



PGDESIGN | Programa de Pós-Graduação
Mestrado | Doutorado



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
FACULDADE DE ARQUITETURA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESIGN

Carolina Bravo Pillon

**DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DIGITAL EM REALIDADE VIRTUAL PARA A
REABILITAÇÃO VIRTUAL DO PÚBLICO SÊNIOR**

Tese de Doutorado

Porto Alegre

2021

CAROLINA BRAVO PILLON

Desenvolvimento de um jogo digital em realidade virtual para a reabilitação virtual do público sênior

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Design.

Orientador: Prof. Dr. Régio Pierre da Silva

Porto Alegre

2021

CIP - Catalogação na Publicação

Pillon, Carolina Bravo
Desenvolvimento de um jogo digital em realidade
virtual para a reabilitação virtual do público sênior
/ Carolina Bravo Pillon. -- 2021.
248 f.
Orientador: Régio Pierre da Silva.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio
Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de
Pós-Graduação em Design, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Envelhecimento humano. 2. Reabilitação virtual.
3. Realidade virtual. 4. Jogos digitais. I. Silva,
Régio Pierre da, orient. II. Título.

PILLON, C. B. **Desenvolvimento de um jogo digital em realidade virtual para a reabilitação virtual do público sênior**. 2021. 248 f. Tese (Doutorado em Design) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

Carolina Bravo Pillon

**DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO DIGITAL EM REALIDADE VIRTUAL
PARA A REABILITAÇÃO VIRTUAL DO PÚBLICO SÊNIOR**

Esta Tese foi julgada adequada para a obtenção do Título de Doutor em Design e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS.

Porto Alegre, seis de abril de 2021.

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS.

Banca Examinadora:

Orientador: **Prof. Dr. Régio Pierre da Silva**

Programa de Pós-Graduação em Design (PGDESIGN) da UFRGS,
Departamento de Design e Expressão Gráfica (DEG) da UFRGS.

Profa. Dra. Leticia Rocha Machado

Programa de Pós-Graduação em Tecnologias da Informação e Comunicação da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Examinadora Externa.

Prof. Dr. Fernando Batista Bruno

Departamento de Design e Expressão Gráfica (DEG) da UFRGS –
Examinador Externo.

Profa. Dra. Tânia Luisa Koltermann da Silva

Programa de Pós-Graduação em Design (PGDESIGN) da UFRGS,
Departamento de Design e Expressão Gráfica (DEG) da UFRGS – Examinadora
Interna.

Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira

Programa de Pós-Graduação em Design (PGDESIGN) da UFRGS,
Departamento de Design e Expressão Gráfica (DEG) da UFRGS – Examinador
Interno.

Profa. Dra. Clariana Fischer Brendler

Programa de Pós-Graduação em Design (PGDESIGN) da UFRGS,
Departamento de Design e Expressão Gráfica (DEG) da UFRGS – Examinadora
Interna.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos aqueles que contribuíram para a realização dessa tese:

Ao orientador Prof. Dr. Régio Pierre da Silva.

Aos professores membros da banca de qualificação e final: Prof. Dr. José Luís Farinatti Aymone, Profa. Dra. Leticia Rocha Machado, Prof. Dr. Fernando Batista Bruno, Profa. Dra. Tânia Luisa Koltermann da Silva, Prof. Dr. Fábio Gonçalves Teixeira e Profa. Dra. Clariana Fischer Brendler.

Aos participantes da atividade de *card sorting*.

Aos participantes da validação do *checklist*.

Aos coordenadores e às professoras do UNIDI por permitirem a realização da avaliação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Design (PGDesign).

Ao Laboratório de Virtual Design (ViD).

Aos meus pais e irmão pelo apoio durante essa jornada.

A CAPES pela provisão da bolsa de Doutorado.

RESUMO

PILLON, C. B. **Desenvolvimento de um jogo digital em realidade virtual para a reabilitação virtual do público sênior**. 2021. 248 f. Tese (Doutorado em Design) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

As tecnologias são um importante aliado para promover o envelhecimento saudável. Nesse contexto, a realidade virtual vem sendo utilizada como um recurso de apoio para o treinamento e avaliação do equilíbrio. O objetivo da pesquisa é desenvolver um jogo digital em realidade virtual que possa auxiliar na reabilitação virtual dos idosos. A pesquisa caracteriza-se como um estudo do tipo *design science research*. Houve três grupos de participantes em momentos distintos da pesquisa. Primeiramente, foi feito um grupo focal exploratório para auxiliar na sistematização de diretrizes. Depois, foi feito um grupo focal confirmatório para validar o *checklist* proposto. Por fim, estava prevista uma verificação com um grupo de participantes com mais de 60 anos que iriam testar e avaliar o artefato proposto. No entanto, não foi possível realizá-la em virtude da pandemia de Covid-19. Os instrumentos para a coleta de dados foram: *card sorting*, entrevista semiestruturada, observação e *checklist*. Foi feita uma revisão de literatura a fim de levantar um conjunto de diretrizes para a reabilitação virtual de idosos. Foi aplicada a atividade de *card sorting* para sistematizar o conjunto de diretrizes em quatro categorias, sendo eles: terapia, motivação, interação e segurança. A partir disso, foi proposto um *checklist* que visa orientar a construção de um artefato digital. Finalmente, a ferramenta proposta foi utilizada para nortear o projeto e desenvolvimento de um jogo digital em realidade virtual para auxiliar na reabilitação virtual do público sênior.

Palavras-chave: Envelhecimento humano. Reabilitação virtual. Realidade virtual. Jogos digitais.

ABSTRACT

PILLON, C. B. **Desenvolvimento e avaliação de um jogo em realidade virtual para o público sênior**. 2021. 248 f. Tese (Doutorado em Design) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

Technologies are an important ally to promote healthy aging. In this regard, virtual reality has been used as a supporting feature for balance training and evaluation. The objective of the research is to develop a virtual reality game in order to contribute to the virtual rehabilitation of the elderly. The research is described as a study of design science research type. There were three groups of participants at different moments of the research. At first, it was conducted an exploratory focus group to assist in the systematization of guidelines. Secondly, it was accomplished by a confirmatory focus group to validate the proposed checklist. Lastly, an evaluation was planned with a group of participants over 60 years of age, who would test and evaluate the proposed artifact. However, it was not possible to carry it out due to the Covid-19 pandemic. The assessment tools were: card sorting, semi-structured interview, observation and checklist. A bibliographic review was carried out in order to raise a set of guidelines for the virtual rehabilitation of the elderly. The card sorting activity was applied to systematize a set of guidelines in four criteria, including: therapy, motivation, interaction and safety. Based on that, a checklist was proposed to orientate the construction of a digital artifact. Finally, the proposed tool was used to guide the design and development of a digital game in virtual reality to assist the virtual rehabilitation of the senior user.

Keywords: Human Aging. Virtual Rehabilitation. Virtual Reality. Digital Games.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pirâmide populacional brasileira em 2017.....	20
Figura 2 – <i>Google Cardboard</i> ®.....	25
Figura 3 – Estrutura da tese.....	33
Figura 4 – Aumento da expectativa de vida dos brasileiros.	34
Figura 5 – Características do envelhecimento humano.	36
Figura 6 – Alterações na visão dos idosos.	37
Figura 7 – Anatomia da orelha.	42
Figura 8 – Sistema vestibular.....	43
Figura 9 – Forças de aceleração atuando sobre a cabeça.	45
Figura 10 – Exercícios da plataforma <i>BRU</i> ®: A. Estímulos visuo-vestibulares; B. Jogos para o treinamento.	52
Figura 11 – Estereoscópio criado por Sir Charles Wheatstone.....	55
Figura 12 – Estereoscópio de David Brewster.	55
Figura 13 – Sensorama projetado por Morton Heilig.....	56
Figura 14 – Óculos anáglifo.....	57
Figura 15 – <i>Visual Environment Display</i> (VIVED).....	58
Figura 16 - Virtual Boy da Nintendo®.....	59
Figura 17 – A. Famicom 3D System; B. Óculos 3D para o Master System.....	60
Figura 18 – Captura de tela do aplicativo demonstrativo do <i>Google Cardboard</i> ®.....	62
Figura 19 - Continuidade da Virtualidade.	64
Figura 20 – Rotações da cabeça nos três planos espaciais.	66
Figura 21 – Posições do usuário no espaço.....	67
Figura 22 – Diagrama proposto por Alger (2015).....	73
Figura 23 – A. Ângulo de visualização horizontal; B. Ângulo de visualização vertical.	74
Figura 24 – Camadas em realidade virtual.....	75
Figura 25 – Estados de seleção do retículo: A. Padrão. B. Ativado.	76
Figura 26 – Etapas da pesquisa.....	86
Figura 27 – Mapa mental da pesquisa.	88
Figura 28 – Modelo do cartão para a atividade de <i>card sorting</i>	90
Figura 29 – Modelo proposto por Ji <i>et al.</i> (2006).....	95
Figura 30 – Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos.....	97

Figura 31 – Elaboração do projeto de produto.	97
Figura 32 – Quadro resumo da revisão sistemática de literatura.	103
Figura 33 – Captura de tela no software SPSS 18®.	122
Figura 34 – Dendrograma.	123
Figura 35 – Principais elementos da casa da qualidade.	142
Figura 36 – Painel do estilo de vida.	150
Figura 37 – Painel da expressão do produto.	151
Figura 38 – Painel do tema visual.	152
Figura 39 – Escala de diferencial semântico.	153
Figura 40 – Ferramenta de <i>personas</i>	154
Figura 41 – <i>Storyboard</i> do projeto.	155
Figura 42 – Análise da tarefa “Jogar”.	157
Figura 43 – Seleção inicial de alternativas de A a D.	160
Figura 44 – Seleção inicial de alternativas de E a H.	161
Figura 45 – Círculo cromático.	165
Figura 46 – Padrão tipográfico.	165
Figura 47 – Ideias de nomes para o artefato.	166
Figura 48 – Marca para o artefato.	166
Figura 49 – Ícones do projeto.	167
Figura 50 – Mapa do jogo.	168
Figura 51 – Fluxograma.	169
Figura 52 – <i>Wireframe</i> da página inicial.	170
Figura 53 – Página inicial do artefato.	171
Figura 54 – Tela final do artefato.	172
Figura 55 – Resultados da análise com a ferramenta <i>Luminosity Colour Contrast Ratio Analyser</i>	173
Figura 56 – Animação na página de Ajuda.	174
Figura 57 – A. Modelagem do ambiente no software <i>Blender</i> ®; B. Criação do ambiente no <i>Unity 3D</i> ®.	175
Figura 58 – Dispositivo customizado para o projeto.	176
Figura 59 – Captura de tela de um dos minijogos.	180
Figura 60 – Fluxo de trabalho.	182
Figura 61 – Captura das telas: A. Página Inicial; B. Menu; C. Ajuda; D. Minhas Estatísticas; E. História; F. Dicas; G. Configurações; H. Créditos; I. Realidade Virtual.	183

Figura 62 – Capturas de telas: A: Mapa do Jogo; B. Tutorial; C. Minijogo 1;
D. Minijogo 2; E. Minijogo 3; F. Minijogo 4; G. Minijogo 5; H.
Minijogo 6; I. Minijogo 7; J. Tela Final.184

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Especificações técnicas dos principais dispositivos em realidade virtual.....	64
Quadro 2 – Padrões de interação em realidade virtual.	71
Quadro 3 – Trecho de um <i>checklist</i> de segurança doméstica para a detecção do risco de queda.....	79
Quadro 4 – Identificação dos artefatos.....	92
Quadro 5 – Configuração das classes de problemas.....	93
Quadro 6 – Proposição de artefatos para resolver o problema específico.....	94
Quadro 7 – Quadro resumo das publicações mais recentes sobre a reabilitação virtual de idosos.....	104
Quadro 8 – Publicações selecionadas para a fase de coleta de diretrizes.	115
Quadro 9 – Tipo e quantidade de dados coletados.....	117
Quadro 10 – Diretrizes dos grupos: terapia, segurança, interação e motivação.....	124
Quadro 11 – Transformação das necessidades dos usuários em atributos de qualidade.....	136
Quadro 12 – Definição dos requisitos de usuários.....	138
Quadro 13 – Diagrama de Mudge.....	139
Quadro 14 – Valoração dos atributos de qualidade.	140
Quadro 15 – Conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto.	140
Quadro 16 – Priorização dos requisitos de projeto.....	143
Quadro 17 – Relacionamento entre os requisitos de projeto.	144
Quadro 18 – Especificações do projeto do produto.....	147
Quadro 19 – Geração de alternativas.	158
Quadro 20 – Seleção das alternativas com a matriz de Pugh.....	163
Quadro 21 – Descrição dos minijogos.....	179

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Médias obtidas no <i>card sorting</i>	120
--	-----

LISTA DE ABREVIATURAS

AR – *Augmented Reality*

AVC – Acidente Vascular Cerebral

AVD – Atividade de Vida Diária

BRU – *Balance Rehabilitation Unit*

DHI – *Dizziness Handicap Inventory*

DOF – *Degree Of Freedom*

eMAG – Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico

FFM – *Fear of Falling Measure*

FOV – *Field Of View*

FPS – *Frames Per Second*

HMD – *Head-Mounted Display*

IMI – *Intrinsic Motivation Inventory*

IMU – *Inertial Measurement Unit*

OMS – *Organização Mundial da Saúde*

PDA – *Personal Digital Assistants*

PGDESIGN – Programa de Pós-Graduação em Design

RSL – Revisão Sistemática de Literatura

SDK – *Software Development Kit*

SNC – Sistema Nervoso Central

SUS – *System Usability Scale*

TAM – *Technology Acceptance Model*

UNIDI – Unidade de Inclusão Digital de Idosos

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

VE – *Virtual Environment*

VR – *Virtual Reality*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	20
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	20
1.2	DELIMITAÇÃO DO TEMA	28
1.3	PROBLEMA DE PESQUISA	29
1.4	HIPÓTESE.....	29
1.5	OBJETIVOS.....	29
1.5.1	Objetivo Geral	29
1.5.2	Objetivos específicos	30
1.6	JUSTIFICATIVA	30
1.7	ESTRUTURA DA TESE.....	32
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	34
2.1	ENVELHECIMENTO HUMANO	34
2.1.1	Aspectos fisiológicos, psicológicos e sociais do envelhecimento.....	35
2.2	GERONTECNOLOGIA	40
2.3	EQUILÍBRIO.....	41
2.3.1	Sistema vestibular	42
2.3.1.1	Forças de aceleração sobre a cabeça.....	44
2.4	REABILITAÇÃO VESTIBULAR.....	45
2.4.1	Reabilitação vestibular de idosos.....	46
2.5	REABILITAÇÃO VIRTUAL	48
2.6	REALIDADE VIRTUAL	54
2.6.1	Breve histórico sobre a realidade virtual	54
2.6.2	Conceitos sobre a realidade virtual	61
2.6.3	Formas de realidade	63
2.6.4	Sistema em realidade virtual	65
2.6.5	Cinetose	68
2.6.6	Interação em realidade virtual	71
2.6.7	Ergonomia em realidade virtual.....	73
2.6.8	Ambientação em realidade virtual	75
2.7	LISTAS DE VERIFICAÇÃO OU <i>CHECKLIST</i>	78
3	METODOLOGIA	81
3.1	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA.....	81
3.2	SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES	82

3.2.1	Ética em Pesquisa	83
3.3	ETAPAS DA PESQUISA.....	85
3.3.1	Identificação do problema	85
3.3.1	Conscientização do problema	87
3.3.2	Revisão sistemática de literatura (RSL)	91
3.3.3	Identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas.....	91
3.3.4	Proposição de artefatos para resolver o problema específico.....	93
3.3.5	Projeto do artefato selecionado.....	95
3.3.6	Desenvolvimento do artefato.....	98
3.3.7	Avaliação do artefato	99
3.3.8	Explicitação das aprendizagens.....	99
3.3.9	Conclusões	100
3.3.10	Generalização para uma classe de problemas	100
3.3.11	Comunicações dos resultados	101
3.4	PROTOCOLO DE PESQUISA.....	101
4	REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA	102
4.1.1	Considerações sobre a RSL	113
5	PROPOSIÇÃO DO <i>CHECKLIST</i>	115
5.1	LEVANTAMENTO DE DIRETRIZES.....	115
5.2	SISTEMATIZAÇÃO DAS DIRETRIZES	119
5.3	ELABORAÇÃO DO <i>CHECKLIST</i>	126
5.3.1	Terapia	127
5.3.2	Motivação.....	127
5.3.3	Interação	129
5.3.4	Segurança.....	131
5.4	VALIDAÇÃO DO <i>CHECKLIST</i>	132
6	PROJETO DO ARTEFATO	134
6.1	PROJETO INFORMACIONAL	134
6.1.1	Identificação dos usuários.....	135
6.1.2	Elicitação das necessidades dos usuários	135
6.1.3	Transformação das necessidades em requisitos de usuários.....	136
6.1.4	Valoração dos atributos de qualidade	138
6.1.5	Conversão dos requisitos de usuários em requisitos de projeto	140
6.1.6	Desdobramento da Função Qualidade (QFD).....	141

6.1.7	Priorização dos requisitos de projeto	143
6.1.8	Relacionamento entre os requisitos de projeto	143
6.1.9	Especificações de projeto	146
6.2	PROJETO CONCEITUAL	149
6.2.1	Conceito do artefato	149
6.2.1.1	Painéis semânticos	149
6.2.1.2	Escala do diferencial semântico	152
6.2.1.3	Personas	153
6.2.1.4	Cenários	154
6.2.1.5	Storyboard	155
6.2.2	Síntese funcional	155
6.2.3	Geração de alternativas	156
6.2.4	Seleção de alternativas	159
7	DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO	164
7.1	PROJETO PRELIMINAR	164
7.1.1	Identidade visual	164
7.1.1.1	Padrão cromático	164
7.1.1.2	Padrão Tipográfico	164
7.1.1.3	Naming	165
7.1.1.4	Marca	166
7.1.1.5	Ícones	167
7.1.2	Estrutura	167
7.1.2.1	Mapa	167
7.1.2.2	Fluxograma	169
7.1.2.3	Wireframe	170
7.1.2.4	Telas	170
7.1.3	Modelagem	174
7.1.4	Layout do <i>Cardboard</i> ®	176
7.2	PROJETO DETALHADO	176
7.2.1	Apresentação da proposta	177
7.2.1.1	História	177
7.2.1.2	Tema	177
7.2.1.3	Dinâmica central	178
7.2.1.4	Jogabilidade	178
7.2.1.5	Cenários	181
7.2.2	Prototipagem	181
8	AVALIAÇÃO DO ARTEFATO	186
9	EXPLICITAÇÃO DAS APRENDIZAGENS	193
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS	195
10.1	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	198
	APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - <i>CARD SORTING</i>	214
	APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - <i>ENTREVISTA</i>	216

APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – OBSERVAÇÃO E QUESTIONÁRIO.....	218
APÊNDICE D – TERMO DE ANUÊNCIA ASSINADO– LABORATÓRIO DE VIRTUAL DESIGN	220
APÊNDICE E – TERMO DE ANUÊNCIA ASSINADO– UNIDI	221
APÊNDICE F – ROTEIRO PARA A ENTREVISTA COM ESPECIALISTAS	222
APÊNDICE G - CARTA CONVITE	223
APÊNDICE H – PROTOCOLO DE PESQUISA	224
APÊNDICE I – TRANSCRIÇÃO: ENTREVISTA COM A PARTICIPANTE A	232
APÊNDICE J – TRANSCRIÇÃO: ENTREVISTA COM A PARTICIPANTE B	233
APÊNDICE K – <i>CHECKLIST</i> PARA O DESENVOLVIMENTO.....	234
APÊNDICE L – <i>CHECKLIST</i> PARA A AVALIAÇÃO.....	237
APÊNDICE M – DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE (QFD)	239
ANEXO A – PARECER DA COMISSÃO DE PESQUISA DE ARQUITETURA	240
ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP	241

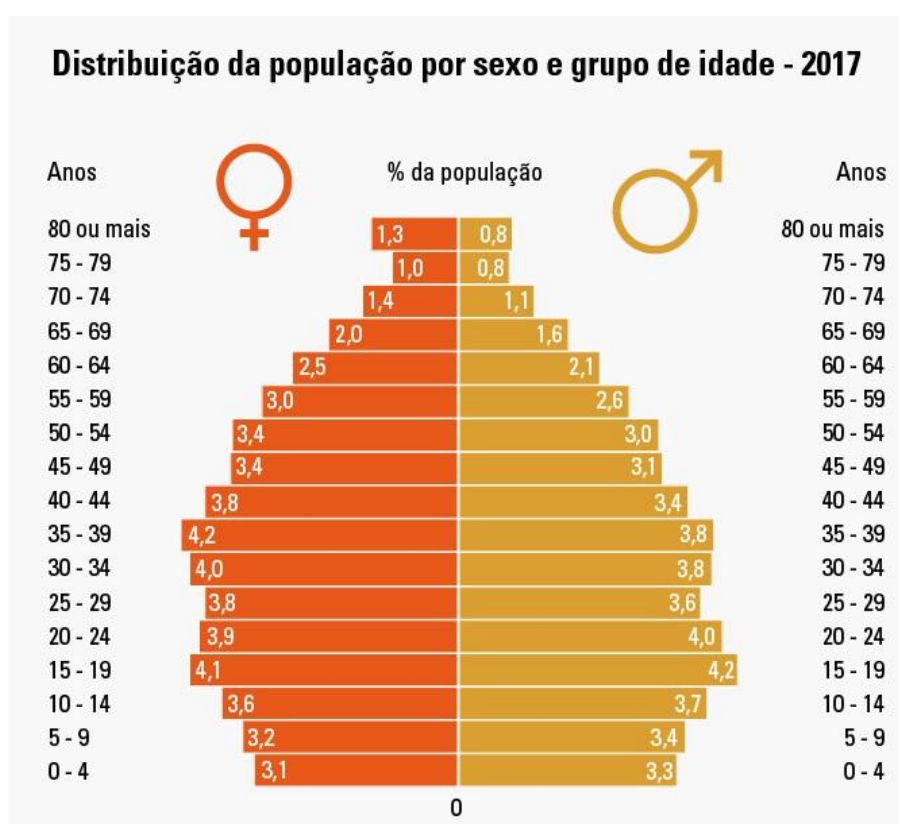
1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo, são apresentadas: contextualização, delimitação, problema de pesquisa, hipótese, objetivo geral e específicos, justificativa e estrutura da tese.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Nos últimos anos, vem se observando o envelhecimento da população no Brasil e no mundo. Em 2012, o número de idosos no Brasil era de 25,4 milhões. Esse dado passou para 30,2 milhões em 2017, o que corresponde a um crescimento de 18% desse grupo etário. As mulheres representam 56% (cerca de 16,9 milhões) do número de idosos, enquanto o número de homens idosos equivale a 44% (13,3 milhões) do grupo. A Figura 1 mostra a pirâmide da população brasileira de acordo com o sexo e idade em 2017 (IBGE, 2018a).

Figura 1 – Pirâmide populacional brasileira em 2017.



Fonte: IBGE (2018a).

Entre os anos de 2012 e 2017, o número de idosos aumentou em todos os estados brasileiros. O Rio de Janeiro e o Rio Grande do Sul têm a maior proporção

de pessoas com 60 anos ou mais, representando 18,6% da população. O Amapá possui a menor proporção de idosos, com apenas 7,2% (IBGE, 2018a).

Diante dos dados apresentados, torna-se evidente a importância do grupo etário dos idosos na população e enfatiza-se a necessidade em fomentar o desenvolvimento de pesquisas que possam contribuir para o bem-estar e qualidade de vida das pessoas com mais de 60 anos.

Recentemente, a Organização Mundial da Saúde publicou o Relatório Mundial sobre Envelhecimento e Saúde (OMS, 2015b), no qual apresenta uma abordagem sobre o conceito de Envelhecimento Saudável. Segundo o relatório, pela primeira vez na história, a maioria das pessoas tem uma expectativa de vida acima de 60 anos. As implicações do envelhecimento da população serão profundas para os sistemas de saúde, seus orçamentos e para os trabalhadores dessa área (OMS, 2015b).

A OMS (2015b) recomenda uma transformação dos sistemas de saúde, do qual os modelos curativos baseados na doença devem ser substituídos pela prestação de atenção integrada e centrada nas necessidades dos idosos. Essa questão irá exigir uma resposta coordenada não somente das políticas públicas, mas também de diversos setores no desenvolvimento de sistemas abrangentes de cuidados em longo prazo (OMS, 2015b).

Conforme a OMS (2015b, p. 13), o conceito de Envelhecimento Saudável é definido como “[...] o processo de desenvolvimento e manutenção da capacidade funcional que permite o bem-estar em idade avançada”. A capacidade funcional dos idosos é determinada pela interação entre dois fatores: intrínsecos e extrínsecos. Os fatores intrínsecos se referem ao composto de todas as capacidades físicas e mentais que um indivíduo pode apoiar-se em qualquer momento da vida (OMS, 2015b). Enquanto os fatores extrínsecos são atribuídos ao ambiente no qual os idosos estão inseridos (OMS, 2015b).

A diversidade da capacidade funcional e necessidades de saúde dos idosos são resultado dos eventos que ocorrem ao longo de todo o curso da vida e está vagamente relacionada com a idade cronológica das pessoas (OMS, 2015b). Essa

evidência reforça a importância do enfoque baseado no ciclo de vida para se entender o processo de envelhecimento (OMS, 2015b). Na visão da OMS (2015b, p. 2):

As mudanças que constituem e influenciam o envelhecimento são complexas. No nível biológico, o envelhecimento é associado ao acúmulo de uma grande variedade de danos moleculares e celulares. Com o tempo, esse dano leva a uma perda gradual nas reservas fisiológicas, um aumento do risco de contrair diversas doenças e um declínio geral na capacidade intrínseca do indivíduo. Em última instância, resulta no falecimento. Porém, essas mudanças não são lineares ou consistentes e são apenas vagamente associadas à idade de uma pessoa em anos.

Embora a maioria dos idosos apresente múltiplos problemas de saúde com o passar dos anos, a idade avançada não implica em dependência. As doenças crônicas podem ser prevenidas ou retardadas por meio de comportamentos saudáveis. Outros problemas de saúde podem ser controlados de maneira eficaz, principalmente, se houver um diagnóstico precoce. Além disso, os idosos com declínio na capacidade funcional podem viver com dignidade através de ambientes de apoio (OMS, 2015b).

Uma das consequências do processo de envelhecimento é a degeneração dos sistemas que ajudam a controlar o equilíbrio do corpo, sendo eles: vestibular, visual e proprioceptivo (BERTICELLI; MACEDO; SLEIFER, 2016). O sistema vestibular informa as rotações e os movimentos da cabeça nos três planos espaciais. O sistema visual é responsável pela assimilação rápida do movimento e pela sensação de profundidade. O sistema proprioceptivo indica a posição das partes do corpo no espaço (TAVARES; SANTOS; KNOBEL, 2008).

Esses sistemas trabalham em conjunto para orientar o equilíbrio do corpo que é definido como a habilidade de manter o centro de massa do corpo sobre a base de sustentação. O indivíduo desloca o peso do corpo em diferentes direções a partir do centro de massa para controlar a postura. Com isso, é possível se locomover de maneira coordenada, com segurança e velocidade, ajustando-se às perturbações externas (GAZZOLA *et al.*, 2004).

O processo degenerativo dos sistemas que controlam o equilíbrio é responsável pela ocorrência de vertigem, tontura e desequilíbrio nos idosos. A partir dos 65 anos, a tontura torna-se uma queixa predominante nos consultórios médicos e pode estar associada a outras disfunções (SANTOS, A. C. Dos *et al.*, 2017). Os pacientes relatam sintomas como desequilíbrios, mal-estar, tendência a quedas, instabilidade, sensação de flutuação ou sensação rotatória (ZANONI; GANANÇA, 2010). O desequilíbrio e a dificuldade de locomoção podem resultar na queda dos idosos (SANTOS, A. C. Dos *et al.*, 2017).

O desequilíbrio tem um forte impacto na vida de um idoso não só em termos psicológicos, mas também fisiológicos. O medo de cair leva o idoso a diminuir as suas atividades, trazendo prejuízos no entorno familiar, social e profissional (TAVARES; SANTOS; KNOBEL, 2008). Além disso, o idoso passa a adotar um estilo de vida mais sedentário, o que pode agravar o quadro e aumentar a incapacidade funcional (SANTOS, A. C. Dos *et al.*, 2017).

Para Lelard e Ahmaidi (2015), é difícil definir qual atividade é mais adequada para a prevenção de quedas. A população de idosos é muito heterogênea com patologias múltiplas e estratégias de compensação individuais. Para os idosos mais frágeis poderia ser proposto qualquer tipo de programa de treinamento (equilíbrio, ginástica, programas de treinamento de força ou programa educacional). Para os idosos saudáveis, há duas atividades que terão efeitos diferenciais no controle do equilíbrio – o treinamento intensivo e as atividades proprioceptivas. Segundo os mesmos autores, a participação relativamente baixa em programas de equilíbrio, por indivíduos com maior risco de queda, demonstra a necessidade de propor atividades diversas e atraentes.

Conforme Tavares, Santos e Knobel (2008), a reabilitação vestibular é um dos métodos que podem ser utilizados para recuperar o equilíbrio do corpo. Trata-se de um processo terapêutico que visa à compensação vestibular por meio de exercícios físicos específicos e repetitivos, os quais ativam os mecanismos de plasticidade neural do sistema nervoso central (SNC) (TAVARES; SANTOS; KNOBEL, 2008). Além da compensação, existem os mecanismos de adaptação, habituação e substituição (BERTICELLI; MACEDO; SLEIFER, 2016). A reabilitação vestibular

promove a aceleração desses mecanismos e, com isso, a diminuição dos sintomas vestibulares (TAVARES; SANTOS; KNOBEL, 2008).

Da mesma maneira, a realidade virtual tem se mostrado um ótimo meio no diagnóstico e no tratamento de pacientes com transtornos do equilíbrio (ZANONI; GANANÇA, 2010). O treinamento com a realidade virtual consiste em simular situações que causam tontura ou vertigem. Os óculos de realidade virtual projetam imagens que são acompanhadas com os olhos e a movimentação da cabeça. Durante a realização dos exercícios, os pacientes podem permanecer sentados ou em pé com o apoio de um cinto de segurança para evitar as quedas (GAZZOLA *et al.*, 2009).

As imagens geradas em um ambiente virtual criam uma inconsistência entre os sinais provindos dos sistemas visual, vestibular e proprioceptivo. Os estímulos visuais vêm da simulação, enquanto os estímulos vestibulares e proprioceptivos vêm do movimento do corpo no mundo físico (JERALD, 2016). A inconsistência entre esses estímulos faz com que o sistema nervoso central aprenda novas maneiras de manter a estabilidade do corpo (GAZZOLA *et al.*, 2009; LAMONTAGNE *et al.*, 2014).

Contudo, os equipamentos para o treinamento e avaliação com a realidade virtual são disponibilizados em clínicas ou centros de reabilitação, em que o paciente deve se deslocar periodicamente para fazer os exercícios. Existem dispositivos para a realidade virtual que podem ser utilizados pelos idosos em suas casas com o *smartphone*. O *Google Cardboard*® (Figura 2) é um dispositivo de baixo custo para realidade virtual móvel que pode ser utilizado com qualquer *smartphone* que possua sensores (acelerômetro, giroscópio e magnetômetro). Para utilizá-lo, o usuário deve instalar o aplicativo em realidade virtual no dispositivo móvel e inseri-lo no *Cardboard*® para visualizar e interagir com um ambiente virtual.

É válido ressaltar que o *smartphone* tem se tornado a plataforma preferida pelos idosos para acessar a internet (CNDL; SPC BRASIL, 2016). Segundo dados do IBGE (2018), o percentual de idosos de 60 anos ou mais que tinham celular para uso pessoal foi de 63,5%. Nesse sentido, a abordagem *m-Health* (abreviação em inglês de *mobile health*) torna-se um importante aliado para a prestação de cuidado

ao idoso. A OMS (2011) define o conceito de *m-Health* como a prática médica e de saúde pública apoiada por dispositivos móveis, como telefones celulares, dispositivos de monitoramento de pacientes, assistentes pessoais digitais (PDAs) e outros dispositivos sem fio.

Figura 2 – Google Cardboard®.



Fonte: Wikimedia Commons (2015).

Os dispositivos móveis são aparelhos similares a um computador que utilizam a tecnologia móvel, sendo exemplos o *smartphone* e a *tablet* (GRANDE, 2016). *Smartphones* são aparelhos celulares que apresentam os principais recursos encontrados em um computador, como acesso a e-mails, mensagens instantâneas, internet, GPS, entre outros. Esses dispositivos podem se conectar a web por meio de conexões 3G-4G ou Wi-Fi (CARNEIRO, 2013).

A CNDL e SPC Brasil (2016) realizaram um estudo sobre o uso da tecnologia pelos idosos. Aproximadamente 54% dos brasileiros com mais de 60 anos acessam a internet. Os principais motivos para o idoso acessar a internet são para manter contato com os familiares (62,9%), manter o contato com amigos (59,8%), ficar informado sobre economia, política, esportes, moda, entre outros (47,8%) e buscar informações sobre produtos e serviços (43,0%). As redes sociais e aplicativos mais

utilizados pelos idosos são o Facebook (77,3%), o Whatsapp (73,5%), o Youtube (39,8%) e o Skype (19,3%).

Entretanto, os aplicativos para *smartphones* ainda são pouco utilizados no dia a dia pelos idosos. Os aplicativos mais citados foram aqueles que auxiliam a fazer consultas, pagar contas e transações bancárias (11,8%), chamar táxi/*Uber* (8,4%), fazer viagens (6,3%) e compras on-line de roupas, sapatos etc. (4,6%) (CNDL; SPC BRASIL, 2016).

Outro dado importante da pesquisa é que o *smartphone* é o dispositivo preferido pelos idosos para acessar a internet. As plataformas mais utilizadas por eles são o *smartphone* (61,1%, aumentando para 72,6% entre as mulheres), o computador/desktop (53,6%, aumentando para 61,2% entre os homens), o notebook/laptop (37,7%, aumentando para 49,8% entre os homens, 42,0% entre as pessoas de 60 a 70 anos e 49,9% na Classe A/B) e o *tablet* (11,4%, aumentando para 16,2% na Classe A/B) (CNDL; SPC BRASIL, 2016).

Um exemplo de aplicativo voltado para o público sênior¹ que adota a abordagem *m-Health* são os programas de audição inteligentes. Eles utilizam o microfone e o processador do *smartphone* para melhorar a qualidade do som e regular os níveis de ruído ambiental. Dessa maneira, é possível utilizá-los como um aparelho auditivo de baixo custo. A maioria dos aplicativos é disponibilizada gratuitamente na loja virtual ou possuem um custo muito baixo se comparados com um aparelho auditivo convencional. Sendo assim, as aplicações tornam-se uma alternativa viável para os idosos que já estão familiarizados com os *smartphones* (MALVEY; SLOVENSKY, 2014).

Outro exemplo são os jogos digitais que vêm sendo utilizados como um recurso complementar para a reabilitação. De acordo com Gularte (2010), os jogos digitais (chamados pelo autor de eletrônicos) funcionam a partir de um conjunto de

¹ Convém ressaltar que, nessa pesquisa, os termos “seniores” e “idosos” são tratados como sinônimos.

instruções gravadas na memória de uma placa ou cartucho. As informações são processadas por um computador e controladas pelo jogador (GULARTE, 2010). Existem inúmeros acessórios que o jogador pode utilizar para controlar um jogo, como *joysticks*, volantes, pedais, mouse, teclado e botões (GULARTE, 2010). Santos (2010) cita alguns controles para o uso terapêutico, como o *Wii Remote*®, *Wii Balance Board*®, *PlayStation Eye Toy*®, além de outros que podem ser adaptados para que possam ser usados com a boca ou pés. Os jogos digitais para os óculos de realidade virtual também podem ser aplicados com fins terapêuticos, como é demonstrado no decorrer dessa pesquisa.

Para Santos (2010), os jogos devem possuir três características importantes: fácil compreensão, poucos elementos gráficos e mensagens positivas. Os jogos de fácil compreensão são aqueles em que o objetivo é apresentado de forma clara para o jogador e não é necessário fornecer explicações adicionais sobre como se deve jogar (SANTOS, F. V., 2010). O mesmo autor sugere que os jogos não devem ter muitos elementos gráficos e cores para não desviar a atenção do jogador do foco desejado. Deve-se ainda oferecer mensagens positivas para o jogador, pois, geralmente, as pessoas que procuram um serviço de saúde não se encontram em um estado de alta auto-estima (SANTOS, F. V., 2010). É preferível que os jogos motivem os jogadores a melhorarem o seu desempenho (SANTOS, F. V., 2010).

Para garantir que um artefato digital atenda às necessidades e preferências dos usuários, é preciso realizar avaliações ou inspeções que podem ser feitas pelos próprios usuários ou por especialistas. Destaca-se a avaliação por meio da lista de verificação (ou *checklist*), a qual permite inspecionar a qualidade de um software. Conforme Sobral (2019), as inspeções ergonômicas por *checklists* permitem identificar uma variedade de pequenos problemas de usabilidade que se repetem em uma interface. A qualidade de um software é avaliada por meio da verificação da conformidade da interface, com recomendações ergonômicas derivadas das pesquisas aplicadas (SOBRAL, 2019). Nesse sentido, um *checklist* bem planejado, a partir de uma rigorosa revisão sistemática de literatura, pode ajudar a orientar as etapas de desenvolvimento e a avaliação de um software ao indicar os principais

critérios que devem ser considerados em um artefato digital voltado para a reabilitação virtual do público sênior.

A partir da contextualização, foi possível perceber que é preciso propor atividades diversas e atraentes para o treinamento do equilíbrio do público sênior. Além disso, pôde-se observar um aumento do interesse por parte dos usuários seniores pelos dispositivos móveis, bem como um baixo número de recursos tecnológicos que atendam às necessidades e preferências dos idosos. Ainda, verificou-se, com base na revisão sistemática de literatura, que existe a necessidade de propor um artefato para auxiliar na reabilitação virtual dos idosos, assim como uma ferramenta (como um *checklist*) para orientar a construção e a avaliação do artefato. Assim, foi possível identificar as lacunas que direcionaram para a delimitação do tema da pesquisa.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

A delimitação do tema dessa pesquisa versa acerca do desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual para o treinamento do equilíbrio do público sênior.

Outro fator que delimitou a pesquisa foi a pandemia de Covid-19. O presente estudo sofreu algumas alterações, incluindo a avaliação do artefato, que não pôde ser realizada em virtude da pandemia. A pesquisa já havia sido submetida e aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) em junho de 2019. No entanto, a etapa de coleta de dados referente à avaliação do artefato teve que ser modificada para se adequar ao contexto atual do Brasil e da cidade de Porto Alegre – RS.

Conforme Brasil (2021): “A Covid-19 é uma infecção respiratória aguda causada pelo coronavírus SARS-CoV-2, potencialmente grave, de elevada transmissibilidade e de distribuição global”. Segundo Brasil (2020), é preciso que os cuidados ao idoso durante a pandemia de Covid-19 sejam redobrados, pois as pessoas com 60 anos ou mais apresentam maior risco de complicações e letalidade pelo coronavírus. Algumas recomendações são: medidas de higiene, controle do fluxo de pessoas nos estabelecimentos, proibição de aglomerações e a orientação de isolamento para os idosos que apresentarem sintomas (BRASIL, M. da S.,

2020b). Estados e municípios foram orientados a suspender as atividades coletivas nos Centros de Referência em Saúde da Pessoa Idosa e nos Centros de Convivência do Idoso no Sistema Único de Saúde (BRASIL, M. da S., 2020b).

As atividades no ensino superior foram suspensas desde março de 2020 até o momento da defesa dessa tese. As aulas presenciais no projeto de extensão, onde a avaliação do artefato seria realizada, também foram canceladas. Atualmente, os cursos para os idosos são oferecidos apenas na modalidade de ensino a distância (EaD). Seria necessário realizar uma atividade presencial para que os usuários seniores pudessem testar o artefato proposto. Sendo assim, por motivos de segurança e para evitar o risco de contágio pela Covid-19, optou-se por suspender a avaliação do artefato que seria realizada com um grupo de indivíduos idosos no primeiro semestre de 2020.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

Como os jogos digitais em realidade virtual utilizados na reabilitação virtual de idosos podem ser desenvolvidos e avaliados, visando atender aos critérios de terapia, motivação, interação e segurança?

1.4 HIPÓTESE

Os jogos digitais em realidade virtual utilizados na reabilitação virtual de idosos podem ser desenvolvidos e avaliados por meio de uma ferramenta, obtida a partir da sistematização de diretrizes, recomendações e princípios de design para a reabilitação virtual, considerando os critérios de terapia, motivação, interação e segurança.

1.5 OBJETIVOS

O objetivo geral e objetivos específicos que se pretendem alcançar com a pesquisa são apresentados na sequência.

1.5.1 Objetivo Geral

Desenvolver um jogo digital em realidade virtual que possa auxiliar na reabilitação virtual dos idosos.

1.5.2 Objetivos específicos

- Compreender quais são as potencialidades e limitações quanto ao uso da realidade virtual como ferramenta para a reabilitação virtual de idosos;
- Levantar e sistematizar um conjunto de recomendações, diretrizes e princípios de design para a reabilitação virtual dos idosos;
- Identificar os artefatos já desenvolvidos para promover a melhora do equilíbrio dos idosos por meio de aplicativos ou jogos digitais em realidade virtual;
- Propor um *checklist*, baseado na sistematização de diretrizes, com a finalidade de auxiliar no desenvolvimento e avaliação de jogos digitais em realidade virtual para a reabilitação virtual de idosos.

1.6 JUSTIFICATIVA

Nessa tese, pretende-se enfatizar o uso das tecnologias com o propósito de compensar e minimizar os efeitos do envelhecimento, visando contribuir para segurança, independência e qualidade de vida dos idosos. Nesse sentido, os critérios para a elaboração da justificativa foram: relevância científica, tecnológica e social.

Em relação ao aspecto científico, o tema da pesquisa ainda é pouco explorado em publicações científicas, especialmente, no campo do Design. Espera-se com essa tese ampliar as discussões e reflexões sobre os aspectos mais importantes que devem ser contemplados no desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual voltado para o público sênior. O conhecimento científico gerado com a tese poderá beneficiar os pesquisadores e designers interessados nessa temática.

No que diz respeito ao aspecto tecnológico, as tecnologias podem oferecer ajuda importante para um envelhecimento com qualidade (DOLL; MACHADO; CACHIONI, 2016). Os idosos fazem uso da tecnologia em várias situações (trabalho, vida privada, relação com esfera pública, relação com serviços etc.) e com diferentes finalidades (manter-se no mercado de trabalho, lazer, autonomia e independência, segurança, cuidado, estimulação, participação social etc.) (DOLL; MACHADO; CACHIONI, 2016).

De acordo com Doll, Machado e Cachioni (2016), as principais barreiras que impedem os idosos de utilizarem os recursos tecnológicos são a aceitação e a adaptação. Estudos (WAHL *et al.*, 2020 *apud* DOLL; MACHADO; CACHIONI, 2016)

demonstram que os idosos não têm uma visão negativa em relação à tecnologia, mas o que se verifica são diferenças na percepção de usabilidade, praticidade, vantagem e aprendizado (DOLL; MACHADO; CACHIONI, 2016).

A aceitação e a adaptação às novas tecnologias estão relacionadas ao investimento por parte do usuário, tanto financeiro quanto de tempo e esforço para aprender a utilizar a ferramenta. Os idosos dificilmente vão aderir a uma tecnologia se o investimento é muito alto. A facilidade de uso, praticidade e vantagem podem diminuir a barreira tecnológica (DOLL; MACHADO; CACHIONI, 2016).

Diante dos dados apresentados na contextualização, pôde-se perceber um aumento de interesse por parte dos idosos pelos *smartphones*. Eles vêem muitas vantagens quanto ao seu uso no que se refere à comunicação com amigos e familiares (CNDL; SPC BRASIL, 2016), especialmente no contexto atual com a pandemia de Covid-19. Porém, torna-se necessário realizar uma pesquisa mais aprofundada em relação a aspectos como usabilidade para aumentar a adesão e o engajamento dos seniores. Desse modo, será possível desenvolver produtos que atendam às necessidades e preferências desse grupo de usuários.

Quanto ao aspecto social, essa pesquisa pode propiciar o bem-estar e a qualidade de vida dos idosos em longo prazo. Os sintomas de tontura e desequilíbrio tendem a trazer muitos prejuízos sociais para a vida de um idoso (TAVARES; SANTOS; KNOBEL, 2008). Eles passam a se movimentar menos devido ao medo de cair e deixam de exercer as suas atividades. Com o treinamento do equilíbrio e a melhora desses sintomas, os idosos retomam as suas atividades diárias, o que favorece a sua autonomia e independência e, possivelmente, contribui para o bem-estar e qualidade de vida em longo prazo.

A qualidade de vida está relacionada à habilidade de manter autonomia e independência à medida que se envelhece (OMS, 2005). Para a OMS (1994 apud OMS, 2005, p. 14), qualidade de vida é:

[...] a percepção que o indivíduo tem de sua posição na vida dentro do contexto de sua cultura e do sistema de valores de onde vive, e em relação a seus objetivos, expectativas, padrões e preocupações. É um conceito muito amplo que incorpora de uma maneira complexa

a saúde física de uma pessoa, seu estado psicológico, seu nível de dependência, suas relações sociais, suas crenças e sua relação com características proeminentes no ambiente.

