ruim Péssimo

O VOLUNTÁRIO sente alguma dor em alguma parte do corpo?

Sim Não **Qual?** _____

O VOLUNTÁRIO tem sentido algum problema físico como dores musculares, dormência, náusea, tensão muscular, queimação no peito, etc?

Sim Não **Qual?** _____

O VOLUNTÁRIO está grávida ou em período de menstruação, menopausa ou andropausa?

Não Grávida Menstruação Menopausa Andropausa

O VOLUNTÁRIO fez uso de alguma bebida que contenha cafeína como, por exemplo, café, energético, coca-cola, etc; nas últimas 12 horas?

Sim Não **Qual?** _____

Que horas? _____

Quantidade _____

O VOLUNTÁRIO fez uso de bebida alcoólica nas últimas 12 horas?

Sim Não **Qual?** _____

Que horas? _____

Quantidade _____

ESTÍMULO À RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS

O jogo apresenta situações que exigem dos jogadores uma atitude ativa para buscarem solução dos problemas.

5. <input type="checkbox"/>	4. <input type="checkbox"/>	3. <input type="checkbox"/>	2. <input type="checkbox"/>	1. <input type="checkbox"/>
Sim, em todas as situações	Sim, na maioria das situações	Sim, na metade das situações	Sim, em poucas situações	Não, em nenhuma situação

CLAREZA DOS OBJETIVOS

O jogo apresenta os seus objetivos de forma clara com uma linguagem adequada.

5. <input type="checkbox"/>	4. <input type="checkbox"/>	3. <input type="checkbox"/>	2. <input type="checkbox"/>	1. <input type="checkbox"/>
Sim, em todas as situações	Sim, na maioria das situações	Sim, na metade das situações	Sim, em poucas situações	Não, em nenhuma situação

AMPLIAÇÃO DOS RECURSOS COGNITIVOS

O jogo mobiliza operações mentais que extrapolam o automatismo de forma a apoiar o desenvolvimento das habilidades dos jogadores.

5. <input type="checkbox"/>	4. <input type="checkbox"/>	3. <input type="checkbox"/>	2. <input type="checkbox"/>	1. <input type="checkbox"/>
Sim, em todas as situações	Sim, na maioria das situações	Sim, na metade das situações	Sim, em poucas situações	Não, em nenhuma situação

as situações

das situações

das situações

situações

situação

PROMOÇÃO DA IMERSÃO E CAPACIDADE DE RETER A CONCENTRAÇÃO E ATENÇÃO

O jogo envolve profundamente os jogadores diminuindo sua consciência em relação ao que está ao seu redor e à sua noção de tempo e exige que ele mantenha a concentração e atenção.

5. Sim, em todas
as situações4. Sim, na maioria
das situações3. Sim, na metade
das situações2. Sim, em poucas
situações1. Não, em nenhuma
situação**CAPACIDADE DE DESAFIAR**

O jogo é desafiador considerando o seu nível cognitivo e habilidades exigidas do jogador.

5. Sim, em todas
as situações4. Sim, na maioria
das situações3. Sim, na metade
das situações2. Sim, em poucas
situações1. Não, em nenhuma
situação**Comentários do voluntário sobre a pesquisa:**

*Após reflexão e um tempo razoável, eu (o **VOLUNTÁRIO**) decidi, de livre e espontânea vontade, participar deste estudo, permitindo que os pesquisadores participantes desta pesquisa utilizem as minhas informações prestadas neste questionário para fins de pesquisa científica educacional, podendo ainda, publicá-las em aulas, congressos, eventos científicos, palestras ou periódicos científicos. Porém, não devo ser identificado por nome ou qualquer outra forma. Eu (o **VOLUNTÁRIO**), também declaro que as informações deste questionário, acima prestadas pelo próprio voluntário, são verdadeiras e assume a inteira responsabilidade pelas mesmas.*

Belo Horizonte / MG, _____ de _____ de _____.

Assinatura do voluntário

Assinatura do responsável pelo voluntário

Parâmetros da pesquisa:**Área cognitiva mapeada:** Memória Percepção Raciocínio Atenção Coordenação Outro: _____**Nome da Subárea cognitiva:** _____**A pesquisa foi realizada em algum trajeto?** Não Sim**Qual a quilometragem?** _____**Qual o percurso? De:** _____**Para:** _____**Local de realização da pesquisa:** _____

GRAVISH

Tipo e nome do teste aplicado: _____

Neuronation - Solitária

Equipamento de excitação da vibração utilizado: Plataforma vibratória UFMG Carro Empilhadeira Plataforma vibratória comercial Ônibus Outro: _____**Resultados da pesquisa:**

Parâmetros			Horário de início de cada teste	Pontuação	Precisão	Reação	Dificuldade	Conforto	Dificuldade relativa T5/T0
1º Teste	Sem VCI/Controle	T0							-
2º Teste		T1							-
3º Teste		T2							-
4º Teste		T3							-
5º Teste		T4							-
6º Teste	Sem VCI/efeitos residuais	T5							

a.	Nº de partidas para Familiarização:	
b.	Nº de testes aplicados com cada voluntário com vibração:	4
c.	Nº de testes aplicados com cada voluntário sem vibração:	2
d.	Tempo de exposição à vibração [min]:	10 + 1,5

e.	Nº de sessões com cada voluntário:	
f.	Tempo entre testes [seg]:	<u>T0 - T1</u>
		<u>T1 - T2</u>
		<u>T2 - T3</u>
		<u>T3 - T4</u>
		<u>T4 - T5</u>
g.	Tempo de cada jogo [min]:	1,5
h.	Duração total do experimento com cada voluntário [min]:	

Outros parâmetros como iluminação, ar-condicionado, ruído, etc.:

Iluminação:

Ar-Condicionado:

Ruído: Do Cooler

Anotações do pesquisador (posição dos pés, mão utilizada para jogar, encosto na cadeira, etc)

Teste	Posição pés durante o teste	Mão ao Jogar	Outras observações (náusea, formigamento, etc)
T0			
T1			
T2			
T3			
T4			
T5			