Segundo Neri e Fontes (2016), o bem-estar é uma medida subjetiva que inclui domínios de satisfação com a vida, bem como afetos positivos e negativos. Refere-se à maneira como os idosos encaram as adversidades, podendo ser de origem biológica (como dor crônica, incapacidade, processos inflamatórios e riscos cardiovasculares) ou socioeconômico (como restrições aos recursos econômicos e à educação). Embora existam diferenças individuais em bem-estar subjetivo, os idosos tendem a apresentar maior satisfação com a vida do que os jovens, devido à capacidade de se ajustar aos recursos disponíveis e também à habilidade de resistir às frustrações (NERI; FONTES, 2016).

Finalmente, percebe-se que a presente pesquisa pode ser justificada no contexto científico, tecnológico e social. No científico, ainda existem poucas publicações científicas que abordem o tema da pesquisa. No tecnológico, a pesquisa pode propiciar a inclusão digital dos usuários mais velhos. No social, o artefato proposto visa auxiliar na reabilitação virtual de idosos e, possivelmente, contribuir para o bem-estar e qualidade de vida em longo prazo.

1.7 ESTRUTURA DA TESE

A pesquisa é apresentada em dez capítulos: Introdução (Capítulo 1), Fundamentação Teórica (Capítulo 2), Metodologia (Capítulo 3), Resultados (do Capítulo 4 ao 9) e Considerações Finais (Capítulo 10). A *Introdução* abrange os seguintes tópicos: contextualização, delimitação do tema, problema de pesquisa, hipótese, objetivo geral e objetivos específicos, justificativa e estrutura da tese. A Figura 3 apresenta a estrutura do projeto de pesquisa.

A *Fundamentação Teórica* é apresentada no segundo capítulo e compreende os assuntos: envelhecimento humano, gerontecnologia, equilíbrio, sistema vestibular, reabilitação vestibular, reabilitação virtual, realidade virtual e listas de verificação ou *checklist*.

Figura 3 – Estrutura da tese.



Fonte: Autoria própria (2021).

A *Metodologia* é abordada no terceiro capítulo. O método de pesquisa foi fundamentado na *design science research*, o qual possibilita tanto a construção como a avaliação de um artefato para a solução de um problema de pesquisa.

Os *Resultados* são apresentados da seguinte maneira: Revisão Sistemática de Literatura (Capítulo 4), proposição do *checklist* (Capítulo 5), projeto do artefato (Capítulo 6), desenvolvimento do artefato (Capítulo 7), avaliação do artefato (Capítulo 8) e explicitação das aprendizagens (Capítulo 9).

As *Considerações Finais* são expostas no último capítulo da pesquisa, no qual também são propostas as sugestões para trabalhos futuros.

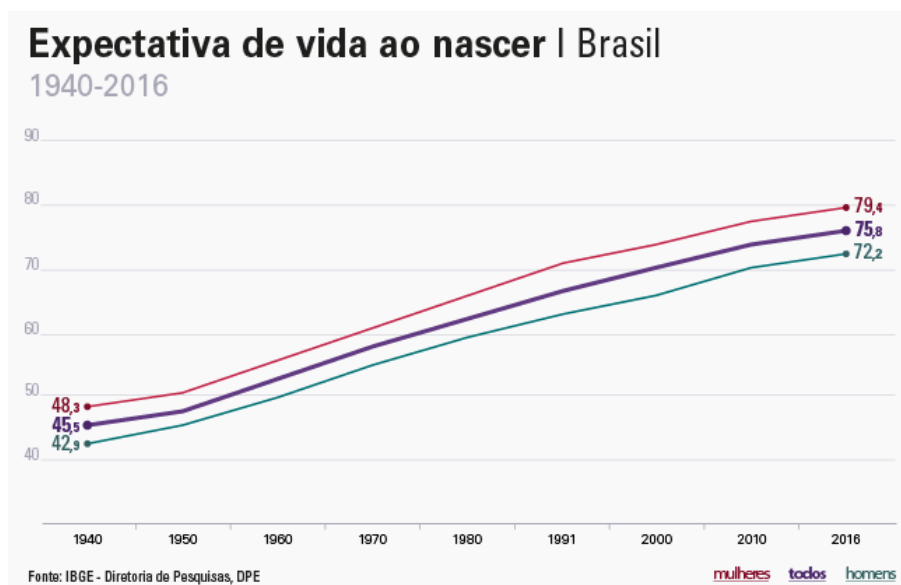
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

As questões abordadas na fundamentação teórica referem-se aos seguintes tópicos: envelhecimento humano, gerontecnologia, equilíbrio, sistema vestibular, reabilitação vestibular, reabilitação virtual, realidade virtual e listas de verificação ou *checklist*.

2.1 ENVELHECIMENTO HUMANO

O aumento da expectativa de vida é um fenômeno que pode ser observado tanto no Brasil como em outros países. A expectativa de vida dos brasileiros aumenta a cada ano. De 1940 a 2016, houve um aumento de mais de 30 anos, como se pode visualizar na Figura 4. Isso foi possível graças à incorporação dos avanços da medicina nas políticas de saúde pública, às melhorias nas condições sócio-sanitárias e à diminuição das taxas de fecundidade (IBGE, 2017).

Figura 4 – Aumento da expectativa de vida dos brasileiros.



Fonte: IBGE (2017).

Segundo dados do IBGE (2017), a expectativa de vida ao nascer é maior entre as mulheres. Esse número equivale a 72,2 anos para os homens e 79,4 anos para as mulheres. Tal comportamento pode ser verificado em todas as regiões do Brasil. Em alguns estados, como no Rio Grande do Sul, a expectativa de vida da população feminina já ultrapassa os 80 anos. Esse número é maior entre as

mulheres, pois os homens perdem a vida por causas violentas, o que afeta diretamente na expectativa de vida da população masculina (IBGE, 2017). Outros fatores como a falta de cuidados em saúde também podem afetar esse número.

A fim de garantir os direitos sociais à pessoa idosa, foi criada a Política Nacional do Idoso, promulgada em 1994 e regulamentada em 1996 (BRASIL, M. da S., 2014). Também foi desenvolvido o Estatuto do Idoso, que foi sancionado em 2003 com o objetivo de regular os direitos assegurados às pessoas com idade igual ou superior a 60 (sessenta) anos (BRASIL, 2003).

A idade passou a ser utilizada na classificação de um indivíduo como idoso. Essa demarcação é importante, pois permite estimar as demandas por serviços de saúde, por benefícios previdenciários, assim como uma maneira de distinguir a situação dos indivíduos no mercado de trabalho (CAMARANO; KANSO, 2011).

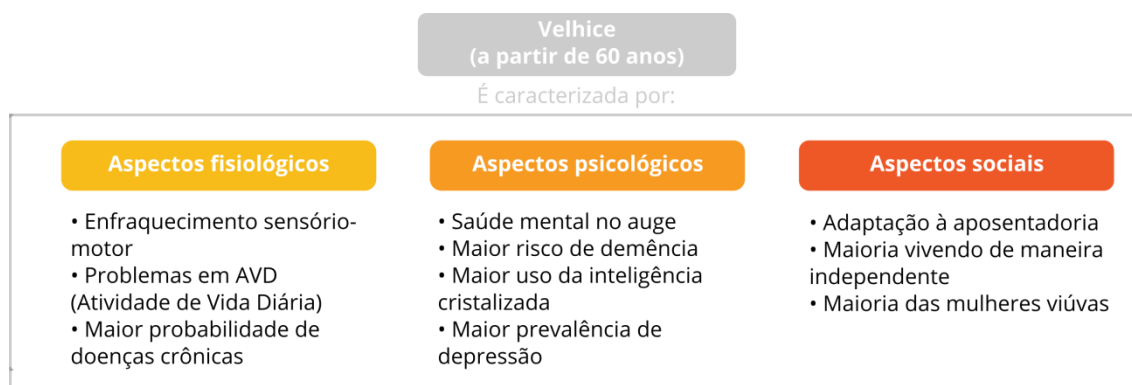
Entretanto, pode-se perceber uma grande heterogeneidade no processo de envelhecimento. Cerca de 70% dos idosos conseguem viver sozinhos, enquanto 30% deles necessitam de cuidados especiais. De um lado, observam-se aqueles que são capazes de viver de forma independente e autônoma. Em contrapartida, há pessoas mais frágeis que apresentam maior vulnerabilidade e necessitam de acesso e cuidado qualificado (BRASIL, M. da S., 2014).

De acordo com a OMS (2015a), os principais fatores que determinam como as pessoas envelhecem são as características individuais e o ambiente no qual eles estão inseridos. Entre os fatores individuais estão: comportamentos, mudanças relacionadas com a idade, genética e doenças (OMS, 2015a). Entre os fatores ambientais pode-se citar: moradia, tecnologias assistivas, transporte e ambientes sociais (OMS, 2015a).

2.1.1 Aspectos fisiológicos, psicológicos e sociais do envelhecimento

O envelhecimento é acompanhado por um conjunto de características que podem afetar tanto os aspectos fisiológicos, como também psicológicos e sociais, conforme se pode observar na Figura 5.

Figura 5 – Características do envelhecimento humano.



Fonte: Adaptado de Machado (2013, p. 36).

O envelhecimento fisiológico produz modificações nas células dos órgãos vitais. Essas modificações acontecem em um ponto indeterminado na vida de um indivíduo adulto e não envolvem todas as funções no mesmo grau nem ao mesmo tempo. Embora o padrão de envelhecimento seja diferente para cada pessoa, ele é universal, declinante e intrínseco (PEREIRA, 2011).

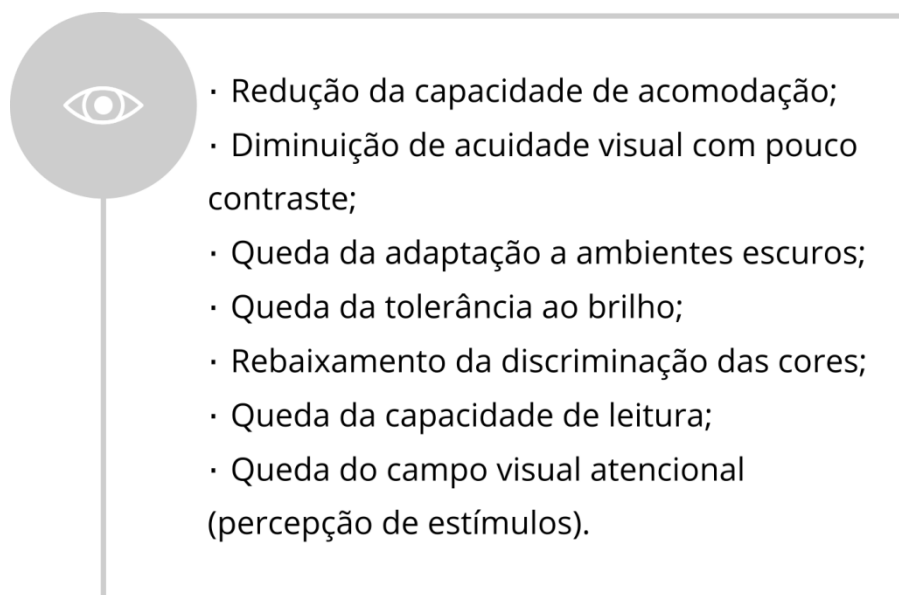
De acordo com Motta (2013), ocorrem alterações nos cinco sentidos dos idosos. Quanto à audição, é diminuída a capacidade de ouvir sons com uma frequência mais alta. Em relação ao paladar, podem ser percebidas alterações, no entanto não há uma diminuição no número de papilas gustativas. Referente ao olfato, pode haver uma perda na diferenciação dos odores e redução do clearance mucociliar². No que se refere à visão, as alterações podem provocar um quadro de declínio como está ilustrado na Figura 6.

Igualmente ocorrem alterações na composição orgânica com a diminuição da massa muscular magra e o aumento da gordura (MOTTA, 2013). A força muscular vai diminuindo com o passar dos anos, sendo que esta é 40% menor aos 80 anos em comparação com a segunda década de vida (PEREIRA, 2011). Em

² É um dos mecanismos de depuração para proteção das vias aéreas com relação à entrada de partículas procedentes do meio externo (II DIRETRIZES BRASILEIRAS NO MANEJO DA TOSSE CRÔNICA, 2006).

compensação, há um aumento da gordura do corpo especialmente em torno da cintura pélvica (PEREIRA, 2011).

Figura 6 – Alterações na visão dos idosos.



Fonte: Adaptado de Motta (2013, p. 6).

A marcha, especialmente das mulheres, é alterada com o avanço da idade, já que se verifica certa hesitação no andar, menor balanço dos braços, passos menores e maior dificuldade para mudar de direção. A postura caracteriza-se pela base alargada, retificação da coluna cervical, certo grau de cifose torácica (popularmente chamado de corcunda), flexão do quadril e dos joelhos. Esse conjunto de fatores influencia na estabilidade do corpo (PEREIRA, 2011).

As modificações impostas pelo envelhecimento podem aumentar a propensão dos idosos a desenvolverem doenças. Contudo, isso não quer dizer que velhice seja sinônimo de doença (MACHADO, 2013). Existem alternativas para driblar essas alterações, como a prática de atividade física (PEREIRA, 2011), prevenção de doenças crônicas e cuidados com a alimentação.

Já o envelhecimento psicológico está relacionado às questões como percepção, aprendizagem e memória. Durante a velhice, os idosos podem começar a ter lapsos de memória, dificuldade de aprendizagem, bem como falhas de atenção, orientação e concentração. Essas perdas, no entanto, podem ser compensadas pela

sabedoria, conhecimento e experiência adquiridos ao longo da vida (SCHNEIDER; IRIGARAY, 2008).

Segundo a OMS (2005), o declínio cognitivo, na maioria das vezes, não está relacionado ao processo de envelhecimento em si, mas sim ao desuso (falta de prática), doenças (como a depressão), fatores comportamentais (como o consumo de álcool e medicamentos), fatores psicológicos (por exemplo, falta de motivação, confiança e baixas expectativas) e fatores sociais (como a solidão e o isolamento).

Um dos fatores psicológicos que contribui para um envelhecimento bem-sucedido é a auto-eficácia (OMS, 2005). Ou seja, é “a crença na capacidade de exercer controle sobre sua própria vida” (OMS, 2005, p. 27). A auto-eficácia relaciona-se às escolhas pessoais durante o processo de envelhecimento e à preparação para a aposentadoria. As pessoas que se preparam para a velhice conseguem se adaptar melhor às mudanças (como a aposentadoria) e às crises do processo de envelhecimento (como a privação e o surgimento de doenças) (OMS, 2005).

O envelhecimento social pode ser compreendido como um processo de mudanças sociais e envolve características como tipo de vestimenta, hábitos e linguagem. Também está relacionado com o respeito social por parte das outras pessoas em posição de liderança (SCHNEIDER; IRIGARAY, 2008).

A pessoa é considerada idosa no momento em que deixa o mercado de trabalho para se aposentar. Com isso, há um rompimento abrupto das relações sociais com outras pessoas com as quais os idosos conviveram durante a maior parte da vida. Além desse fator, ocorre uma redução salarial considerável e a falta de atividades alternativas fora do ambiente de trabalho (SCHNEIDER; IRIGARAY, 2008).

As pessoas encaram a velhice de maneira bastante heterogênea e complexa. Algumas pessoas associam essa etapa da vida a um momento de desengajamento da vida social. Enquanto outros consideram que a aposentadoria é o início de uma vida social ativa, dedicada às atividades prazerosas e ao lazer (SCHNEIDER; IRIGARAY, 2008).

De acordo com a OMS (2005), é fundamental garantir que os idosos tenham acesso a um ambiente social que favoreça a saúde, a participação e a segurança. Nesse sentido, deve-se oferecer apoio social, proteção contra violência e maus tratos, assim como oportunidades de educação para os idosos (OMS, 2005).

A solidão e o isolamento social na velhice são importantes preditivos para o declínio da saúde física e mental (OMS, 2005). A OMS (2005) incentiva que seja formada uma rede social de contatos para pôr à disposição dos idosos serviços de apoio social a partir de sociedades de apoio tradicionais e grupos comunitários liderados pelos idosos, trabalho voluntário, ajuda da vizinhança, monitoramento e visitas em parceria, cuidadores familiares, programas que promovam a interação entre as gerações e serviços comunitários.

A violência e maus tratos contra idosos podem envolver vários tipos de abusos: negligência (exclusão social e abandono), violação (dos direitos humanos, legais e médicos) e privação (de escolhas, decisões, status, dinheiro e respeito). O combate a esses abusos demanda uma abordagem multisetorial e multidisciplinar que inclui a participação de diversos profissionais. Também é necessário esclarecer e conscientizar a população sobre o preconceito e discriminação contra idosos (OMS, 2005).

A OMS (2005) sugere que o acesso à educação na juventude, combinada com oportunidades de aprendizado permanente, pode auxiliar as pessoas a desenvolverem habilidades e a confiança necessária para se adaptar e permanecer independentes à medida que envelhecem. O analfabetismo e a baixa escolaridade são, geralmente, as principais causas do desemprego entre os trabalhadores mais velhos.

Nesse estudo, buscaram-se apresentar alguns dados que demonstram um aumento do número de idosos e da expectativa de vida, principalmente, no contexto brasileiro. Ainda foram descritos alguns conceitos sobre o envelhecimento humano com ênfase nos aspectos fisiológicos, psicológicos e sociais. Ao longo dos anos, surgiram novas áreas de estudo, como a gerontecnologia (abordada no tópico

seguinte), a fim de permitir que as pessoas possam viver com qualidade de vida e bem-estar à medida que envelhecem.

2.2 GERONTECNOLOGIA

A gerontecologia estuda dois fenômenos recentes: o envelhecimento da população e o desenvolvimento da tecnologia (BOUMA *et al.*, 2007). Nas últimas décadas, observou-se uma mudança demográfica significativa, caracterizada pelo aumento da expectativa de vida e da longevidade, em consequência da queda da mortalidade. Esses fatos estão, possivelmente, relacionados aos avanços da medicina, no aprimoramento e aplicação de recursos tecnológicos, na administração de medicamentos e novos fármacos, bem como no atendimento clínico, etc. (RIBEIRO; ROSÁRIO, 2016).

Em 1979, a *American Human Factors and Ergonomics Society* criou uma equipe interdisciplinar de interesse para o envelhecimento. Em 1980, um grupo de designers e arquitetos desenvolveu o conceito de design universal. Em 1990, profissionais de várias disciplinas adotaram o termo gerontecologia (em inglês, *gerontechnology*) (BRONSWIJK *et al.*, 2009). No Brasil, o primeiro congresso a tratar do tema foi o I Congresso Brasileiro de Gerontecologia³, em 2016, na Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto.

Os objetivos da gerontecologia são (BRONSWIJK *et al.*, 2009):

- i. O enriquecimento e satisfação referem-se à tecnologia para alcançar a melhor qualidade de vida nos três níveis seguintes (ii, iii e iv);
- ii. A prevenção e o engajamento estão relacionados com as tecnologias para retardar as alterações fisiológicas e comportamentais que restringem o funcionamento humano, tais como acidentes, estilo de vida e fatores ambientais;
- iii. Compensação e substituição atribuem-se às tecnologias que compensam a perda de força, deficiências motoras e cognitivas;
- iv. Suporte ao cuidado e gestão de cuidados engloba as tecnologias utilizadas por cuidadores profissionais ou voluntários para auxiliar as pessoas com deficiências, como dispositivos de auxílio à mobilidade, dispositivos que administram o uso de medicamentos ou equipamentos de monitoramento remoto.

³ Disponível em: <<https://goo.gl/C7wjhD>>. Acesso em: 28 mar. 2019.

Os idosos podem, eventualmente, sofrer um declínio funcional, seja nos aspectos físico, sensorial, cognitivo ou psíquico. Alguns idosos têm perda esporádica de memória, podendo ou não estar relacionado a uma doença. Os idosos também podem apresentar uma condição de mobilidade reduzida em função de doenças ósteoarticulares. Além de manifestar uma diminuição na acuidade visual e/ou auditiva, que podem ser de ordem circunstancial, progressiva e/ou intermitentes. No entanto, essas condições podem ser minimizadas com o uso de recursos que podem facilitar o desempenho das atividades diárias, produtivas e de lazer (RIBEIRO; ROSÁRIO, 2016; TIRADO; BARRETO; ASSIS, 2011).

Os recursos facilitadores incluem desde o projeto de ambientes até produtos específicos, como utensílios eletrodomésticos, acessórios para a automação de residências e tecnologias de informação e comunicação (TICs) (RIBEIRO; ROSÁRIO, 2016). Existe uma gama de novos produtos de automação para uma casa que as pessoas com autonomia reduzida podem comandar com o uso de um controle remoto. Esses serviços contribuem para a melhora da qualidade de vida, conforto, bem-estar e segurança de pessoas dependentes ou com algum tipo de deficiência (CGEE, 2012).

Os idosos podem apresentar limitações no que se refere ao desempenho das atividades diárias, produtivas e de lazer. Nesse contexto, os avanços científicos e tecnológicos propiciam que as pessoas com autonomia reduzida possam viver com maior autonomia e independência por meio de produtos e serviços que visam minimizar os efeitos do envelhecimento. Na sequência, é apresentada a revisão de literatura sobre o equilíbrio e o sistema vestibular.

2.3 EQUILÍBRIO

O equilíbrio do corpo é controlado por um conjunto de informações providas dos sistemas vestibular, visual e proprioceptivo. O vestibulo detecta os movimentos da cabeça nos três planos espaciais. A visão é responsável pela assimilação rápida do movimento do corpo e pela sensação de profundidade. A propriocepção informa a posição do corpo no espaço. As informações são enviadas para o SNC, onde são analisadas, comparadas e integradas (TAVARES; SANTOS; KNOBEL, 2008). Uma

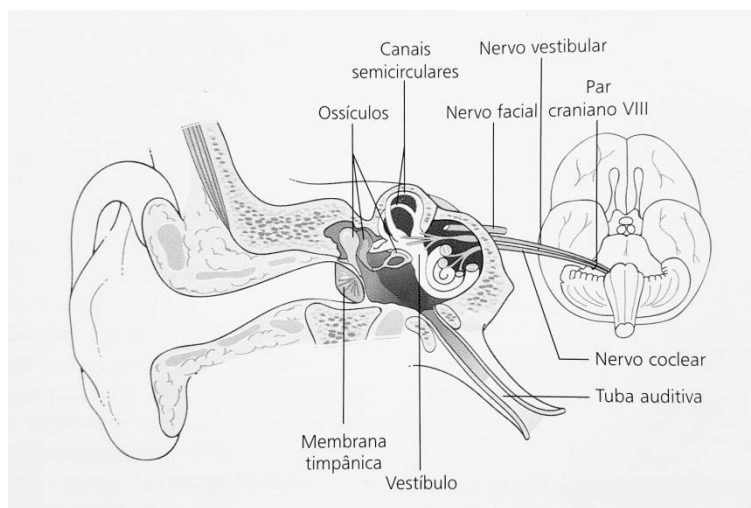
inconsistência entre esses sinais compromete a estabilidade do corpo e a orientação espacial (ZANONI; GANANÇA, 2010). O sistema vestibular é abordado com mais detalhes nas subseções a seguir.

2.3.1 Sistema vestibular

Os aviões e submarinos conseguem navegar no espaço com o uso de sistemas de orientação inercial mecânico e elétrico. Esse mesmo princípio é utilizado nos celulares para orientar a posição e rotação do dispositivo. Os seres vertebrados também utilizam a orientação inercial para determinar os movimentos da cabeça nos três planos espaciais. Esse processo é realizado pelo sistema vestibular que evoluiu para responder duas questões básicas da vida humana “que lado está para cima?” e “para onde eu estou indo?” (KANDEL *et al.*, 2014). Para compreender o funcionamento do sistema vestibular, é preciso conhecer a anatomia da orelha.

A orelha pode ser dividida em três partes: a orelha externa, a orelha média e a orelha interna. A orelha externa é formada pelo pavilhão auricular, meato acústico e membrana timpânica. A orelha média compreende uma cadeia ossicular (composta pelo martelo, bigorna e estribo), também pela caixa timpânica e pela tuba auditiva. A orelha interna é formada pelo órgão coclear (relativo à audição) e o vestibular (relativo ao equilíbrio) (SAUVAGE; GRENIER, 2017). A Figura 7 ilustra os componentes que formam a orelha.

Figura 7 – Anatomia da orelha.

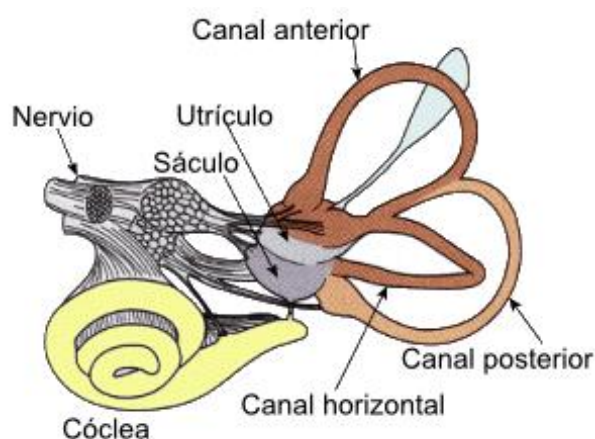


Fonte: Sauvage e Grenier (2017, p. 5).

Os sinais vestibulares se originam no labirinto da orelha interna. O labirinto é composto por uma estrutura óssea e outra membranosa. O labirinto ósseo é uma estrutura oca localizada dentro do osso temporal. O labirinto membranoso está situado no interior dessa estrutura e contém sensores tanto para o sistema vestibular quanto para o sistema auditivo (KANDEL *et al.*, 2014).

No labirinto posterior, encontra-se o sistema vestibular. As estruturas vestibulares “[...] são capazes de transcrever, em um sinal biológico, todas as forças induzidas pelos movimentos da cabeça e forças gravitacionais” (SAUVAGE; GRENIER, 2017, p. 1). O sistema vestibular (Figura 8) é formado pelo vestíbulo, uma cavidade óssea localizada no centro do labirinto, ao qual estão ligados três canais semicirculares. O vestíbulo contém ainda dois órgãos otolíticos: o utrículo e o sáculo. Essa estrutura é preenchida com a endolinfa e a perilinfa. A endolinfa, em especial, tem um papel importante no funcionamento dos canais semicirculares (SAUVAGE; GRENIER, 2017).

Figura 8 – Sistema vestibular.



Fonte: Wikimedia Commons (2010b).

Os canais semicirculares codificam as acelerações angulares, referentes à rotação da cabeça. O sistema vestibular contém três canais semicirculares que estão orientados em diferentes direções. Eles são preenchidos com uma substância líquida chamada endolinfa, a qual se desloca em um sentido ou outro de acordo com os movimentos da cabeça. A endolinfa produz uma força nas células ciliadas que

enviam um sinal nervoso para o SNC, indicando que a cabeça foi rotacionada em determinada direção (SAUVAGE; GRENIER, 2017).

Em contrapartida, os órgãos otolíticos codificam as acelerações lineares que se referem às translações da cabeça. Os órgãos otolíticos são formados pelo utrículo e sáculo. Esses órgãos possuem uma membrana recoberta por cristais de carbonato de cálcio, denominados otocônias (KANDEL *et al.*, 2014; SAUVAGE; GRENIER, 2017). Para explicar o seu funcionamento, Sauvage e Grenier (2017) utilizaram o exemplo de um carro em movimento. O motorista acelera o carro quando o sinal verde abre. Os cristais são deslocados para trás e ativam uma célula ciliada que envia um sinal nervoso para o SNC. O carro se move a uma velocidade constante de 50 km/h e as células sensoriais retornam a posição de repouso. O motorista freia o carro quando o sinal fica vermelho. Os cristais são deslocados para frente que resulta em uma força sobre a célula ciliada.

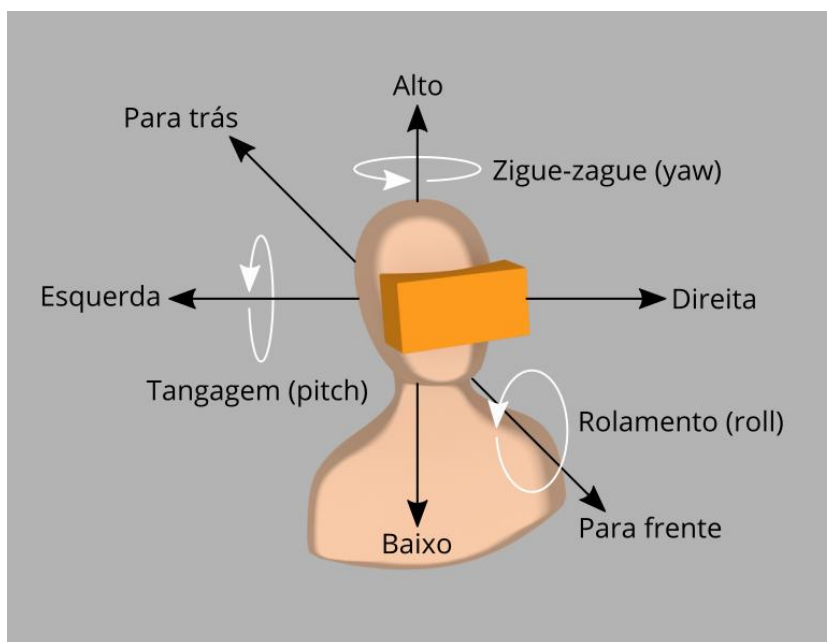
2.3.1.1 Forças de aceleração sobre a cabeça

A cabeça está sujeita a dois tipos de forças de aceleração: angular e linear, como se pode visualizar na Figura 9. Os canais semicirculares codificam as acelerações angulares, ou seja, detectam as rotações da cabeça nos três planos espaciais. Já os órgãos otolíticos são responsáveis pela codificação das acelerações lineares, identificando as translações da cabeça nos três planos espaciais (SAUVAGE; GRENIER, 2017).

As acelerações angulares definem as rotações em torno de três eixos: 1º) no plano horizontal, em torno de um eixo vertical que passa pelo centro da cabeça (zigue-zague ou guinada – “*yaw*” em termos náuticos); 2º) no plano sagital, em torno de um eixo interauricular (tangagem ou arfagem – “*pitch*”); 3º) no plano frontal, em torno de um eixo horizontal mediano anteroposterior (rolamento – “*roll*”) (SAUVAGE; GRENIER, 2017).

As acelerações lineares determinam as acelerações e desacelerações ao longo dos três eixos: 1º) para o alto (ascensão) e para baixo (descenso); 2º) para frente e para trás; 3º) para a direita e para a esquerda (SAUVAGE; GRENIER, 2017).

Figura 9 – Forças de aceleração atuando sobre a cabeça.



Fonte: Adaptado de Sauvage e Grenier (2017, p. 7).

2.4 REABILITAÇÃO VESTIBULAR

A reabilitação vestibular funciona a partir de um mecanismo chamado de neuroplasticidade. Esse processo pode acontecer através da compensação, habituação, adaptação ou substituição. Trata-se de um processo natural e adaptativo do SNC que busca se reajustar após uma alteração no sistema vestibular. No entanto, é necessário que haja uma intervenção por meio de exercícios de reabilitação vestibular quando a recuperação espontânea do sistema vestibular é incompleta. A reabilitação vestibular acelera esses mecanismos, fazendo com que ocorra a diminuição dos sintomas vestibulares (TAVARES; SANTOS; KNOBEL, 2008).

Segundo Herdman (2002), os objetivos da intervenção fisioterapêutica são: 1. Melhorar o equilíbrio funcional do paciente, especialmente durante a deambulação; 2. Melhorar a capacidade de o paciente enxergar claramente durante o movimento cefálico; 3. Melhorar a condição física geral do paciente e o nível de atividade; 4. Reduzir o isolamento social do paciente; 5. Reduzir o desequilíbrio e a oscilopsia (embaçamento da visão durante o movimento cefálico).

Os exercícios de reabilitação vestibular envolvem os movimentos da cabeça, dos olhos e do corpo (SAUVAGE; GRENIER, 2017). A intenção é provocar um conflito sensorial nos órgãos do ouvido interno, visão e propriocepção. Assim, a repetição prolongada dos exercícios propicia a adaptação e a compensação da disfunção vestibular (GAZZOLA *et al.*, 2009). Embora o desconforto seja indispensável na reabilitação, ele deve ser balanceado de acordo com a tolerância de cada pessoa (SAUVAGE; GRENIER, 2017).

Sauvage e Grenier (2017) propuseram o exercício das 4 Gavetas. Esses exercícios são apresentados em quatro gavetas, como em uma cômoda. À medida que os pacientes evoluem, os exercícios recomendados em cada gaveta se tornam mais difíceis. A primeira gaveta se refere aos exercícios para a coordenação olho-cabeça. A segunda gaveta, aos exercícios de manutenção da postura e do equilíbrio. A terceira gaveta, aos exercícios rotatórios. E a quarta gaveta, aos exercícios de sensibilização.

O programa de reabilitação vestibular proposto por Cawthorne e Cooksey foi desenvolvido na década de 40. Eles desenvolveram uma série de exercícios que envolviam as queixas de vertigem e comprometimento do equilíbrio. Os exercícios incluem movimentos cefálicos, tarefas que exigem a coordenação óculo-cefálica, movimentos corporais globais e tarefas de equilíbrio (HERDMAN, 2002).

De acordo com Herdman (2002), os exercícios devem ser executados em várias posições diferentes e velocidades de movimento. Além disso, recomenda-se que o protocolo seja feito com os olhos abertos e depois fechados. A execução dos exercícios com os olhos fechados reduz a dependência do paciente das informações visuais e possivelmente força uma compensação mais eficaz. Também é encorajado que os pacientes se exercitem em sessões diárias em grupo. O treinamento em grupo pode ser uma alternativa mais econômica e divertida para os pacientes (HERDMAN, 2002).

2.4.1 Reabilitação vestibular de idosos

O envelhecimento provoca a degeneração estrutural nos três sistemas que controlam o equilíbrio do corpo – os sistemas visual, proprioceptivo e vestibular.

Como consequência, os idosos passam a apresentar quadros de vertigem, tontura e desequilíbrio (BERTICELLI; MACEDO; SLEIFER, 2016). Essa situação tende a aumentar o risco de queda entre os idosos, principalmente, em relação às situações desafiadoras, como descer escadas e andar na rua.

Conforme Tavares, Santos e Knobel (2008), o desequilíbrio é um dos principais fatores limitantes na vida de um idoso. Os sintomas de tontura comprometem as atividades diárias de aproximadamente 20% das pessoas com mais de 60 anos, podendo provocar quedas e fraturas (TAVARES; SANTOS; KNOBEL, 2008). Geralmente, os idosos experimentam o medo de cair e, como consequência, eles diminuem as suas atividades (HERDMAN, 2002). Este sentimento é extremamente incapacitante na vida do idoso (HERDMAN, 2002), trazendo prejuízos no convívio familiar, social e profissional (TAVARES; SANTOS; KNOBEL, 2008).

As formas de tratamento incluem: tratamento da causa, medicamentos antivertiginosos, orientação nutricional, modificação de hábitos, psicoterapia, procedimentos cirúrgicos e exercícios de reabilitação vestibular (GAZZOLA *et al.*, 2009). A reabilitação vestibular é um dos métodos mais efetivos na recuperação do equilíbrio corporal do idoso (TAVARES; SANTOS; KNOBEL, 2008). As principais vantagens desse método são o baixo custo, o baixo índice de efeitos colaterais e a melhora na qualidade de vida (BERTICELLI; MACEDO; SLEIFER, 2016).

Existem vários fatores que podem influenciar no sucesso de um tratamento, entre eles estão: idade, vontade, medicamentos e estado psíquico do indivíduo (GAZZOLA *et al.*, 2009). Um idoso com boa vontade para cumprir o roteiro de exercícios pode apresentar resultados mais significativos do que um jovem depressivo (SAUVAGE; GRENIER, 2017). Além disso, é importante trabalhar de forma integrada com outros profissionais para aumentar a força muscular, melhorar a marcha e o controle postural dos idosos.

Conforme Sauvage e Grenier (2017), o princípio da reabilitação vestibular em idosos é despertar o labirinto por meio de exercícios que devem ser recomendados conforme a condição física de cada pessoa. O tratamento inclui a autorreabilitação

domiciliar que deve ser feita sob o controle da família e avaliações mensais dedicadas à reabilitação de distúrbios permanentes do equilíbrio (SAUVAGE; GRENIER, 2017). Os exercícios são baseados principalmente na coordenação olho-cabeça, começando pelos níveis mais fáceis na posição sentada (SAUVAGE; GRENIER, 2017). Sauvage e Grenier (2017) elaboraram um roteiro de exercícios que devem ser repetidos 5 vezes a cada exercício, com 10 minutos de duração máxima.

Berticelli, Macedo e Sleifer (2016) avaliaram a efetividade dos exercícios de reabilitação vestibular em idosos com queixa de tontura. Os autores realizaram a pesquisa com 36 idosos com queixas de tontura. Eles foram submetidos a um programa de reabilitação vestibular que teve duração de 24 sessões. O protocolo utilizado foram os exercícios propostos por Cawthorne e Cooksey. Antes e depois das sessões foi aplicado o teste Escala de Equilíbrio Berg (EEB) e o Inventário das Disfunções da Vertigem (*Dizziness Handicap Inventory*, DHI). Ao comparar os escores pré- e pós- reabilitação vestibular, os autores verificaram que houve uma melhora significativa nas pontuações após a reabilitação vestibular. Foi constatada uma melhora no equilíbrio e diminuição dos sintomas de tontura. Para os autores, a reabilitação vestibular é um procedimento terapêutico eficaz nos idosos com queixa de tontura.

Conforme foi apresentado, o tratamento das disfunções vestibulares em idosos envolve vários recursos terapêuticos. Um deles é a reabilitação vestibular que visa integrar as informações provindas dos três sistemas que controlam o equilíbrio por meio da repetição de exercícios. Muitos idosos, por sofrerem com tontura, acabam diminuindo as suas atividades diárias com receio de uma queda. O tratamento com a reabilitação vestibular pode melhorar esses sintomas e reduzir o risco de quedas. Assim, o idoso passa a ter maior autonomia e independência para exercer as suas atividades, promovendo o seu bem-estar e a qualidade de vida.

2.5 REABILITAÇÃO VIRTUAL

O avanço da tecnologia permitiu o surgimento de outras formas de treinamentos e avaliações na área da saúde. Recentemente, a tecnologia de

realidade virtual vem sendo aplicada tanto para o tratamento quanto para a avaliação de pessoas que sofrem de distúrbios do equilíbrio.

Segundo Fialho (2018), as aplicações da realidade virtual em saúde incluem: cirurgia remota, telepresença, cirurgia de realidade aumentada; modelos de anatomia 3D para educação, diagnóstico e planejamento de visualização; desenho arquitetônico para instalações de saúde; medicina preventiva e educação do paciente; reabilitação assistida por háptica; visualização de bases de dados de médicas maciças; planejamento do tratamento; terapia médica; controle da dor; psicoterapia por meio da realidade virtual; pacientes virtuais; simulação cirúrgica.

Um dos usos da realidade virtual é a reabilitação virtual, cujo propósito é fornecer serviços de reabilitação para ajudar as pessoas a melhorar as funções físicas, cognitivas e psicossociais por meio dessa tecnologia. Os sistemas em realidade virtual permitem inserir o usuário em um ambiente virtual, oferecendo estímulos visuais, auditivos e hápticos que são importantes para a recuperação de um paciente (CAMPELO *et al.*, 2017).

Campelo *et al.* (2017) desenvolveram um modelo, chamado *VRehab*, para a aplicação da reabilitação virtual com os idosos. Ele é dividido em 4 áreas: beneficiários e fornecedores, ambientes virtuais, engajamento social e aplicação na saúde. Os beneficiários e fornecedores do sistema são idosos, prestadores de cuidados em saúde, pesquisadores e designers de RV. Os ambientes virtuais podem incluir sistemas de rastreamento 3D, sistemas de realidade aumentada, sistema de cavernas digitais, *exergames*⁴, interfaces hápticas e simuladores. O engajamento social está relacionado com acessibilidade, mudança de atitude, custos, sensibilidade cultural e preocupações de segurança. As aplicações da realidade virtual na saúde são reabilitação física, treinamento cognitivo, reabilitação psicossocial, simulações de cirurgia e desenvolvimento da literacia física.

⁴ “Exergames são jogos que priorizam a atividade física” (SANTOS, F. V., 2010, p. 17).

Conforme Campelo *et al.* (2017), um dos benefícios do uso da realidade virtual é o aumento do tempo de reabilitação a um custo menor quando comparado aos programas convencionais. Na visão de Garcia *et al.* (2013), outra vantagem do uso da realidade virtual é que o terapeuta pode fornecer uma maior variedade de estímulos com maior especificidade em relação aos métodos tradicionais. O terapeuta seleciona no programa de computador o tipo de estímulo e controla os níveis de dificuldade dos exercícios de acordo com as necessidades de cada paciente.

O uso da realidade virtual com os idosos tem apresentado resultados positivos em várias áreas. Nos aspectos físicos, pesquisas demonstram a sua aparente eficácia no controle da postura e equilíbrio, velocidade de marcha, amplitude de movimento e gasto energético. Nos aspectos cognitivos, percebeu-se melhora na função executiva, atenção e memória. E nos aspectos psicossociais, foi possível verificar uma melhora nos sintomas de depressão, ansiedade, humor e interação social (CAMPELO *et al.*, 2017).

Plataformas comerciais podem ser utilizadas na avaliação e reabilitação das disfunções vestibulares, como a *Balance Rehabilitation Unit® (BRU)*, desenvolvida pela *Medicaa®*. A plataforma apresenta três módulos: posturografia, reabilitação do equilíbrio corporal e jogos de treinamento postural (GARCIA *et al.*, 2013). O sistema inclui um computador com o programa, estrutura metálica de segurança, suporte de proteção com alças e cinto, plataforma de força, óculos de realidade virtual, acelerômetro e almofada de espuma (GARCIA *et al.*, 2013).

Zanoni e Ganança (2010) acreditam que a realidade virtual é um ótimo aliado para o diagnóstico e tratamento de transtornos do equilíbrio. O *Balance Rehabilitation Unit® (BRU)* permite quantificar as medidas da área de deslocamento do centro de massa (área de elipse) e velocidade de oscilação em dez condições sensoriais (GAZZOLA *et al.*, 2009). Os dados coletados na plataforma são enviados para um computador para analisar a informação. Com isso, são gerados relatórios que possibilitam ao terapeuta avaliar o paciente.

Os exercícios podem ser realizados em pé sobre uma superfície firme ou uma almofada de espuma. Também podem ser feitos sentados ou saltitando sobre uma bola suíça (GAZZOLA *et al.*, 2009). Os estímulos visuais são projetados por meio dos óculos de realidade virtual que os pacientes acompanham com o movimento dos olhos e da cabeça. A ilusão de movimento gera uma inconsistência entre os sinais provindos dos sistemas visual, vestibular e proprioceptivo. O sistema visual informa que o corpo está em movimento, enquanto o sistema vestibular e proprioceptivo indica que o corpo está parado. O SNC busca se adaptar aos sinais incongruentes, reorientando a estabilidade do corpo e a orientação espacial. Tal processo propicia a compensação dos distúrbios vestibulares (GAZZOLA *et al.*, 2009; LAMONTAGNE *et al.*, 2014).

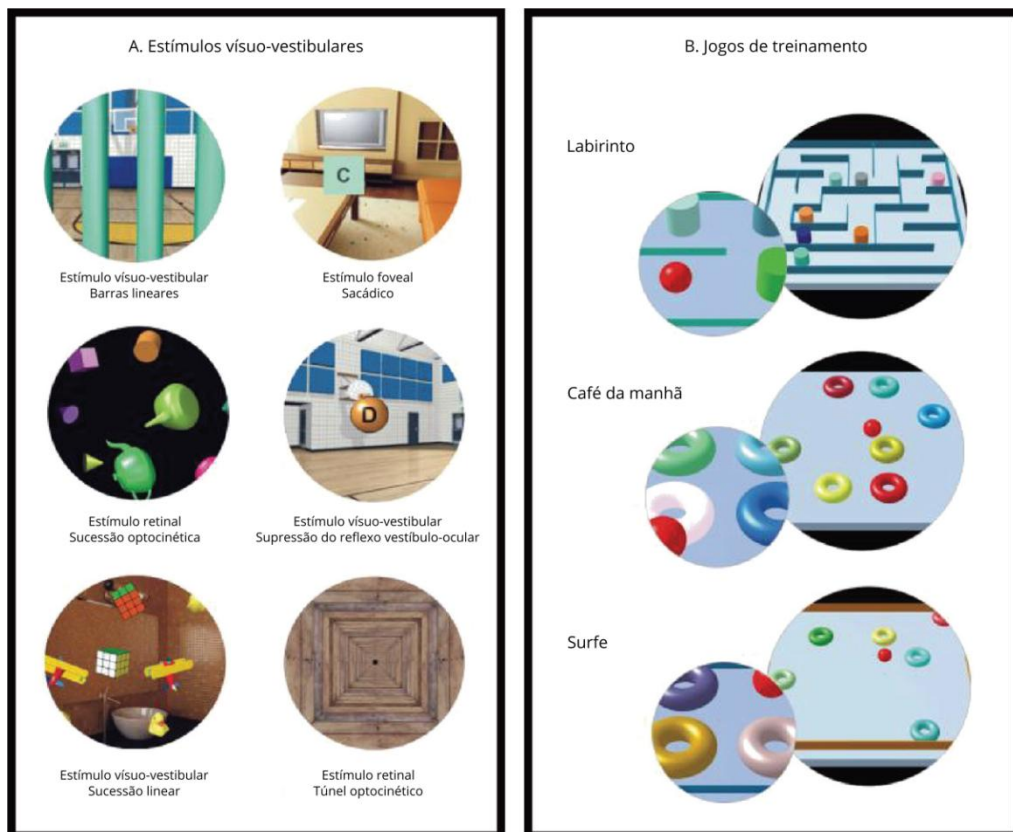
Cada sessão de treinamento com a plataforma dura em média 30 minutos. Os exercícios combinam estímulos visuo-vestibulares e jogos para o treinamento do controle postural (DUQUE *et al.*, 2013). Os estímulos visuais (Figura 10A) disponíveis no sistema são: foveal (perseguição lenta e sacádico), retinal (barras optocinéticas lineares e túnel optocinético), bem como interação sensorial (barras optocinéticas e túnel optocinético associados à inclinação e flexo-extensão de cabeça) (GAZZOLA *et al.*, 2009).

Adicionalmente, o sistema apresenta três jogos para o treinamento postural (Figura 10B). Os jogos visam exercitar o controle fino, lento e rápido do centro de pressão do corpo (DONÁ; SANTOS; KASSE, 2010). Os jogos possuem 15 níveis que se tornam mais desafiadores à medida que o paciente progride. A dificuldade é aumentada conforme é relatado maior confiança e domínio das técnicas para o controle postural (DUQUE *et al.*, 2013). Os dados coletados no final da intervenção são comparados com os dados obtidos no início do treinamento para verificar possíveis melhoras no controle da postura do paciente (DUQUE *et al.*, 2013).

Garcia *et al.* (2013) verificaram o efeito de um programa de reabilitação vestibular com estímulos de realidade virtual em pacientes com a doença de Ménière. A doença de Ménière é caracterizada por zumbido, vertigem e perda auditiva. Quarenta e quatro pessoas (com idades entre 18 e 60 anos) que possuem a doença de Ménière participaram da pesquisa. O grupo experimental foi submetido

a 12 sessões de reabilitação virtual com a plataforma *Balance Rehabilitation Unit* (BRU). Antes e depois das sessões foi aplicado o questionário Inventário das Disfunções da Vertigem (*Dizziness Handicap Inventory*, DHI) para avaliar os sintomas de tontura. Os autores observaram que houve uma diminuição na tontura e melhora na estabilidade corporal do grupo de controle que foi submetido ao tratamento com a realidade virtual. Para os autores, a reabilitação vestibular com estímulos de realidade virtual é eficaz na melhora da tontura, da qualidade de vida e do limite de estabilidade de pacientes com doença de Ménière.

Figura 10 – Exercícios da plataforma *BRU*®: A. Estímulos visuo-vestibulares; B. Jogos para o treinamento.



Fonte: Adaptado de Duque *et al.* (2013, p. 260).

Doná, Santos e Kasse (2010) verificaram os efeitos da reabilitação virtual por meio do *BRU*®, em uma paciente idosa com diagnóstico de vestibulopatia periférica crônica, com prejuízo no controle do equilíbrio corporal estático, dinâmico e da capacidade funcional, considerando os aspectos clínicos, funcionais e qualidade de vida. Foram realizadas 15 sessões, duas vezes por semana, com duração de 50

minutos. Posteriormente, foram aplicadas as seguintes avaliações: Escala de Equilíbrio Berg (*Balance Berg Scale*, BBS), Índices da Marcha Dinâmica (*Dynamic Gait Index*, DGI), Inventário das Disfunções da Vertigem (*Dizziness Handicap Inventory*, DHI), Questionário Brasileiro de Avaliação Funcional Multidimensional (BOMFAQ) e o Teste Clínico de Interação Sensorial e Equilíbrio (TCISE). Os autores observaram que após as sessões com realidade virtual houve redução da intensidade e frequência da tontura, melhora no equilíbrio corporal e na capacidade funcional e maior integração das informações sensoriais, nas condições de conflitos visuais e somatossensoriais. Nesse sentido, os autores concluem que a reabilitação vestibular por meio da realidade virtual foi eficaz para promover a melhora clínica e funcional desta idosa com vestibulopatia crônica.

Duque *et al.* (2013) avaliaram os efeitos de um sistema em realidade virtual (com a plataforma *BRU*®) no equilíbrio, quedas e medo de cair em uma população de idosos. 60 idosos com problemas de desequilíbrio foram recrutados no Hospital *Nepean* (localizado na Austrália). Os participantes foram divididos em um grupo de controle e um grupo experimental. O grupo experimental foi submetido a um treinamento com a plataforma *BRU*®. Foram realizadas 2 sessões semanais com duração de 6 semanas. Foi utilizado o módulo de posturografia do equipamento que permite avaliar as respostas do controle postural em relação aos diferentes estímulos visuais e vívido-vestibulares. Os parâmetros avaliados foram os limites de estabilidade (*Limits Of Stability*, LOS), elipse de confiança (*Ellipse of Confidence*, CE) e centro de pressão (*Center Of Pressure*, COP). Após o treinamento com realidade virtual, os participantes do grupo de controle demonstraram uma melhora significativa nos parâmetros LOS e COP. Além disso, houve uma redução no risco de quedas e medo de cair. Os autores sugerem que o treinamento com realidade virtual é um método efetivo e uma intervenção bem aceita para a melhora do equilíbrio, aumento da confiança e prevenção de quedas em idosos.

Embora ainda existam poucos estudos sobre o uso dos óculos de realidade virtual para a reabilitação, principalmente no que se refere aos idosos, pode-se perceber que essa tecnologia é um método, aparentemente, eficaz na reabilitação vestibular. A realidade virtual ajuda a treinar a integração entre a visão, o vestibulo e

a propriocepção. Desse modo, torna-se possível atenuar os sintomas desagradáveis de tontura e desequilíbrio.

2.6 REALIDADE VIRTUAL

A realidade virtual é classificada, de acordo com o senso de imersão, em dois tipos: imersiva e não-imersiva. A imersiva é aquela que transporta o usuário para um ambiente virtual. São exemplos de dispositivos imersivos os *head-mounted displays* (HMDs) e os sistemas de cavernas digitais (TORI; KIRNER, 2006).

HMD é um capacete de visualização para realidade virtual. Ele é composto por uma tela e um conjunto de lentes. A tela projeta duas imagens estereoscópicas (uma para cada olho) que criam um efeito tridimensional. As lentes servem para focar a imagem, assim como ajudam a estender o campo de visão. O dispositivo também contém sensores de rastreamento que medem a orientação e a posição do usuário (KIRNER; PINHO, 1997; MACHADO; CARDOSO, 2006).

Já a não-imersiva tem a capacidade de transportar parcialmente o usuário para um ambiente virtual por meio de diferentes tipos de monitores (TORI; KIRNER, 2006). É válido esclarecer que, nessa pesquisa, é enfatizado apenas o uso dos HMDs, conforme se pode acompanhar nas subseções a seguir.

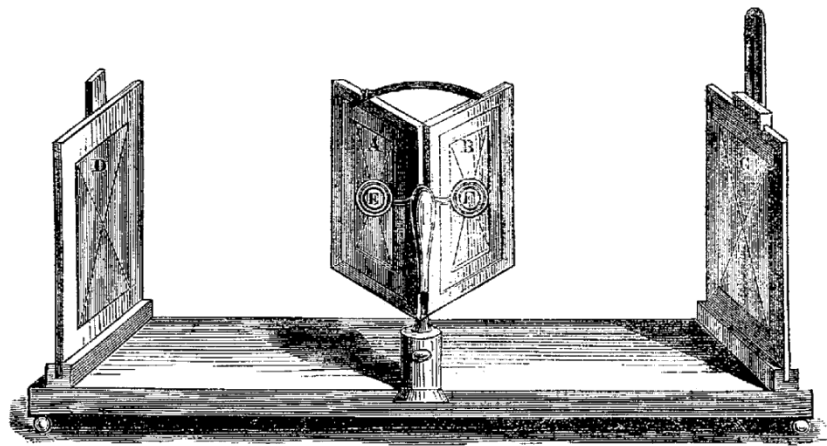
2.6.1 Breve histórico sobre a realidade virtual

A visão estereoscópica vem sendo explorada há muito tempo. Em 1838, o físico inglês Sir Charles Wheatstone observou que a imagem percebida por um olho é levemente diferente da imagem percebida pelo outro olho. Essa disparidade ocorre em virtude da separação de cerca de 7 centímetros entre os dois olhos. Wheatstone acreditava que a disparidade era responsável pela percepção da profundidade (DAY, 1974).

Wheatstone criou o estereoscópio (Figura 11) para testar essa ideia. O dispositivo possuía duas imagens levemente diferentes, uma para o olho direito e outra para o esquerdo, que eram posicionadas na lateral do equipamento. Dois espelhos com angulação de 45° ficavam na frente da visão e serviam para refletir as

imagens para a retina. O observador colocava os olhos no visor e podia ter uma vívida percepção tridimensional das imagens (DAY, 1974).

Figura 11 – Estereoscópio criado por Sir Charles Wheatstone.



Fonte: Wikimedia Commons (2014).

Esse mesmo princípio foi utilizado por David Brewster, inventor do caleidoscópio. Em 1851, ele criou um estereoscópio (Figura 12) com lentes que podia ser segurado com as mãos, como um binóculo. O estereoscópio continha um par de imagens com perspectivas levemente diferentes. O dispositivo foi apresentado na Exposição de 1851 no *Crystal Palace*, onde a Rainha Victoria achou bastante agradável (JERALD, 2016).

Figura 12 – Estereoscópio de David Brewster.



Fonte: Wikimedia Commons (2014b).

Em 1916, Albert Pratt desenvolveu um dispositivo que podia ser utilizado por soldados. Consiste em um capacete com uma mira para apontar e uma pequena arma que dispara o projétil. Não há registros de que o dispositivo tenha sido testado (FOOTE; MELZER, 2015).

Edwin Link desenvolveu o primeiro simulador de voo mecânico em 1928. Tratava-se de um dispositivo semelhante à fuselagem de um avião com uma cabine de comandos que produziam os movimentos e as sensações de um voo (JERALD, 2016).

Morton Heilig projetou nos anos 1950 um equipamento chamado Sensorama (Figura 13). Esse dispositivo consistia em uma cabine que combinava filmes 3D, vistos em uma tela estereoscópica, som estéreo, ventilação, aromas e vibrações mecânicas (FIALHO, 2018).

Figura 13 – Sensorama projetado por Morton Heilig.



Fonte: Wikimedia Commons (2016).

Outra técnica que vem sendo explorada há décadas é o anáglifo. Esse termo é utilizado para designar uma imagem bidimensional que foi preparada para simular a sensação de profundidade (ACRUCHE *et al.*, 2017). Segundo Acruche *et al.* (2017), a preparação de um anáglifo começa com a filtragem das cores da imagem que é vista em cada olho. O canal vermelho é obtido da imagem correspondente ao

olho direito. E os canais das cores verdes e azuis referem-se ao olho esquerdo. As duas imagens são sobrepostas com uma pequena distância entre elas que geram a sensação de profundidade. É necessário que o observador utilize os óculos de lentes bicolores (Figura 14) para simular o efeito. Os anáglifos podem ser utilizados em meio impresso, projetado ou exibido em monitor (ACRUCHE *et al.*, 2017).

Figura 14 – Óculos anáglifo.



Fonte: Wikimedia Commons (2007).

Em 1961, os engenheiros da *Philco Corporation* projetaram o primeiro dispositivo que incluía rastreamento da cabeça do usuário. O equipamento funcionava com o uso de uma câmera que era posicionada em uma sala diferente. As imagens eram captadas pela câmera e projetadas no HMD utilizado pelo usuário. Este foi o primeiro sistema de telepresença em funcionamento (JERALD, 2016).

Ivan Sutherland era professor de engenharia elétrica na Universidade de Harvard. Em 1968, ele e o seu aluno Bob Sproull criaram o primeiro dispositivo em realidade virtual. O dispositivo foi chamado de Espada de Dâmocles (*Sword of Damocles*), pois ele ficava suspenso no teto, acima da cabeça do usuário (FIALHO, 2018).

Em 1985, Scott Fisher e outros pesquisadores da *NASA Ames* desenvolveram o primeiro HMD comercial com visão estereoscópica. O dispositivo

foi chamado de *Virtual Visual Environment Display* (VIVED), mostrado na Figura 15 (JERALD, 2016).

Figura 15 – *Visual Environment Display* (VIVED).



Fonte: Wikimedia Commons (2006).

Na década de 1980, a equipe da *Atari Research* explorou novas formas de interação com computadores e projetou tecnologias em realidade virtual. Jaron Lanier e Thomas Zimmerman deixaram a Atari em 1985 para fundar a *VPL Research* (JERALD, 2016). Eles começaram a comercializar luvas e capacetes com visores para interfaces em realidade virtual (FIALHO, 2018). Nesse período, Jaron Lanier cunhou o termo “realidade virtual” (JERALD, 2016).

A realidade virtual se popularizou nos anos 90 graças aos avanços realizados pela *NASA Ames* e *VPL Research*. Empresas conhecidas, como: *Sega*, *Disney* e *General Motors*, passaram a investir em realidade virtual. Da mesma forma, universidades e militares começaram a utilizar a tecnologia em pesquisas. Também, surgiram filmes, livros, revistas e conferências que abordaram o tema “realidade virtual” (JERALD, 2016). O HMD foi utilizado no videoclipe “*Amazing*” da banda Aerosmith em 1994.

Conforme Gularte (2010), a Nintendo buscava novos níveis de interatividade que tentavam dar mais imersão ao jogador. Em 1995, a empresa lançou o console

portátil Virtual Boy (Figura 16). O dispositivo funcionava com duas telas no formato de óculos apoiado em um tripé.

Figura 16 - Virtual Boy da Nintendo®.

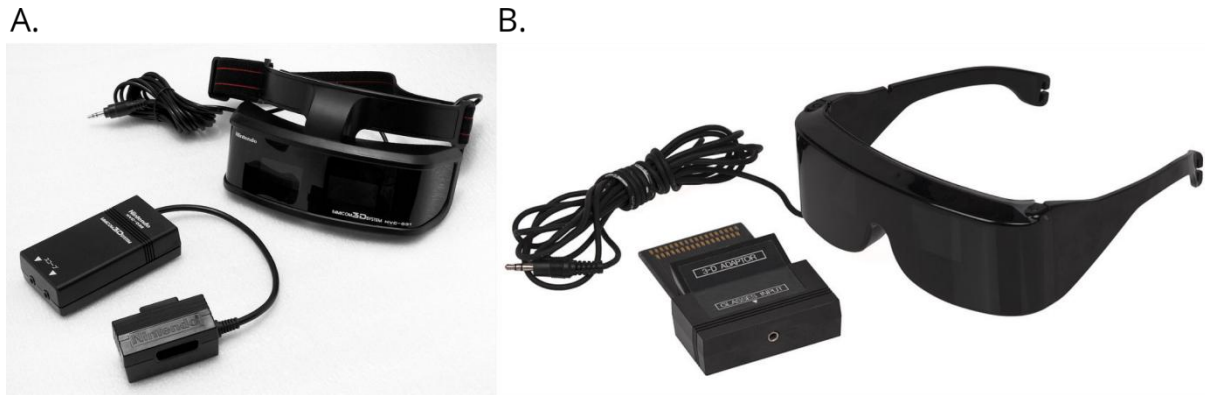


Fonte: Wikimedia Commons (2011).

A Nintendo também desenvolveu um acessório chamado de *Famicom 3D System*® (Figura 17A) para o *Famicom*®. O visor podia ser conectado ao console por meio de um adaptador. O jogador ativava o modo 3D ao pressionar o botão *Select* no controle do videogame. O *Famicom 3D System*® era compatível com sete jogos 3D para o *Famicom*® (EUROPA, 2017).

A Tectoy® lançou os Óculos 3D para o *Master System*® (Figura 17B). Os Óculos 3D permitiam simular o efeito tridimensional aos olhos do jogador. O equipamento possuía um par de lentes de cristal líquido que piscavam em intervalos de 1/60 segundos, sincronizado com a imagem da televisão. Os Óculos 3D eram compatíveis com oito jogos para o *Master System*®, entre eles: *Blade Eagle 3-D*, *Line of Fire*, *Maze Hunter 3-D*, *Missile Defense 3-D*, *OutRun 3-D*, *Poseidon Wars 3-D*, *Space Harrier 3-D* e *Zaxxon 3-D* (EUROPA, 2016).

Figura 17 – A. Famicom 3D System; B. Óculos 3D para o Master System.



Fonte: A. Wikimedia Commons (2006b); B. Wikimedia Commons (2011a).

O início dos anos 2000 ficou marcado como o “inverno da realidade virtual”. Embora houvesse pouca atenção da mídia, as pesquisas continuaram a ser desenvolvidas em laboratórios corporativos, governamentais, acadêmicos e militares. A comunidade voltou-se, especialmente, para o design centrado no humano. Era difícil ter um artigo sobre realidade virtual aceito em uma conferência sem que houvesse alguma forma de avaliação formal (JERALD, 2016). No Brasil, o primeiro congresso a tratar do assunto foi o WRV’ 97 – Workshop de Realidade Virtual realizado em 1997 na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) (informação verbal⁵).

Em 2012, a equipe de pesquisa do *Mixed Reality Lab* (MXR), vinculado à Universidade do Sul da Califórnia (*University of Southern California, USC*), desenvolveu um dispositivo em realidade virtual de baixo custo, chamado *Field Of View To Go* (FOV2GO). Esse dispositivo é o precursor da maioria dos HMDs atuais. Ele era feito com papel e funcionava com um *smartphone*. O dispositivo foi apresentado na conferência IEEE VR 2012, onde ganhou o prêmio de melhor demonstração (JERALD, 2016; MXR, 2018).

⁵ Informação fornecida por Cláudio Kirner na mesa redonda “Realidade Virtual e Aumentada na Educação”, na XIII Conferência Latino-americana de Tecnologias de Aprendizagem, em São Paulo, em outubro de 2018.

Palmer Luckey, que era membro do *MxR Lab*, começou a compartilhar em fóruns na internet o protótipo de um HMD que estava desenvolvendo. Hoje, esse dispositivo é conhecido como *Oculus Rift*®. Palmer Luckey fundou a empresa *Oculus VR*® e criou uma campanha de financiamento coletivo na plataforma *Kickstarter* com o objetivo de arrecadar recursos para aprimorar o HMD. Em 2014, a empresa *Oculus VR*® foi adquirida pelo *Facebook*® por 2 bilhões de dólares (JERALD, 2016).

Com o lançamento do *Oculus Rift*®, houve um crescente interesse pelos HMDs tanto do público quanto das empresas. Nesse contexto, surgiram outros nomes importantes como o *Google Cardboard*®, *Samsung Gear VR*®, *PlayStation VR*® e *HTC Vive*®. Desse modo, os recentes avanços na tecnologia de realidade virtual permitiram o acesso aos dispositivos de alta qualidade a um preço acessível.

2.6.2 Conceitos sobre a realidade virtual

A realidade virtual utiliza a visão estereoscópica para criar a sensação de profundidade. A estereopsia se baseia no funcionamento do olho humano. Cada olho visualiza os objetos com uma perspectiva ligeiramente diferente. As duas imagens se unem no cérebro e criam a ilusão de tridimensionalidade. Essa técnica é utilizada também nos cinemas 3D para simular a sensação de profundidade (LSI, 2006).

Dessa maneira, a experiência em realidade virtual é simulada por meio da visão estereoscópica. São renderizadas duas imagens separadas na tela do dispositivo, como mostra a Figura 18. Cada olho visualiza uma imagem com perspectivas levemente diferentes. As imagens são enviadas para o cérebro, onde são processadas para criar a ilusão de profundidade. Como resultado, o usuário tem uma percepção tridimensional do ambiente em realidade virtual.

Conforme se pôde observar, a estereopsia é utilizada há décadas para simular ambientes tridimensionais a partir da projeção de duas imagens. A tecnologia dos HMDs atuais possibilita rastrear os movimentos do usuário. O dispositivo contém sensores de rastreamento que medem a posição e a orientação da cabeça e transmitem esses dados para um computador (MACHADO, L. dos S.;

CARDOSO, 2006). O equipamento gera uma sequência de imagens que correspondem às ações e perspectivas do usuário (MACHADO, L. dos S.; CARDOSO, 2006).

Figura 18 – Captura de tela do aplicativo demonstrativo do *Google Cardboard®*.



Fonte: Google VR (2018).

Para que os dispositivos em realidade virtual possam funcionar corretamente, é necessário que o equipamento possua os seguintes componentes: lentes, sensores e display, que são mais bem detalhados a seguir.

Os óculos de realidade virtual possuem um par de lentes biconvexas que servem para focar e ampliar as imagens. As lentes devem ser posicionadas precisamente na frente da córnea. A distância entre as duas lentes é configurada conforme a distância entre as pupilas do olho humano. Essa medida equivale à distância entre os centros dos dois olhos. A média da população é de aproximadamente 64 milímetros (mm), mas varia de acordo com a raça, gênero e idade (no caso de crianças). Para abranger toda a gama de usuários, a distância entre os centros das lentes deve ter um valor ajustável de 55 a 75 mm. Esse intervalo de valores também é utilizado nos binóculos (LAVALLE, 2017).

Alguns dispositivos em realidade virtual apresentam um botão de foco que o usuário pode ajustar manualmente para visualizar a imagem com maior nitidez. Os usuários com hipermetropia podem ajustar o foco para convergir os raios luminosos para a retina. Da mesma forma, os usuários com miopia podem regular o foco para

divergir os raios para o olho. Assim, eles podem utilizar os HMDs sem a necessidade de usar os óculos convencionais. No entanto, outras disfunções, como dioptria e astigmatismo, ainda não podem ser corrigidas e necessitam que o usuário utilize os óculos (LAVALLE, 2017).

A tecnologia de realidade virtual possui um componente de hardware chamado Unidade de Medida de Inércia (*Inertial Measurement Unit*, IMU). O IMU permite rastrear os movimentos do usuário nos três planos espaciais. Ele é constituído por três sensores: giroscópio, acelerômetro e magnetômetro. O giroscópio detecta as acelerações angulares relativas às rotações do dispositivo. O acelerômetro detecta as acelerações lineares que se referem aos movimentos do dispositivo. O magnetômetro detecta os campos magnéticos do dispositivo (LAVALLE, 2017).

O display exibe as imagens que são vistas pelo usuário. As telas dos *smartphones* são posicionadas perto dos olhos e as lentes do dispositivo permitem focar a imagem. Atualmente, os fabricantes de telas produzem displays personalizados para HMDs, aproveitando a mais recente tecnologia de display LED da indústria dos *smartphones* (LAVALLE, 2017).


O Quadro 1 mostra as especificações técnicas dos principais dispositivos em realidade virtual atuais, incluindo: *Samsung Gear VR*®, *Google Cardboard*®, *Oculus Rift*® e *HTC Vive*®. As especificações se referem à resolução, o campo de visão, a densidade de pixels e o grau de liberdade (*Degree Of Freedom*, DOF).

2.6.3 Formas de realidade

Milgram e Kishino (1994) criaram uma taxonomia para diferenciar os tipos de realidade, a que chamaram de “continuidade da virtualidade”⁶ (MILGRAM; KISHINO, 1994, p. 1321, tradução nossa), ilustrado na Figura 19. O ambiente do mundo real é apresentado na extremidade esquerda do gráfico e o ambiente virtual é mostrado na extremidade oposta.

⁶ Em inglês: “*virtuality continuum*”.

Quadro 1 – Especificações técnicas dos principais dispositivos em realidade virtual.

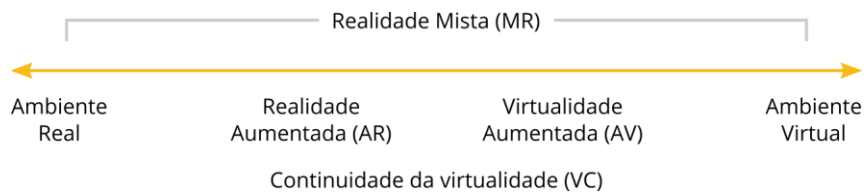


Dispositivo	Samsung Gear VR®	Google Cardboard®	Oculus Rift®	HTC Vive®
Resolução	2560 x 1440*	1920 x 1080*	2160 x 1200	2160 x 1200
Campo de visão	101°	80°	110°	110°
Densidade de pixels	13	12	10	10
DOF	3-DOF	3-DOF	6-DOF	6-DOF

*Esse valor depende da resolução da tela do celular.

Fonte: A. Samsung (2017); B. Google VR ([S.d.]); C. Farahani *et al.* (2016); D. VIVE ([S.d.]).

Figura 19 - Continuidade da Virtualidade.



Fonte: Adaptado de Milgram e Kishino (1994, p. 1321).

O ambiente real é definido quando o sistema não pode alterar os estímulos sensoriais que o usuário percebe. A realidade aumentada acontece quando o sistema pode adicionar alguns estímulos simulados no ambiente real. A virtualidade aumentada configura-se quando o sistema pode adicionar estímulos reais em um ambiente virtual. O ambiente virtual é percebido quando o sistema substitui todos os estímulos reais por estímulos simulados (MILGRAM; KISHINO, 1994; POPPE; GILGEN; SAFRUDIN, 2017).

Sendo assim, a realidade virtual pode ser entendida como um ambiente em que o observador participante está totalmente imerso e pode interagir com um mundo completamente sintético (MILGRAM; KISHINO, 1994). Esse lugar pode ser uma réplica do mundo real ou um mundo imaginário que só existe na ficção (JERALD, 2016).

É preciso entender o conceito de imersão e presença para que os usuários sintam que estão em outro lugar. A imersão diz respeito à tecnologia que permite envolver os usuários em uma experiência. Diversos recursos podem afetar essa sensação, como rastreamento, latência, campo de visão, cadência, etc. Uma quebra pode indicar, por exemplo, que o rastreamento dos movimentos do usuário não está funcionando corretamente ou que a taxa de exibição de quadros não está sendo exibida da forma adequada (JERALD, 2016).

Já a presença está mais relacionada a um estado psicológico ou fisiológico. O usuário tem a sensação de estar naquele ambiente, mesmo que ele esteja fisicamente em outro lugar. Uma quebra na sensação de presença acontece quando a ilusão gerada no ambiente virtual se desfaz e o usuário percebe que está no mundo real usando um HMD. As interrupções podem ser o usuário tropeçando no fio, o telefone tocando ou alguém conversando no mundo real (JERALD, 2016).

2.6.4 Sistema em realidade virtual

Um sistema em realidade virtual é construído em várias camadas, incluindo rastreamento, aplicação, renderização e display (JERALD, 2016). O movimento do usuário é rastreado por meio dos sensores do dispositivo. Os dados do rastreamento são recebidos e processados pela aplicação. As informações são enviadas para uma fila onde aguardam o momento de serem renderizadas. Isso significa gerar uma imagem nova a cada quadro executado. Assim, o usuário pode visualizar as imagens na tela do dispositivo.

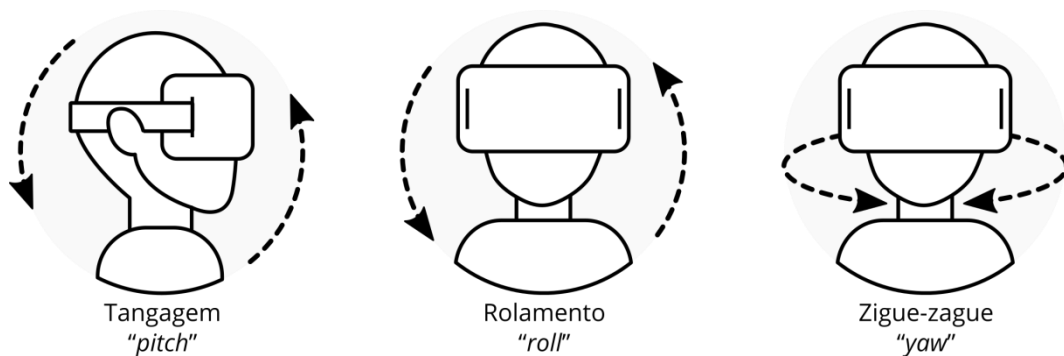
O atraso entre as camadas que compõe um sistema em realidade virtual é chamado de latência. Conforme Jerald (2016), latência é o tempo que um sistema leva para responder à ação do usuário. Ou seja, é a duração desde o início do movimento até o momento em que um pixel responde ao movimento (JERALD, 2016). O atraso é medido em milissegundos (ms). De acordo com Tori e Kirner (2006), o ambiente computacional deve coordenar a visualização, assim como os sinais de entrada e saída em tempo real com uma degradação aceitável de no máximo 100 ms de atraso e no mínimo 10 quadros por segundo.

Outro aspecto a ser considerado é a cadência (em inglês, *frame rate*). A cadência corresponde ao número de quadros necessários para se obter um (1) segundo de animação (GUERRA; TERCE, 2019). A sua unidade de medida são os quadros por segundo (*frames per second, FPS*) (GUERRA; TERCE, 2019). O FPS pode variar de acordo com o dispositivo audiovisual (GUERRA; TERCE, 2019). Para Fialho (2018), a taxa de exposição para a realidade virtual deve estar entre 70 e 90 FPS. Uma cadência mais alta torna a visualização mais fluida e rica em detalhes (FIALHO, 2018).

Os dispositivos de entrada são classificados de acordo com o grau de liberdade (*degree of freedom, DOF*) (JERALD, 2016). O grau de liberdade define quantas dimensões o dispositivo consegue manipular (JERALD, 2016).

Com três graus de liberdade (3-DOF), o dispositivo pode rastrear as rotações da cabeça do usuário nos três planos espaciais (Figura 20): i. No plano horizontal, chama-se ziguezague ou guinada (“*yaw*”); ii. No plano sagital, tangagem ou arfagem (“*pitch*”). ii. No plano frontal, rolamento (“*roll*”). Os termos foram apresentados de acordo com Sauvage e Grenier (2017).

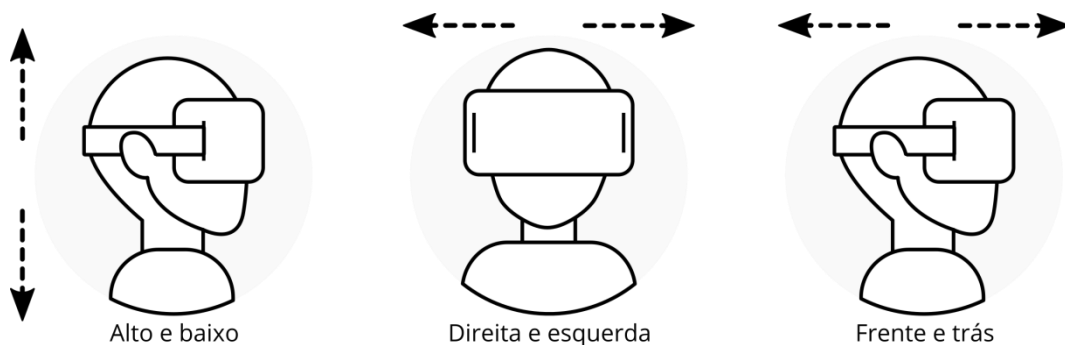
Figura 20 – Rotações da cabeça nos três planos espaciais.



Fonte: Adaptado de Kei Studios (2018).

Com seis graus de liberdade (6-DOF), é possível rastrear tanto a rotação quanto a posição do usuário no espaço tridimensional (Figura 21): para o alto e para baixo, para frente e para trás e para direita e para esquerda (SAUVAGE; GRENIER, 2017).

Figura 21 – Posições do usuário no espaço.



Fonte: Adaptado de Kei Studios (2018).

Os dispositivos móveis possuem apenas 3-DOF e rastreiam as rotações da cabeça do usuário nos três planos espaciais. Já os dispositivos para desktop têm a capacidade de rastrear a rotação e a posição do usuário. Isso é feito utilizando diferentes técnicas de rastreamento. O *Oculus Rift*®, por exemplo, utiliza um método chamado de constelação (em inglês, *constellation*). E o *HTC Vive*® utiliza outro, conhecido como farol (em inglês, *lighthouse*).

No método conhecido como “constelação”, o dispositivo rastreado tem uma predefinição de “constelação” de LEDs infravermelhos posicionados atrás do material que reveste os óculos. A luz infravermelha é invisível para o olho humano. Os sensores são basicamente câmeras com filtros para ver apenas a luz infravermelha. Eles enviam quadros (*frames*) para o computador do usuário via cabo USB a uma taxa de 60 Hz. O computador processa cada *frame* e identifica a posição de cada luz infravermelha, ou seja, a posição relativa do objeto. O sistema “constelação” não é mais utilizado no rastreamento do *Rift S*® ou *Oculus Quest*®, mas é usado nas câmeras integradas do HMD para rastrear os controles (HEANEY, 2019).

Já no método chamado de “farol”, o usuário coloca duas estações no alto de uma sala para realizar o rastreamento. As estações fazem uma varredura a laser no sentido vertical e horizontal. O tempo para o laser atingir os controles e o HMD são utilizados para determinar a posição do usuário no espaço. Esses dados são combinados com os dados dos sensores do HMD para fornecer uma informação precisa tanto da posição quanto da rotação do usuário (LAVALLE, 2017).

Com o uso dessas técnicas, a posição do usuário no mundo físico é atualizada em tempo real no mundo virtual. Assim, ele pode se locomover em um ambiente simulado. No entanto, os designers devem ter um cuidado especial com o movimento, pois este pode desencadear alguns sintomas desagradáveis, como o enjoo. Na próxima seção, buscou-se explicar em maior profundidade o que pode provocar o enjoo, assim como apresenta algumas estratégias para evitá-lo.

2.6.5 Cinetose

A tecnologia de realidade virtual pode causar um efeito chamado cinetose, também conhecido como doença do movimento ou mal do movimento (em inglês, *motion sickness*). Esse efeito pode acontecer ao viajar de carro. Os olhos visualizam os objetos e a paisagem em movimento, já o vestibulo e a propriocepção sinaliza para o SNC que o corpo está parado pelos pontos de apoio no assento. Existe uma incoerência entre as três aferências do equilíbrio e a impressão de movimento que pode gerar uma sensação desagradável (SAUVAGE; GRENIER, 2017).

Esse mesmo efeito também pode ocorrer ao utilizar um HMD. Em um aplicativo que simula uma montanha-russa, por exemplo, o usuário permanece sentado em uma cadeira enquanto acompanha o movimento da câmera virtual nos trilhos do brinquedo. A visão envia uma informação, ao passo que o sistema vestibular e proprioceptivo fornece outra. Tal situação conflitante pode causar enjoo ou desconforto em algumas pessoas.

Conforme Jerald (2016), esse fato pode ser explicado pela teoria do conflito sensorial. A teoria afirma que a doença do movimento é causada quando o ambiente é alterado de tal forma que as informações recebidas pelos sistemas sensoriais não são compatíveis. Em um ambiente virtual, os sinais visuais e auditivos vêm da simulação, enquanto aqueles vestibulares e proprioceptivos vêm do movimento do corpo no mundo real. A principal causa da doença do movimento é o descompasso entre as informações providas dos sistemas – visual, auditivo, vestibular e proprioceptivo. Um dos maiores desafios em realidade virtual é criar estímulos que sejam compatíveis para minimizar esse efeito (JERALD, 2016).

Outra explicação é proveniente da teoria evolutiva (JERALD, 2016). Segundo essa teoria é possível explicar a razão pela qual algumas pessoas sentem enjoo. O SNC interpreta a incompatibilidade sensorial como um sinal de intoxicação e desencadeia um programa para defender o corpo. Essa estratégia inclui deitar-se até a recuperação, ejetar o veneno através do suor ou vômito e causar náuseas ou mal-estar para impedir que as toxinas sejam ingeridas novamente (JERALD, 2016).

O enjoo também pode ser explicado por meio da teoria da instabilidade postural (JERALD, 2016). Essa teoria prevê que o enjoo surge quando um animal não tem ou ainda não aprendeu estratégias para manter a estabilidade postural. As pessoas que sentem enjoo ao viajar de barco podem aprender a reorientar o equilíbrio do corpo através de um mecanismo adaptativo. Isso também se aplica a uma simulação em realidade virtual em que os usuários podem se tornar mais resistentes à medida que são expostos a situações que geram um conflito entre os sistemas sensoriais (JERALD, 2016).

Outra hipótese pressupõe que o cérebro tem um modelo mental de quais objetos estão parados e quais estão em movimento. Primeiro, o observador decide qual ponto está parado em um ambiente. Depois, ele julga o movimento de outros objetos em relação ao ponto fixo. As pessoas podem sentir enjoo quando um objeto não se encaixa nesse modelo mental. O enjoo, nesse caso, está intrinsecamente relacionado com o modelo mental do que deveria ser estável (JERALD, 2016).

Foram coletadas algumas diretrizes e recomendações propostas pelo Google VR ([S.d.]) e Oculus VR (2017) para evitar o desconforto gerado em ambientes virtuais, que são listadas abaixo.

Diretrizes propostas pelo Google VR ([S.d.], tradução nossa):

- Sempre mantenha o rastreamento da cabeça do usuário;
- O usuário deve estar no controle do movimento;
- Utilize velocidade constante;
- Coloque o usuário em um ambiente virtual estacionário (como uma cadeira virtual);
- Inclua pontos de referência fixos no ambiente virtual;
- Evite mudanças repentinas no brilho.

Recomendações quanto ao movimento (OCULUS VR, 2017, p. 17, tradução nossa):

- As experiências virtuais mais confortáveis não envolvem o movimento automático do usuário;
- Quando o movimento automático é necessário, as velocidades de movimento mais lentas (nos ritmos de uma caminhada ou corrida) são mais confortáveis;
- Mantenha qualquer forma de aceleração tão curta e infrequente quanto possível;
- Os movimentos do usuário e da câmera nunca devem ser dissociados;
- Não use o movimento da cabeça nos jogos em primeira pessoa;
- As experiências projetadas para minimizar a necessidade de se mover para trás ou para os lados são mais confortáveis;
- Cuidado com imagens que induzem o movimento, como subir ou descer escadas (ou encostas íngremes).

Recomendações quanto à simulação (OCULUS VR, 2017, p. 23, tradução nossa):






- Aceleração: minimize a duração e a frequência das acelerações;
- Grau de controle: não tire o controle do usuário;
- Duração da simulação: permita e incentive os usuários a fazer pausas;
- Altitude: a altura do ponto de vista do usuário (POV) pode ser um fator indireto para o desconforto;
- Disparidade binocular: algumas pessoas acham desconfortável ver imagens estereoscópicas;
- Campo de visão: um campo de visão mais amplo tem maior probabilidade de contribuir para o desconforto;
- Latência: minimize a latência; a queda da cadência (*frame rate*) é desconfortável em realidade virtual;
- Correção de distorção: use os materiais de distorção do *Oculus VR®*;
- Cintilação: não exiba imagens intermitentes ou texturas repetitivas;
- Experiência: a experiência com realidade virtual faz com que o desenvolvedor seja mais resistente ao desconforto.

Sendo assim, é possível perceber que o enjoo em uma simulação está relacionado com a impressão de movimento ou com a tecnologia. Embora o usuário possa se adaptar a essa situação, é importante ter alguns cuidados ao projetar uma experiência em realidade virtual. Os aplicativos que são submetidos na *Oculus Home* (loja virtual da fabricante *Oculus VR®*) passam por uma criteriosa avaliação antes da publicação. Eles são classificados e recebem um selo de conforto, segundo os critérios: confortável, moderado e intenso.

2.6.6 Interação em realidade virtual

Jerald (2016) sistematizou um modelo dos padrões de interação em realidade virtual, que pode ser visualizado no Quadro 2. Um padrão de interação é um modelo conceitual que pode ser aplicado várias vezes em diferentes aplicativos para alcançar as metas de usuário. Os designers de interação devem conhecer e entender bem os padrões de interação, de maneira que tenham uma biblioteca de opções para selecionar a alternativa mais adequada para cada projeto. Os padrões de interação demonstram a relação entre o usuário, o ambiente e os objetos (JERALD, 2016).

Quadro 2 – Padrões de interação em realidade virtual.

 Padrões de Seleção	 Padrões de Manipulação	 Padrões de Controle do Ponto de vista	 Padrões de Controle Indireto	 Padrões Compostos
<ul style="list-style-type: none"> • Padrão de seleção com a mão • Padrão apontador • Padrão de seleção baseado em uma imagem • Padrão de seleção baseado em um volume 	<ul style="list-style-type: none"> • Padrão de manipulação direta com a mão • Padrão <i>proxy</i> • Padrão ferramenta 3D 	<ul style="list-style-type: none"> • Padrão de caminhada • Padrão de controle • Padrão multitoque 3D • Padrão automatizado 	<ul style="list-style-type: none"> • Padrões de <i>widjets</i> e painéis • Padrão de controle não-espacial 	<ul style="list-style-type: none"> • Padrão apontador com a mão • Padrão miniatura do mundo • Padrão multimodal

Fonte: Adaptado de Jerald (2016).

A seleção de objetos virtuais pode ser feita utilizando diferentes técnicas. A primeira é selecionar um objeto com as mãos, simulando uma interação com o mundo real. A segunda é bastante comum em realidade virtual e permite apontar para um objeto conforme os movimentos da cabeça. Essa técnica é utilizada para a seleção de objetos com o *Google Cardboard*®. A terceira consiste em interagir com projeções 2D do ambiente que está sendo visto pelo HMD. A última baseia-se na seleção de objetos por meio de um modelo volumétrico (JERALD, 2016).

A manipulação de objetos refere-se à modificação dos atributos de um ou mais modelos, como posição, orientação, escala, forma, cor e textura. A manipulação geralmente acontece depois da seleção. As técnicas de manipulação são feitas diretamente com as mãos, com um *proxy* ou através de uma ferramenta

3D (JERALD, 2016). No aplicativo em realidade virtual “*Blocks*”, o usuário pode manipular os blocos da cena com as mãos, criando novos objetos, bem como modificando a sua forma e tamanho.

O padrão de controle do ponto de vista permite que o usuário possa navegar de um ponto a outro no ambiente através de diferentes métodos. Um deles consiste em caminhar no mundo físico e os movimentos são traduzidos em deslocamento no mundo virtual. Outra maneira é utilizar um dispositivo de entrada, como um controle analógico ou um volante, para se mover no ambiente virtual. Também é possível navegar com o recurso multitoque 3D que se baseia na movimentação das mãos do usuário. Existe ainda a possibilidade de utilizar um movimento automatizado, alterando passivamente a posição do usuário no ambiente (JERALD, 2016).

É válido destacar a técnica de locomoção conhecida como teletransporte. Esse recurso permite que o usuário possa se locomover no espaço mesmo estando fisicamente parado ou sentado em uma cadeira. O usuário clica em pontos que são espalhados pelo cenário para navegar no ambiente virtual. Um dos principais pontos positivos dessa técnica é que evita o efeito de enjoo causado pelo movimento. O ponto negativo é que o usuário pode perder a referência do espaço quando ele é teletransportado para outro no ambiente (JERALD, 2016).

O padrão de controle indireto permite que sejam feitas alterações por intermédio dos componentes da interface gráfica ou de outros comandos, como fala e gestos. As opções de menu podem ser apresentadas de várias maneiras em um ambiente de realidade virtual: em torno de um anel, dentro de um círculo, próximo aos dedos ou em um cubo de cor. Os menus podem ser ativados e desativados com um clique para não obstruir o campo de visão do usuário (JERALD, 2016).

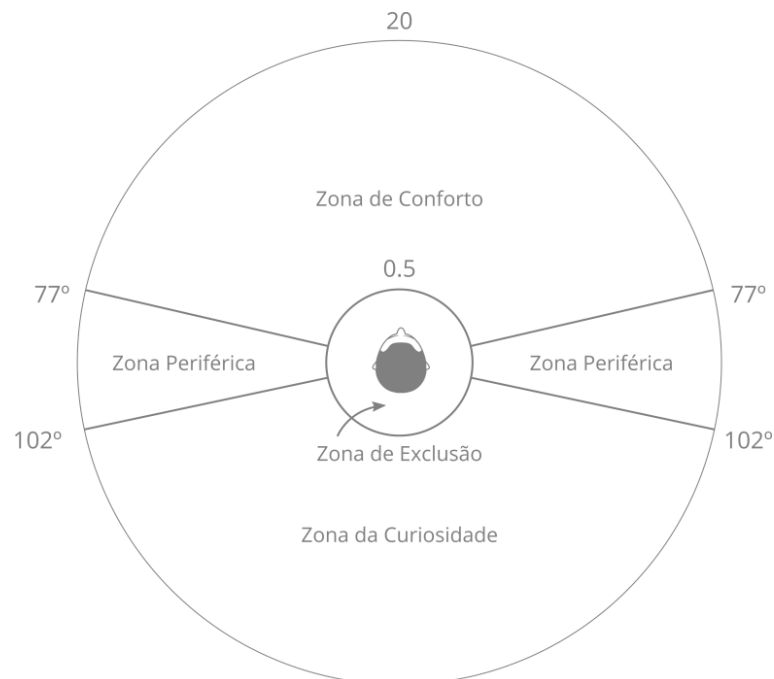
Os padrões compostos combinam dois ou mais dos modelos apresentados. É possível integrar as técnicas de seleção e manipulação de objetos. O usuário aponta para um objeto distante com o movimento da cabeça e manipula o mesmo com o uso das mãos. Outra possibilidade é o mundo em miniatura que oferece uma visão alternativa do ambiente virtual. Os objetos podem ser manipulados diretamente na janela de visualização ou através do visor que mostra a miniatura do mundo. A

opção multimodal combina diferentes modalidades sensoriais e motoras como dispositivos de entrada (JERALD, 2016).

2.6.7 Ergonomia em realidade virtual

Alger (2015) investigou a ergonomia em um ambiente de realidade virtual. Há vários aspectos da ergonomia, como o ângulo de visualização e a distância, que devem ser considerados ao desenvolver um projeto em realidade virtual para garantir que a experiência seja confortável para o usuário. O diagrama proposto por Alger (2015) pode ser visualizado na Figura 22.

Figura 22 – Diagrama proposto por Alger (2015).

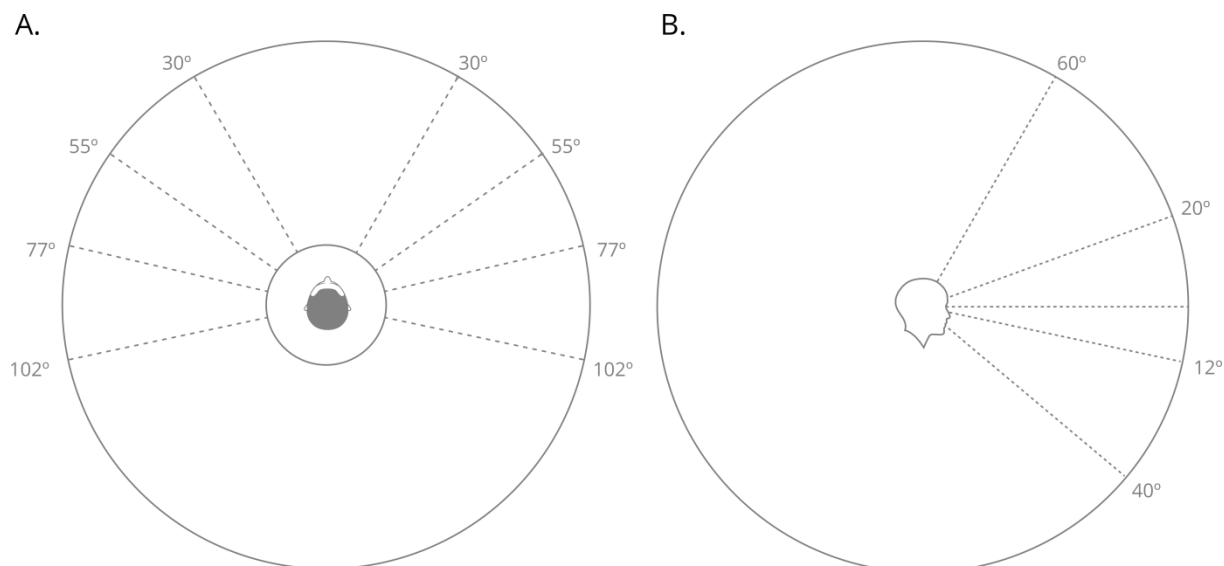


Fonte: Adaptado de Alger (2015, p. 44).

O usuário está posicionado no centro do gráfico, como mostra a Figura 23A. O autor denominou "Zona de Visualização" a área com uma angulação de 0 a 30 graus. Nessa zona, o usuário não precisa fazer um esforço para visualizar o ambiente ao redor. A "Zona de Conforto" é uma área confortável para o usuário visualizar e interagir. De 30 a 55 graus, o usuário não percebe que está movendo a cabeça. De 55 a 77 graus, o usuário precisa rotacionar levemente a cabeça. A "Zona Periférica" abrange de 77 a 102 graus. Os objetos virtuais estão na visão periférica e o usuário precisa rotacionar a cabeça para visualizá-los. A partir de 102 graus, o

autor chamou de "Zona da Curiosidade". Com essa angulação, o usuário deve rotacionar a cabeça e o tronco para visualizar o que está atrás dele.

Figura 23 – A. Ângulo de visualização horizontal; B. Ângulo de visualização vertical.



Fonte: Adaptado de Alger (2015).

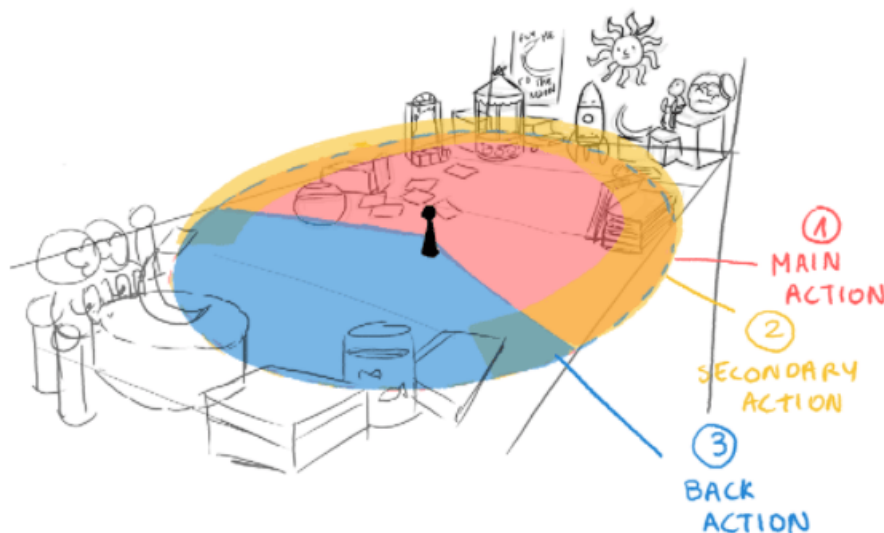
Em relação ao ângulo de visualização vertical (Figura 23B), o autor considera que de 0 a 20 graus e de 0 a 12 graus é uma área confortável para o usuário. De 20 a 60 graus, é a angulação máxima para rotacionar a cabeça para cima. De 12 a 40 graus, é o limite para rotacionar a cabeça para baixo. A partir desse valor, torna-se desconfortável visualizar ou interagir com objetos virtuais nessa área.

Além disso, Alger (2015) analisou a que distância os objetos virtuais devem ser posicionados em relação ao usuário. A distância mínima recomendada para inserir os objetos virtuais é de 0.5 unidades de distância da câmera virtual. É válido ressaltar que o usuário é representado pela câmera em um ambiente virtual. A distância máxima sugerida é de 20 unidades de distância da câmera virtual.

Com base nesses conceitos, é possível definir as áreas mais importantes em uma cena em realidade virtual. A Figura 24 mostra o planejamento de uma animação em realidade virtual. Na cena, foram criadas três camadas: a principal, a secundária e o fundo. Os elementos mais importantes da história, como animações e personagens principais, são colocados na camada principal (indicada pela cor vermelha). As ações secundárias, como músicos tocando na banda, são inseridas

na camada secundária (cor amarela). Finalmente, as ações que não são tão importantes para a história, como elementos decorativos e surpresas especiais, estão na camada de fundo (cor azul) (GOOGLE, 2018).

Figura 24 – Camadas em realidade virtual.



Fonte: Google (2018).

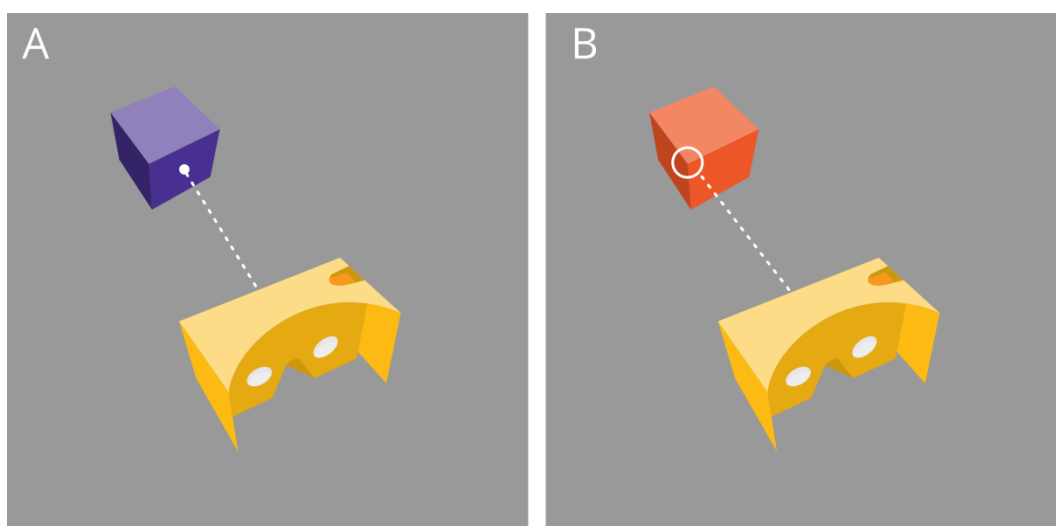
2.6.8 Ambientação em realidade virtual

Uma cena em realidade virtual pode ser criada com o uso de diferentes plataformas, como os editores *Unity 3D*® e *Unreal Engine*®. O desenvolvedor pode utilizar um kit de desenvolvimento de software (*Software Development Kit*, SDK). O SDK já possui todas as funcionalidades necessárias para a criação de uma cena em realidade virtual sem que haja a necessidade de programar. Além disso, existem outras plataformas on-line para a criação de conteúdo em realidade virtual. Uma delas é o *Sketchfab*® que possibilita a importação de modelos 3D e a publicação para realidade virtual e aumentada. A plataforma de vídeos *YouTube*® também tem sido utilizada para a divulgação de vídeos em 360 graus que podem ser visualizados com o *Google Cardboard*®.

A maioria dos SDKs já disponibiliza a câmera virtual com a configuração correta para a criação de uma aplicação em realidade virtual. No caso do *Google Cardboard SDK*, a câmera virtual possui um componente, chamado *raycasting*, que

projeta um raio da câmera para a cena. O raio consegue detectar os objetos que possuem o componente de colisão. Este recurso permite que haja interação física entre os objetos em uma cena. A câmera virtual possui ainda o retículo (*reticle pointer*) que oferece feedback visual do que o usuário está olhando. O retículo apresenta diferentes estados de seleção. O estado padrão (Figura 25A) do retículo mostra um pequeno ponto branco no centro da tela que indica para onde o usuário está olhando. O estado ativado (Figura 25B) mostra quando o usuário localizou um objeto com o qual ele pode interagir (GOOGLE DESIGN, [s. d.]; JERALD, 2016).

Figura 25 – Estados de seleção do retículo: A. Padrão. B. Ativado.



Fonte: Autoria própria (2021).

O áudio espacial é utilizado em um ambiente de realidade virtual. Ele funciona de acordo com a posição do usuário no espaço. Conforme Day (1974), o som é localizável no espaço tridimensional, mesmo que a fonte emissora não esteja visível na cena. A percepção do espaço auditivo ocorre devido à diferença de posição dos dois ouvidos em relação à fonte. Isso resulta em diferenças no tempo, intensidade e distância de fase com que o som atinge cada um dos ouvidos (DAY, 1974). Em um ambiente virtual, o áudio espacial pode ser empregado para atrair a atenção do usuário para um ponto específico no cenário (GOOGLE DESIGN, [s. d.]). Por exemplo, o áudio tem uma função importante na animação em 360 graus “Lost”, criada pela *Oculus Story Studio*® e disponibilizada para os dispositivos da *Oculus*®. O ruído é utilizado para orientar a direção do olhar do usuário no ambiente virtual.

Para Novak (2010), os modelos tridimensionais podem ser obtidos de três formas distintas. Os objetos 3D podem ser criados a partir de desenhos bidimensionais que são utilizados como referência (NOVAK, 2010). Eles também podem ser criados a partir do zero em programas de modelagem específicos, como o *Blender*®, *3DS Max*® ou *Maya*® (NOVAK, 2010). Eles podem ainda ser gerados através de uma imagem digitalizada de modelos tridimensionais reais (NOVAK, 2010). Entretanto, é preciso considerar que a complexidade de um modelo afeta o tempo para renderizar a imagem na tela do dispositivo. Por essa razão é importante simplificar o número de polígonos que é utilizado em uma aplicação para a realidade virtual. Uma prática bastante comum no desenvolvimento de personagens para jogos é a criação de uma escultura 3D extremamente detalhada com milhares de polígonos. Então, é utilizada a técnica de retopologia para otimizar a quantidade de pontos. São geradas texturas do modelo mais detalhado que são aplicadas naquele simplificado. Dessa maneira, é possível criar um objeto com uma baixa quantidade de polígonos, porém com a aparência de algo complexo

Os modelos 3D devem ser mapeados para a criação das texturas que podem ser obtidas por meio da projeção de fotografias ou pinturas feitas em um programa de edição de imagem (NOVAK, 2010). Existem diferentes tipos de mapas de textura. O mapa difuso (*diffuse map*) mostra as cores e texturas na superfície do modelo 3D. O mapa de relevo (*bump map*) cria rugosidades no modelo a partir do contraste das cores preto e branco. O mapa de normal (*normal map*) permite criar a impressão de profundidade de acordo com as normais de um modelo. O mapa especular (*specular map*) cria áreas com brilho na superfície dos modelos.

Igualmente, as animações podem ser criadas em um programa 3D utilizando o método de quadros-chave (*keyframing*) e depois importadas para o projeto (NOVAK, 2010). Outra possibilidade é utilizar a técnica de captura de movimento para animar um modelo (NOVAK, 2010). O desenvolvedor pode utilizar o “*State Machine*” (recurso do editor *Unity 3D*®) para definir o momento em que cada animação do modelo deve ser executada. O personagem, por exemplo, possui vários ciclos: caminhada, corrida, parado, etc. Posteriormente, cada um desses

ciclos pode ser executado via código de programação em um momento específico do jogo.

Essa subseção apresentou os principais conceitos sobre a realidade virtual. Essas definições são fundamentais para compreender como se deve proceder na construção de um artefato digital em realidade virtual. É válido destacar que após o desenvolvimento de uma aplicação utilizando essa tecnologia, é importante realizar sucessivas avaliações para verificar a existência de problemas que possam afetar a interação entre o usuário e o sistema, como pode ser visto na subseção seguinte.

2.7 LISTAS DE VERIFICAÇÃO OU *CHECKLIST*

Uma forma de inspecionar ou verificar os problemas em uma interface é por meio das listas de verificação (ou *checklists*). De acordo com Sobral (2019), o *checklist* é uma ferramenta que permite identificar uma variedade de pequenos problemas de usabilidade em uma interface. Quando bem elaboradas, as listas de verificação podem trazer resultados uniformes e abrangentes. Elas devem apresentar um conteúdo organizado e pertinente para as avaliações, contendo as próprias questões e, se necessário, outros elementos explicativos, como notas, exemplos ou glossários (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010).

O *checklist* surgiu como uma ferramenta para garantir a segurança no trabalho. Em 1934, o exército dos EUA estava na fase final de avaliação de aeronaves. Houve um acidente e uma das aeronaves parou de funcionar após a decolagem. Depois de uma investigação, descobriu-se que a causa do acidente foi um erro de pilotagem. O copiloto havia se esquecido de liberar a trava do elevador antes da decolagem (VAZQUEZ; SIMÕES, 2016).

Por essa razão, os pilotos se uniram para criar quatro listas que deveriam ser verificadas durante a decolagem, o voo, antes do pouso e após o desembarque. Os pilotos perceberam que o sistema de aviação é bastante complexo para a memória de um ser humano. Assim, as listas de verificação podiam garantir que o piloto e copiloto se lembrassem de realizar todos os procedimentos para um voo seguro. As mesmas passaram, então, a ser utilizadas em outros contextos além da aviação,

como na engenharia de software para a verificação e validação de requisitos (VAZQUEZ; SIMÕES, 2016).

O *checklist* pode ser criado em uma tabela com quatro colunas, como mostra o exemplo no Quadro 3. Na primeira, são mostrados os números dos itens da lista. Na segunda, são apresentados os itens a serem verificados na forma de perguntas ou assertivas. Nas últimas, são preenchidas com sim ou não (VAZQUEZ; SIMÕES, 2016).

Quadro 3 – Trecho de um *checklist* de segurança doméstica para a detecção do risco de queda.

Limpeza da casa			
1	Você enxuga o chão assim que vê que ele está molhado?	sim	não
2	Você mantém o assoalho e as escadas limpos e sem objetos espalhados?	sim	não
3	Você guarda livros, revistas, artigos de costura e outros objetos assim que acabou de usá-los e nunca os deixa no chão e nas escadas?	sim	não
4	Você costuma guardar os itens que mais usa em prateleiras fáceis de alcançar?	sim	não

Fonte: Herdman (2002, p. 508).

Com isso, a equipe pode identificar, de forma objetiva, o que foi feito ou não em um projeto. Um ponto positivo das listas de verificação é que elas são facilmente delegáveis e podem ser executadas por qualquer membro da equipe. Caso contrário, o trabalho iria depender da experiência e dos critérios adotados pelos responsáveis pela etapa de verificação, o que poderia resultar em uma falta de padronização (VAZQUEZ; SIMÕES, 2016).

De acordo com Cybis, Betiol e Faust (2010, p. 216), as vantagens de uma avaliação realizada por meio de listas de verificação são:

- i. Fornecer conhecimento ergonômico (embutido nas questões e nas notas explicativas) sobre os aspectos a avaliar;
- ii. Sistematizar as avaliações em se tratando de qualidades a inspecionar;
- iii. Sistematizar as avaliações em se tratando de abrangência de componentes a inspecionar;
- iv. Reduzir a subjetividade normalmente associada a processos de avaliação;
- v. Reduzir os custos da avaliação, pois é um método que não demanda pessoal especializado.

O *checklist* é um método que pode ser utilizado para a inspeção ou avaliação de um software. A avaliação por meio de *checklist* pode ser uma ferramenta adequada para a verificação de uma interface pelos usuários seniores. Os idosos podem indicar por meio de uma lista o que foi possível incluir em um sistema, bem como aquilo que foi negligenciado. Assim, os resultados obtidos com a aplicação dessa ferramenta podem apontar quais foram os acertos e as falhas na visão dos usuários mais velhos.

3 METODOLOGIA

Nessa seção, são descritos: caracterização da pesquisa, seleção dos participantes, ética em pesquisa, etapas da pesquisa e protocolo de pesquisa.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Essa pesquisa foi caracterizada como um estudo do tipo *design science research*. Trata-se de um método de pesquisa orientado para a solução de problemas que visa, a partir do entendimento do problema, construir e avaliar artefatos que permitam transformar uma situação, alterando suas condições para estados melhores ou desejáveis. Portanto, não se trata de encontrar uma solução ótima para o problema, mas sim, satisfatória (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

O artefato pode ser definido como algo artificial, ou seja, algo que foi concebido pelas mãos do homem. Os artefatos podem ser de vários tipos: constructos, modelos, métodos, instanciações e *design propositions*. Os constructos são conceitos utilizados para descrever os problemas dentro do domínio e especificar as suas soluções. Os modelos são um conjunto de proposições ou declarações que expressam as relações entre os constructos. Os métodos descrevem um conjunto de passos necessários para desempenhar uma tarefa. As instanciações informam como os artefatos devem ser implementados e utilizados e os seus possíveis resultados no ambiente real. O *design propositions* é um modelo genérico que pode ser utilizado para o desenvolvimento de soluções para uma determinada classe de problemas (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015, p. 104) definem classe de problemas: “[...] como a organização de um conjunto de problemas práticos ou teóricos que contenha artefatos úteis para a ação nas organizações”. Uma característica importante da metodologia *design science research* é a geração de conhecimento para a solução de uma classe de problemas. Desse modo, outros

pesquisadores e organizações podem fazer uso do conhecimento gerado com a pesquisa para a solução de problemas similares.

3.2 SELEÇÃO DOS PARTICIPANTES

Na seleção dos participantes, três grupos de participantes colaboraram com a coleta de dados em momentos distintos da pesquisa: um grupo focal exploratório para auxiliar na atividade de *card sorting*; um grupo focal confirmatório para validar a ferramenta proposta; também estava prevista uma avaliação com os participantes seniores.

Primeiramente, foi realizado um grupo focal exploratório (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015) com participantes que não eram idosos para auxiliar na sistematização das diretrizes. O principal objetivo do grupo focal exploratório é obter informações que possam ser utilizadas para propor melhorias na criação do artefato (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). Durante a sessão, foi aplicada a técnica de arranjo de cartas, ou *card sorting*, para organizar as diretrizes coletadas em categorias. Trata-se de uma técnica de concepção para organização da informação (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010). É importante que essa etapa seja realizada por um grupo de participantes para evitar o enviesamento dos dados da pesquisa. A partir da sistematização das diretrizes, foi proposto um *checklist* para orientar o desenvolvimento e avaliação do artefato.

Os critérios de inclusão dos participantes no *card sorting* foram:

- a)** Estar vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Design pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- b)** Assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A, p.214).

Após a proposição do *checklist*, foi feito um grupo focal confirmatório (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015) com dois participantes que não eram idosos com o intuito de validar a utilidade da ferramenta. Nessa etapa, foi aplicada a entrevista semiestruturada (Apêndice F, p. 222). Para Unger e Chandler (2009), ela se inicia com uma lista de perguntas, mas permite que a conversa entre o

pesquisador e o participante siga um ritmo natural. Portanto, são feitas perguntas para explorar comentários interessantes (chamado de sondagem) (UNGER; CHANDLER, 2009). Os participantes devem ter formação acadêmica nas áreas envolvidas na temática dessa pesquisa. Após a entrevista, foram feitas alterações no *checklist* para adequá-lo às suas respostas.

Os critérios de inclusão dos participantes para a entrevista semiestruturada foram:

- a) Ter experiência acadêmica e/ou profissional nas áreas desse estudo: reabilitação, envelhecimento humano e design.
- b) Assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B, p. 216).

Por fim, pretendeu-se realizar uma avaliação com um grupo de pessoas com mais de 60 anos. Os idosos fazem parte do projeto de extensão Unidade de Inclusão Digital do Idoso (UNIDI) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), onde são oferecidas atividades que promovem a inclusão digital dos idosos. Conforme uma das coordenadoras do projeto, a média de idade dos participantes em abril de 2021 é de 72 anos. Eles deveriam utilizar o artefato na prática e depois responder a um questionário para avaliá-lo.

Os critérios de inclusão dos participantes idosos na pesquisa foram:

- a) Ter 60 anos ou mais;
- b) Não possuir baixa visão;
- c) Não ser suscetível ao enjoo em veículos, como em viagens de carro;
- d) Assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice C, p. 218).

3.2.1 Ética em Pesquisa

A pesquisa foi submetida para a avaliação pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP). Após a aprovação do CEP, as pessoas foram convidadas a participar de

forma voluntária na pesquisa. Os participantes assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), vide Apêndices A (p. 214), B (p. 216) e C (p. 218). Os responsáveis pelo Laboratório de Virtual Design (ViD) e pelo UNIDI também assinaram o Termo de Anuência, vide Apêndices D (p. 220) e E (p. 221), em que autorizaram a realização da pesquisa em suas dependências.

Foram realizados os seguintes procedimentos: **a)** *card sorting* para a sistematização de diretrizes, recomendações e princípios de design para a reabilitação virtual; **b)** entrevista semiestruturada para a validação do *checklist*; **c)** observação e questionário com o grupo de participantes seniores para a avaliação do jogo digital.

O benefício direto dos participantes nesse estudo consistiu na geração de conhecimento que auxiliou no desenvolvimento de um jogo digital em realidade virtual. A ferramenta pode contribuir indiretamente no treinamento do equilíbrio e no bem-estar do público sênior.

Os riscos ao participar da pesquisa foram constrangimentos (*card sorting* e entrevista), enjoo ou desconforto (avaliação do jogo digital). Os pesquisadores objetivaram manter o mínimo de riscos possíveis. Para tanto, foram previstas as seguintes medidas por parte dos pesquisadores: **a)** assegura-se o sigilo acerca da identidade e das imagens do participante; **b)** não haverá custos na participação; **c)** os dados coletados serão confidenciais e usados apenas para fins de pesquisa com publicação em relatório e em artigos relacionados; **d)** a participação na pesquisa é facultativa, podendo-se retirar o consentimento ou desistir da atividade quando desejado; **e)** o participante recebe uma via do termo de consentimento assinado como garantia legal.

Durante a utilização do jogo digital em realidade virtual, foram previstas as seguintes medidas: **a)** os voluntários da pesquisa utilizarão os óculos de realidade virtual sentados em uma cadeira; **b)** a atividade será supervisionada pela pesquisadora responsável; **c)** Se caso for ocasionado algum enjoo ou desconforto no participante, o mesmo poderá suspender o uso do equipamento imediatamente.

Lembrando que a recusa do participante não resultará em nenhum prejuízo em relação aos pesquisadores responsáveis e sua instituição. A sua participação na pesquisa não acarretará em quaisquer ônus financeiro. Eventuais despesas de participação com meio de transporte serão custeadas ou ressarcidas pelos pesquisadores. A fim de preservar a privacidade dos participantes, serão adotados códigos alfanuméricos para identificá-los nos registros e, quando necessário, em publicações.

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

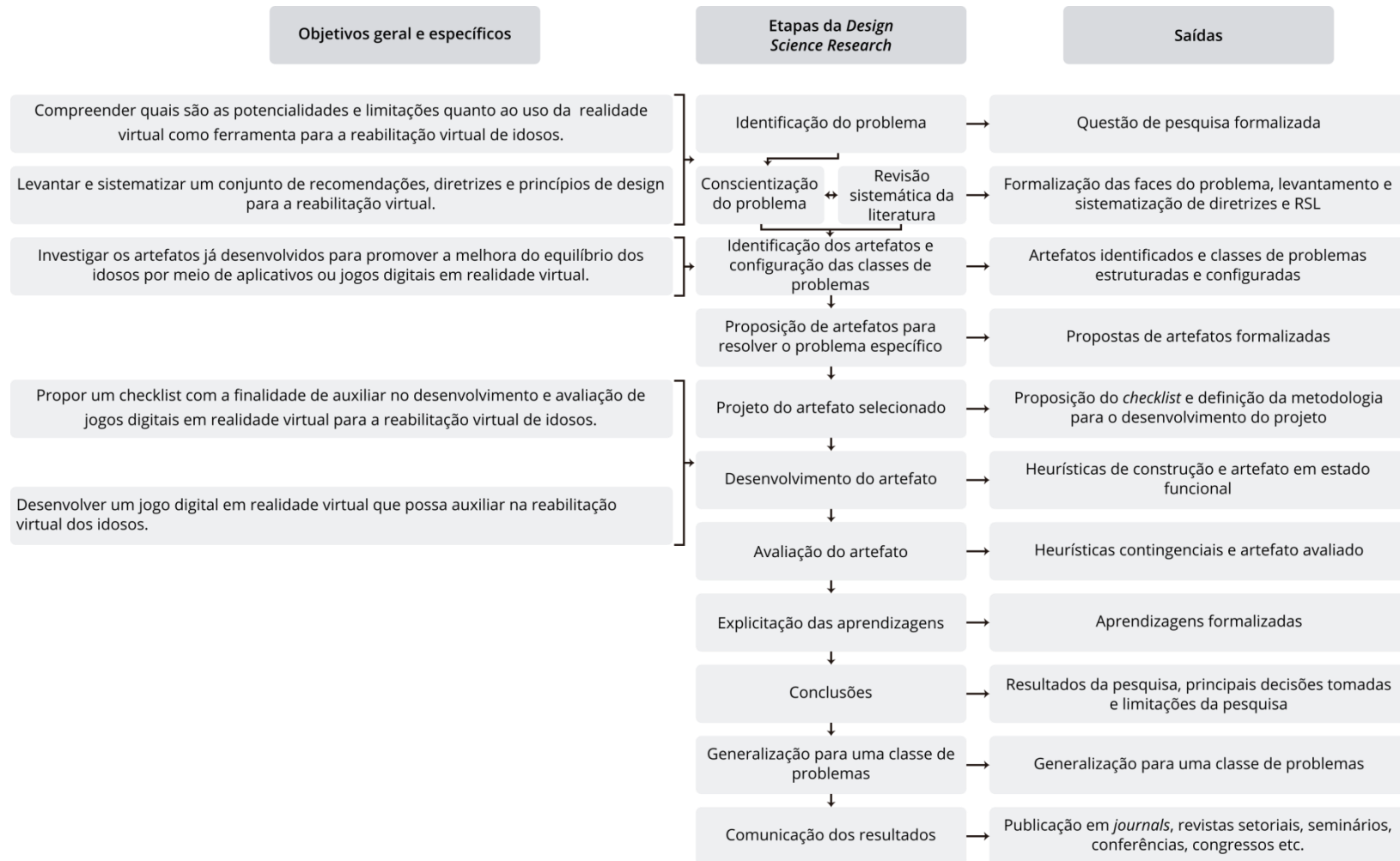
A metodologia *design science research* é composta por 12 passos. (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). Essas etapas foram adotadas para o delineamento da presente pesquisa (Figura 26) e são discutidas em maior profundidade nas subseções a seguir.

3.3.1 Identificação do problema

Nessa etapa, o pesquisador deve identificar o problema e justificar a relevância da sua pesquisa. O propósito é compreender o problema de forma clara e objetiva (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). Na *design science research*, é utilizado o termo “saída” para se referir aos resultados esperados em cada uma das etapas da metodologia. A saída dessa etapa foi o problema de pesquisa formalizado.

A partir da contextualização (item 1.1, p. 19), foi possível identificar a necessidade de aprofundar o tema investigado. Assim, pôde-se formular o problema de pesquisa (item 1.3, p. 28): “Como os jogos digitais em realidade virtual utilizados na reabilitação virtual de idosos podem ser desenvolvidos e avaliados, visando atender aos critérios de terapia, motivação, interação e segurança?”. A justificativa (item 1.6, p. 29) mostra a relevância da pesquisa no âmbito acadêmico, social e tecnológico.

Figura 26 – Etapas da pesquisa.



Fonte: Adaptado de Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015, p. 125).

3.3.1 Conscientização do problema

Aqui, o pesquisador deve buscar o máximo de informações possíveis com o objetivo de compreender as facetas do problema, causas e contexto. Além disso, é necessário identificar e formalizar os requisitos necessários para que o artefato seja capaz de solucionar o problema de pesquisa (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). As saídas dessa etapa foram a formalização das faces do problema, bem como o levantamento e sistematização das diretrizes para a reabilitação virtual de idosos.

Foi elaborado um mapa mental para compreender o contexto no qual o problema está inserido. O mapa mental foi criado com o auxílio da ferramenta GoConqr⁷ e pode ser visualizado na Figura 27.

Nessa etapa da pesquisa, também foi feito o levantamento e sistematização de diretrizes para a reabilitação virtual de idosos. O levantamento bibliográfico teve como objetivo identificar quais diretrizes, recomendações ou princípios de design podem ser aplicados para a reabilitação virtual do público sênior. Desse modo, foi selecionado um conjunto de diretrizes que foi utilizado na atividade *de card sorting*.

Durante a sessão de *card sorting*, o pesquisador escreve cada item de informação, que, nesse caso, são as diretrizes, em fichas de papel e espalha aleatoriamente sobre a mesa. É solicitado que cada participante organize as fichas em grupos conforme ele julgue conveniente (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010). Unger e Chandler (2009) recomendam trabalhar com um número de 40 a 60 itens.

⁷ Disponível em: <<https://www.goconqr.com/pt-BR/>>. Acesso em: 20 set. 2018.

Existem duas possibilidades – o *card sorting* aberto e fechado (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010). No aberto, o participante deve fazer associações entre as cartas e nomear cada pilha de cartões. No fechado, são criados grupos previamente e os participantes devem organizar as cartas de acordo com as categorias disponíveis. Há, ainda, o remoto, o qual a sessão é feita remotamente em meio eletrônico (UNGER; CHANDLER, 2009).

Nessa pesquisa, foi aplicado o *card sorting* fechado. Foram criadas algumas categorias iniciais com base em revisão bibliográfica. Os grupos selecionados para a realização da atividade foram: terapia, motivação, interação e segurança.

Na categoria “Terapia”, Ramírez-Fernández *et al.* (2014) propuseram um conjunto de princípios de design para ambientes de reabilitação hapto-virtuais. Um desses princípios está relacionado à eficiência terapêutica, o qual determina fatores como acessibilidade aos dados do paciente, adaptação da terapia, entre outros.

Na categoria “Motivação”, Badia *et al.* (2016) sugerem que os elementos dos jogos podem melhorar a motivação dos usuários. Embora não haja um consenso sobre quais elementos são necessários em um jogo, algumas características que têm sido indicadas como importantes são: diversão, fluxo, metas, feedback, equilíbrio de jogo, ritmo, escolhas interessantes, estrutura narrativa, entre outras.

Na categoria “Interação”, é importante atender às questões de acessibilidade e de usabilidade para que os idosos possam fazer uso do artefato com facilidade. Para tanto, deve-se levar em consideração alguns aspectos, como: contraste de cor, fonte, tamanho dos botões, animações, etc.

Na categoria “Segurança”, Ramírez-Fernández *et al.* (2014) também propuseram um princípio referente à segurança do paciente. Nele, deve-se considerar o alcance do movimento e da força máxima da mão para que não haja esforço excessivo. E, em caso de falha, deve-se parar a comunicação com o dispositivo em tempo apropriado.

Foi solicitado aos participantes que classificassem o conjunto de diretrizes conforme os grupos já criados pelos pesquisadores. A sessão teve uma duração de aproximadamente 60 minutos. A atividade foi realizada com cinco participantes em momentos diferentes no Laboratório Virtual Design (ViD), vinculado ao Programa de

Pós-Graduação em Design (PGDESIGN) da UFRGS. As pessoas foram convidadas a participar da sessão por e-mail e pessoalmente. O modelo da carta convite pode ser visualizado no Apêndice G (p. 223). Os e-mails foram obtidos na lista de alunos e professores do PGDESIGN da UFRGS.

No cartão (Figura 28), foi apresentado o número de cada diretriz para facilitar a sua identificação e a descrição da mesma. Há um espaço em branco para o participante escrever a qual grupo a diretriz poderia pertencer. O participante deve indicar qual a relação da diretriz com o grupo selecionado, que pode ser forte, moderada ou fraca.

Figura 28 – Modelo do cartão para a atividade de *card sorting*.

1
Ofereça recursos ajustáveis.

Grupo: _____

Indique qual a relação da diretriz com o grupo selecionado.

Fraca Moderada Forte

Fonte: Autoria própria (2021).

A análise de dados pode ser simples, se houver uniformidade na resposta dos participantes. Para tanto, é preciso registrar a composição através de fotos ou anotações. Entretanto, muitas vezes, torna-se necessário realizar uma análise estatística para agrupar os itens de informações conforme as respostas dos participantes (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010). Segundo recomenda Righi *et al.* (2013), a análise estatística foi feita por meio da análise de agrupamentos (ou análise de *clusters*), da matriz de similaridade e do dendrograma. O dendrograma é um gráfico que indica o nível de similaridade entre os casos (VIANA, 2011). Os softwares utilizados foram o *Microsoft Excel®* e o *SPSS 18®*.

3.3.2 Revisão sistemática de literatura (RSL)

Nessa fase, o pesquisador faz uma RSL com o objetivo de consultar outros estudos com foco no mesmo problema ou problemas similares aos dele. A RSL oferece *insights* e o conhecimento necessário para a solução do problema (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). A saída dessa etapa foi o conhecimento adquirido com a RSL.

O método utilizado para a condução da RSL, bem como os resultados alcançados podem ser encontrados no capítulo 4 da pesquisa. Com base nesses estudos, foi possível identificar como os jogos digitais para a reabilitação virtual podem ser desenvolvidos e avaliados. A RSL possibilitou ainda encontrar as lacunas que direcionaram o foco da pesquisa. Primeiramente, foram encontrados apenas três estudos (CRESPO *et al.*, 2016; LEVY *et al.*, 2016; STANAITIS *et al.*, 2016) que utilizaram os HMDs atuais com fins terapêuticos. Em segundo lugar, não foi encontrada uma ferramenta, como um *checklist*, que possa auxiliar nas etapas de desenvolvimento e avaliação do artefato. Assim, pôde-se perceber que existe a necessidade em ampliar as investigações a fim de aprofundar a discussão sobre o tema da pesquisa.

3.3.3 Identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas

De acordo com Drech, Lacerda e Antunes Júnior (2015), a RSL auxilia o pesquisador a identificar, caso existam, artefatos e classes de problemas relacionados ao que ele está tentando resolver. Entretanto, o pesquisador pode se deparar com um artefato pronto e ideal, o que poderia inviabilizar o prosseguimento da pesquisa, a menos que se desenvolva um novo artefato com melhores soluções do que os existentes. A saída nessa etapa foi a identificação dos artefatos, assim como a configuração das classes de problemas.

No Quadro 4, são resumidos os artefatos identificados na revisão sistemática de literatura. Conforme se pode observar, foram encontrados 14 artefatos que visam à reabilitação virtual dos idosos: 3 artefatos utilizam os HMDs atuais; 6 artefatos foram desenvolvidos para o sensor de movimento *Microsoft Kinect®*; 2 artefatos podem ser utilizados com um sensor vestível; 3 artefatos fazem uso de outras

tecnologias. Convém destacar que, além dos artefatos identificados na RSL, foi incluída na lista a plataforma comercial *BRU*® que permite o treinamento e avaliação do equilíbrio.

Quadro 4 – Identificação dos artefatos.

Ano	Autor(es)	Artefato
2017	Bruun-Pedersen	Ambiente virtual associado ao equipamento <i>Manuped</i> ®
2017	Konstantinidis, Bamparopouloa e Bamidis	Jogos sério para web, <i>smartTV</i> e dispositivos móveis
2017	Lunardini <i>et al.</i>	Jogos digitais utilizados com um sensor vestível
2016	Amritha <i>et al.</i>	Jogos digitais utilizados com uma plataforma de força
2016	Ayed <i>et al.</i>	Jogos digitais para o sensor de movimento <i>Microsoft Kinect</i> ®
2016	Brox <i>et al.</i>	Exergames para o sensor de movimento <i>Microsoft Kinect</i> ®
2016	Crespo <i>et al.</i>	Simulação para o <i>Google Cardboard</i> ® e sensor vestível
2016	Levy <i>et al.</i>	Ambiente virtual para o <i>V8 Head Mount Display</i> ®
2016	Stanaitis <i>et al.</i>	Aplicativo para o <i>Oculus Rift</i> ®
2015	Garrote <i>et al.</i>	Plataforma utilizada com o sensor de movimento <i>Microsoft Kinect</i> ®
2015	Gschwind <i>et al.</i>	Jogos digitais para o sensor de movimento <i>Microsoft Kinect</i> ® que é conectado a um computador e a uma <i>smartTV</i>
2015	Vieira <i>et al.</i>	Sistema composto por um jogo digital, sensor vestível e aplicativo para <i>smartphone</i>
2014	Hsieh <i>et al.</i>	Jogos digitais para o sensor de movimento <i>Microsoft Kinect</i> ®
2014	Madeira, Costa e Postolache	Jogo digital para o sensor de movimento <i>Microsoft Kinect</i> ®
	<i>Medicaa Balance Suite</i> ®	Plataforma comercial <i>BRU</i> ®

Fonte: Autoria própria (2021).

No Quadro 5, é mostrada a configuração das classes de problemas, que foi elaborado de acordo com o modelo apresentado por Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015). Foi utilizada uma legenda para indicar os principais problemas verificados nos artefatos. O símbolo representado por um quadrado demonstra que o artefato tem como objetivo melhorar a capacidade funcional dos idosos, no entanto, não trata especificamente do treinamento do equilíbrio. O triângulo mostra que o artefato não utiliza a realidade virtual imersiva, ou seja, são utilizados outros equipamentos, como o sensor de movimento *Microsoft Kinect*®. O círculo descreve outro problema observado.

Nesse sentido, não foi encontrado um artefato que atenda plenamente às necessidades para resolver o problema de pesquisa. Percebe-se que uma solução satisfatória para o problema seria um jogo digital em realidade virtual que possa auxiliar na reabilitação virtual, com o uso de uma tecnologia acessível e de baixo

custo, que os usuários seniores se sintam motivados para utilizá-lo de maneira segura e independente.

Quadro 5 – Configuração das classes de problemas.

Artefatos	Problema	
Bruun-Pedersen	■ ▲	
Konstantinidis, Bamparopouloa e Bamidis	■ ▲	
Lunardini <i>et al.</i>	▲	
Amritha <i>et al.</i>	▲ ●	É instalado em clínicas ou centros de reabilitação; Altura da plataforma
Ayed <i>et al.</i>	▲ ●	Difícil instalação e configuração para um idoso
Brox <i>et al.</i>	▲ ●	Difícil instalação e configuração para um idoso
Crespo <i>et al.</i>	■ ●	Utiliza um sensor nos braços
Levy <i>et al.</i>	●	Trata apenas do medo de cair
Stanaitis <i>et al.</i>	●	Permite apenas a avaliação da função vestibular periférica
Garrote <i>et al.</i>	▲ ●	Difícil instalação e configuração para um idoso
Gschwind <i>et al.</i>	▲ ●	Difícil instalação e configuração para um idoso
Vieira <i>et al.</i>	▲	
Hsieh <i>et al.</i>	▲ ●	Difícil instalação e configuração para um idoso
Madeira, Costa e Postolache	▲ ●	Difícil instalação e configuração para um idoso
Plataforma comercial BRU®	●	É instalada em clínicas ou centros de reabilitação
Legenda		
■ Não trata especificamente do treinamento do equilíbrio		
▲ Não utiliza a realidade virtual imersiva		
● Outro		

Fonte: Autoria própria (2021).

3.3.4 Proposição de artefatos para resolver o problema específico

Após a identificação dos artefatos e configuração da classe de problemas, o pesquisador busca encontrar soluções satisfatórias para a questão. Trata-se de uma etapa essencialmente criativa, em que se podem utilizar diferentes ferramentas para

a geração de ideias para o projeto. A intenção nessa etapa é gerar soluções que possam alterar e melhorar a situação atual (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). A saída foi a proposta de artefatos formalizada.

O Quadro 6 foi elaborado conforme a proposta de Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015). Nele, são mostradas as alternativas geradas para solucionar o problema da pesquisa. É apresentada uma breve justificativa que mostra por que essa alternativa traz resultados melhores do que os encontrados até o momento. Igualmente, é feita uma análise dos prós e contras para cada alternativa a fim de auxiliar na escolha do artefato a ser desenvolvido.

Quadro 6 – Proposição de artefatos para resolver o problema específico.

Artefato proposto	Justificativa	Prós	Contras
Jogo digital com o sensor <i>Kinect</i> ®	O dispositivo possibilita a realização dos exercícios para os olhos, cabeça e corpo.	Rastreamento do corpo inteiro; motivação; avaliação do equilíbrio.	Exige configuração avançada; difícil instalação e configuração para um idoso; esforço físico.
Jogo digital em realidade virtual para o <i>Oculus Rift</i> ®	Possibilita a realização dos exercícios para os olhos e cabeça.	Alta imersão; motivação.	Alto custo; deve ser executado com os computadores <i>desktop</i> ; exige configuração avançada; difícil instalação e configuração para um idoso.
Jogo digital em realidade virtual para o <i>Gear VR</i> ®	Possibilita a realização dos exercícios para os olhos e cabeça.	O dispositivo é mais ergonômico; possui ajuste de foco; motivação.	Necessita que o usuário tenha um <i>smartphone</i> da marca <i>Samsung</i> ®.
Jogo digital em realidade virtual para o <i>Google Cardboard</i> ®	Possibilita a realização dos exercícios para os olhos e cabeça.	Baixo custo; pode ser utilizado com qualquer <i>smartphone</i> que possua sensores; motivação.	O usuário precisa segurar o HMD com as mãos; higienização.

Fonte: Autoria própria (2021).

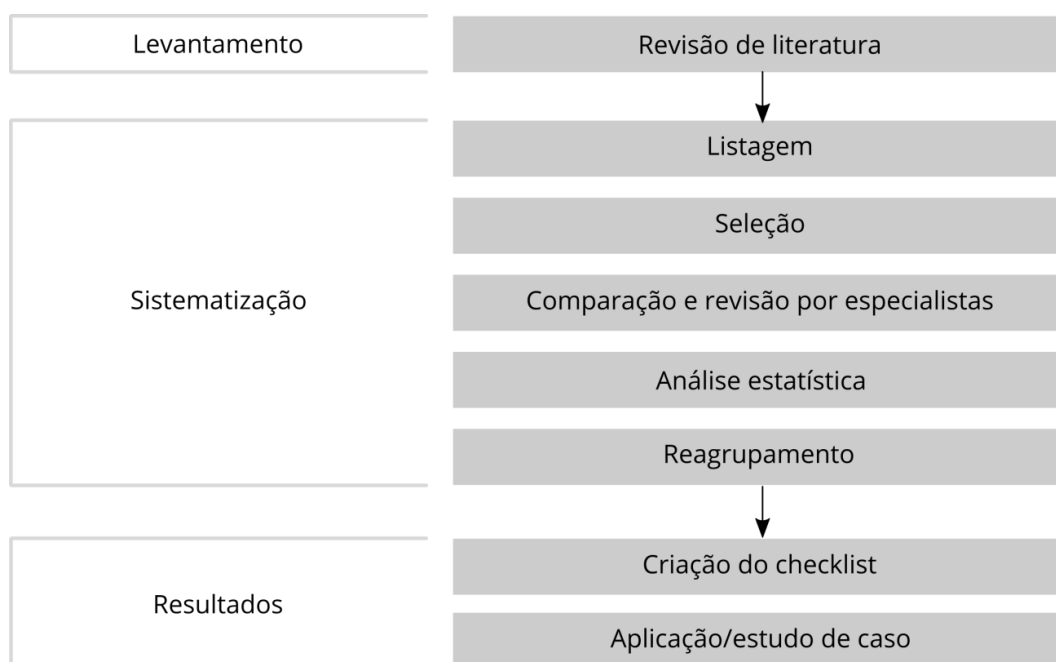
Desse modo, a escolha do *Google Cardboard*® justifica-se por ser um dispositivo de baixo custo que funciona com qualquer celular, diferente de outros óculos de realidade virtual, como o *Samsung Gear VR*®, que necessitam o uso de modelos específicos da marca *Samsung*®. Assim, o público-alvo desse projeto pode adquirir um *Google Cardboard*® com facilidade e utilizá-lo com o seu próprio celular para fazer os exercícios em casa.

3.3.5 Projeto do artefato selecionado

Nessa etapa, o pesquisador avalia as soluções formalizadas na etapa anterior e decide qual é a proposta mais satisfatória para a solução do problema. Então, ele inicia o projeto do artefato selecionado. É importante que todos os procedimentos para a construção e avaliação sejam descritos e que seja informado qual é o desempenho esperado com o artefato (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). As saídas foram a proposição do *checklist* e a definição da metodologia que norteou o desenvolvimento do artefato.

A proposição do *checklist* foi conduzida conforme os procedimentos apresentados por Ji *et al.* (2006). Os autores propuseram um modelo (Figura 29) para a criação de um *checklist* a partir do levantamento e sistematização de princípios de usabilidade para telefones celulares.

Figura 29 – Modelo proposto por Ji *et al.* (2006).



Fonte: Adaptado de Ji *et al.* (2006, p. 211) e Pechansky (2011, p. 46).

O modelo de Ji *et al.* (2006) iniciou com um levantamento bibliográfico com a finalidade de encontrar princípios que possam ser aplicados em um *checklist*. Os princípios foram classificados segundo alguns critérios definidos previamente pelos próprios pesquisadores. Foram utilizadas técnicas estatísticas para comparar e

agrupar os princípios em conjuntos. Posteriormente, os autores elaboraram um *checklist* tendo como base os princípios de usabilidade. Por fim, foi feito um estudo de caso com três modelos diferentes de celulares a fim de validar a ferramenta proposta (JI *et al.*, 2006; PECHANSKY, 2011).

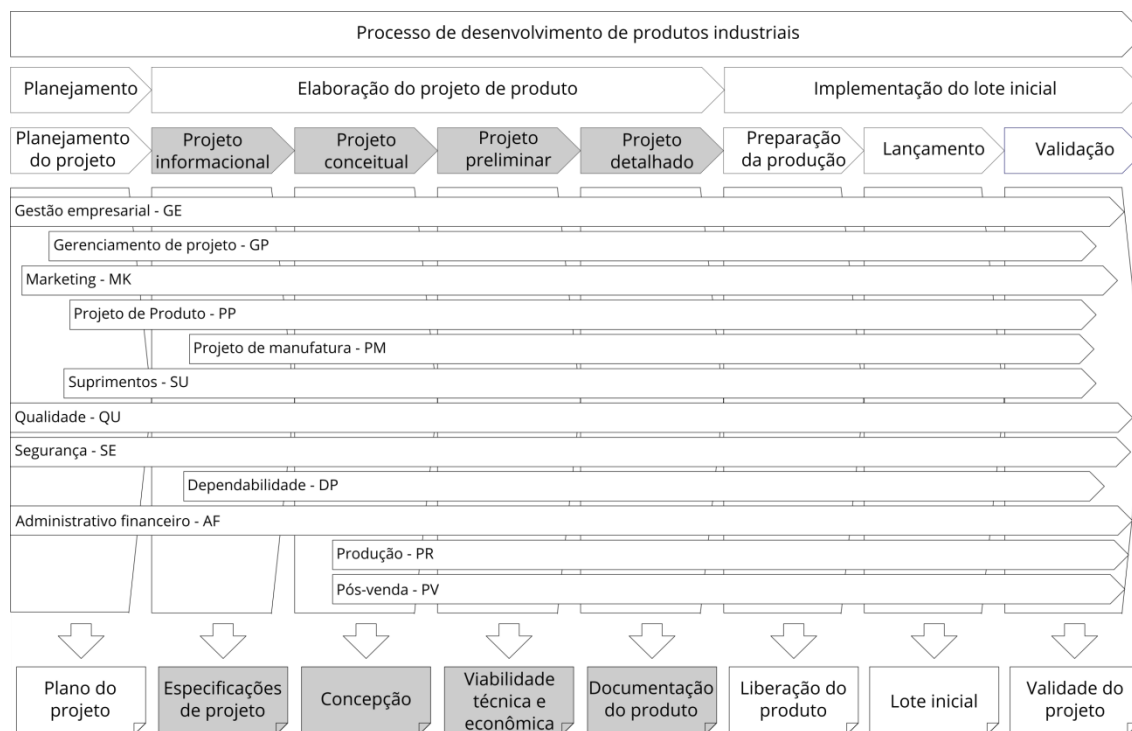
Nessa pesquisa, foi feita uma revisão de literatura para levantar diretrizes, recomendações e princípios de design para a reabilitação virtual de idosos. Posteriormente, foi realizada a atividade de *card sorting* para classificar as diretrizes levantadas em quatro grupos. Os dados do *card sorting* foram submetidos para a análise estatística por meio da análise de *cluster*, matriz de similaridade e dendrograma. A partir dos resultados obtidos, foi proposto o *checklist* para a reabilitação virtual dos idosos, contendo itens organizados nos quatro grupos: terapia, motivação, interação e segurança.

Após a elaboração do *checklist*, foi realizada uma validação com dois participantes nas áreas desse estudo. Os mesmos foram selecionados conforme a sua experiência de atuação acadêmica e/ou profissional nesses campos. A sessão teve duração de aproximadamente 30 minutos. As pessoas foram convidadas a participar na pesquisa por e-mail (Apêndice G, p. 223). Os e-mails foram obtidos na lista de alunos e professores do PGDESIGN da UFRGS. Também foi solicitado que a coordenadora do UNIDI encaminhasse o convite para os professores do projeto de extensão e, no caso de interesse do participante, o mesmo poderia entrar em contato com os pesquisadores. Colocou-se à disposição para ir até o local de preferência do participante e, se não fosse possível, a entrevista poderia ser realizada no Laboratório de Virtual Design (ViD) da UFRGS. Os participantes responderam algumas questões para validar o *checklist* e conforme as sugestões foram feitas alterações no modelo proposto. Nos Apêndices I (p. 232) e J (p. 233), é mostrada, respectivamente, a transcrição da entrevista com os participantes A e B.

A metodologia para a construção do artefato foi baseada no modelo apresentado por Back *et al.* (2008). Essa metodologia também foi combinada com outros métodos e ferramentas propostos por Baxter (2011) e Cybis, Betiol e Faust (2010).

O modelo de Back *et al.* (2008) é chamado de Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos (PRODIP) e compreende três macro-fases: planejamento, elaboração do projeto do produto e implementação do lote, ilustrado na Figura 30.

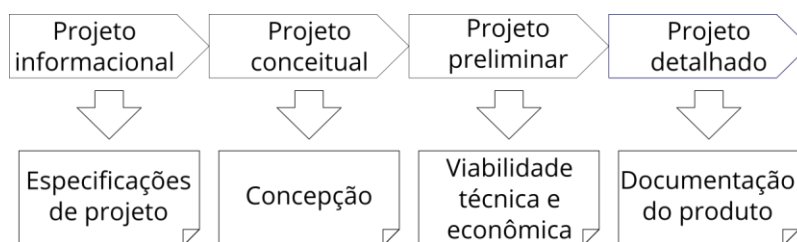
Figura 30 – Processo de Desenvolvimento Integrado de Produtos.



Fonte: Adaptado de Back *et al.* (2008, p. 70).

Tendo em vista que o objetivo principal dessa tese foi propor o desenvolvimento de um produto digital, foi dada maior atenção a segunda macro-fase do método que é composta por quatro etapas (Figura 31): projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado.

Figura 31 – Elaboração do projeto de produto.



Fonte: Adaptado de Back *et al.* (2008, p. 70).

No projeto informacional, são definidas as especificações do projeto do artefato. No projeto conceitual, é criada uma concepção do produto a partir de várias

alternativas geradas. No projeto preliminar, são determinados o layout final e a viabilidade técnica e econômica para a produção. No projeto detalhado, é construído o protótipo e são realizados testes para a validação do produto (BACK *et al.*, 2008).

3.3.6 Desenvolvimento do artefato

Posteriormente, o pesquisador dedica-se ao desenvolvimento do artefato. O artefato não se refere somente ao desenvolvimento de produtos, mas, principalmente, à geração de conhecimento que seja útil e aplicável para a solução de problemas, melhoria de sistemas existentes e criação de novas soluções (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). As saídas dessa etapa foram as heurísticas de construção e o artefato em estado funcional.

O *checklist* para a construção do artefato (Apêndice K, p. 234) corresponde às heurísticas de construção do método *design science research*. O *checklist* visa orientar o desenvolvimento de um jogo digital em realidade virtual para a reabilitação virtual do público sênior. A ferramenta possui 29 itens que foram divididos em quatro grupos: terapia, motivação, interação e segurança. Utilizou-se o *checklist* proposto na pesquisa para orientar o desenvolvimento do artefato digital. Os itens dessa ferramenta foram transformados nas necessidades dos usuários. Estas foram convertidas em especificações que serviram para nortear todo o processo de projeto.

Também, foi desenvolvido um protótipo funcional para que pudesse ser testado pelos usuários seniores. Para tanto, foram utilizadas as seguintes ferramentas: Unity 3D® (versão 2018.2.20f1), SDK do Google Cardboard® (versão 1.200.1), SDK de código aberto Resonance Audio® (versão 1.2.1), Visual Studio® (versão 2017), Linguagem de programação C#, Android® versão 4.4 'Kit Kat' (API level 19) e Google Cardboard® (versão 2).

Convém ressaltar que os objetos 3D e animações foram criados com base nos protocolos propostos por Cawthorne e Cooksey (HERDMAN, 2002) e Sauvage e Grenier (2017). O participante deve fazer movimentos com a cabeça e com olhos em diferentes direções (alto-baixo e esquerda-direita). No projeto, buscou-se adaptar esses movimentos para o contexto de um jogo em realidade virtual, no qual o

usuário deve controlar um objeto 3D com os olhos, fazendo movimentos lentos e repetidos com a cabeça. O número de repetições foi igualmente definido conforme sugere o protocolo.

3.3.7 Avaliação do artefato

Nesse momento, o pesquisador observa e avalia o comportamento do artefato para a solução do problema. Ele analisa se os requisitos definidos na etapa de conscientização do problema precisam ser revistos e comparados com os resultados apresentados. O pesquisador pode utilizar outros métodos de pesquisa, como a pesquisa-ação, quando há a necessidade de interação entre o pesquisador, o usuário e a organização (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). As saídas foram as heurísticas contingenciais e o artefato avaliado.

O *checklist* para a avaliação do artefato (Apêndice L, p. 237) pode ser comparado às heurísticas contingenciais do método *design science research*. O *checklist* pode ser aplicado para a verificação de um jogo digital em realidade virtual para a reabilitação virtual do público sênior. A ferramenta contempla as mesmas categorias do *checklist* para a construção do artefato. O *checklist* seria aplicado para a verificação artefato digital com os usuários seniores. Dessa maneira, os idosos poderiam indicar se as características do artefato digital correspondem aos itens propostos no *checklist*.

A avaliação do artefato estava prevista para ser realizada com um grupo de participantes com 60 anos ou mais que fazem parte do UNIDI. Entretanto, a verificação foi suspensa devido à pandemia de Covid-19, conforme descrito na delimitação e no capítulo 8. Os participantes iriam utilizar e avaliar o artefato em uma sessão. A duração máxima da atividade seria de 5 minutos para cada participante. Os instrumentos de coleta de dados seriam a observação e o *checklist*. Assim, seria possível verificar se o artefato atendeu às necessidades e preferências dos idosos.

3.3.8 Explicitação das aprendizagens

Após a avaliação do artefato, o pesquisador irá apresentar a explicitação das aprendizagens ao longo da pesquisa, descrevendo os pontos positivos e negativos.

Uma das principais características da *design science research* é a geração de conhecimento que, possivelmente, servirá como referência para outros pesquisadores ou profissionais na solução de problemas similares (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). A saída nessa etapa foram as aprendizagens formalizadas.

A explicitação das aprendizagens foi apresentada no capítulo 9. Foi feita uma reflexão sobre os resultados alcançados com a intenção apontar os pontos positivos e negativos da pesquisa. Com isso, espera-se que este estudo possa auxiliar outros pesquisadores ou designers no desenvolvimento e a avaliação de jogos digitais em realidade virtual para a reabilitação virtual de idosos.

3.3.9 Conclusões

Nas conclusões, o pesquisador discute sobre os resultados alcançados, assim como mostra as decisões tomadas durante a execução da pesquisa. Também são descritas as limitações da pesquisa que podem direcionar futuros trabalhos (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). As saídas foram a apresentação dos resultados da pesquisa, principais decisões tomadas e limitações da pesquisa.

As conclusões e sugestões para trabalhos futuros foram descritas no capítulo 10 da pesquisa.

3.3.10 Generalização para uma classe de problemas

Os resultados obtidos nas etapas de desenvolvimento e avaliação do artefato servirão para a generalização de uma classe de problemas. Desse modo, o conhecimento gerado com a pesquisa pode ser aplicado a outras situações similares e que são enfrentadas por diversas organizações (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). A saída foi a generalização para uma classe de problemas.

A listagem das possíveis classes de problemas para qual o artefato pode contribuir foram disponibilizadas no protocolo da pesquisa (Apêndice H, p. 224).

3.3.11 Comunicações dos resultados

A última etapa da *design science research* diz respeito à publicação dos resultados em *journals*, revistas, seminários, congressos e afins. Essa etapa contribui para disseminação do conhecimento e avanço do conhecimento do tema da pesquisa (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). A saída foi a publicação dos resultados da pesquisa.

No protocolo de pesquisa, foram mostradas as publicações dessa pesquisa até o momento da defesa em seis de abril de 2021.

3.4 PROTOCOLO DE PESQUISA

A fim de garantir o rigor da metodologia *design science research*, é conveniente elaborar o protocolo de pesquisa que visa apresentar detalhadamente todas as atividades realizadas pelo pesquisador ao longo do trabalho. O pesquisador descreve como as etapas da metodologia foram realizadas, olhando com atenção, principalmente, para as saídas de cada uma das etapas (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

O protocolo de pesquisa (Apêndice H, p. 224) foi elaborado conforme o modelo proposto por Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015, p. 136-137). O documento foi atualizado constantemente com a intenção de registrar o andamento do projeto até a sua conclusão. Dessa maneira, o protocolo da pesquisa pode ser acessado por outros pesquisadores interessados em construir um artefato semelhante ao dessa pesquisa.

4 REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Nesse capítulo, são apresentados os métodos e resultados obtidos na RSL da pesquisa. O protocolo da RSL foi documentado com a ferramenta StArt⁸. A principal questão levantada nessa pesquisa foi: “*como desenvolver e avaliar jogos digitais em realidade virtual para a reabilitação virtual de idosos?*”. Sendo assim, definiu-se que o objetivo da RSL foi investigar como os jogos digitais em realidade virtual para a reabilitação virtual de idosos podem ser desenvolvidos e avaliados.

A busca foi feita nas seguintes bases de dados: *SCOPUS, IEEE Xplore Digital Library, Springer, Science Direct, Web of Science e Wiley On-line Library*. Determinou-se que o idioma das publicações deve ser o português ou o inglês. A data de publicação das pesquisas deve ser a partir de 2014 até o presente (2018). A *string* de busca utilizada foi: *(VR OR "virtual reality") AND (HMD OR "head-mounted display") AND (elderly OR senior) AND games AND balance*. Caso essa *string* não retornasse nenhuma publicação, então se utilizou a seguinte estratégia: *(VR OR "virtual reality") AND (elderly OR senior) AND games AND balance*.

O critério de inclusão das publicações foi: 1) os participantes da pesquisa são idosos; 2) a data de publicação da pesquisa é a partir de 2014 até o presente (2018); 3) o idioma da pesquisa é o Português ou o Inglês; 4) a pesquisa apresenta texto completo em formato eletrônico; 5) a pesquisa apresenta resultados relacionados ao uso da realidade virtual; 6) a pesquisa apresenta resultados relacionados à reabilitação virtual; 7) a pesquisa apresenta resultados relacionados ao equilíbrio. Foram excluídas as publicações que não atendem aos critérios de inclusão (verificável pela leitura do título, palavras-chave e resumo).

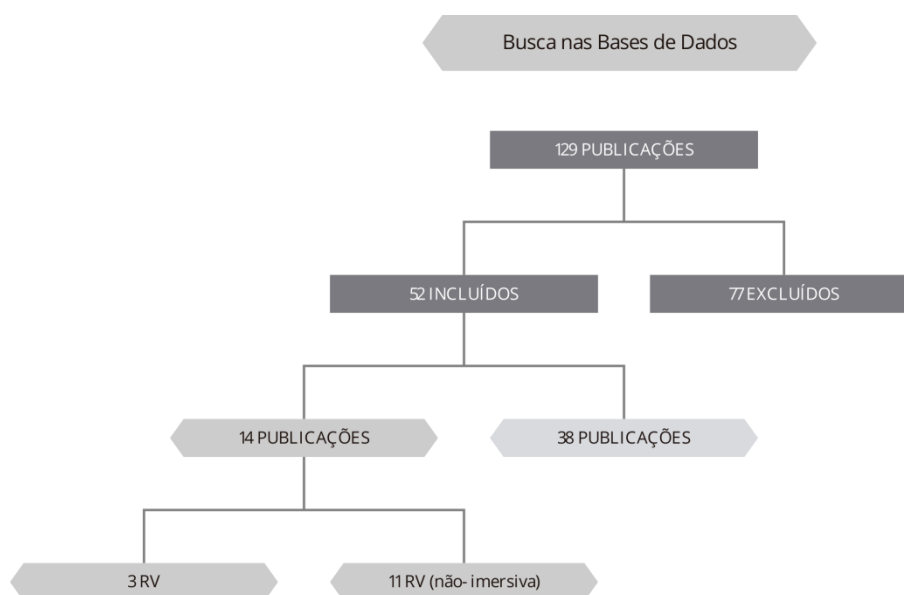
Foram adotados critérios de qualidade para determinar o quanto as publicações contribuem para o entendimento da questão principal dessa revisão. Foi atribuída uma nota que varia de 1 a 5 para os seguintes critérios: 1) a pesquisa

⁸StArt: Laboratório de Pesquisa em Engenharia de Software (LaPES). Disponível em: <<https://goo.gl/aKvs59>>. Acesso em: 15 jan. 2018.

possui uma estrutura clara e organizada, contendo resumo, introdução, revisão de literatura, metodologia, resultados e conclusões? 2) a pesquisa apresenta dados relevantes para responder às questões levantadas neste estudo? 3) a pesquisa gera conhecimento necessário para a compreensão do fenômeno estudado na área desta pesquisa (ou seja, Design)?

A busca nas bases de dados retornou 129 publicações. Os artigos duplicados foram excluídos. 52 pesquisas atenderam aos critérios de inclusão da RSL. 77 publicações foram excluídas. 14 publicações respondem a principal questão levantada com esse estudo. As outras 38 publicações foram mantidas, pois são estudos válidos para fundamentar a presente pesquisa. Na Figura 32, é mostrado o processo de busca e seleção dos artigos a partir da aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, assim como dos critérios de qualidade.

Figura 32 – Quadro resumo da revisão sistemática de literatura.



Fonte: Autoria própria (2021).

Foram encontradas três publicações que apresentam o desenvolvimento de aplicativos para os óculos de realidade virtual com o objetivo de serem aplicados em intervenções de saúde com idosos. Além disso, foram encontradas onze publicações que demonstram a criação de aplicativos para os dispositivos de realidade virtual não-imersivos, ou seja, esses sistemas utilizam um projetor (como uma televisão)

para exibir os jogos digitais. No Quadro 7, é feita uma breve revisão dessas pesquisas de acordo com a data de publicação, autores, tipo de publicação e título.

Quadro 7 – Quadro resumo das publicações mais recentes sobre a reabilitação virtual de idosos.

(continua)

Ano	Autor(es)	Periódico, Conferência ou Livro	Título
2017	Bruun-Pedersen	Recent Advances in Technologies for Inclusive Well-Being	Nursing Home Residents Versus Researcher: Establishing Their Needs While Finding Your Way
2017	Konstantinidis, Bamparopoulos e Bamidis	IEEE journal of biomedical and health informatics	Moving Real Exergaming Engines on the Web: The webFitForAll Case Study in an Active and Healthy Ageing Living Lab Environment
2017	Lunardini <i>et al.</i>	3rd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry (RTSI)	Exergaming for balance training, transparent monitoring, and social inclusion of community-dwelling elderly
2016	Amritha <i>et al.</i>	International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)	Design and development of balance training platform and games for people with balance impairments
2016	Ayed <i>et al.</i>	8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)	Fall Prevention Serious Games for Elderly People Using RGBD Devices
2016	Brox, Konstantinidis e Evertsen	XIV Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2016	User-Centered Design of Serious Games for Older Adults Following 3 Years of Experience With Exergames for Seniors: A Study Design
2016	Crespo <i>et al.</i>	1st International Conference on Technology and Innovation in Sports	A virtual reality UAV simulation with body area networks to promote the elders life quality
2016	Levy <i>et al.</i>	Neuropsychiatric Disease and Treatment	Fear of falling: efficacy of virtual reality associated with serious games in elderly people
2016	Stanaitis <i>et al.</i> (2016)	XIV Mediterranean Conference on Medical and Biological Engineering and Computing 2016	Virtual Reality Based System for Investigation of Peripheral Vestibular Function
2015	Garrote <i>et al.</i>	1st International Conference on Information and Communication Technologies for Ageing Well and e-Health	EPIK: Virtual rehabilitation platform devised to increase self-reliance of people with limited mobility
2015	Gschwind <i>et al.</i>	European Review of Aging and Physical Activity	ICT-based system to predict and prevent falls (iStoppFalls): results from an international multicenter randomized controlled trial
2015	Vieira <i>et al.</i>	10th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)	A gamified application for assessment of balance and fall prevention
2014	Hsieh <i>et al.</i>	Technology and Health Care: Official Journal of the European Society for Engineering and Medicine	Virtual reality system based on Kinect for the elderly in fall prevention

Quadro 7 – Quadro resumo das publicações mais recentes sobre a reabilitação virtual de idosos.

(conclusão)

Ano	Autor(es)	Periódico, Conferência ou Livro	Título
2014	Madeira, Costa e Postolache	2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE)	PhysioMate - Pervasive physical rehabilitation based on NUI and gamification

Fonte: Autoria própria (2021).

Crespo *et al.* (2016) desenvolveram uma simulação em realidade virtual que pode ser visualizada com o HMD. O usuário utiliza um sensor nos braços para controlar um drone no ambiente virtual. O sistema pode ser executado em qualquer *smartphone* com o uso do *Google Cardboard®* e sensores com conexão *bluetooth* de baixa energia. Conforme os autores, o uso do aplicativo pode promover o entretenimento, a atividade física e a qualidade de vida das pessoas idosas. Um ponto a ser questionado é o uso dos sensores vestíveis, já que podem ser grandes e pesados, gerando desconforto para o usuário, especialmente, em relação aos idosos.

Levy *et al.* (2016) analisaram como a realidade virtual associada aos jogos sérios pode ser utilizada para tratar o medo de cair. As intervenções atuais se concentram apenas na dimensão do equilíbrio sem considerar a dimensão psicológica associada com as quedas. Os autores sugerem que o medo de cair pode ser encarado como um transtorno de ansiedade e ser tratado com a terapia comportamental cognitiva. Com base nisso, eles sugerem que a combinação dos óculos de realidade virtual com os jogos sérios pode ser um tratamento eficaz para tratar o medo de cair.

Nesse sentido, foi realizada uma intervenção com um grupo de idosos, no qual eles foram submetidos a 12 sessões de terapia por meio da realidade virtual. Os participantes deveriam vestir os óculos de realidade virtual e permanecerem sentados em uma cadeira giratória. Eles podiam caminhar no ambiente de realidade virtual utilizando um mouse sem fio. A exposição à realidade virtual durou 15 minutos. Foram aplicados quatro ambientes de realidade virtual com dificuldade crescente. Nos primeiros ambientes, foi apresentado um terreno nivelado com pouca variação. Já nos últimos cenários, os participantes deveriam subir e descer degraus íngremes (LEVY *et al.*, 2016).

Levy *et al.* (2016) utilizaram o instrumento Medida do Medo de Cair (*Fear of Falling Measure*, FFM) entre os participantes que completaram as 12 sessões. O medo de cair foi significativamente menor em relação aos participantes que foram tratados com a terapia convencional. Os autores concluem que a terapia com o uso da realidade virtual associada a jogos sérios pode ser usada no tratamento do medo de queda (LEVY *et al.*, 2016).

Stanaitis *et al.* (2016) apresentaram um protótipo que utiliza a tecnologia de realidade virtual para a investigação da função vestibular periférica. Os autores adaptaram a avaliação Visual Vertical Subjetiva (*Subjective Visual Vertical Test*, SVV) para um software com o qual os usuários podem interagir com o *Oculus Rift*®. O principal objetivo do usuário é rotacionar uma barra na posição vertical. Essa barra aparece com inclinação aleatória de 5 a 15° ao iniciar o teste. Existem dois métodos para orientar o objeto na posição vertical: a) com o uso do controle analógico; b) inclinando a cabeça com os óculos de realidade virtual. O primeiro método também inclui a possibilidade de utilizar esferas que giram no sentido horário ou anti-horário.

Stanaitis *et al.* (2016) realizaram uma avaliação com 38 indivíduos normais (ou seja, sem disfunção no sistema vestibular), sendo 27 mulheres com idade média de 26 anos e 11 homens com idade média de 27 anos. Os participantes não possuíam histórico de distúrbios vestibulares e queixas de disfunções vestibulares. Eles realizaram os testes utilizando os métodos propostos e os métodos de referência. Para os autores, os resultados sugerem que o sistema em realidade virtual por meio do *Oculus Rift*® é capaz de gerar os estímulos visuais necessários e medir os parâmetros de orientação durante os testes verticais subjetivos. Futuramente, os autores pretendem realizar outra pesquisa para incluir os idosos e as pessoas com disfunção vestibular (STANAITIS *et al.*, 2016).

Bruun-Pedersen (2017) descreve como os desafios para a realização de atividade física podem ser superados com o uso de ambientes virtuais (*virtual environment*, VE) recreativos para idosos. O autor realizou um acompanhamento em uma casa de repouso na Dinamarca durante três anos. Dessa maneira, ele propôs

um sistema que utiliza um equipamento, denominado “*Manuped*”, o qual se assemelha a uma bicicleta.

Tendo em vista que muitos idosos consideraram a experiência de uso do *Manuped* como repetitiva e solitária, o autor decidiu melhorá-la e incluir a possibilidade de realizar a atividade física aliada a uma experiência audiovisual. Um ambiente virtual foi conectado com o dispositivo, para reagir às pedaladas dos idosos nos pedais do “*Manuped*”. Quando pressionam os pedais, o ambiente virtual avança, criando a sensação de uma bicicleta se movendo para frente no ambiente virtual. Assim, o exercício realizado (em certa medida) reflete um passeio de bicicleta através de uma paisagem virtual (BRUUN-PEDERSEN, 2017).

Em um estudo-piloto, os participantes consideraram que o sistema proposto por Bruun-Pedersen (2017) trouxe propósito para a atividade realizada com o “*Manuped*”. Um dos participantes mencionou que agora podia sair do lar de idosos, o que era um sentimento que não havia experimentado por um longo período (devido a problemas de peso e ao uso da cadeira de rodas). Nesse sentido, o estudo-piloto mostrou que o exercício pode tornar a prática de atividade física uma experiência agradável, o que se aproxima mais de ser classificado como uma atividade de lazer (BRUUN-PEDERSEN, 2017).

Konstantinidis, Bamparopoulos e Bamidis (2017) adaptaram a plataforma *FitForAll* para uma versão totalmente *web* que pode ser executada em diferentes dispositivos. Na pesquisa anterior, os autores apresentaram uma plataforma de jogos sérios para os idosos denominada *FitForAll*, a qual visava promover a manutenção ou melhora do estado físico e bem-estar. Na pesquisa mais recente, os autores levaram em consideração a abordagem da internet das coisas e desenvolveram uma interface interoperável do jogo para *web*, *smartTV* e dispositivos móveis.

Com o intuito de avaliar a usabilidade da plataforma, foi utilizada a escala de usabilidade do sistema (*System Usability Scale*, SUS). A verificação foi realizada com 14 idosos com idade média de 73 anos. Após a aplicação do instrumento, foi observado que houve um aumento na facilidade de uso percebida em relação à

plataforma desenvolvida no estudo anterior. Os participantes também relataram que precisavam de menos dias para se familiarizar com o sistema em comparação com os usuários da versão anterior. A plataforma *webFitForAll* foi percebida como sendo uma ferramenta útil para o monitoramento da saúde. Os idosos relataram que sentiram os efeitos dos exercícios em seu corpo dia a dia (KONSTANTINIDIS; BAMPAROPOULOS; BAMIDIS, 2017)

Lunardini *et al.* (2017) apresentaram um sistema para o projeto *MoveCare*. Segundo os autores, o treinamento de equilíbrio torna-se uma ferramenta chave para prevenir as quedas entre os idosos. No entanto, os programas de exercícios convencionais geralmente começam após um episódio de queda, principalmente devido à dificuldade de adesão nos programas de prevenção de quedas. Nesse sentido, o *MoveCare* utiliza um jogo digital com o intuito de aumentar a motivação do usuário para participar de um programa de treinamento de equilíbrio.

Para tanto, o usuário utiliza um par de sapatos instrumentados com palmilhas *Moticon Opengo Science®*. Cada palmilha contém sensores de pressão e um acelerômetro 3D para medir o movimento. As palmilhas podem ser executadas em dois modos: no modo ao vivo, os dados são transmitidos em tempo real para um dispositivo para gerar *feedback* visual ou para capturar os dados; no modo de gravação, os dados são armazenados diretamente em um servidor para a análise e o armazenamento *off-line* (LUNARDINI *et al.*, 2017).

O sistema apresentado por Lunardini *et al.* (2017) inclui o jogo digital “*Bubble Exergame*”, cujo objetivo é pegar as bolhas que aparecem em quatro direções (frente, trás, lados direito e esquerdo) com uma cesta controlada pelos movimentos do corpo. O usuário controla o centro de pressão deslocando seu peso em direção ao alvo. Para cada uma das quatro direções, os itens aparecem em diferentes distâncias da posição inicial do usuário (centro da tela) até o limite de estabilidade do usuário em uma direção específica (LUNARDINI *et al.*, 2017).

Amritha *et al.* (2016) desenvolveram um sistema composto por um jogo digital e uma plataforma de força, cujo objetivo é promover o treinamento do equilíbrio estático e dinâmico. Dessa maneira, os autores acreditam que o sistema pode

influenciar positivamente as Atividades de Vida Diária (AVD) dos pacientes que sofrem de distúrbios do equilíbrio, entre eles, idosos, diabéticos e pessoas que sofreram AVC.

A plataforma foi concebida para funcionar de maneira similar ao *Wii Balance Board*® e ao *Biodex*®. O dispositivo possui um mecanismo de inclinação em dois eixos para simular os cenários reais que os pacientes encontram durante a realização das atividades de vida diária. Além disso, foram desenvolvidos três jogos digitais para motivar o uso do equipamento. Os usuários ficam em pé sobre a plataforma para interagir com os jogos. Eles devem mover o corpo de um lado para o outro ou, então, no sentido anterior para posterior para alcançar os objetivos do jogo (AMRITHA *et al.*, 2016).

A respeito desse sistema, foi realizada uma avaliação com 18 especialistas, incluindo fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais e estagiários. Uma questão levantada pelos participantes foi em relação à altura da plataforma. Eles relataram que pode ser difícil para os pacientes subir e também pode aumentar o medo dos pacientes de cair. Outra sugestão foi adicionar um *slider* na interface de maneira que o terapeuta possa controlar a dificuldade do jogo. Se um paciente tiver um alto nível de comprometimento do equilíbrio, eles podem começar o jogo em um nível muito fácil. Isso poderia ser dificultado progressivamente pelo terapeuta à medida que o paciente evolui (AMRITHA *et al.*, 2016).

Ayed *et al.* (2016) projetaram dois protótipos de jogos que envolvem tarefas de equilíbrio e controle postural para idosos. Os autores desenvolveram o protótipo utilizando o sensor de movimento *Microsoft Kinect*® com o objetivo de oferecer um rastreamento não-invasivo e um controle fácil do jogo.

Ayed *et al.* (2016) adotaram diretrizes para o desenvolvimento dos jogos para a reabilitação de idosos, incluindo motivação, *feedback*, monitoramento e segurança. A segurança dos jogos é um critério importante, pois permite que os parâmetros sejam configurados para que o fisioterapeuta adapte os exercícios de acordo com as necessidades e preferências de cada usuário (AYED *et al.*, 2016).

Conforme os autores, o design e a implementação do jogo sério foram supervisionados por um fisioterapeuta com a intenção de atingir a eficiência terapêutica. Os especialistas definiram uma série de movimentos que foram incorporados na jogabilidade. Os usuários devem realizar os movimentos necessários enquanto estão jogando (AYED *et al.*, 2016).

Brox *et al.* (2016) propuseram uma metodologia para orientar o desenvolvimento de *exergames* voltados para o público de idosos. A metodologia foi dividida em quatro etapas principais: coleta e análise de requisitos, design, desenvolvimento e avaliação. Na primeira etapa, foram definidos os requisitos, o que envolveu a participação de profissionais e usuários idosos. Na segunda etapa, foi projetado o design do jogo com base nos requisitos e no estado da arte da tecnologia. Na terceira etapa, foi desenvolvido um jogo a partir dos resultados obtidos nas etapas anteriores. Na quarta etapa, foram realizadas avaliações com um grupo de 20 idosos com idades entre 65 a 95 anos. Eles participaram do design e do desenvolvimento centrado no usuário ao longo do projeto (BROX *et al.*, 2016).

A partir dos resultados alcançados com essa metodologia, os autores criaram sete minijogos para o *Microsoft Kinect*®, três jogos para o equilíbrio que usam os mesmos movimentos, mas diferentes gráficos e narrativa, um para flexibilidade e três para a força das pernas. Nos jogos para o equilíbrio, os usuários também precisam usar os braços. Todos os jogos podem ser jogados em quatro diferentes níveis. O mais fácil também pode ser jogado enquanto o usuário está sentado (BROX *et al.*, 2016).

Garrote *et al.* (2015) projetaram uma plataforma de reabilitação virtual para melhorar o equilíbrio de pessoas com deficiência física usando o sensor *Microsoft Kinect*®. A plataforma foi desenvolvida visando diferentes tipos de usuários, entre eles: administradores, terapeutas e usuários finais (pacientes). Inicialmente, foram implementados quatro módulos: Administrador, Avaliação, Terapeuta e Jogo.

O módulo “Administrador” é utilizado para gerar um banco de dados de exercícios. O módulo “Terapeuta” permite que os profissionais configurem a sessão de treinamento do jogo usando combinações de exercícios do banco de dados. O

módulo “Avaliação” é usado para avaliar a amplitude de movimento do usuário. O módulo “Jogo” é direcionado para os pacientes, no qual eles realizam os exercícios de reabilitação configurados previamente por um terapeuta (GARROTE *et al.*, 2015).

Gschwind *et al.* (2015) desenvolveram um sistema que prevê o risco de queda dos idosos e oferece um programa de exercícios individualizado. Para tanto, foi criada a plataforma *iStoppFalls* que consiste em um sistema interativo através do qual os usuários podem treinar o equilíbrio e a força muscular, assim como podem realizar a avaliação do risco de queda.

Os participantes interagem com o jogo digital por meio do sensor *Microsoft Kinect®* que é conectado a um computador e a uma *smartTV* com o sistema operacional *Android®*. O usuário controla os movimentos de um *avatar* virtual com os movimentos do corpo. Todos os dados são enviados para um servidor para fazer a análise e gerar feedback. Os participantes podem acompanhar seus resultados continuamente através da *smartTV* ou de um *tablet* em casa. Esse sistema também possui um sensor portátil que permite monitorar a mobilidade dos idosos (GSCHWIND *et al.*, 2015).

No projeto *iStoppFalls*, foram desenvolvidos três *exergames* especificamente para o treinamento do equilíbrio: “*Bumble Bee Park*”, “*Hills & Skills*” e “*Balance Bistro*”. Todos os jogos visam treinar as habilidades motoras relacionadas ao controle postural, incluindo caminhada, mudança de peso, flexão do joelho e/ou pisar em direções diferentes (GSCHWIND *et al.*, 2015).

Da mesma maneira, foi desenvolvido um *exergame* para a força muscular das extremidades inferiores usadas nas atividades de vida diária e na recuperação do equilíbrio. Os participantes avançam para o próximo nível se realizarem corretamente três sessões de treinamento. Na tela, os usuários recebem *feedback* em tempo real sobre seu progresso conforme a duração, número de repetições, adequação de movimentos e informações de progresso (por exemplo, porcentagem da tarefa concluída) (GSCHWIND *et al.*, 2015).

Vieira *et al.* (2015) desenvolveram um aplicativo *gamificado* para prevenir as quedas entre os idosos. Os autores adaptaram o teste Escala de Equilíbrio Berg

para o contexto de um jogo digital. Assim, os usuários, especialmente os idosos da próxima geração, que serão mais ativos em relação à tecnologia, podem realizar o teste para o equilíbrio em casa de forma independente e amigável. O sistema é composto por um jogo digital, um sensor vestível não invasivo e um aplicativo para *smartphone*.

O aplicativo proposto permite avaliar a postura corporal dos idosos através de um sensor vestível que pode analisar os movimentos do corpo durante a realização do teste. Após avaliação, os idosos são informados sobre o seu status de equilíbrio e podem tomar as ações necessárias para a melhoria. Os idosos podem realizar exercícios durante um determinado período para ter um melhor desempenho físico e repetir o teste de equilíbrio para verificar se o risco de queda diminuiu (VIEIRA *et al.*, 2015).

Hsieh *et al.* (2014) desenvolveram um jogo digital para a prática e avaliação do equilíbrio. O artefato foi desenvolvido para o sensor de movimento *Microsoft Kinect®* e pode ser visualizado em um televisor ou projetor. Além disso, o software oferece a possibilidade de armazenar os dados obtidos durante a sessão de terapia por meio do sensor para uma análise futura. Os dados são enviados via *wireless* e armazenados em um servidor. A interação acontece quando o usuário utiliza as mãos ou os pés ou uma combinação dos dois para tocar nas bolas aleatórias que surgem na tela. Os resultados do treinamento são calculados com base na contagem de tempo ou pontuação.

Madeira, Costa e Postolache (2014) desenvolveram um jogo sério, chamado de *PhysioMate*, para a reabilitação física. O objetivo é motivar a realização de exercícios físicos e minimizar a deterioração física e cognitiva. Os autores realizaram um estudo preliminar com 160 fisioterapeutas e estudantes a fim de levantar os requisitos para o desenvolvimento do projeto. Os participantes apontaram que a motivação, o *feedback* e o controle da dificuldade são itens essenciais em uma ferramenta para auxiliar na reabilitação.

Com isso, os autores propuseram o jogo *PhysioMate*, o qual funciona como um complemento para a reabilitação convencional, com e sem supervisão. O projeto

visa à reabilitação de pacientes dependentes de cadeiras de rodas, sejam eles vítimas de Acidente Vascular Cerebral (AVC) ou pessoas idosas. Foram selecionados cinco movimentos simples e essenciais da parte superior do corpo para o treinamento do equilíbrio e coordenação motora, que estão presentes no design do jogo *PhysioMate*. O jogo foi desenvolvido para ser executado com o sensor de movimento *Microsoft Kinect®* (MADEIRA; COSTA; POSTOLACHE, 2014).

4.1.1 Considerações sobre a RSL

Conforme se pôde observar, foram encontrados alguns estudos que demonstraram o processo de desenvolvimento de um artefato digital para a reabilitação virtual. Também foi possível identificar quais instrumentos ou ferramentas foram aplicados na etapa de avaliação do produto.

Brox *et al.* (2016) propuseram uma metodologia orientada para a reabilitação virtual de idosos, que inclui quatro etapas: definição dos requisitos, design, desenvolvimento e avaliação. Na etapa de coleta e análise de requisitos, deve-se contar, principalmente, com a colaboração dos idosos e dos profissionais da área da saúde para que eles possam orientar quais são os movimentos mais adequados e com que frequência devem ser executados para se atingir uma eficiência terapêutica.

Na etapa de Design, é importante adotar diretrizes e recomendações para o desenvolvimento de jogos digitais orientados para a reabilitação de idosos. De acordo com Ayed *et al.* (2016), essas diretrizes devem incluir critérios como motivação, *feedback*, monitoramento e segurança. A segurança dos jogos é um item fundamental, pois garante que o jogo seja configurado de acordo com as necessidades e preferências de cada usuário sem que haja um esforço excessivo para a realização da atividade.

Na etapa de Desenvolvimento, é proposto o desenvolvimento do jogo digital tendo como base os resultados alcançados nas etapas anteriores. Na presente RSL, foram encontradas três publicações que desenvolveram aplicativos com fins terapêuticos para os óculos de realidade virtual (GRESPO *et al.*, 2016; LEVY *et al.*, 2016; STANAITIS *et al.*, 2016). As três pesquisas foram publicadas no ano de 2016.

Essa baixa quantidade de publicações se deve, especialmente, por ser uma área de pesquisa recente. Portanto, é um campo de pesquisa acadêmica que requer maior investigação para avaliar as suas potencialidades como uma ferramenta para a reabilitação virtual dos idosos.

Na etapa de Avaliação, é realizada uma intervenção com um grupo de usuários a fim de validar o uso dos jogos digitais na reabilitação virtual dos idosos. Nas publicações analisadas, observou-se o uso das avaliações funcionais antes e depois da intervenção com os jogos sérios para avaliar possíveis melhorias no equilíbrio, risco de quedas e qualidade de vida. Também se verificou a utilização de entrevistas, questionários e grupos focais. Igualmente, houve a aplicação de escalas padronizadas, como o inventário de motivação intrínseca (*Intrinsic Motivation Inventory, IMI*) para a avaliação da motivação. A escala de usabilidade do sistema (*System Usability Scale, SUS*) foi utilizada para avaliar a usabilidade dos artefatos. O modelo teórico de aceitação de tecnologia (*Technology Acceptance Model, TAM*) foi aplicado para verificar a aceitação dos idosos quanto ao sistema proposto.

Sendo assim, não foi encontrada uma ferramenta específica, como um *checklist*, que possa auxiliar tanto no desenvolvimento quanto na avaliação de jogos digitais em realidade virtual para promover a reabilitação virtual de idosos. Portanto, uma ferramenta como essa é válida, pois permite orientar uma equipe de desenvolvimento em relação aos critérios mais importantes que devem ser considerados na produção de um jogo digital em realidade virtual para que se possa alcançar um objetivo terapêutico específico.

5 PROPOSIÇÃO DO *CHECKLIST*

Nesse capítulo, é mostrado o processo de levantamento e sistematização das diretrizes, bem como a proposição e validação do *checklist*.

5.1 LEVANTAMENTO DE DIRETRIZES

Inicialmente, foi feita uma revisão de literatura com o objetivo de investigar quais diretrizes, recomendações ou princípios de design podem ser aplicadas para a reabilitação virtual de idosos.

A busca foi feita nas bases de dados: *ProQuest*, *Scopus*, *IEEE*, *Direct Science*, *Web of Science* e *Wiley On-line Library*. Os idiomas selecionados foram o Português e o Inglês. Para tanto, foi utilizada a seguinte *string* de busca: (*guidelines OR “design principles” OR recommendations*) *AND* (“*virtual rehabilitation*”) *AND* (*elderly OR senior*). Não foi delimitada uma data para a busca.

Os critérios de seleção foram: 1. O idioma é o Português ou o Inglês; 2. O texto está disponível em formato eletrônico; 3. Os participantes da pesquisa são idosos; 4. A pesquisa apresenta diretrizes, recomendações ou princípios de design para a reabilitação virtual.

A busca retornou 92 publicações. A inclusão e exclusão das publicações foram feitas com base na leitura do título, palavras-chave e resumo. As publicações que atenderam aos critérios de inclusão foram aceitas. As demais foram excluídas por não responderem à questão investigada.

Sendo assim, 20 pesquisas publicadas em periódicos, conferências ou livros foram selecionadas para a pesquisa. O Quadro 8 mostra as publicações de acordo com autor(es), ano, tipo de publicação e título.

Quadro 8 – Publicações selecionadas para a fase de coleta de diretrizes.

(continua)

Autor(es)	Ano	Periódico, Conferência ou Livro	Título
Fernandez-Cervantes <i>et al.</i>	2018	Entertainment Computing	VirtualGym: A kinect-based system for seniors exercising at home

Quadro 8 – Publicações selecionadas para a fase de coleta de diretrizes.

(continuação)

Autor(es)	Ano	Periódico, Conferência ou Livro	Título
Oña <i>et al.</i>	2018	Computational Intelligence and Neuroscience	Effectiveness of Serious Games for Leap Motion on the Functionality of the Upper Limb in Parkinson's Disease: A Feasibility Study
Brox, Konstantinidis e Evertsen	2017	JMIR serious games	User-Centered Design of Serious Games for Older Adults Following 3 Years of Experience With Exergames for Seniors: A Study Design
Cataldi e Silva	2017	Design e Tecnologia	Parâmetros para a concepção e avaliação de jogos para reabilitação de pacientes vítimas de AVE
Badia <i>et al.</i>	2016	Neurorehabilitation Technology	Virtual Reality for Sensorimotor Rehabilitation Post Stroke: Design Principles and Evidence
Nawaz <i>et al.</i>	2016	Health Informatics Journal	Usability and acceptability of balance exergames in older adults: A scoping review
Konstantinidis. <i>et al.</i>	2016	IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics	Design, Implementation, and Wide Pilot Deployment of FitForAll: An Easy to use Exergaming Platform Improving Physical Fitness and Life Quality of Senior Citizens
Morán <i>et al.</i>	2015	Journal of Medical Systems	On the Effect of Previous Technological Experience on the Usability of a Virtual Rehabilitation Tool for the Physical Activation and Cognitive Stimulation of Elders
Ramírez-Fernández <i>et al.</i>	2014	ICTs for Improving Patients Rehabilitation Research Techniques	Design Principles for Hapto-Virtual Rehabilitation Environments: Effects on Effectiveness of Fine Motor Hand Therapy
Robert <i>et al.</i>	2014	Frontiers in Aging Neuroscience	Recommendations for the use of Serious Games in people with Alzheimer's Disease, related disorders and frailty
Nawaz <i>et al.</i>	2014	ICTs for Improving Patients Rehabilitation Research Techniques	An Exergame Concept for Improving Balance in Elderly People
Uzor e Baillie	2014	Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems	Investigating the Long-term Use of Exergames in the Home with Elderly Fallers
Velazquez <i>et al.</i>	2013	Proceedings of the 2013 IEEE 17th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)	Design of exergames with the collaborative participation of older adults
Lohse <i>et al.</i>	2013	Journal of neurologic physical therapy: JNPT	Video games and rehabilitation: using design principles to enhance engagement in physical therapy

Quadro 8 – Publicações selecionadas para a fase de coleta de diretrizes.

(conclusão)

Autor(es)	Ano	Periódico, Conferência ou Livro	Título
Planinc, Nake e Kappel	2013	The Third International Conference on Ambient Computing, Applications, Services and Technologies	Exergame Design Guidelines for Enhancing Elderly's Physical and Social Activities
Gerling <i>et al.</i>	2012	Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems	Full-body Motion-based Game Interaction for Older Adults
Bouchard <i>et al.</i>	2012	International Conference on Serious Games Development and Applications	Developing Serious Games Specifically Adapted to People Suffering from Alzheimer
Brox <i>et al.</i>	2011	2011 5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (Pervasive Health) and Workshops	Exergames for elderly: Social exergames to persuade seniors to increase physical activity
Gerling, Schild e Masuch	2010	Proceedings of the 7th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology	Exergame Design for Elderly Users: The Case Study of SilverBalance
Timmerman <i>et al.</i>	2009	Journal of Neuroengineering and Rehabilitation	Technology-assisted training of arm-hand skills in stroke: concepts on reacquisition of motor control and therapist guidelines for rehabilitation technology design

Fonte: Autoria própria (2021).

No total, foram coletadas 189 diretrizes, recomendações e princípios de design, conforme se pode observar no Quadro 9. As publicações abordam questões sobre o uso da reabilitação virtual para auxiliar no tratamento de algumas doenças, como Parkinson (OÑA *et al.*, 2018), Alzheimer (ROBERT *et al.*, 2014), Acidente Vascular Cerebral (BADIA *et al.*, 2016). Tais estudos oferecem fundamentação teórica relevante para essa pesquisa.

Quadro 9 – Tipo e quantidade de dados coletados.

(continua)

Autor(es)	Tipo	Quantidade
Fernandez-Cervantes <i>et al.</i>	Diretrizes	5
Oña <i>et al.</i>	Princípios de design	9
Brox, Konstantinidis e Evertsen	Diretrizes	8
Cataldi e Silva	Parâmetros	22
Badia <i>et al.</i>	Princípios de design	17
Nawaz <i>et al.</i>	Recomendações	13
Konstantinidis <i>et al.</i>	Diretrizes e recomendações	14
Morán <i>et al.</i>	Diretrizes	4

Quadro 9 – Tipo e quantidade de dados coletados.

(conclusão)		
Autor(es)	Tipo	Quantidade
Ramírez-Fernández <i>et al.</i>	Princípios de design	9
Robert <i>et al.</i>	Recomendações	8
Nawaz <i>et al.</i>	Recomendações	8
Uzor e Baillie	Recomendações	4
Velazquez <i>et al.</i>	Insights de design	3
Lohse <i>et al.</i>	Princípios de design	6
Planinc, Nake e Kappel	Diretrizes	8
Gerling <i>et al.</i>	Diretrizes	7
Bouchard <i>et al.</i>	Diretrizes	13
Brox <i>et al.</i>	Estratégias persuasivas	6
Gerling, Schild e Masuch	Critérios de design	4
Timmermans <i>et al.</i>	Diretrizes	21
Total		189

Fonte: Autoria própria (2021).

Dessa forma, foram encontrados poucos estudos que apresentam diretrizes para o desenvolvimento de aplicações direcionadas para os óculos de realidade virtual. A maioria das pesquisas apresenta um conjunto de diretrizes para os dispositivos não-imersivos. Sendo assim, foram incluídas 25 recomendações propostas pelo Google Design ([S.d.]). A quantidade de dados coletados passou a ser igual a 214.

Posteriormente, foi feita uma seleção inicial das diretrizes, o que resultou em 91 itens. As diretrizes com significado igual ou similar foram reunidas em uma mesma diretriz. 26 diretrizes foram excluídas por serem imprecisas ou visar outras tecnologias, como os sensores *Leap Motion®* e *Kinect®*.

As 91 diretrizes foram analisadas pela pesquisadora conforme a sua utilidade e compreensão. Esse critério também foi adotado por Possatti (2015). Foi atribuída uma nota de 1 a 5: quanto à utilidade, 1 - “Mínima” a 5 - “Indispensável”; e à compreensão, 1 - “Não compreendi” a 5 - “Compreendi”. A nota referente aos dois critérios foi somada e foram selecionadas as diretrizes com nota igual ou superior a 7. Com isso, o número de diretrizes passou a ser igual a 60.

Finalmente, foram criadas algumas categorias iniciais, incluindo: terapia, motivação, interação e segurança. Com relação à terapia (RAMÍREZ-FERNÁNDEZ *et al.*, 2014), é importante especificar, por exemplo, quais movimentos são os mais

apropriados e com que frequência eles devem ser executados. Quanto à motivação (BADIA *et al.*, 2016), verificou-se que os elementos dos jogos podem melhorar a motivação e, se combinados com outras atividades, podem ser utilizados para engajar os usuários e, assim, alcançar os resultados desejados. No que diz respeito à interação, devem-se atender às questões, como acessibilidade e usabilidade, a fim de facilitar o modo como os idosos interagem com o artefato. Também é importante levar em consideração as medidas de segurança (RAMÍREZ-FERNÁNDEZ *et al.*, 2014) para evitar que o usuário sinta qualquer desconforto durante a realização da atividade. Ainda diz respeito à proteção dos dados do usuário.

5.2 SISTEMATIZAÇÃO DAS DIRETRIZES

Posterior ao levantamento das diretrizes, 60 itens foram selecionados para o *card sorting*. Os cartões foram impressos e colocados aleatoriamente em um envelope que foi distribuído para os participantes. Foram realizadas 3 sessões entre os dias 27/06/2019 e 2/07/2019. No total, cinco participantes realizaram o *card sorting*, sendo 4 alunos da pós-graduação e 1 professor do ensino superior. No início da sessão, foi solicitado que eles assinassem o TCLE. Em seguida, foi apresentado o tema da pesquisa e foram dadas as instruções para o preenchimento dos cartões. A atividade teve duração de aproximadamente 60 minutos.

Foi utilizado um número para facilitar a identificação das diretrizes. No espaço em branco, foi solicitado que os participantes escrevessem o grupo a qual a diretriz poderia fazer parte. Os participantes também deveriam indicar qual a relação da diretriz com o grupo escolhido. A relação pode ser fraca (com nota igual a 1), moderada (2) ou forte (3) (HUDSON, 2005). Conforme Hudson (2005), a qualidade da relação pode ser incorporada na análise de *cluster* para reforçar a relação entre os itens.

Após a realização do *card sorting*, os dados foram preenchidos em uma tabela no software *Exce*®. As linhas representam as diretrizes e as colunas indicam os grupos. As diretrizes foram identificadas por uma letra e um número (por exemplo, D1). E os participantes foram identificados por uma letra (como, Participante A). Foi elaborada uma matriz para cada participante que,

posteriormente, foram somadas e foi calculada a média das mesmas, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Médias obtidas no *card sorting*.

(continua)

Diretrizes	Terapia	Motivação	Interação	Segurança
D1	2,2	0	0,6	0
D2	2,8	0	0	0
D3	0,6	0	1	1,2
D4	1,8	1	0	0
D5	0,6	0,4	0,8	0
D6	1	1,6	0	0
D7	0,4	0	2,2	0
D8	0,8	1,2	0,4	0
D9	0	0,6	1,8	0,6
D10	0,6	1,2	0,4	0,2
D11	2,4	0	0,6	0
D12	1,6	0,8	0	0
D13	1,6	0,6	0,6	0
D14	1,6	0	0,2	0
D15	2,6	0	0	0
D16	0,4	1	0,6	0,4
D17	0	2,8	0	0
D18	0	3	0	0
D19	0,6	0	0,4	1,8
D20	0	2,2	0,6	0
D21	0	2,4	0,6	0
D22	0,6	1,6	0	0
D23	0	2,8	0	0
D24	0,6	1,6	0,6	0
D25	0,4	1,8	0,6	0
D26	0	2,8	0	0
D27	0	2,8	0	0
D28	0	0	2,2	0
D29	0	0,6	1,8	0
D30	0	1,2	1,8	0
D31	0	0,6	1,6	0
D32	0	0	1,8	0,6
D33	0	0	3	0
D34	0,6	1	0,6	0,4

Tabela 1 – Médias obtidas no *card sorting*.

(conclusão)

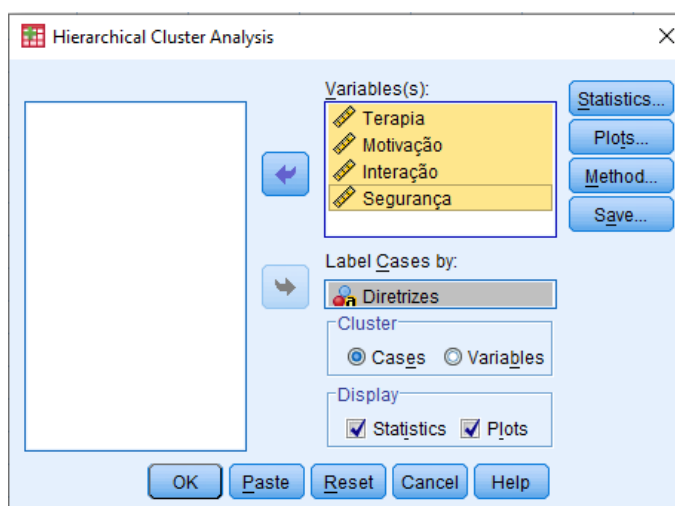
Diretrizes	Terapia	Motivação	Interação	Segurança
D35	0	0	2	0,6
D36	0	1	1,6	0
D37	0	2,2	0,6	0
D38	0	2,2	0,4	0
D39	0	0,6	2,4	0
D40	0	1,2	1	0
D41	0,4	0	0,4	1,4
D42	0	0,6	2,2	0
D43	0	0	3	0
D44	1,6	0	1,2	0
D45	0,8	0	1	0,6
D46	0	0	0,2	2,2
D47	0,6	0	0	2,4
D48	0,6	0	1	1
D49	0	0,6	1,6	0,4
D50	0	0,6	2	0
D51	0	2,2	0,4	0
D52	0,6	0,4	1,2	0,4
D53	0	1	1	0,6
D54	0	0	2,8	0
D55	0	0	1	1,6
D56	0	0	1,8	1,2
D57	0	0,2	0,6	1,4
D58	0	0,4	2,4	0
D59	0,2	0	0	2,4
D60	0,6	0	1	1

Fonte: Autoria própria (2021).

Essa tabela foi importada no software *SPSS 18®*, em que é possível gerar a análise de *cluster*, a matriz de similaridade e dendrograma. A análise de *cluster* pode ser feita por meio de dois métodos: análise hierárquica e não-hierárquica. Optou-se por utilizar o método hierárquico nessa pesquisa. Para isso, deve-se acessar o menu superior do *SPSS 18®* e clicar em *Analyse > Classify > Hierarchical Cluster* (VIANA, 2011).

As diretrizes (linhas da tabela) foram adicionadas como casos e os grupos (colunas da tabela) foram inseridos como variáveis, mostrado na Figura 33. Em “Statistics”, foram habilitadas as opções “Agglomeration schedule” e “Proximity matrix”. A primeira mostra a sequência de passos na qual o agrupamento será realizado. A segunda gera a matriz de similaridade e representa a distância entre os pontos. Os pontos com a menor distância indicam maior semelhança e os pontos com maior distância têm maior dessemelhança. Em “Cluster Membership”, foi definido o número de *clusters* desejados, que, nesse caso, foram quatro grupos (VIANA, 2011).

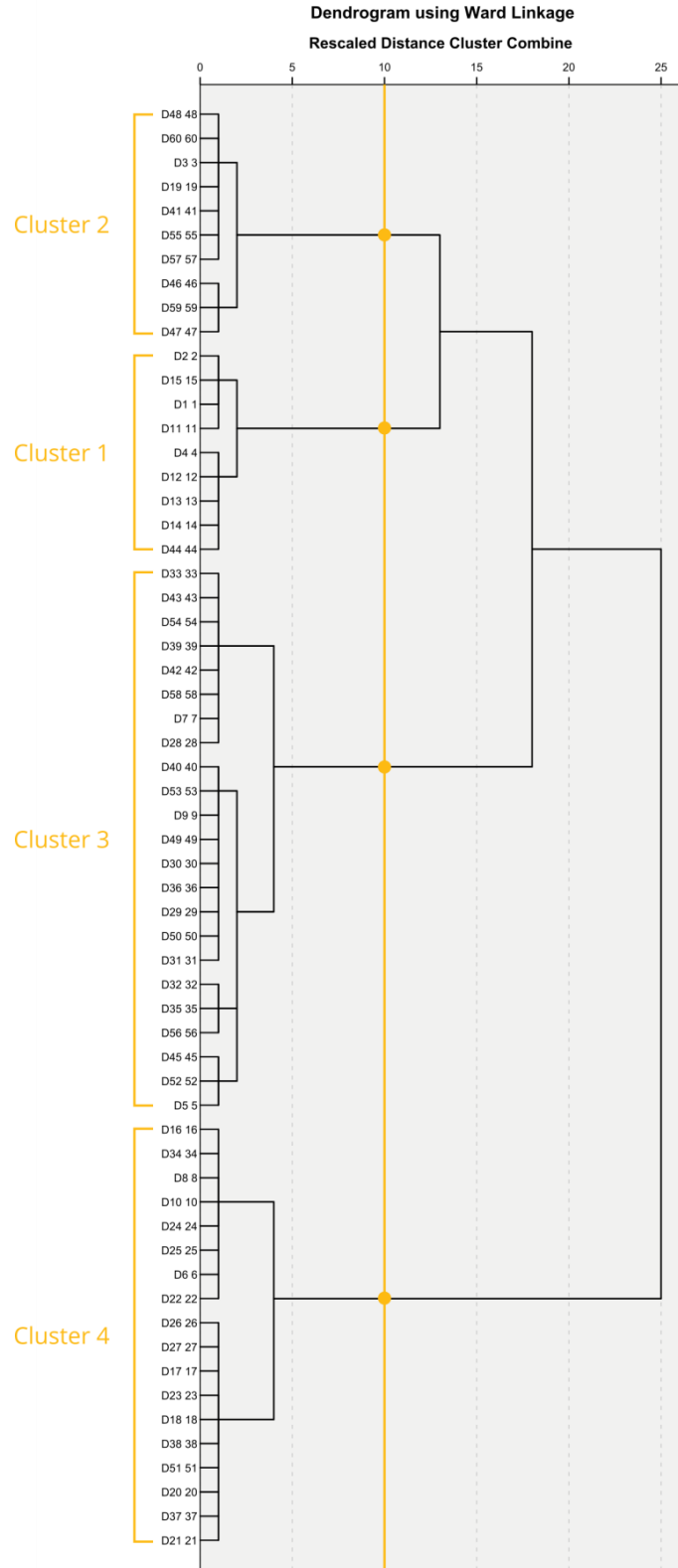
Figura 33 – Captura de tela no software SPSS 18®.



Fonte: Autoria própria (2021).

Em “Plots”, foi habilitada a opção “Dendrogram” para que o software gerasse o gráfico. Trata-se de uma representação gráfica da matriz de aglomeração (*Agglomeration Schedule*), mostrando a sequência como os casos foram agrupados (VIANA, 2011). A interpretação do dendrograma é feita ao traçar uma linha vertical ao gráfico. A leitura do dendrograma é feita da esquerda para a direita. Os pontos onde a linha intercepta o gráfico indicam o número de *clusters* gerados (PESTANA; GAGEIRO, 2008). O dendrograma dessa pesquisa pode ser visualizado na Figura 34.

Figura 34 – Dendrograma.



Fonte: Autoria própria (2021).

Em “*Method*”, são definidas as técnicas de clusterização a serem utilizadas na análise. Em “*Cluster Method*”, deve-se escolher a medida da distância que será empregada para agrupar os casos. Nessa pesquisa, foi utilizado o “*Ward’s Method*”. Também, deve-se definir a medida a ser aplicada, sendo que o tipo mais comum é a distância euclidiana ao quadrado (*square euclidean distance*). Em “*Transform Value*”, é possível padronizar as variáveis, caso o pesquisador esteja trabalhando com dados diferentes, como idade, renda, escolaridade, etc. (VIANA, 2011). Nesse caso, não foi necessário fazer a padronização das variáveis, pois as mesmas estavam padronizadas conforme a escala *Likert*.

Em “*Save*”, deve-se pedir para que o software crie uma variável que indicará em qual *cluster* os casos serão agrupados (VIANA, 2011).

Conforme os resultados encontrados, foi possível classificar um conjunto de 60 diretrizes em quatro grupos: terapia, segurança, interação e motivação. O Quadro 10 mostra as diretrizes divididas de acordo com os *clusters* gerados.

Quadro 10 – Diretrizes dos grupos: terapia, segurança, interação e motivação.

(continua)

ID	Diretrizes
Cluster 1: Terapia	
D1	Colete os dados do paciente
D2	Permita que os terapeutas tenham acesso aos dados
D4	Promova a variabilidade dos exercícios
D11	Inclua uma gama generalizada de movimentos que atendam a diferentes pacientes
D12	Incentive a repetição e a assiduidade
D13	Especifique as tarefas do jogo
D14	Promova a abstração do movimento
D15	Foque na qualidade do movimento sem muita distração
D44	Permita que o usuário controle o movimento
Cluster 2: Segurança	
D3	Evite o esforço excessivo
D19	Evite a velocidade
D41	Sempre mantenha o rastreamento da cabeça do usuário
D46	Evite mudanças bruscas na luminosidade
D47	Inclua pontos de referências fixos no ambiente
D48	Coloque o usuário em ambiente virtual estacionário
D55	Ofereça suporte contínuo para o jogador
D57	Evite mostrar dados pessoais na tela
D59	Evite a doença da simulação
D60	Utilize velocidade constante
Cluster 3: Interação	
D5	Favoreça a autonomia

Quadro 10 – Diretrizes dos grupos: terapia, segurança, interação e motivação.

(conclusão)

ID	Diretrizes
D7	Use o movimento como entrada principal
D9	Ofereça recursos ajustáveis
D28	Crie uma interface clara e limpa
D29	Crie gráficos com cores brilhantes e bons contrastes
D30	Use uma interface atraente e amigável
D31	Use cores quentes e brilhantes com texturas simples
D32	Evite detalhes pequenos
D33	Utilize fontes grandes e claras
D35	Crie botões com um tamanho grande e com uma distância grande entre eles
D36	Use animações em vez de imagens e texto
D39	Ofereça feedback áudio-visual
D40	Forneça feedback das ações erradas
D42	Ofereça feedback das ações do usuário
D43	Coloque os controles de interface do usuário no campo de visão do usuário
D45	Evite objetos pequenos e com movimentos rápidos
D49	Crie cenas simples e ajude o jogador
D50	Considere usar o áudio ambiental para tornar o aplicativo mais realista e chamar a atenção do usuário para várias áreas do aplicativo
D52	Considere incluir breves resumos de áudio para fornecer instruções aos usuários
D53	Forneça instruções simples e notáveis sobre como recuperar um erro
D54	Use diferentes tipos de entradas para fornecer assistência
D56	Forneça rotinas de configuração/instalação simples
D58	Utilize a língua nativa do usuário
Cluster 4: Motivação	
D6	Exiba informações para incentivar as pessoas a serem mais ativas
D8	Ofereça mecanismo para determinar o sucesso da terapia
D10	Indique com clareza quais são os resultados esperados no jogo
D16	Ofereça a possibilidade de ajustar a dificuldade do jogo
D17	Inclua elementos motivacionais no jogo
D18	Ofereça recompensas para as ações do jogador
D20	Crie uma narrativa que se aproxime das atividades da vida real dos idosos
D21	Mantenha o nível apropriado de desafio
D22	Ofereça mais tempo para que os idosos possam se envolver com o jogo
D23	Use um tema adequado
D24	Mantenha o jogador na zona de fluxo
D25	Ofereça objetivos claros
D26	Incentive a interação social
D27	Inclua a diversão
D34	Exiba informações importantes após a jogabilidade
D37	Comunique o progresso
D38	Ofereça feedback positivo
D51	Forneça músicas adequadas para os idosos e a música deve se adequar ao objetivo do jogo ou aos movimentos realizados

Fonte: Autoria própria (2021).

5.3 ELABORAÇÃO DO *CHECKLIST*

Após a sistematização das diretrizes, foi possível elaborar o *checklist*. As diretrizes que estavam relacionadas entre si foram incluídas em um mesmo subgrupo. Por exemplo, foi criado um subgrupo, chamado de interface, para as diretrizes: “Crie uma interface clara e limpa” (KONSTANTINIDIS, E. I. *et al.*, 2016; OÑA *et al.*, 2018; PLANINC; NAKE; KAMPEL, 2013); “Use uma interface atraente e amigável” (KONSTANTINIDIS, E. I. *et al.*, 2016); “Coloque os controles de interface do usuário no campo de visão atual do usuário” (GOOGLE DESIGN, [s. d.]). Assim, o item interface se refere à facilidade com que os idosos conseguem utilizar a interface.

Optou-se por seguir o modelo descrito por Vazquez e Simões (2016), em que são criadas quatro colunas. Na primeira, é utilizado um número para identificar os itens. Entretanto, foi inserido um ícone em vez de números na primeira coluna. A imagem serve, principalmente, para ajudar na compreensão das perguntas. Na segunda, são descritos os itens na forma de perguntas ou assertivas. Na terceira e quarta, os participantes da pesquisa devem responder o *checklist*, marcando “sim” ou “não” para cada um dos itens.

Foram propostos dois *checklists*: o primeiro deve ser utilizado por desenvolvedores a fim de auxiliar no desenvolvimento do projeto e o segundo deve ser aplicado com os idosos para avaliar um artefato. O *checklist* destinado para os desenvolvedores visa orientar o desenvolvimento do artefato. O questionário contém 30 itens na forma de recomendações ou diretrizes escritas no imperativo. Foi inserida uma caixa de seleção (*checkbox*) para que os desenvolvedores possam indicar o que foi feito no projeto. Dessa maneira, é possível verificar quais itens foram incluídos ou negligenciados em um projeto.

O segundo *checklist* foi elaborado para ser impresso em uma folha A4, dado que a intenção é aplicá-lo com os idosos. Evitou-se utilizar palavras estrangeiras, exceto os termos *checklist* e *feedback* (já que não há uma tradução formal para este). Foram inseridos dois campos para que os participantes indiquem com “sim”, se o requisito foi incluído no artefato, ou “não”, caso tenha sido esquecido. Da

mesma forma, buscou-se criar um questionário sucinto com perguntas curtas e objetivas para não cansar os respondentes. Caso os participantes não entendam alguma pergunta, a pessoa que irá aplicar o questionário deve estar preparada para esclarecer essas questões.

O *checklist* contém 30 itens, divididos em quatro grupos: terapia, motivação, interação e segurança. A seguir, é feita uma breve descrição dos itens do questionário.

5.3.1 Terapia

Os itens a seguir se referem ao grupo de Terapia.

Coleta de dados: Os dados devem ser coletados para que o terapeuta possa verificar o desempenho do paciente em cada sessão e acompanhar o seu progresso (OÑA *et al.*, 2018). Para Cataldi e Silva (2017), algumas informações que podem ser relatadas são: desempenho, completude dos exercícios, tempo de jogo e assiduidade do paciente.

Adaptabilidade: O jogo deve apresentar uma variabilidade de exercícios para que possam atender a diferentes pacientes com necessidades específicas (CATALDI; SILVA, 2017; TIMMERMANS *et al.*, 2009).

Repetição: Segundo Cataldi e Silva (2017), a repetição da atividade ajuda na memorização e no desenvolvimento do paciente, sendo interessante que o paciente retorne ao jogo sempre que possível.

Movimento: De acordo com Badia *et al.* (2016), a aprendizagem motora é mais eficaz quando a prática inclui condições ambientais e de movimento semelhantes às exigidas em um contexto real. Os autores citam como exemplo treinar caminhada utilizando simulações em uma esteira. Sendo assim, devem-se incluir movimentos que sejam úteis para ajudar os idosos nas tarefas do dia a dia.

5.3.2 Motivação

Os itens que seguem estão associados ao grupo Motivação.

Dificuldade: Dado que pode existir uma grande variedade entre os idosos, é importante oferecer a possibilidade de ajustar a dificuldade do jogo conforme as habilidades de cada jogador (PLANINC; NAKE; KAMPEL, 2013). Outros autores também mencionam que é importante manter os jogadores idosos na “zona de fluxo”⁹ (BOUCHARD *et al.*, 2012; ROBERT *et al.*, 2014). Desse modo, a dificuldade do jogo é balanceada de acordo com as habilidades de cada pessoa para que eles permaneçam envolvidos com a experiência.

Objetivos e resultados: O jogo deve oferecer metas claras (LOHSE *et al.*, 2013), assim como os resultados esperados no jogo (NAWAZ *et al.*, 2014). O objetivo (ou meta) indica o que o jogador deve fazer no jogo, por exemplo, obter pontuação máxima, chegar ao fim, vencer o chefão, pegar a bandeira, conseguir as melhores cartas, etc. (PRENSKY, 2012). Já os resultados são uma forma de medir se o jogador alcançou ou não os objetivos (PRENSKY, 2012).

Música: A música deve estar apropriada à idade dos idosos, bem como ao objetivo do jogo ou aos movimentos realizados (NAWAZ *et al.*, 2014). Uma possibilidade é que os próprios usuários possam alterar o estilo de música preferido na página de configurações do aplicativo.

História: Segundo Nawaz *et al.* (2014), a história do jogo deve se aproximar das atividades diárias dos idosos. Essas atividades podem incluir esportes, natação, remo, exercícios, dança, jogos de quebra-cabeça, passeios na natureza, etc.

Tema: O tema do jogo deve estar relacionado aos interesses dos idosos (PLANINC; NAKE; KAMPEL, 2013). Para os mesmos autores, o acesso ao mundo dos jogos digitais é mais fácil, quando os gestos necessários estão relacionados às ações na vida real.

Tempo: Ao contrário dos jogadores mais experientes, os idosos precisam de mais tempo para se envolver com um jogo (VELAZQUEZ *et al.*, 2013). Eles

⁹ Zona de fluxo é um estado mental estudado, especialmente, por Mihaly Csikszentmihalyi, em que os jogadores relatam uma concentração intensa e sensação de prazer (PRENSKY, 2012).

precisam de tempo para entender o que está acontecendo e planejar uma reação (BROX, Ellen; KONSTANTINIDIS; EVERTSEN, 2017).

Recompensas: Os jogos devem oferecer recompensas (BADIA *et al.*, 2016; LOHSE *et al.*, 2013) e feedback positivo (BROX, E.; FERNANDEZ-LUQUE; TØLLEFSEN, 2011; NAWAZ *et al.*, 2016). As recompensas e o feedback positivos são benefícios que se recebe com base no bom desempenho ou ao concluir uma tarefa com sucesso (BOLLER; KAPP, 2018).

Nível de progresso: Uzor e Baillie (2014) recomendam que o progresso seja comunicado para os idosos através da pontuação do *exergame*. A pontuação é um indicador numérico que mostra o desempenho do jogador (NOVAK, 2010).

Interação social: A interação social ajuda na aprendizagem do jogo (NAWAZ *et al.*, 2016), aumenta a diversão (BROX, Ellen *et al.*, 2016) e é um fator importante para a motivação dos idosos (PLANINC; NAKE; KAMPEL, 2013).

Diversão: O treinamento deve incluir a diversão e ser envolvente (TIMMERMANS *et al.*, 2009). A diversão em um jogo está relacionada a vários fatores, como: descoberta, entusiasmo, fantasia, medo/admiração, prazer e surpresa (BURKE, 2015).

Informações: Os jogos devem mostrar informações para incentivar as pessoas a serem mais ativas (BROX, E. *et al.*, 2011). Entretanto, as informações importantes devem vir após a jogabilidade para não desviar a atenção dos idosos (BROX, Ellen; KONSTANTINIDIS; EVERTSEN, 2017).

5.3.3 Interação

Os itens do grupo Interação são listados na sequência.

Interface: Diferentes autores abordam o tópico “interface” nos artefatos para a reabilitação virtual dos idosos (BROX, E. *et al.*, 2011; KONSTANTINIDIS, E. I. *et al.*, 2016; OÑA *et al.*, 2018; PLANINC; NAKE; KAMPEL, 2013). A interface deve ser fácil de usar para que eles possam se concentrar no exercício do jogo.

Cores: De acordo com Jones e Eerden (2008, *apud* BOUCHARD *et al.*, 2012), os idosos enxergam melhor as cores vivas e quentes, como vermelho, laranja e amarelo, do que as frias, como o azul e roxo. Eles podem ter dificuldade em distinguir as cores escuras e os tons pastéis. Também pode haver uma redução na acuidade visual, tornando as imagens próximas desfocadas e os detalhes das texturas difíceis de discriminar. Portanto, devem-se utilizar cores quentes e brilhantes (intensas) com texturas simples (BOUCHARD *et al.*, 2012).

Botões: Os botões da interface devem ser grandes e com uma distância grande entre eles (BROX, Ellen; KONSTANTINIDIS; EVERTSEN, 2017). Segundo Nielsen e Budiu (2014), pesquisas (PARHI; KARLSON; BEDERSON, 2006) indicam que o tamanho ideal de um alvo de toque na interface de dispositivos móveis é de 1 x 1 centímetros (cm). Os alvos muito pequenos e abarrotados representam um desafio para os usuários (NIELSEN; BUDIU, 2014), principalmente para o público de idosos.

Texto: Para Brox, Konstantinidis e Evertsen (2017), deve-se fornecer feedback sonoro através de um texto gravado. Caso seja necessário apresentar textos, é importante utilizar fontes grandes e claras.

Áudio: O áudio ambiental permite ouvir o som na direção em que ele está sendo emitido. Ele pode ser utilizado para orientar a atenção do usuário para uma determinada área do cenário (GOOGLE DESIGN, [s. d.]).

Feedback: O feedback é qualquer informação sobre como uma habilidade foi realizada e a eficácia com que foi executada (LOHSE *et al.*, 2013). O feedback pode ser visual e auditivo (PLANINC; NAKE; KAMPEL, 2013), das ações do jogador (LOHSE *et al.*, 2013), ou mesmo das ações erradas (MORÁN *et al.*, 2015).

Animações: Conforme Uzor e Baillie (2014), as animações são mais eficazes do que imagens estáticas ou textos para transmitir as informações sobre os movimentos a serem realizados no jogo.

Gráficos: É importante evitar o excesso de informações na tela, pois os idosos podem ter dificuldade de encontrar os objetos em cenas visualmente

complexas (BOUCHARD *et al.*, 2012). Também se devem evitar objetos pequenos (BROX, Ellen; KONSTANTINIDIS; EVERTSEN, 2017; PLANINC; NAKE; KAMPEL, 2013) e com movimentos rápidos (KONSTANTINIDIS, E. I. *et al.*, 2016).

Configuração e instalação: Os jogos devem ser fáceis de configurar e executar (GERLING, K. *et al.*, 2012), mostrar a língua nativa do usuário (NAWAZ *et al.*, 2016), assim como apresentar recursos ajustáveis para que possam ser modificados conforme as necessidades de cada paciente (OÑA *et al.*, 2018). Estes recursos podem ser apresentados por meio de um controle deslizante (*slider*). Para Grant (2019), eles são ótimos para ajustar o volume, o brilho e a cor da tela.

Assistência: Dado que os idosos podem, eventualmente, apresentar deficiências visuais e/ou auditivas, é importante utilizar diferentes recursos, sejam visuais, auditivos, ou vibrotátil para fornecer assistência adequada para o jogador (BOUCHARD *et al.*, 2012).

Autonomia: A autonomia se refere à capacidade do paciente poder jogar sozinho sem a presença de um profissional de fisioterapia (CATALDI; SILVA, 2017).

Entrada de dados: Convém utilizar o movimento do jogador como entrada principal para a interação com o jogo (CATALDI; SILVA, 2017). No caso de uma aplicação em realidade virtual para *Google Cardboard*®, a interação ocorre por meio dos movimentos da cabeça do jogador.

5.3.4 Segurança

Os itens do grupo Segurança são mostrados abaixo.

Aspectos fisiológicos: É importante adotar algumas medidas para garantir que os usuários utilizem os óculos de realidade virtual com conforto e segurança. Para tanto, recomenda-se:

- Sempre mantenha o rastreamento da cabeça do usuário (GOOGLE DESIGN, [s. d.]);
- Inclua pontos de referências fixos no ambiente (GOOGLE DESIGN, [s. d.]);
- Coloque o usuário em ambiente virtual estacionário (GOOGLE DESIGN, [s. d.]);
- Evite a velocidade (NAWAZ *et al.*, 2016), se for necessário, utilize a velocidade constante (GOOGLE DESIGN, [s. d.]);

- Evite o esforço excessivo (GERLING, K. *et al.*, 2012; KONSTANTINIDIS, E. I. *et al.*, 2016; VELAZQUEZ *et al.*, 2013);
- Evite mudanças bruscas na luminosidade (GOOGLE DESIGN, [s. d.]);
- Evite a doença da simulação (*cybersickness*¹⁰) (GOOGLE DESIGN, [s. d.]).

Suporte: Refere-se ao uso de tutoriais ou sugestões para que os jogadores possam aprender as habilidades necessárias no jogo (GERLING, K. *et al.*, 2012).

Dados pessoais: Segundo Nawaz *et al.* (2016) deve-se evitar mostrar dados pessoais na tela, como o índice de massa corporal (IMC) e o resultado dos testes de equilíbrio. A exposição dos dados pessoais deve ser omitida em jogos multijogador (*multiplayer*).

5.4 VALIDAÇÃO DO *CHECKLIST*

A validação do *checklist* foi realizada com dois participantes. Os mesmos foram selecionados com base em sua experiência acadêmica e/ou profissional nos temas abordados neste estudo. O convite foi feito via e-mail. No início da entrevista, foi solicitado que eles assinassem o TCLE. Na sequência, foram apresentadas as duas versões do *checklist* – direcionadas para os desenvolvedores e os usuários seniores. No final, foram feitas seis perguntas referentes ao modelo proposto. A entrevista teve duração de aproximadamente 30 minutos.

A Participante A é docente no ensino superior e atua principalmente nos seguintes temas: acessibilidade, deficiência, design, design centrado no usuário, educação, ergonomia cognitiva, inclusão educativa, informática na educação, mídias e internet, tecnologia, tecnologias assistivas e tic's (tecnologias de informação e comunicação).

A Participante A propôs incluir a possibilidade de coletar os erros do usuário durante a atividade para que o terapeuta possa analisar o que paciente não está

¹⁰ *Cybersickness* consiste em uma doença do movimento (*motion sickness*), que é induzida por estímulos visuais, resultante da imersão em um mundo virtual gerado por computador (JERALD, 2016).

conseguindo realizar. Também foi sugerido retirar o item relativo à interação social, já que se joga sozinho em aplicações para o *Cardboard*®. Foi recomendado melhorar a escrita do item relacionado às cores. Apenas os itens mais importantes da jogabilidade devem ser destacados com cores quentes e brilhantes. Os demais elementos do cenário devem ter cores neutras para não cansar a visão do usuário. Além disso, foi evidenciada a importância de deixar claro para o usuário como se deve jogar. Isso pode ser solucionado por meio de tutoriais antes de o jogo iniciar, que mostram por meio de animações e áudio como o jogador deve proceder. A transcrição da entrevista com a participante A pode ser vista no Apêndice I (p. 232).

A participante B é fisioterapeuta e docente no ensino superior. Atua nas disciplinas voltadas para as bases neuroanatômicas, tecnologias assistivas e reabilitação neurofuncional no ciclo vital. A participante ressaltou a importância da seguridade em um artefato para os idosos, pois a faixa etária envolvida é bastante frágil e necessita de segurança. Também sugeriu a possibilidade de mapear os movimentos do usuário para que o terapeuta possa comparar os dados antes e depois da intervenção. A transcrição da entrevista com a participante B foi disponibilizada no Apêndice J (p. 233).

Conforme foi sugerido pelos participantes, o item relacionado à interação social foi removido da lista de verificação. A possibilidade de coletar os erros cometidos, bem como o rastreamento do movimento foi adicionada ao item referente à coleta de dados. A escrita do item sobre as cores foi modificada com o intuito de facilitar a sua compreensão. Sendo assim, a versão final do modelo proposto contém 29 itens que são organizados em quatro categorias. O Apêndice K (p. 234) mostra o *checklist* para o desenvolvimento do artefato. O Apêndice L (p. 237) propõe o *checklist* para a avaliação do mesmo.

6 PROJETO DO ARTEFATO

A metodologia de projeto adotada nessa tese foi proposta por Back *et al.* (2008) e é dividida em quatro fases: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. O projeto informacional e o projeto conceitual, que correspondem às fases de planejamento, são apresentados na etapa de Projeto do Artefato do método *design science research*. Já as etapas de projeto preliminar e detalhado são abordadas no próximo capítulo referente ao Desenvolvimento do artefato.

6.1 PROJETO INFORMACIONAL

No projeto informacional, são estabelecidos os requisitos que irão ajudar a nortear o projeto do artefato. Segundo Rogers, Sharp e Preece (2013, p. 355), “Um requisito é uma declaração sobre um produto pretendido que especifica o que ele deveria fazer ou como deveria funcionar”.

Os requisitos podem ser classificados em requisitos de usuário e de projeto (BACK *et al.*, 2008). O primeiro representa as necessidades dos usuários e são expressos de forma qualitativa, por exemplo, “ser seguro” ou “ter aspecto atraente” (BACK *et al.*, 2008). Já o segundo é um atributo passível de mensuração, como o tempo médio de manutenção ou correção que pode ser medido em horas (BACK *et al.*, 2008).

O projeto informacional inicia com a identificação dos usuários que irão utilizar o produto direta ou indiretamente. Também são coletadas as necessidades dos usuários, que refletem a sua voz no projeto. Elas são transformadas, resumidas, agrupadas e classificadas em requisitos de usuários.

Posteriormente, os requisitos de usuários são convertidos em requisitos de projeto por meio do método Desdobramento da Função Qualidade (*Quality Function Deployment*, QFD). A última etapa consiste em definir as especificações com base nos requisitos de projeto (BACK *et al.*, 2008).

6.1.1 Identificação dos usuários

A primeira etapa do projeto informacional proposto por Back *et al.* (2008) é a identificação dos usuários. Eles representam todas as pessoas, organizações ou instituições que têm interesse, direito de opinar, impor exigências ou expressar necessidades que possam influenciar nas características ou atributos do produto que está sendo desenvolvido (BACK *et al.*, 2008).

Nessa pesquisa, os usuários foram identificados como principais e secundários. Os principais são os idosos que podem utilizar o artefato proposto. É necessário que a reabilitação vestibular tenha sido indicada como forma de tratamento para melhorar os sintomas. Já os secundários são os terapeutas ou outros profissionais da área da saúde que podem ter acesso aos dados coletados do paciente e acompanhar a sua evolução ao longo do tratamento.

6.1.2 Elicitação das necessidades dos usuários

Após a identificação dos usuários, foi realizada a coleta das necessidades dos usuários. Conforme Back *et al.* (2008, p. 203–204), “[...] a necessidade do usuário é a palavra ou frase que expressa o que o consumidor precisa, sua vontade, desejos e expectativas”. As necessidades devem ser descritas de forma natural e livre, sem padronização de termos ou classificações (BACK *et al.*, 2008).

Existem muitos métodos para a coleta e documentação das necessidades dos usuários. Back *et al.* (2008) recomendam os seguintes: entrevista com os usuários, parcerias ou alianças no projeto, consultores e especialistas, sessões de *brainstorming*, experiências pessoais e da empresa, pesquisa em material publicado, previsão da capacidade tecnológica, análise de mercado e *benchmarking* da concorrência, prototipagem e realidade virtual e a casa da qualidade.

Nessa tese, os métodos utilizados para a definição das necessidades dos usuários foram a pesquisa em material publicado e o Desdobramento da Função Qualidade (QFD). Para Back *et al.* (2008), é possível realizar uma pesquisa em materiais publicados, como revistas e jornais, na busca de dados e diretrizes que representam as necessidades dos usuários pretendidos. Sendo assim, o *checklist*

proposto nessa pesquisa foi utilizado para a definição das necessidades dos usuários.

Além disso, foi utilizado o método QFD, também chamado de casa da qualidade. Segundo Back *et al.* (2008), o QFD é empregado com o objetivo de converter os requisitos de usuários em requisitos de projeto. Trata-se de um método sistemático para garantir que os desejos, gostos e expectativas dos usuários sejam considerados no processo de desenvolvimento de um produto. O QFD pode ser desdobrado em quatro fases, porém, nessa pesquisa, será aplicada apenas a primeira matriz, conforme se pode observar no decorrer desse estudo.

6.1.3 Transformação das necessidades em requisitos de usuários

Nessa etapa, as necessidades dos usuários são desdobradas ou agrupadas em requisitos de usuários. As necessidades foram obtidas a partir do *checklist* proposto na pesquisa. Elas foram transformadas em atributos utilizando uma linguagem mais compacta e apropriadas para o entendimento geral da equipe que está desenvolvendo o produto (BACK *et al.*, 2008). O Quadro 11 mostra a transformação das necessidades dos usuários em atributos de qualidade.

Quadro 11 – Transformação das necessidades dos usuários em atributos de qualidade.

(continua)

Necessidades dos usuários	Atributos de qualidade
Coletar as informações sobre o desempenho do paciente e permitir que o terapeuta tenha acesso aos dados para avaliar o seu progresso.	Funcionalidade
Oferecer uma variedade de atividades que se adaptam a diferentes pessoas.	Adaptabilidade
Incentivar o paciente a realizar as atividades regularmente, pois a repetição auxilia na memorização e no seu desenvolvimento.	Aprendizagem Funcionalidade
Incluir movimentos que sejam úteis para ajudar os idosos nas tarefas do dia a dia.	Funcionalidade
Oferecer a possibilidade de ajustar a dificuldade do jogo, por exemplo: fácil, médio e difícil.	Configurabilidade
Mostrar com clareza quais são os objetivos e resultados esperados do jogo.	Clareza
Incluir músicas adequadas às preferências dos idosos. As músicas também devem se adequar ao objetivo do jogo e aos movimentos realizados.	Adequação
Criar uma história que se aproxime do cotidiano dos idosos.	Adequação
Usar um tema que se relacione aos interesses dos idosos, por exemplo, "Passeios".	Adequação
Dar mais tempo para que os idosos possam se envolver com o jogo. Alguns jogadores poderão precisar de mais tempo para processar a informação e planejar uma reação.	Controle do usuário

Quadro 11 – Transformação das necessidades dos usuários em atributos de qualidade.

(conclusão)

Necessidades dos usuários	Atributos de qualidade
Oferecer recompensas e feedback positivos para as ações do jogador.	Feedback
Comunicar o nível de progresso dos idosos por meio da quantidade de pontos acumulados no final do jogo.	Progressividade
Incluir elementos que possam proporcionar diversão.	Divertimento
Mostrar informações para incentivar os idosos a serem mais ativos e saudáveis, contudo as mensagens não devem atrapalhar o jogador durante o jogo.	Aprendizagem
Criar uma interface que seja fácil e agradável para os idosos utilizarem.	Usabilidade
Utilizar cores quentes e brilhantes (intensas) com bons contrastes e texturas simples.	Acessibilidade
Criar botões com um tamanho grande e com uma distância confortável entre eles.	Acessibilidade
Utilizar textos com fontes em tamanho grande e fáceis de ler.	Acessibilidade
Considerar utilizar o áudio ambiental, o qual permite ouvir o som na direção em que ele está sendo emitido.	Feedback
Oferecer feedback auditivo e visual, das ações do jogador ou mesmo das ações erradas.	Feedback
Utilizar animações em vez de texto e imagens estáticas para transmitir uma informação.	Aprendizagem
Criar cenários simples para que os jogadores possam encontrar os objetos com facilidade. Evitar detalhes pequenos e com movimentos rápidos.	Visibilidade
Oferecer rotinas de configuração e instalação simples, recursos ajustáveis e na língua nativa do usuário.	Configurabilidade Usabilidade
Utilizar diferentes recursos – visuais, auditivos ou hápticos (vibração) para fornecer assistência adequada para o jogador.	Assistência Acessibilidade
Favorecer a autonomia para que os jogadores idosos sejam capazes de jogar sozinhos.	Autonomia
Utilizar o movimento da cabeça como entrada para interagir com o jogo.	Controle do usuário
Propiciar o conforto fisiológico e a segurança do jogador.	Segurança
Oferecer suporte contínuo por meio de tutoriais ou sugestões para ajudar o jogador a aprender as habilidades necessárias no jogo.	Assistência
Omitir os dados pessoais na tela do jogo.	Proteção

Fonte: Autoria própria (2021).

A partir dos atributos de qualidade, foram definidos os requisitos de usuários (Quadro 12). Para Lowdermilk (2013), os requisitos de usuários representam as necessidades dos usuários e são a base para os demais processos de uma abordagem de design centrada no usuário. Segundo o mesmo autor, será impossível prosseguir na direção correta sem que os requisitos de usuários tenham sido estabelecidos adequadamente.

Quadro 12 – Definição dos requisitos de usuários.

Atributos de qualidade	Requisitos de usuário
Acessibilidade	Oferecer recursos que sejam acessíveis, independente da capacidade sensorial dos usuários.
Adaptabilidade	Possibilitar que o usuário escolha o tipo de atividade que deseja realizar de acordo com a sua necessidade.
Adequação	Adequar a música, história e tema às preferências dos idosos.
Aprendizagem	Transmitir as informações com eficácia para os usuários com diferentes habilidades.
Assistência	Oferecer mecanismo de ajuda.
Autonomia	Ser simples e intuitivo para que o usuário possa utilizar sozinho.
Clareza	Apresentar as informações sobre o jogo com clareza para o usuário.
Configurabilidade	Apresentar recursos que podem ser ajustados pelo usuário (dificuldade, volume, idioma, etc.).
Controle do usuário	Permitir que o usuário controle as suas ações.
Divertimento	Apresentar elementos que contribuem para a diversão.
Feedback	Oferecer feedback das ações do usuário.
Funcionalidade	Ser uma ferramenta útil para os pacientes e terapeutas ou outros profissionais da área da saúde.
Progressividade	Mostrar o nível de progresso do usuário no jogo.
Proteção	Proteger os dados pessoais do usuário, de maneira que só os terapeutas e o paciente tenham acesso a eles.
Segurança	Ser utilizado com segurança, conforto e com o mínimo de esforço.
Usabilidade	Ser simples e intuitivo de usar, independente da experiência dos usuários.
Visibilidade	Possuir elementos gráficos que oferecem boa visibilidade para os idosos.

Fonte: Autoria própria (2021).

6.1.4 Valoração dos atributos de qualidade

Posteriormente, os requisitos de usuários foram priorizados segundo a ordem de importância. Para isso, foi utilizado o Diagrama de Mudge (Quadro 13) que possibilita comparar os atributos e estabelecer uma ordem de prioridade entre eles. Os atributos são comparados par a par e é atribuído um código com valores que variam de 0 a 5. As letras representam os atributos de qualidade que foram obtidos no quadro de transformação das necessidades dos usuários. As células da matriz são preenchidas com as comparações entre os atributos. As últimas colunas da matriz mostram a soma e o peso relativo de cada atributo (MUDGE, 1968; SCHUSTER; SCHUSTER; OLIVEIRA, 2015). Com isso, pôde-se obter uma lista de atributos priorizados conforme a sua relevância para o projeto, como se observa no Quadro 14.

Quadro 13 – Diagrama de Mudge.

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	Total	%	
A	A5	A3	A1	A3	A5	A5	A3	I3	A3	K3	L3	A5	A5	O3	0	A3	41	8,1%	
B		B	C3	D5	B3	0	B3	H5	I5	J5	K5	L5	B1	B1	O5	P5	Q5	8	1,6%
C			C	D5	C3	C3	H5	I5	J3	K5	L5	C3	C3	O5	P5	Q5	18	3,5%	
D				D	D5	D3	D5	D1	I3	D3	K3	L3	D5	D5	O3	P3	Q3	37	7,3%
E					E	F3	E3	H5	I5	J5	K5	L5	E3	E5	O5	P5	Q5	11	2,2%
F						F	F3	H3	I5	J3	K5	L5	F1	F1	O5	P5	Q5	8	1,6%
G							G	H3	I5	J5	K5	L5	G3	G3	O5	P5	Q5	6	1,2%
H								H	I3	J3	K3	L3	H5	H5	O5	P5	Q5	31	6,1%
I									I	I3	K3	L3	I5	I5	O3	P3	Q3	47	9,3%
J										J	K3	L5	J5	J5	O5	P5	Q5	34	6,7%
K											K	0	K5	K5	0	0	K1	51	10,0%
L												L	L5	L5	0	0	L1	53	10,4%
M													M	M5	O5	P5	Q5	5	1,0%
N														N	O5	P5	Q5	0	0,0%
O															O	0	O1	55	10,8%
P																P	P1	52	10,2%
Q																	Q	51	10,0%
																		508	100%

Fonte: Autoria própria (2021).

Quadro 14 – Valoração dos atributos de qualidade.

Classificação	Atributos de qualidade	Peso relativo (%)
1	Segurança	10,8%
2	Funcionalidade	10,4%
3	Usabilidade	10,2%
4	Feedback	10,0%
5	Visibilidade	10,0%
6	Controle do usuário	9,3%
7	Acessibilidade	8,1%
8	Aprendizagem	7,3%
9	Divertimento	6,7%
10	Configurabilidade	6,1%
11	Adequação	3,5%
12	Assistência	2,2%
13	Adaptabilidade	1,6%
14	Autonomia	1,6%
15	Clareza	1,2%
16	Progressividade	1,0%
17	Proteção	0,0%

Fonte: Autoria própria (2021).

6.1.5 Conversão dos requisitos de usuários em requisitos de projeto

Nessa fase, os requisitos de usuários são convertidos em requisitos de projeto (Quadro 15). A diferença entre eles é que os requisitos de usuário representam os que os usuários necessitam e os requisitos de projeto indicam o que o aplicativo precisa (LOWDERMILK, 2013). Lowdermilk (2013) utiliza o termo requisitos funcionais.

Quadro 15 – Conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto.

(continua)

Atributos de qualidade	Requisitos de usuário	Requisitos de projeto
Segurança	Ser utilizado com segurança, conforto e com o mínimo de esforço.	<ul style="list-style-type: none"> • (-) Alterações na luminosidade • (+) Ambiente virtual estacionário • (-) <i>Cybersickness</i> • (-) Esforço excessivo • (+) Pontos de referências fixos • (+) Rastreamento da cabeça • (-) Velocidade
Funcionalidade	Ser uma ferramenta útil para os pacientes e terapeutas ou outros profissionais da área da saúde.	<ul style="list-style-type: none"> • (+) Atividades funcionais • (+) Repetição • (+) Coleta e análise dos dados
Usabilidade	Ser simples e intuitivo de usar, independente da experiência dos usuários.	<ul style="list-style-type: none"> • (+) Interface gráfica simples e intuitiva
Feedback	Oferecer feedback das ações do usuário.	<ul style="list-style-type: none"> • (+) Feedback • (+) Recompensas e feedback positivo

Quadro 15 – Conversão dos requisitos de usuário em requisitos de projeto.

(conclusão)

Atributos de qualidade	Requisitos de usuário	Requisitos de projeto
Visibilidade	Possuir elementos gráficos que oferecem boa visibilidade para os idosos.	• (+) Cenários e objetos com boa visibilidade
Controle do usuário	Permitir que o usuário controle as suas ações.	• (+) Feedback • (+) Tempo
Acessibilidade	Oferecer recursos que sejam acessíveis, independente da capacidade sensorial dos usuários.	• (+) Interface gráfica acessível • (+) Recursos visuais, auditivos ou hápticos
Aprendizagem	Transmitir as informações com eficácia para os usuários com diferentes habilidades.	• (+) Animações • (+) Informações complementares • (+) Repetição
Divertimento	Apresentar elementos que contribuem para a diversão.	• (+) Diversão
Configurabilidade	Apresentar recursos que podem ser ajustados pelo usuário (dificuldade, volume, idioma, etc.).	• (+) Recursos ajustáveis
Adequação	Adequar a música, história e tema às preferências dos idosos.	• (+) Música, história e tema adequados
Assistência	Oferecer mecanismo de ajuda.	• (+) Ajuda
Adaptabilidade	Possibilitar que o usuário escolha o tipo de atividade que deseja realizar de acordo com a sua necessidade.	• (+) Recursos ajustáveis
Autonomia	Ser simples e intuitivo para que o usuário possa utilizar sozinho.	• (+) Interface gráfica simples e intuitiva
Clareza	Apresentar as informações sobre o jogo com clareza para o usuário.	• (+) Objetivo e resultados claros
Progressividade	Mostrar o nível de progresso do usuário no jogo.	• (+) Barra de progresso

(+) Aumentar ou incluir no projeto (-) Diminuir ou evitar no projeto

Fonte: Autoria própria (2021).

Os requisitos de projeto correspondem à qualidade necessária em um produto para satisfazer às necessidades dos usuários (BAXTER, 2011). Eles são atributos do produto que podem ser manipulados no projeto, ou seja, eles podem ser modificados, retirados, incluídos, ampliados, diminuídos, etc. (BACK *et al.*, 2008).

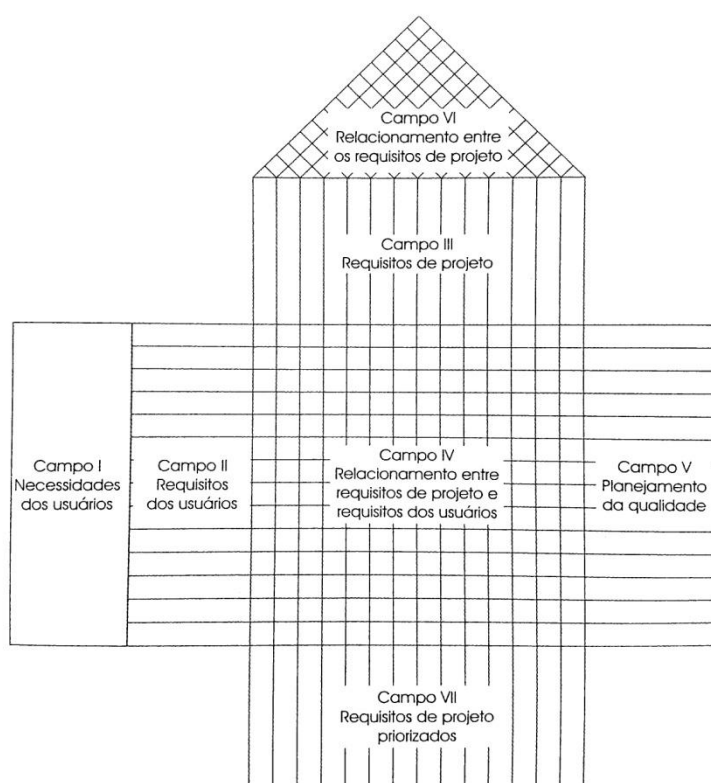
6.1.6 Desdobramento da Função Qualidade (QFD)

O QFD, também conhecido como casa da qualidade, é um método que permite converter os requisitos de usuários em requisitos de projeto. O método da casa da qualidade foi planejado por Akao (1996) e era utilizado, principalmente, na indústria automobilística do Japão. Atualmente, a casa da qualidade é aplicada em

vários setores para garantir que as necessidades dos usuários sejam atendidas ao longo de um projeto.

Os requisitos de usuários são colocados nas linhas à esquerda da matriz, como mostra o Campo II da Figura 35. Já os requisitos de projeto são dispostos nas colunas acima da matriz, ilustrado no Campo III da Figura 35. As células da matriz, mostradas no Campo IV da Figura 35, são preenchidas com um código que mostra a relação entre os requisitos de usuários e os requisitos de projeto (BAXTER, 2011).

Figura 35 – Principais elementos da casa da qualidade.



Fonte: Back *et al.* (2008, p. 213).

Nessa pesquisa, optou-se por utilizar um código que varia de 0 a 9, sendo que o valor 9 indica uma relação forte, 5 - relação moderada, 1 – relação fraca e 0 – relação nula. Um dos pontos negativos da casa da qualidade é que essa tarefa é fortemente dependente da experiência e do conhecimento dos integrantes da equipe (BACK *et al.*, 2008). Conforme Back *et al.* (2008), se não houver consistência nos relacionamentos, as decisões tomadas poderão comprometer a qualidade das soluções obtidas.

No final, o peso relativo do requisito de usuário é multiplicado pelo valor do relacionamento. E é feito o somatório em cada coluna. O resultado é mostrado no campo VII da Figura 35 (BACK *et al.*, 2008). Com isso, pode-se obter uma lista de requisitos de projeto ordenados conforme a importância atribuída pelo usuário. A aplicação do método da casa da qualidade pode ser visto do Apêndice M (p. 239).

6.1.7 Priorização dos requisitos de projeto

Após a aplicação do método da casa da qualidade, foi possível classificar os requisitos de projeto de acordo com a importância para o projeto, conforme mostrado no Quadro 16.

Quadro 16 – Priorização dos requisitos de projeto.

Classificação	Requisito de projetos	Peso relativo (%)
1	Feedback	11,8%
2	Interface gráfica simples e intuitiva	8,0%
3	Interface gráfica acessível	7,7%
4	Recursos visuais, auditivos ou hápticos	5,0%
5	Cenários e objetos c/ boa visibilidade	4,6%
6	Atividades funcionais	4,3%
7	Repetição	4,0%
8	Velocidade	3,8%
9	Rastreamento da cabeça	3,7%
10	Coleta e análise dos dados	3,6%
11	Alterações na luminosidade	3,5%
12	Pontos de referências fixos	3,5%
13	<i>Cybersickness</i>	3,4%
14	Ajuda	3,3%
15	Recompensas e feedback positivo	3,3%
16	Animações	3,1%
17	Diversão	3,1%
18	Recursos ajustáveis	3,1%
19	Informações complementares	2,8%
20	Tempo para a ação	2,8%
21	Barra de progresso	2,7%
22	Ambiente virtual estacionário	2,5%
23	Esforço excessivo	2,5%
24	Objetivo e resultados claros	2,2%
25	Música, história e tema adequados	1,8%

Fonte: Autoria própria (2021).

6.1.8 Relacionamento entre os requisitos de projeto

A análise dos requisitos de projeto é feita no telhado da casa da qualidade, ilustrado no campo IV da Figura 35. Os requisitos de projeto são comparados par a

O valor fortemente positivo indica que a melhora de um requisito de projeto irá resultar na melhora de outro requisito. Por exemplo, se o requisito Barra de progresso for incluído no projeto, então o Feedback também irá melhorar. O medianamente positivo é similar ao anterior, porém a relação é mais fraca. O fortemente negativo mostra que a melhora de um requisito de projeto irá implicar na piora de outro. O medianamente negativo é semelhante ao anterior, porém o efeito é de menor intensidade. A relação também pode ser nula, ou seja, a melhora de um requisito de projeto não irá influenciar em outro atributo (BACK *et al.*, 2008).

A análise do relacionamento entre os requisitos de projeto permite identificar quais são as relações de conflito entre os atributos de produto. As relações de conflito são aquelas em que a melhora de um requisito de projeto irá resultar na piora de outro atributo. Com isso, a equipe de desenvolvimento do produto deve decidir, com base na sua experiência, para qual requisito será dada maior importância. As relações de conflito identificadas nessa pesquisa são descritas abaixo.

Ajuda e interface gráfica simples e intuitiva: a inclusão da ajuda poderá aumentar o número de telas do jogo, tornando a interface gráfica mais complexa e difícil de navegar. A tela de ajuda deverá ser simples e fácil de utilizar.

Animações e cenários e objetos com boa visibilidade: conforme foi sugerido na revisão de literatura, os objetos pequenos e com movimentos rápidos devem ser evitados. Assim, as animações rápidas não devem ser incluídas no cenário e devem ser utilizadas na tela de ajuda ou tutorial para transmitir as informações com mais clareza.

Animações e pontos de referências fixos: a inclusão de pontos de referência fixos no ambiente evita que o usuário sinta desconforto ao interagir com um jogo ou aplicativo em realidade virtual. Desse modo, as animações que possam causar algum incômodo para o usuário devem ser evitadas no ambiente.

Coleta e análise de dados e Interface gráfica simples e intuitiva: a inclusão do recurso para coletar e analisar os dados irá implicar na adição de uma

tela para que o usuário possa fazer o *login* e ter acesso aos seus dados. Essas telas deverão ser simples e fáceis de utilizar independente da experiência do usuário.

Diversão e velocidade: o usuário não poderá se movimentar de um ponto a outro no cenário, pois, segundo recomenda a revisão de literatura (GOOGLE DESIGN, [s. d.]; OCULUS VR, 2017), a velocidade pode causar desconforto para o usuário. Isso poderá deixá-lo entediado e diminuir a diversão. Se a velocidade for importante, pode-se utilizar a velocidade constante (GOOGLE DESIGN, [s. d.]) e empregá-la na mesma velocidade da caminhada de um ser humano (OCULUS VR, 2017).

Diversão e atividades funcionais: o jogo deve ser divertido e sério simultaneamente. Ele precisa entreter os usuários, porém também deve apresentar as atividades necessárias para a sua evolução no tratamento.

Informações complementares e interface gráfica simples e intuitiva: a exibição de informações complementares, que incentivem o usuário a ser mais ativo, não deverá atrapalhar durante o jogo. Convém oferecer uma opção para que o usuário possa escolher se deseja ou não visualizar as informações adicionais.

Recursos ajustáveis e interface gráfica simples e intuitiva: é necessário que o usuário navegue até a tela de configurações para acessar os recursos ajustáveis. Isso pode dificultar a navegação na interface gráfica. A tela de configurações deverá ser simples e fácil de utilizar pelos usuários iniciantes ou experientes.

6.1.9 Especificações de projeto

A última etapa do projeto informacional é a definição das especificações de projeto. Os requisitos de projeto foram escritos de uma maneira resumida para facilitar o preenchimento da casa da qualidade. Nessa etapa, os requisitos ou especificações devem ser descritos de uma forma mais detalhada para que os membros da equipe e os usuários possam compreendê-los melhor. Além disso, devem-se especificar quais serão os meios de verificação e os possíveis riscos (BACK *et al.*, 2008).

Segundo Back *et al.* (2008, p. 232): “Requisitos ou especificações de projeto estabelecem algo que é necessário, verificável e atingível”. Uma especificação deve ser passível de verificação, seja através de exames, análises, testes ou demonstrações. Ainda deve ser alcançável tecnicamente e ser compatível com o orçamento, programação e outras restrições (BACK *et al.*, 2008).

A redação das especificações deve ser concisa e simples, bem como não devem deixar dúvidas de interpretação ou serem ambíguas (BACK *et al.*, 2008). Back *et al.* (2008) recomendam a utilização de frases curtas com os verbos ser, estar ou ter seguidos de substantivos. As frases longas e narrativas devem ser evitadas, pois elas podem incluir várias especificações ou requisitos. As especificações de projeto dessa pesquisa são mostradas no Quadro 18.

Quadro 18 – Especificações do projeto do produto.

(continua)

Classificação	Requisitos de projeto	Descrição das especificações	Modo de verificação	Possíveis riscos
1	Feedback	Oferecer feedback das ações do usuário.	Análise de uso	Possível restrição na compreensão pelo usuário
2	Interface gráfica simples e intuitiva	Ter uma interface gráfica simples e intuitiva de usar.	Teste com os usuários	Possível restrição na compreensão pelo usuário
3	Interface gráfica acessível	Ter uma interface gráfica com cores, texto e botões acessíveis.	Teste com os usuários	Possível restrição na compreensão pelo usuário
4	Recursos visuais, auditivos ou hápticos	Oferecer recursos visuais, auditivos ou hápticos (quando houver disponibilidade).	Análise de uso	Possível restrição técnica e de custo
5	Cenários e objetos com boa visibilidade	Criar cenários e objetos com boa visibilidade.	Teste com os usuários	Possível restrição na percepção pelo usuário
6	Atividades funcionais	Apresentar atividades que possam auxiliar os idosos nas tarefas do dia a dia.	Validação com os terapeutas	Possível restrição na quantidade de atividades
7	Repetição	Incentivar a repetição das atividades.	Validação com os terapeutas	Possível restrição na quantidade de atividades
8	Velocidade	Evitar a velocidade, se necessário, utilizar a velocidade constante.	Análise de uso	Limitação na movimentação pelo ambiente
9	Rastreamento da cabeça	Sempre manter o rastreamento da cabeça do usuário.	Análise de uso	Limitação na capacidade tecnológica do celular do usuário

Quadro 18 – Especificações do projeto do produto.

(conclusão)

Classificação	Requisitos de projeto	Descrição das especificações	Modo de verificação	Possíveis riscos
10	Coleta e análise dos dados	Possibilitar a coleta e análise dos dados.	Validação com os terapeutas	Possível restrição técnica
11	Alterações na luminosidade	Evitar mudanças bruscas na luminosidade.	Análise visual	Grande variabilidade do público-alvo
12	Pontos de referências fixos	Incluir pontos de referências fixos no ambiente.	Análise visual	Não há
13	<i>Cybersickness</i>	Evitar a doença da simulação (<i>cybersickness</i>).	Análise de uso	Limitação na capacidade tecnológica do celular do usuário
14	Ajuda	Incluir tutoriais ou sugestões para ajudar o jogador.	Análise de uso	Possível restrição na compreensão pelo usuário
15	Recompensas e feedback positivo	Oferecer recompensas e feedback positivo.	Análise visual	Não há
16	Animações	Apresentar animações em vez de texto ou imagens estáticas.	Análise visual	Aumento no tempo para a produção das animações
17	Diversão	Incluir elementos na jogabilidade que possam promover a diversão.	Teste com os usuários	Grande variabilidade do público-alvo
18	Recursos ajustáveis	Incluir recursos ajustáveis.	Análise visual	Possível restrição técnica e limitação no uso pelo usuário
19	Informações complementares	Mostrar informações complementares para incentivar as pessoas a serem mais saudáveis.	Validação com os terapeutas	Limitação na quantidade de informação disponível no aplicativo
20	Tempo para a ação	Evitar o uso de mecânicas baseadas na restrição de tempo.	Teste com os usuários	Grande variabilidade do público-alvo
21	Barra de progresso	Mostrar a barra de progresso.	Análise visual	Não há
22	Ambiente virtual estacionário	Colocar o usuário em ambiente virtual estacionário.	Análise visual	Não há
23	Esforço excessivo	Evitar o esforço excessivo.	Análise de uso	Grande variabilidade do público-alvo
24	Objetivo e resultados claros	Mostrar o objetivo do jogo e os resultados esperados com clareza.	Análise de uso	Possível restrição na compreensão pelo usuário
25	Música, história e tema adequados	Oferecer música, história e tema adequados às preferências dos idosos.	Teste com os usuários	Grande variabilidade do público-alvo

Fonte: Autoria própria (2021).

6.2 PROJETO CONCEITUAL

No projeto conceitual, são geradas várias alternativas para a solução do problema de projeto. Podem ser empregados diversos métodos e ferramentas de criatividade para produzir um conjunto de soluções inovadoras. No final desse processo, as alternativas são comparadas com a finalidade de selecionar a melhor e mais inovadora concepção para o produto (BACK *et al.*, 2008).

6.2.1 Conceito do artefato

Para a elaboração do conceito do artefato, foram utilizadas as seguintes ferramentas: painéis semânticos, escala de diferencial semântico, *personas*, cenários e *storyboard*.

6.2.1.1 Painéis semânticos

Os painéis semânticos, na visão de Baxter (2011), são painéis com várias imagens que transmitem certos sentimentos e emoções a respeito do usuário e do produto. Segundo o mesmo autor, deve-se partir de objetos amplos e ir estreitando as idéias para formas mais específicas. Os painéis semânticos são construídos em três etapas: painel do estilo de vida, painel da expressão do produto e painel do tema visual.

O painel do estilo de vida mostra imagens que representam o estilo de vida de um grupo específico de consumidores do produto. As imagens devem refletir os seus valores pessoais e sociais, assim como revelar o estilo de vida do consumidor. Recomenda-se que as imagens apresentem pessoas sorridentes e com alegria de viver. Os problemas e frustrações do consumidor devem ser evitados para que os aspectos negativos não sejam refletidos no estilo do novo produto (BAXTER, 2011). A Figura 36 mostra o painel do estilo de vida criado para esse projeto.

Figura 36 – Painel do estilo de vida.



Fonte: Pexels (2019)¹¹.

O painel da expressão do produto apresenta imagens que expressam a emoção a qual o produto deve transmitir. Deve-se evitar inserir imagens que mostram características específicas do produto ou fotografias de produtos similares. O painel da expressão do produto é utilizado para que todos os membros da equipe de desenvolvimento busquem o mesmo estilo para o produto (BAXTER, 2011). Nesse sentido, buscou-se criar um painel (Figura 37) que transmita emoções, como bem-estar, alegria, harmonia, relaxamento, tranquilidade, etc.

¹¹ Disponível em: <<https://www.pexels.com/>>. Acesso em: 12 set 2019.

Figura 37 – Painel da expressão do produto.



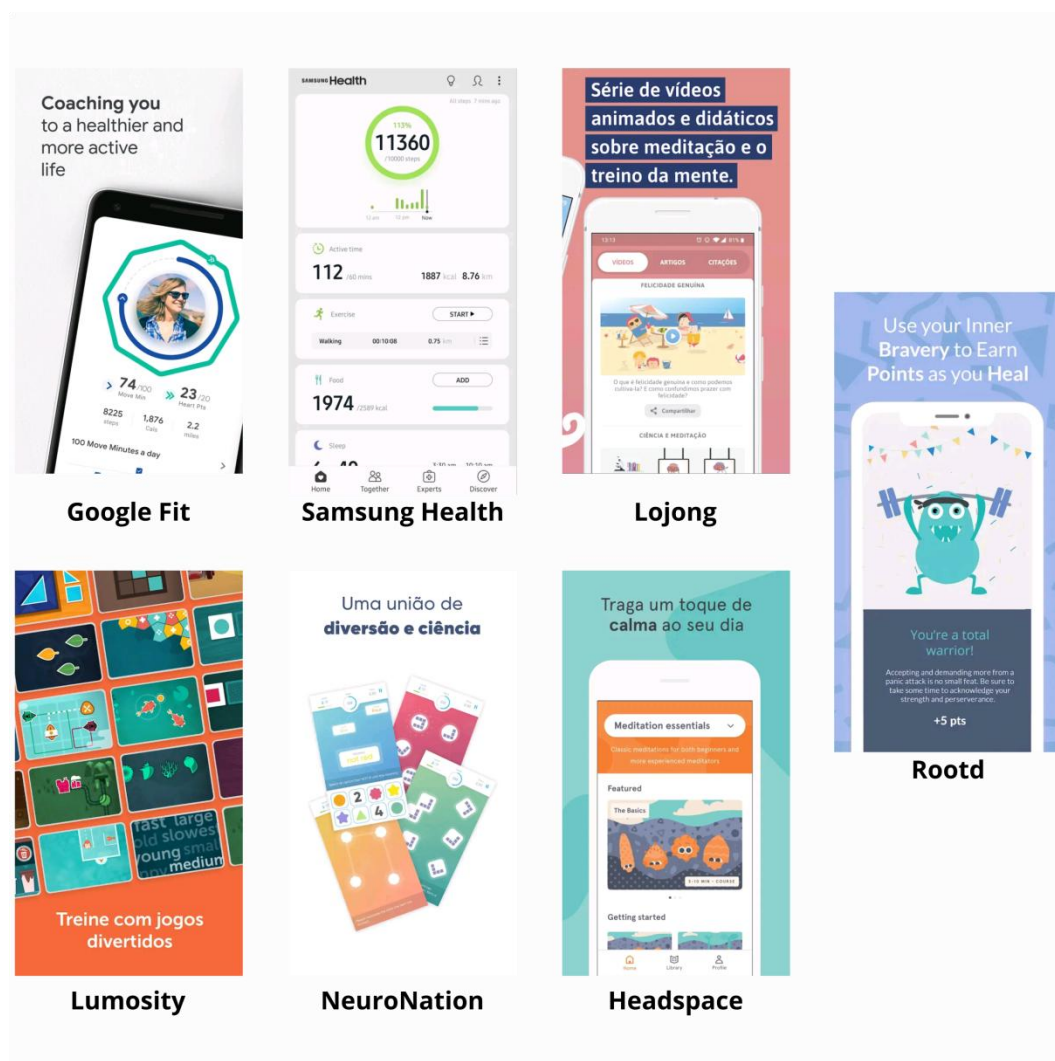
Fonte: Pexels (2019)¹².

O painel do tema visual ilustra outros produtos que tenham o mesmo apelo da expressão que se deseja transmitir. Podem-se incluir produtos com diversos tipos de funções ou setores do mercado, como móveis, carros, vestuário, etc. Também podem ser explorados estilos de produtos que foram bem-sucedidos no passado (BAXTER, 2011). O painel do tema visual dessa pesquisa é mostrado na Figura 38. Nele, foram incluídas imagens de aplicativos que tratam sobre saúde e bem-estar. *Lumosity*® e *NeuroNation*® são aplicativos para o treino cognitivo. *Google Fit*® e

¹² Disponível em: <<https://www.pexels.com/>>. Acesso em: 14 set 2019.

Samsung Health® tratam do monitoramento da saúde. *Lojong*® e *Headspace*® abordam o tema meditação. E *Rootd*® fala sobre ataques de pânico e ansiedade.

Figura 38 – Painel do tema visual.



Fonte: Play Store (2019)¹³.

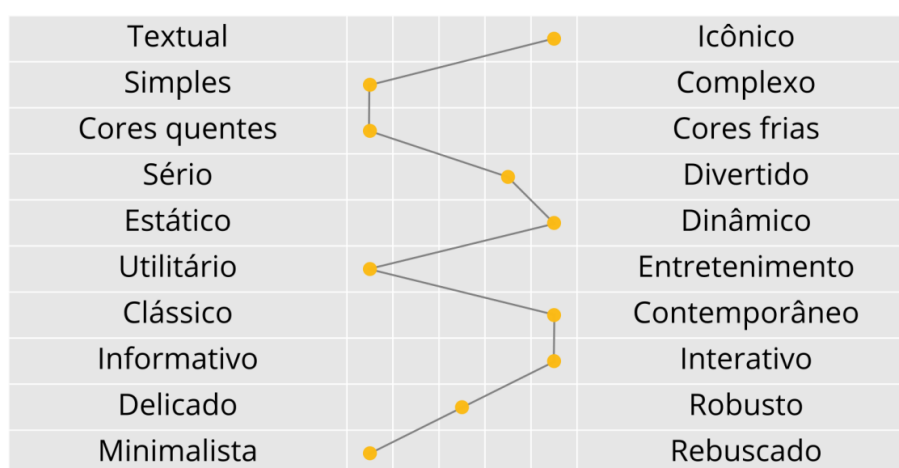
6.2.1.2 Escala do diferencial semântico

Nesse projeto, a escala do diferencial semântico foi aplicada para auxiliar na criação de um conceito para o produto. Conforme Rogers, Sharp e Preece (2013), a escala permite explorar uma faixa de atitudes bipolares sobre um item em particular. Cada par de atitudes é representado por um par de adjetivos (por exemplo, simples

¹³ Disponível em: <play.google.com/>. Acesso em: 14 set 2019.

versus complexo). O participante deve marcar um “x” em uma das posições entre os dois extremos para indicar concordância com os polos. A escala de diferencial semântico da pesquisa (Figura 39) foi elaborada com base na proposta de Meurer e Szabluk (2011).

Figura 39 – Escala de diferencial semântico.



Fonte: Autoria própria (2021).

6.2.1.3 Personas

A técnica de *personas* descreve o perfil de uma pessoa fictícia que representa o público-alvo do sistema. A criação de personagens deve ser baseada em dados qualitativos coletados por meio de entrevistas e questionários com os usuários (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010). Conforme Unger e Chandler (2009), a criação de uma *persona* inicia com a definição de um nome e uma foto para ela. Também devem ser adicionados alguns detalhes, tais como: idade, localização, ocupação, biografia. Outras informações podem ser incluídas para tornar o personagem mais realista e aplicável, como nível educacional, citação, motivações, objetivos, etc. Para os mesmos autores, a técnica de *personas* ajuda a ter uma compreensão mais empática a respeito dos usuários. A Figura 40 mostra a *persona* criada nessa pesquisa.

Figura 40 – Ferramenta de *personas*.

Fonte: Autoria própria (2021)¹⁴.

6.2.1.4 Cenários

Além da técnica de personas, também foi feito uso do cenário que mostra a interação do usuário com o produto em um contexto. “Os cenários são histórias hipotéticas sobre pessoas e suas vidas diárias” (ROGERS; SHARP; PREECE, 2013, p. 313). Essa técnica é utilizada para descrever como os usuários irão realizar uma determinada tarefa em um contexto específico (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010). Na redação do cenário, deve-se utilizar uma linguagem natural e descrever quais são os objetivos e motivações para o usuário utilizar o sistema. Pode-se ainda informar o tempo esperado para o usuário concluir uma tarefa (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010). O texto a seguir descreve o cenário para o artefato proposto nesta pesquisa.

Dona Júlia marcou uma consulta, pois estava tendo problemas com o equilíbrio. Foi indicado que ela fizesse a reabilitação domiciliar, que consiste em exercícios rápidos para melhorar o equilíbrio. Ela está

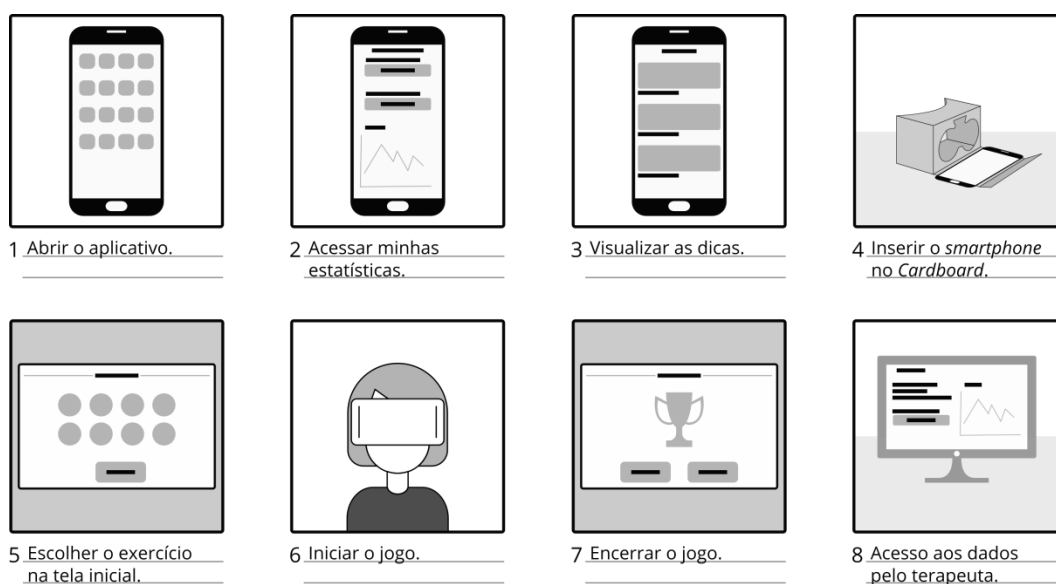
¹⁴ A fotografia da *persona* foi obtida no site <https://www.pexels.com/>.

em casa com a família e aproveita 5 minutos para fazer os exercícios. Júlia utiliza o seu próprio *smartphone* com o *Google Cardboard* - um dispositivo de baixo custo para a realidade virtual. A atividade é escolhida no aplicativo de acordo com as suas necessidades. Ela consegue fazer os exercícios em casa e os resultados da sessão são enviados para o seu terapeuta que consegue acompanhar a evolução da Dona Júlia.

6.2.1.5 Storyboard

Storyboard, também conhecido como narrativa gráfica, é uma técnica utilizada para ilustrar a interação do usuário com o produto. Trata-se de uma sequência de desenhos que mostram o usuário interagindo com o produto em um contexto específico. Os desenhos são feitos em grandes folhas de papel e colocados na parede para que os outros membros da equipe, ou mesmo os usuários do produto, possam opinar sobre os esboços (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010). O *storyboard* criado nesta pesquisa pode ser visualizado na Figura 41 e mostra como o usuário sênior poderá utilizar o artefato.

Figura 41 – *Storyboard* do projeto.



Fonte: Autoria própria (2021).

6.2.2 Síntese funcional

Após a definição do conceito do artefato, Back *et al.* (2008) propõem que seja feita a síntese funcional. Entretanto, alguns métodos e ferramentas apresentados pelos autores não serão aplicados nessa pesquisa por tratarem especificamente do

projeto de produtos industriais. Nesse sentido, optou-se por empregar a análise da tarefa, proposta por Cybis, Betiol e Faust (2010).

Na análise da tarefa, busca-se entender como um sistema funciona e como deve ser operado. Para tanto, deve-se realizar a decomposição da tarefa que inicia com a identificação da tarefa principal do sistema. Essa tarefa deve ser decomposta em tarefas menores, aplicando-se a pergunta “Como a grande tarefa é feita?”. Deve-se definir até que ponto as tarefas serão decompostas, respondendo a pergunta “Até que ponto é pertinente saber como a tarefa é feita?”. A estrutura da tarefa e suas subtarefas são mostradas em uma árvore ou tabela hierárquica (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010).

A decomposição da tarefa desse projeto é mostrada na Figura 42. A tarefa principal do artefato é “Jogar”. Para isso, o usuário precisa se identificar no sistema e acessar a opção “RV” para iniciar o aplicativo em realidade virtual. Outra tarefa alternativa é acessar o menu, com link para as seguintes páginas: ajuda, minhas estatísticas, história, dicas, configurações e créditos. Depois que o usuário conecta o *smartphone* no *Google Cardboard®*, ele acessa o mapa do jogo e escolhe o minijogo que se quer jogar. Antes de começar, é mostrado um tutorial para ensinar como jogar. No final, é exibido o resultado e o jogador pode escolher se quer jogar novamente ou voltar para o mapa do jogo.

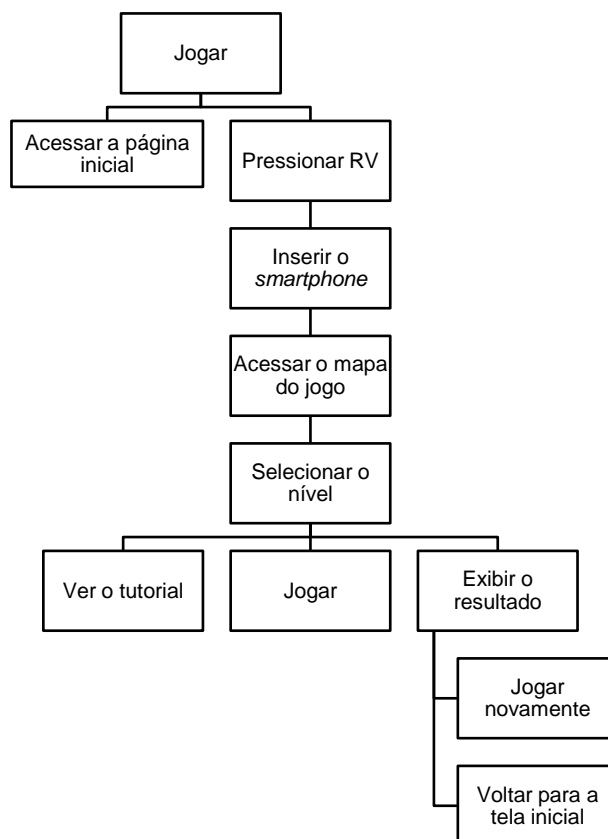
6.2.3 Geração de alternativas

Existem diversos métodos para a geração de alternativas em um projeto. Os métodos de criatividade podem ser tanto intuitivos, como o *brainstorming*, ou sistemáticos, a exemplo da matriz morfológica (BACK *et al.*, 2008). Para a geração de alternativas, foram empregados o *brainstorming* e uma adaptação da matriz morfológica.

Inicialmente, foi utilizado o método de *brainstorming* para levantar atividades que podem ser atraentes para os idosos. Segundo Nawaz *et al.* (2014), essas atividades incluem, corte de madeira, esportes, natação, remo, colheita de maçãs, biatlo, exercícios, dança, jogos de quebra-cabeça e passeios na natureza. As idéias geradas na sessão de *brainstorming* para a pesquisa foram: animais, artes e

artesanato, cozinha *gourmet*, dança, esportes, expedição na natureza, fabricação de jóias, fotografia, jardinagem, música, natação, passeio na natureza, pescaria, quebra-cabeça e remo.

Figura 42 – Análise da tarefa “Jogar”.



Fonte: Autoria própria (2021).

O outro método utilizado para a geração de alternativas foi a matriz morfológica que foi adaptada para os objetivos dessa pesquisa. Na visão de Back *et al.* (2008, p. 264), “[...] o método da matriz morfológica consiste em uma pesquisa sistemática de diferentes combinações de elementos ou parâmetros, com o objetivo de encontrar uma solução para o problema”. Segundo os autores, as funções ou parâmetros do problema são inseridos na primeira coluna da matriz e os princípios de solução alternativos são adicionados nas células da matriz.

Na primeira coluna da matriz, foram inseridas as dinâmicas centrais dos jogos, propostas por Boller e Kapp (2018). Conforme os autores, a dinâmica central se refere àquilo que o jogador deve fazer para ganhar o jogo ou alcançar um

objetivo. Eles propuseram um conjunto de onze dinâmicas, sendo elas: corrida até a linha de chegada, conquista de território, exploração, alinhamento, supere os oponentes, solução, construa ou erga, resgate e escape, coleção, ação proibida e correspondência. Um jogo pode conter uma dessas dinâmicas ou uma combinação entre elas (BOLLER; KAPP, 2018).

Nas células da matriz, foram adicionados os temas levantados no *brainstorming*. Cada célula apresenta uma combinação diferente de dinâmica central e tema. O uso desse método permitiu gerar um conjunto de 44 ideias, como pode ser visto no Quadro 19.

Quadro 19 – Geração de alternativas.

(continua)

Dinâmica central	Alternativas 1	Alternativas 2	Alternativas 3	Alternativas 4
Corrida até a linha de chegada	Controlar um barco em uma corrida de remo.	Participar de uma competição de vários esportes (golfe, remo, boliche, arco e flecha, etc.).	Participar de uma competição de natação com obstáculos a serem superados ao longo do percurso.	Participar de uma competição de cozinha gourmet para saber quem é o melhor chefe.
Conquista de território	Conquistar mais terras para aumentar o jardim.	Comprar obras de arte em um mercado medieval para ser o maior colecionador da região.	Conquistar terras para construir salões de espetáculo no séc. XVIII.	Conquistar terras e construir restaurantes em uma cidade.
Exploração	Explorar o cenário para tirar fotografias.	Explorar o fundo do mar e coletar objetos específicos.	Explorar a natureza e cumprir as missões dadas.	Explorar diferentes países para conhecer as suas danças típicas.
Coleção	Coletar objetos na natureza (como pedras preciosas, diamantes, ouro, etc.).	Cuidar de um jardim e colher as plantas.	Coletar um conjunto de objetos solicitados em uma piscina.	O jogador ganha objetos virtuais para colecionar ao responder as perguntas corretamente.
Resgate e escape	Resgatar um número definido de peixes e com uma cor específica.	Resgatar e cuidar de animais perdidos ou abandonados.	Tirar fotografias e escapar sem ser visto pelo dono da propriedade.	Salvar as plantas do jardim do ataque de pragas.

Quadro 19 – Geração de alternativas.

(conclusão)

Dinâmica central	Alternativas 1	Alternativas 2	Alternativas 3	Alternativas 4
Alinhamento	Repetir uma sequência de passos de dança com os movimentos da cabeça.	Alinhar as notas musicais com cores e formatos iguais.	Rotacionar o Cardboard para alinhar todos os barcos em uma mesma direção.	Alinhar as plantas similares do jardim.
Ação proibida	Selecionar um par de objetos iguais que estão posicionados em um painel. O jogador é punido se selecionar o objeto errado.	Arrastar os peixes para um aquário sem tocar em certas linhas. O jogador é punido se tocar na linha.	Participar de uma competição de remo. A cada erro cometido, a equipe pode perder um leme ou um integrante.	Impedir que o jogador adversário faça gols.
Construa ou erga	Construir um objeto utilizando os recursos da natureza.	Construir um objeto para praticar esportes (como um barco).	Coletar recursos em reservas naturais para fabricar jóias sustentáveis.	Construir um álbum de fotografia ou memórias, arrastando os materiais com os movimentos da cabeça.
Supere os oponentes	Fazer esportes ao ar livre (como escalada, ciclismo, caminhada, etc.) e chegar antes dos adversários.	Jogar contra um adversário virtual para saber quem irá pescar o maior número de peixes.	Participar em uma competição de dança para saber quem é o melhor dançarino.	Responder um quiz sobre esportes. O jogador utiliza os movimentos da cabeça para responder “sim” ou “não”.
Solução	Conectar os pontos com os movimentos da cabeça para formar uma imagem.	O jogador deve encontrar a palavra relacionada ao tema “joalheria” em um jogo de caça-palavras.	O jogador deve indicar qual cartão contém o maior número de itens com os movimentos da cabeça.	Somar os números que aparecem no leme e dar o resultado com os comandos de voz.
Correspondência	Encontrar um par de objetos similares com o tema dança.	Encontrar um par de objetos similares que tenham o tema música.	Encontrar um par de imagens similares com a temática arte e artesanato.	Adivinhar qual é o animal da natureza a partir de algumas dicas.

Fonte: Autoria própria (2021).

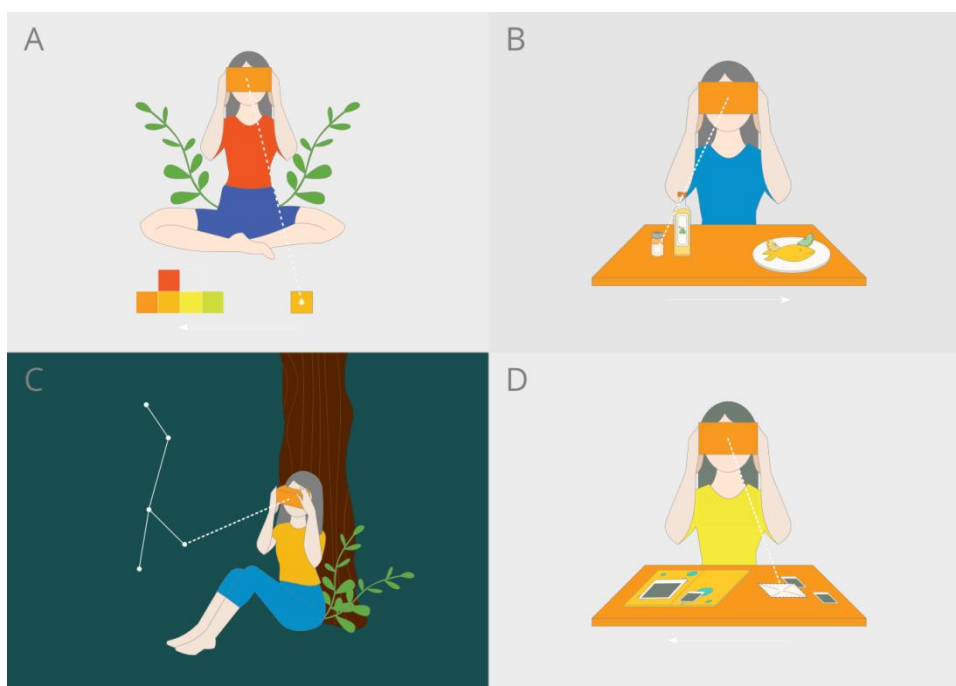
6.2.4 Seleção de alternativas

A seleção das alternativas foi realizada em duas etapas. Na primeira, foi feita uma seleção inicial das alternativas (destacadas em amarelo no Quadro 19) com base na viabilidade técnica da solução, bem como no atendimento aos requisitos

dos usuários. Na segunda, foi aplicada a matriz de Pugh para compará-las e selecionar aquelas que melhor atendem aos atributos de qualidade.

Na alternativa A (Figura 43A), foi combinada a dinâmica construa ou erga com o tema passeio na natureza. Nessa dinâmica, o jogador deve criar algo utilizando recursos específicos (BOLLER; KAPP, 2018). Sendo assim, o objetivo é criar ou construir um objeto utilizando pequenos blocos espalhados na natureza. O jogador deve olhar para o bloco e pressionar o botão do *Cardboard* para arrastá-lo. Para todas as alternativas, não haverá nenhuma forma de punição se o jogador cometer algum erro.

Figura 43 – Seleção inicial de alternativas de A a D.



Fonte: Autoria própria (2021).

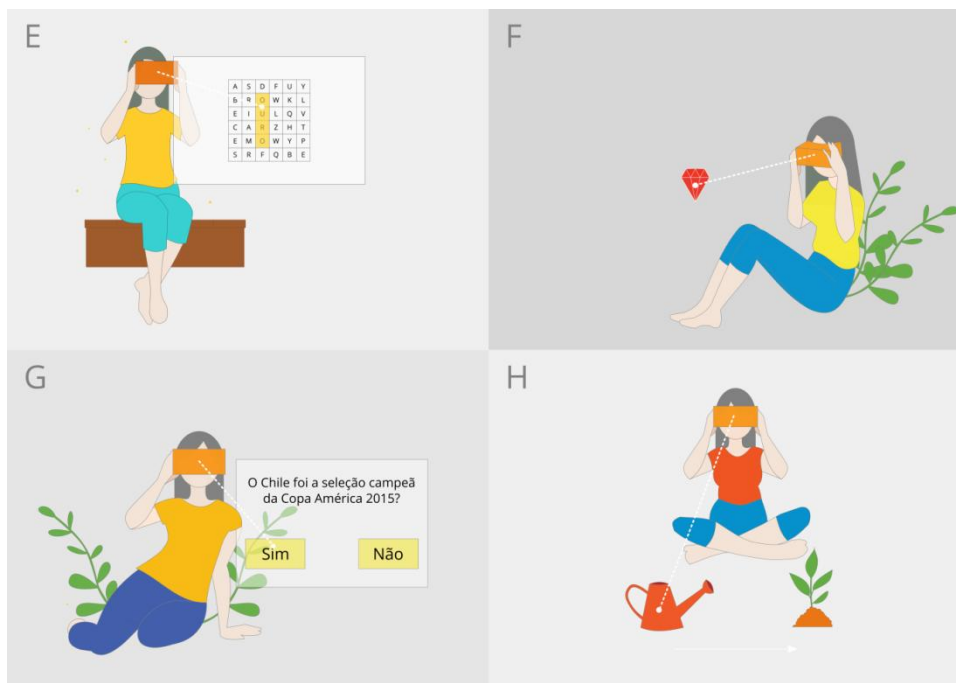
Na alternativa B (Figura 43B), utilizou-se a dinâmica de corrida até a linha de chegada e o tema cozinha gourmet. Nesse tipo de dinâmica, o jogador deve chegar ao final antes dos adversários, ou antes, que o tempo acabe (BOLLER; KAPP, 2018). O objetivo é participar de uma competição culinária para saber quem é o melhor chefe. O jogador utiliza os movimentos da cabeça para arrastar os ingredientes e preparar a refeição.

Na alternativa C (Figura 43C), foi utilizada a dinâmica solução e o tema passeio na natureza. Essa dinâmica diz respeito à solução de um problema ou quebra-cabeça (BOLLER; KAPP, 2018). O objetivo é conectar os pontos com os movimentos da cabeça para formar uma imagem. O jogador deve manter o botão do dispositivo pressionado, deixando um rastro dos movimentos da cabeça.

Na alternativa D (Figura 43D), foi aplicada a dinâmica construa ou erga e o tema fotografias. O objetivo é construir um álbum de fotografia ou memórias, arrastando os materiais com os movimentos da cabeça. O jogador olha para um material e arrasta com o movimento da cabeça para o álbum de fotografias.

Na alternativa E (Figura 44E), adotou-se a dinâmica solução e fabricação de joias. O jogador deve encontrar a palavra relacionada ao tema “joalheria” (por exemplo, anel, pérola, colar, ouro, etc.) em um jogo de caça-palavras. Ao encontrar a palavra, ele deve olhar para a letra e pressionar o botão do *Cardboard*.

Figura 44 – Seleção inicial de alternativas de E a H.



Fonte: Autoria própria (2021).

Na alternativa F (Figura 44F), foi combinada a dinâmica coleção e o tema expedição na natureza. Nessa dinâmica, o jogador deve encontrar e obter objetos específicos (BOLLER; KAPP, 2018). O objetivo é coletar objetos na natureza (como

pedras preciosas, diamantes, ouro, etc.). O jogador deve olhar para os objetos e pressionar o botão do *Cardboard* para coletá-los. Os objetos serão dispostos de maneira que o jogador tenha que movimentar a cabeça para cima e para baixo ou para a esquerda e para a direita.

Na alternativa G (Figura 44G), empregou-se a dinâmica supere os oponentes com o tema esportes. Nessa dinâmica, o jogador deve utilizar os seus conhecimentos e habilidades para superar o oponente (BOLLER; KAPP, 2018). O objetivo é responder um *quiz* sobre esportes com os movimentos da cabeça. Se a resposta for sim, o jogador deve movimentar a cabeça para cima e para baixo. Se for não, ele deverá movimentar para a esquerda e para a direita.

Na alternativa H (Figura 44H), foi utilizada a dinâmica coleção e o tema jardinagem. O objetivo é cuidar de um jardim e colher as plantas. Serão dadas várias missões, como “regue as plantas” ou “colha as flores amarelas”. O jogador deve olhar para o objeto e pressionar o botão do dispositivo para iniciar uma ação.

Na segunda etapa da seleção de alternativas, utilizou-se a matriz de Pugh (BACK *et al.*, 2008). De acordo com os autores, esse método permite comparar as alternativas geradas e evidenciar as melhores soluções. À esquerda da matriz, são adicionados os critérios para a seleção das alternativas. Nesse caso, foram utilizados os atributos de qualidade estabelecidos na etapa de projeto informacional. Também é necessário definir um produto que sirva como referência, o qual pode ser um modelo anterior ou um produto concorrente (BACK *et al.*, 2008). Os artefatos identificados na RSL não foram usados como solução de referência, pois não foi possível ter acesso aos mesmos. Sendo assim, o primeiro protótipo desenvolvido nessa pesquisa foi utilizado como a solução de referência. Com isso, pôde-se determinar se as alternativas geradas são melhores, iguais ou piores do que a referência.

Segundo Back *et al.* (2008), as alternativas são registradas nas colunas da matriz, adotando-se um acrônimo para cada solução gerada. Na coluna da solução de referência, insere-se o valor igual a zero (0) para todos os atributos de qualidade. Nas colunas das concepções alternativas, os atributos são comparados com a

solução de referência. Adota-se o valor +1 se a alternativa é melhor do que a referência; -1 se a alternativa é pior do que a referência; 0 se é igual a alternativa é igual a referência. Os valores são somados e podem-se selecionar as alternativas mais satisfatórias. Como se pode observar no Quadro 20, a alternativa F obteve a maior pontuação, seguido pelas soluções B, D e H.

Quadro 20 – Seleção das alternativas com a matriz de Pugh.

Atributos de qualidade	Concepções alternativas geradas								
	Sol. REF.	Sol. A	Sol. B	Sol. C	Sol. D	Sol. E	Sol. F	Sol. G	Sol. H
Segurança	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Funcionalidade	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0
Usabilidade	0	0	0	1	0	1	1	1	0
Feedback	0	1	1	1	1	-1	1	-1	1
Visibilidade	0	0	0	0	0	-1	0	-1	0
Controle do usuário	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Acessibilidade	0	1	1	1	1	-1	1	-1	1
Aprendizagem	0	0	0	-1	0	1	1	1	0
Divertimento	0	0	1	1	1	0	0	0	1
Configurabilidade	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Adequação	0	0	1	0	1	1	0	1	1
Assistência	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Adaptabilidade	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Autonomia	0	0	0	-1	0	1	1	1	0
Clareza	0	0	0	-1	0	1	1	1	0
Progressividade	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Soma dos negativos	0	0	0	-3	0	-4	0	-4	0
Soma dos positivos	0	4	6	6	6	7	8	7	6
Resultado final	0	4	6	3	6	3	8	3	6

Fonte: Autoria própria (2021).

Nesse sentido, a matriz de Pugh foi empregada com o objetivo de selecionar a melhor alternativa em comparação ao primeiro modelo desenvolvido. Porém, a seleção de alternativas não deve ser encarada com rigidez. A alternativa escolhida, que, nesse caso, foi a solução F, pode sofrer alterações e ser combinada com as outras soluções geradas na intenção de buscar a opção mais adequada para atender aos requisitos dos usuários.

7 DESENVOLVIMENTO DO ARTEFATO

A etapa de Desenvolvimento do Artefato da metodologia *design science research* abrange o projeto preliminar e detalhado do método proposto por Back *et al.* (2008).

7.1 PROJETO PRELIMINAR

O layout final do produto é definido no projeto preliminar (BACK *et al.*, 2008). Para isso, foi estabelecida a identidade visual e a estrutura preliminar do artefato. A identidade visual envolve a definição do padrão cromático e tipográfico, a escolha de um nome e uma marca, assim como a criação dos ícones. A estrutura corresponde à elaboração do mapa, fluxograma, *wireframe* e telas do artefato. No final dessa etapa, foi feita a modelagem 3D do cenário, assim como o layout do *Cardboard*®.

7.1.1 Identidade visual

Nessa subseção, são descritos o padrão cromático e tipográfico criados para o projeto. Também mostra o processo de criação do nome, da marca e dos ícones do artefato.

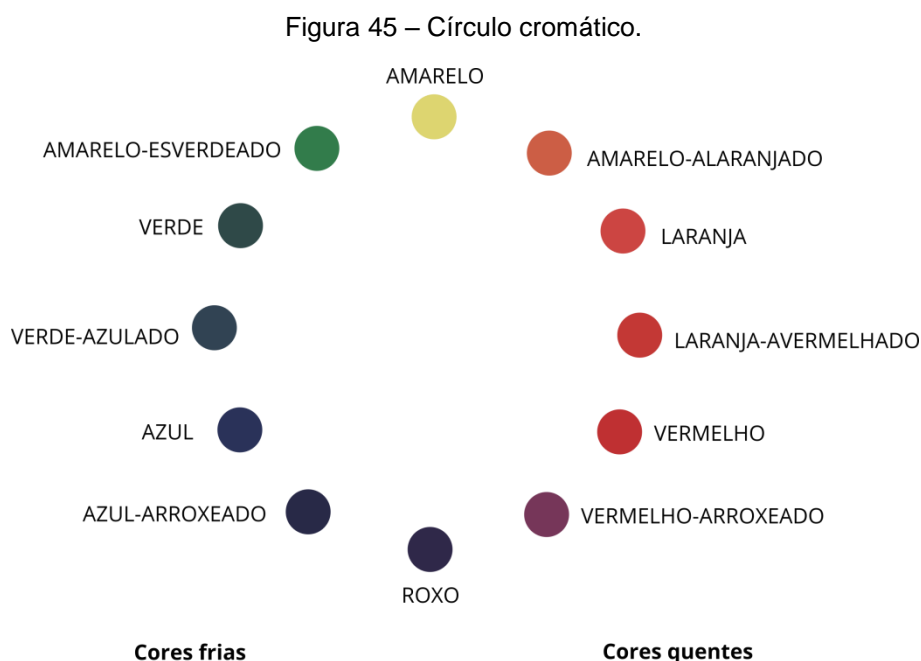
7.1.1.1 Padrão cromático

Conforme Bouchard *et al.* (2012), devem-se utilizar cores quentes e brilhantes (intensas) com texturas simples. De acordo com Dondis (2015), as cores quentes são dominadas pelo vermelho e o amarelo, enquanto as cores frias, pelo azul e verde. O círculo cromático (Figura 45) mostra a posição das cores quentes e frias. Nesse projeto, optou-se por utilizar as cores quentes e os matizes de verde.

7.1.1.2 Padrão Tipográfico

Para Brox, Konstantinidis e Evertsen (2017), devem-se utilizar fontes grandes e claras nos projetos para os idosos. Grant (2019) recomenda usar duas famílias de fontes (*typefaces*) nos produtos digitais – uma para o cabeçalho e títulos; outra para o corpo do texto. Nesse sentido, foram selecionadas duas fontes (Figura 46): a primeira foi utilizada nos textos da interface; a segunda foi aplicada apenas na marca do artefato. Para os textos, selecionou-se a fonte Open Sans (MATTESON,

[s. d.]), por ter uma boa legibilidade, ser moderna (sem serifas) e apresentar um conjunto completo de caracteres. Para a marca, foi adotada a fonte Rounded Mplus (MORISHITA, [s. d.]), pois é legível e possui cantos arredondados como a proposta da marca.



Fonte: Adaptado de Dondis (2015, p. 67).

Figura 46 – Padrão tipográfico.

A. Open Sans

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZŠTUVWXYZŽabcdefghijklmnopqrstuvwxyzž1234567890'?"!"(%
 #){@}/&\<-+÷x=>®©\$€£¥¢;:,.*

B. Rounded Mplus

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZŠTUVWXYZŽabcdefghijklmnopqrstuvwxyzž1234567890'?"!"(%
 #){@}/&\<-+÷x=>®©\$€£¥¢;:,.*

Fonte: Adaptado de Matteson ([S.d.]) e Morishita ([S.d.]).

7.1.1.3 Naming

Foi realizada uma sessão de *brainstorming* para levantar possíveis nomes para o artefato (Figura 47). Para a escolha do nome, buscou-se uma palavra que pudesse representar o conceito do artefato, bem como fosse fácil de pronunciar e

memorizar. O nome escolhido foi “Virtualis – Reabilitação virtual”. A palavra Virtualis remete ao termo “virtual” e a expressão “reabilitação virtual” transmite a sua utilidade.

Figura 47 – Ideias de nomes para o artefato.

Naming

Memórias de uma viagem	Treinamento virtual
Na natureza	Terapia 3D
Natureza de papel	ExerVR
Ludum (jogo)	Reab Game
Mundus (mundo)	REAB VR
Iter (viagem, jornada)	Equilibrar-se VR
Praxi (praticar)	Exercitar-se VR
Virtualis (virtual)	Reabilitação virtual para o
Terapia virtual	público sênior – REVIR-SE

Fonte: Autoria própria (2021).

7.1.1.4 Marca

A marca (Figura 48) é composta por um símbolo e um logotipo. O símbolo é representado pelo desenho do *Google Cardboard®*, um dispositivo de baixo custo para a realidade virtual móvel. Já o logotipo mostra o nome do artefato com o uso de uma fonte em caixa alta e sem serifa. Optou-se por utilizar essa fonte devido a sua clareza e boa legibilidade. Foram utilizadas cores quentes para auxiliar na percepção dos idosos e para simbolizar a cor do dispositivo feito com papelão.

Figura 48 – Marca para o artefato.



Fonte: Autoria própria (2021).

7.1.1.5 Ícones

Segundo Ferreira e Nunes (2008), as imagens permitem um reconhecimento mais rápido do que as palavras e independem do idioma do usuário. Conforme os autores, os ícones devem ser fáceis de reconhecer, recordar e discriminar. A imagem deve propiciar uma rápida compreensão do significado do ícone; ele também deve ser fácil de ser lembrado; e deve ser fácil diferenciar dois ou mais ícones (FERREIRA; NUNES, 2008). Os ícones (Figura 49) desenvolvidos para o projeto foram: menu, página inicial, RV, ajuda, minhas estatísticas, história, dicas, configurações, créditos, jogar, sair e voltar.

Figura 49 – Ícones do projeto.



Fonte: Autoria própria (2021).

7.1.2 Estrutura

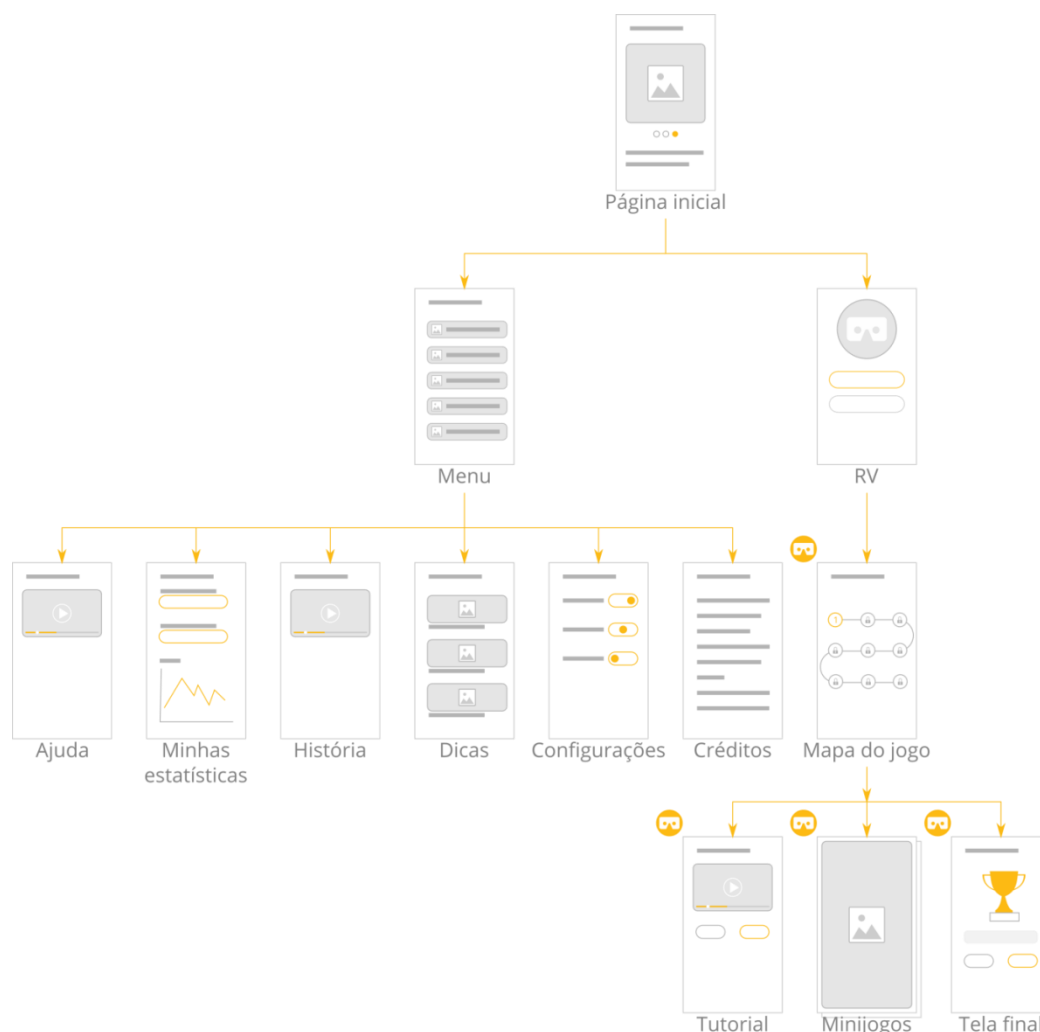
Aqui, é mostrada a definição do mapa e do fluxograma do artefato. Apresenta-se ainda o processo de construção dos *wireframes* e telas. Por fim, é demonstrada a criação da modelagem dos cenários e o layout do *Google Cardboard*®.

7.1.2.1 Mapa

Para Unger e Chandler (2009), o mapa é uma ferramenta visual que mostra como um site ou aplicação foi organizado. O desenho de uma página é representado por um retângulo simples. Uma pilha de páginas mostra várias páginas com conteúdos similares. Os conectores e setas são utilizados para representar o movimento entre uma página e outra. Uma linha tracejada indica que há uma condição (UNGER; CHANDLER, 2009).

O mapa do artefato pode ser visualizado na Figura 50. A página inicial é o nível maior de navegação e apresenta os links para o menu e RV. O usuário deve pressionar o botão “Menu” para visualizar as outras páginas do artefato. Segundo Teixeira (2014), uma boa prática para melhorar a usabilidade de produtos digitais é oferecer informações em pequenas doses. Sendo assim, alguns links foram omitidos da página inicial para não sobrecarregar o usuário com informações desnecessárias naquele momento. Ao tocar na opção menu, é aberta uma nova janela com acesso a outras páginas, incluindo: ajuda, minhas estatísticas, história, dicas, configurações e créditos. Ao tocar na opção menu, é aberta uma nova janela com acesso a outras páginas, incluindo: ajuda, minhas estatísticas, história, dicas, configurações e créditos.

Figura 50 – Mapa do jogo.



Fonte: Autoria própria (2021).

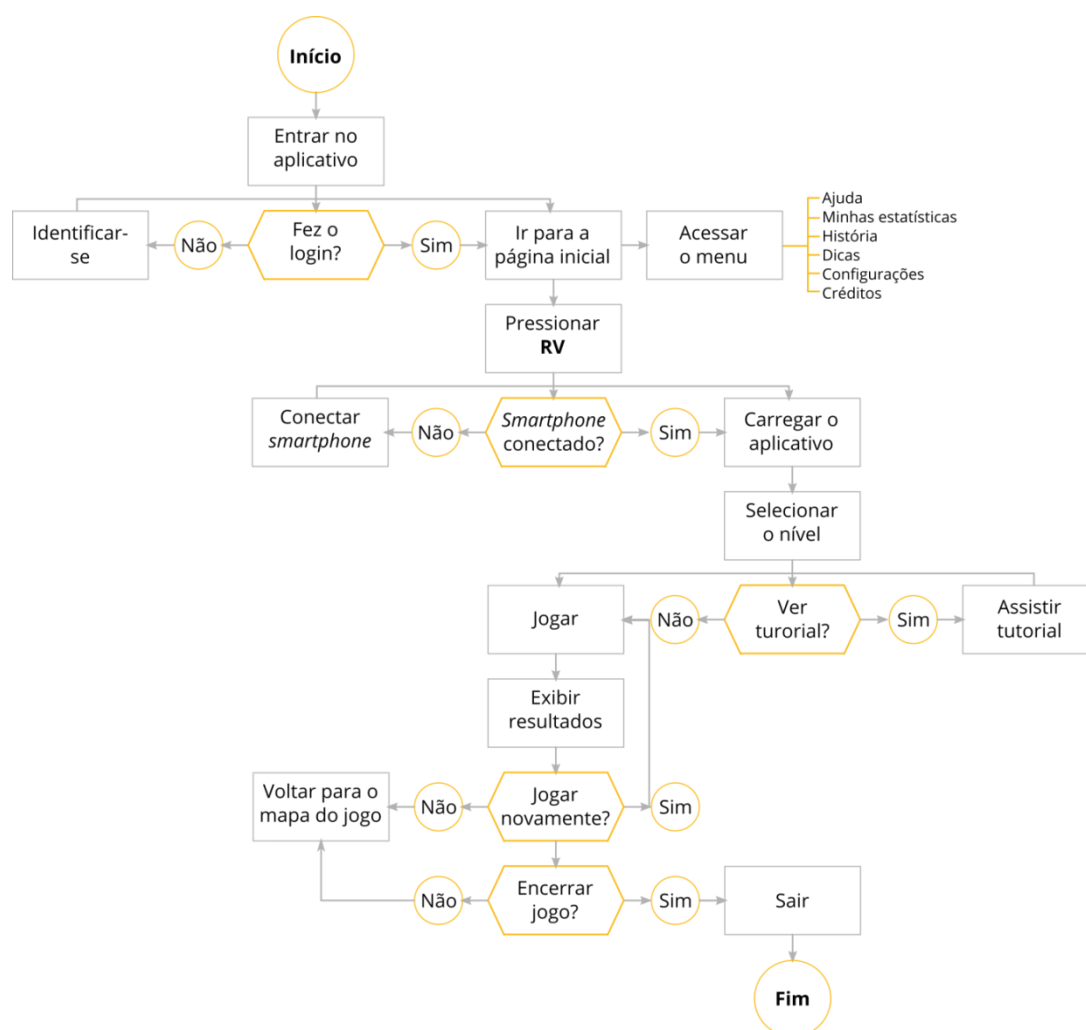
O usuário também pode tocar na opção RV para iniciar a aplicação em realidade virtual. Ele é conduzido para uma tela que mostra o mapa do jogo, em que

é possível escolher um dos minijogos para jogar. É mostrado um tutorial no início do jogo que ensina como jogar. Depois de terminar a sessão, é exibida a tela final com as opções para jogar novamente ou voltar para a tela inicial.

7.1.2.2 Fluxograma

O fluxograma mostra os caminhos ou processos que um usuário pode seguir em um site ou aplicação (UNGER; CHANDLER, 2009). Conforme Daychoum (2018), o desenho de uma elipse indica o início e o fim do fluxo. A figura de um retângulo mostra as ações a serem inseridas. O losango representa as questões alternativas, em que o usuário deve escolher um caminho a seguir. A seta indica o sentido do fluxo. A Figura 51 ilustra o fluxograma da tarefa do projeto.

Figura 51 – Fluxograma.



Fonte: Autoria própria (2021).

7.1.2.3 Wireframe

De acordo com Teixeira (2014), o *wireframe* é um desenho preliminar da interface que mostra como os elementos serão organizados em uma página. O desenho é feito em tons de cinza e sem imagens ou textos finalizados. Essa técnica é útil para discutir com a equipe e com os clientes o que está sendo desenvolvido. Além disso, o *wireframe* serve para orientar o trabalho do diretor de arte e dos desenvolvedores (TEIXEIRA, 2014). O *wireframe* de uma das telas do projeto pode ser visualizado na Figura 52.

Figura 52 – *Wireframe* da página inicial.



Fonte: Autoria própria (2021).

7.1.2.4 Telas

Após a criação do *wireframe*, foi proposta a versão final das telas. As telas foram exportadas como imagens no formato *Portable Network Graphics* (.png) e foram importadas no editor *Unity 3D®*. Nesse software, as imagens foram definidas como “*Sprite (2D and UI)*” para a criação da interface gráfica do artefato. Também foi

necessário criar um *script*, utilizando a linguagem de programação C#, para possibilitar a navegação entre as páginas. As telas foram criadas em um mesmo projeto no *Unity 3D*® e funcionam com e sem realidade virtual.

A realidade virtual foi desabilitada em algumas telas com o intuito de facilitar a maneira como o usuário interage com o artefato. Foram criadas as telas: página inicial (Figura 53), menu, RV, ajuda, minhas estatísticas, história, dicas, configurações e créditos. Na tela de “Ajuda”, é mostrado um vídeo com animações e texto narrado que demonstram como utilizar o artefato. Em “Minhas estatísticas”, são apresentadas informações sobre o usuário. Os dados a serem coletados são: frequência de uso, tempo total, pontuação, tarefas concluídas e erros cometidos. Em “História”, é mostrada a narrativa por meio de uma animação com áudio. Em “Dicas”, foram adicionadas algumas recomendações de exercícios para fazer. Em “Configurações”, o usuário pode ajustar a dificuldade do jogo, o volume e habilitar ou desabilitar o áudio.

Figura 53 – Página inicial do artefato.



Fonte: Autoria própria (2021).

A realidade virtual foi habilitada nos minijogos para que os usuários possam utilizar o artefato com o *Google Cardboard®*. Foram criadas as seguintes telas: mapa do jogo, tutorial, minijogos e tela final. No “Mapa do jogo”, o jogador pode escolher um dos minigames para jogar. Em “Tutorial”, foi incluída uma animação com áudio para que o jogador possa compreender como ele deve jogar. Depois de pressionar “Avançar”, o jogador é conduzido para a tela do minijogo com o cenário tridimensional. Na “Tela final” (Figura 54), são apresentadas algumas opções para jogar novamente ou voltar para o mapa do jogo.

Figura 54 – Tela final do artefato.



Fonte: Autoria própria (2021).

Considerando que o artefato dessa pesquisa é um produto digital, tal como um site, adotou-se algumas recomendações sugeridas pelo Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico (eMAG) (BRASIL, M. do P., 2014). Trata-se de um documento que apresenta um modelo de acessibilidade para o conteúdo de uma página da web (BRASIL, M. do P., 2014). Segundo este modelo, é importante que uma página ofereça um bom contraste entre as cores para que seja acessível aos usuários com baixa visão, daltonismo ou mesmo aqueles que possuem monitores monocromáticos. Para tanto, é recomendável que uma página possua uma relação de contraste de no mínimo 4.5:1. Esse valor é obtido ao dividir o valor da luminosidade da cor mais clara em um dos planos e o valor da cor mais escura no outro plano.

Existem ferramentas on-line, como a *Luminosity Colour Contrast Ratio Analyser* (JUICY STUDIO, 2020), que permitem analisar o contraste de cor. Nesse caso, foi inserida a cor hexadecimal do plano de fundo (*Background color*) e do texto (*Foreground Color*) para calcular a relação de contraste. O valor obtido foi de 10.22:1 para o fundo azul escuro com a fonte branca (Figura 55). E 5.98:1 para o mesmo fundo azul com outros elementos gráficos, como botões, em amarelo. Assim, pode-se perceber por meio dessa análise que as páginas do artefato possuem um bom contraste de cor.

Figura 55 – Resultados da análise com a ferramenta *Luminosity Colour Contrast Ratio Analyser*.

Analyse Luminosity Contrast Ratio

Colours

Background Colour:

Foreground Colour:

Large Text Sample

Large text sample.

Regular Text Sample

Regular text sample.

Results for Luminosity Contrast Ratio

The contrast ratio is: 10.22:1

Passed at Level AAA: The luminosity contrast ratio is very good for the chosen colours (#462e90 and #ffffff).

Copyright © 2000-2020 Juicy Studio. All rights reserved.

Fonte: Juicy Studio (2020).

Outra recomendação feita pelo e-MAG (BRASIL, M. do P., 2014) diz respeito aos arquivos multimídia. Nesse projeto, foram utilizadas animações com texto narrado nas páginas de Ajuda (Figura 56), História e Tutoriais. De acordo com o modelo (BRASIL, M. do P., 2014), é necessário oferecer alternativas, por meio de uma transcrição textual, audiodescrição ou legendas, para que o vídeo seja acessível às pessoas com deficiência. Nesse projeto, foram incluídas legendas que aparecem no vídeo conforme o áudio é executado. Dessa maneira, os usuários podem tanto ler o texto como ouvir o áudio.

Além disso, é importante que os arquivos multimídia não sejam reproduzidos automaticamente sem que o usuário tenha pressionado um botão (BRASIL, M. do P., 2014). Devem ser oferecidas ferramentas para que o usuário possa iniciar, pausar ou reiniciar o vídeo no momento em que preferir (BRASIL, M. do P., 2014). Nesse sentido, foi adicionado um botão abaixo do vídeo que permite reproduzir e pausar a animação, ilustrado na Figura 56. Também há outro botão na página “Tutorial” que permite avançar para a próxima tela caso o usuário não deseje assistir ao vídeo.

Figura 56 – Animação na página de Ajuda.



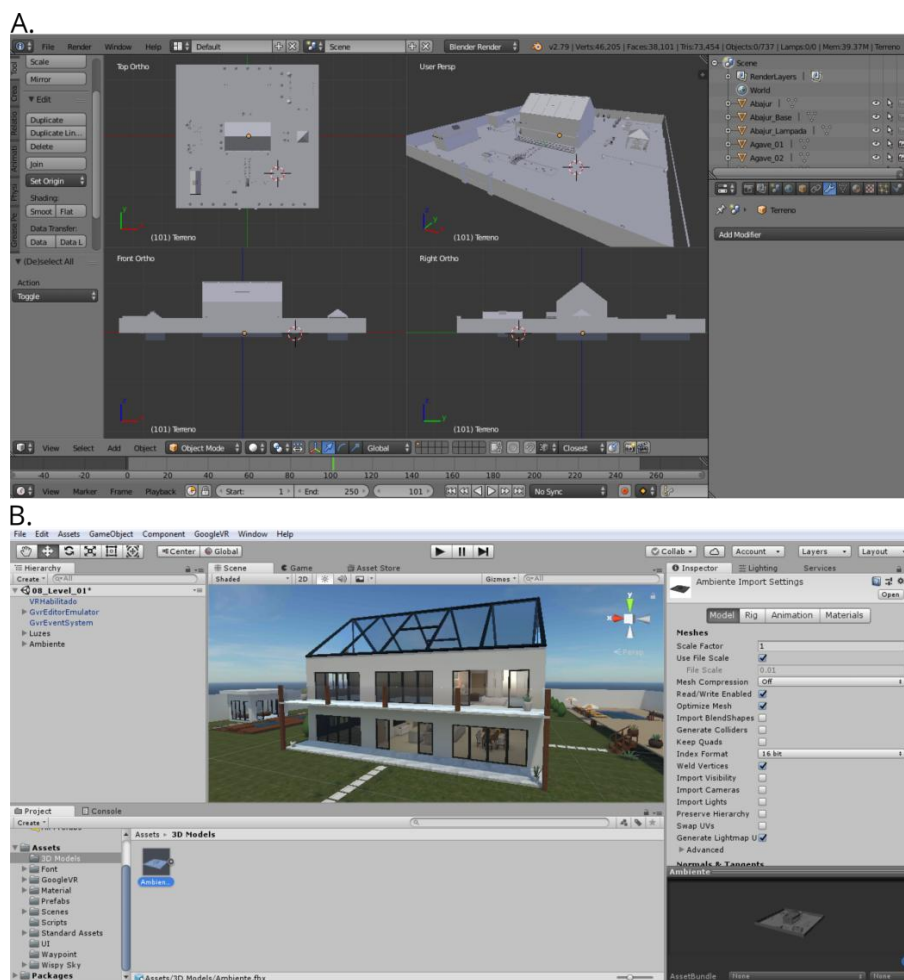
Fonte: Autoria própria (2021).

7.1.3 Modelagem

O ambiente do jogo foi criado no software *Blender*® (Figura 57A). Utilizou-se a técnica conhecida como *box modeling*, no qual a modelagem inicia-se com um cubo. São utilizadas ferramentas como extrusão, subdivisão e escala para modelá-lo em um formato específico. Os modelos foram construídos com uma baixa quantidade de polígonos (*low poly*) e em escala real. Também foi necessário fazer o

mapeamento do modelo que consiste em planificar o objeto 3D em um plano 2D. Dessa forma, é possível aplicar uma imagem, como uma pintura ou uma fotografia, que servem como uma textura no modelo (NOVAK, 2010).

Figura 57 – A. Modelagem do ambiente no software *Blender*®; B. Criação do ambiente no *Unity 3D*®.



Fonte: Autoria própria (2021).

Após a modelagem, o cenário foi exportado com a extensão *Filmbox* (.fbx) e importado no *Unity 3D*® (Figura 57B). Neste software, foram adicionados efeitos e luzes com a intenção de torná-lo mais realista. Foi utilizado o pacote de assets conhecido como “*Standard Assets*” (UNITY TECHNOLOGIES, 2015), o qual permite a criação de efeitos no ambiente, como a água e a vegetação. Também foi utilizado o *Wispy Skybox* (MUNDUS, 2014), que simula o céu em uma cena 3D. Ambos são disponibilizados de forma gratuita na *Asset Store* (loja virtual do *Unity 3D*®).

7.1.4 Layout do *Cardboard*®

No site destinado ao projeto do *Google Cardboard*® (GOOGLE VR, [s. d.]), é possível baixar o documento em *pdf* com o desenho técnico e instruções para montar o seu próprio dispositivo. Atualmente, existem três versões disponíveis. A primeira possui um botão magnético, que, pressionado, altera os campos magnéticos do *smartphone* e funciona como um clique. A segunda possui um botão condutor (essa versão foi utilizada no projeto). E a terceira é mais compacta e funciona em realidade aumentada e virtual.

A partir desse *template*, foi criado o layout do dispositivo para o projeto. O mesmo foi impresso em uma gráfica, dado que é necessário utilizar um material específico para o botão condutor e incluir o par de lentes biconvexas. O modelo impresso e montado pode ser visto na Figura 58.

Figura 58 – Dispositivo customizado para o projeto.



Fonte: Autoria própria (2021).

7.2 PROJETO DETALHADO

O projeto detalhado é a última etapa da metodologia proposta por Back *et al.* (2008) antes da implementação do produto. Nessa fase, o protótipo é construído e são concluídos os testes e ensaios de laboratório e de campo (BACK *et al.*, 2008).

No contexto dessa pesquisa, é feita a apresentação detalhada da proposta, assim como é descrita a prototipagem do artefato.

7.2.1 Apresentação da proposta

A apresentação da proposta envolve as definições da história, tema, dinâmica central, jogabilidade e cenários.

7.2.1.1 História

As histórias ou narrativas dos jogos digitais estão se aproximando cada vez mais dos roteiros hollywoodianos (NOVAK, 2010). Segundo Novak (2010), algumas estruturas narrativas tradicionais do cinema que podem ser utilizadas no desenvolvimento de jogos digitais são o roteiro cinematográfico em três atos, a jornada do herói e a jornada do escritor. Pode-se ainda citar a técnica *pixar storytelling* que descreve a maneira como a *Pixar*® conta as suas histórias.

A história criada para esse projeto foi inspirada no modelo *pixar storytelling* e pode ser acompanhada a seguir:

Era uma vez, um grupo de senhores que morava em uma grande cidade. Todos os dias, eles se encontravam para as aulas de informática. Certo dia, todos se reuniram para planejar uma viagem no final do semestre. Por causa disso, eles foram para uma pousada que ficava em um lugar tranquilo e distante no meio da natureza. A viagem contava com muitas atividades, como expedições na natureza, passeios de balão, esportes ao ar livre e competições. O guia propôs uma brincadeira, pediu para que os visitantes coletassem os objetos encontrados na natureza. E aquele que coletasse o maior número de objetos, ganharia a competição. Até que finalmente, todos se reuniram em uma confraternização para anunciar o grande vencedor. E desde então, eles já estão planejando outras viagens como essa.

7.2.1.2 Tema

O tema do jogo deve estar relacionado aos interesses dos idosos, como jardinagem ou animais (PLANINC; NAKE; KAMPEL, 2013). Conforme os mesmos autores, o acesso ao mundo dos jogos digitais é facilitado, quando os gestos necessários estão relacionados às ações na vida real.

Sendo assim, procurou-se adotar uma temática que os usuários seniores possam se identificar e fazer uma relação com a vida real. O tema escolhido para o projeto foi “Passeios”, pois os alunos do projeto de extensão UNIDI costumam se reunir para fazer uma excursão no final do semestre. Além disso, o público mais velho está habituado a realizar excursões para diferentes destinos. Desse modo, os participantes da pesquisa podem, eventualmente, reconhecerem-se na história e na temática do artefato proposto.

7.2.1.3 Dinâmica central

Na visão de Boller e Kapp (2018), a dinâmica central refere-se àquilo que o jogador deve fazer para ganhar o jogo ou alcançar um objetivo. Os autores propuseram um conjunto de onze dinâmicas centrais que podem ser aplicadas no desenvolvimento de jogos. Um jogo pode conter uma dinâmica ou uma combinação entre elas (BOLLER; KAPP, 2018).

Nesse sentido, optou-se por utilizar duas dinâmicas: coleção (BOLLER; KAPP, 2018) e esportes. No artefato proposto, os jogadores devem coletar itens no ambiente para ganhar pontos. Eles ainda devem jogar futebol e basquete, cujo objetivo é acertar as bolas no alvo para marcar pontos.

7.2.1.4 Jogabilidade

Na visão de Salen e Zimmerman (2012, p. 25), “A jogabilidade (*game play*) é a interação formalizada que ocorre quando os jogadores seguem as regras de um jogo e experimentam seu sistema através do jogo”. A atividade de fazer uma bola rebater na parede é apenas uma brincadeira. Ela poderá se tornar um jogo quando forem incluídas regras, como “o jogador perde se não conseguir rebater a bola” ou “o jogador perde se sair da área demarcada”. A jogabilidade está relacionada com o ato de jogar livremente em um espaço delimitado por regras (SALEN; ZIMMERMAN, 2012). Segundo Novak (2010), as regras definem as ações ou movimentos que o jogador pode ou não pode realizar no ambiente do jogo.

A jogabilidade desse projeto foi baseada nos protocolos de exercícios propostos por Cawthorne e Cooksey (HERDMAN, 2002), bem como Sauvage e

Grenier (2017). Com isso, foram especificadas ações que o jogador deve fazer para interagir com o jogo. Ressalta-se que os protocolos não serão disponibilizados integralmente a fim de preservar o direito dos autores. Igualmente, é importante destacar que não foi possível adaptar todos os exercícios propostos devido a uma limitação tecnológica.

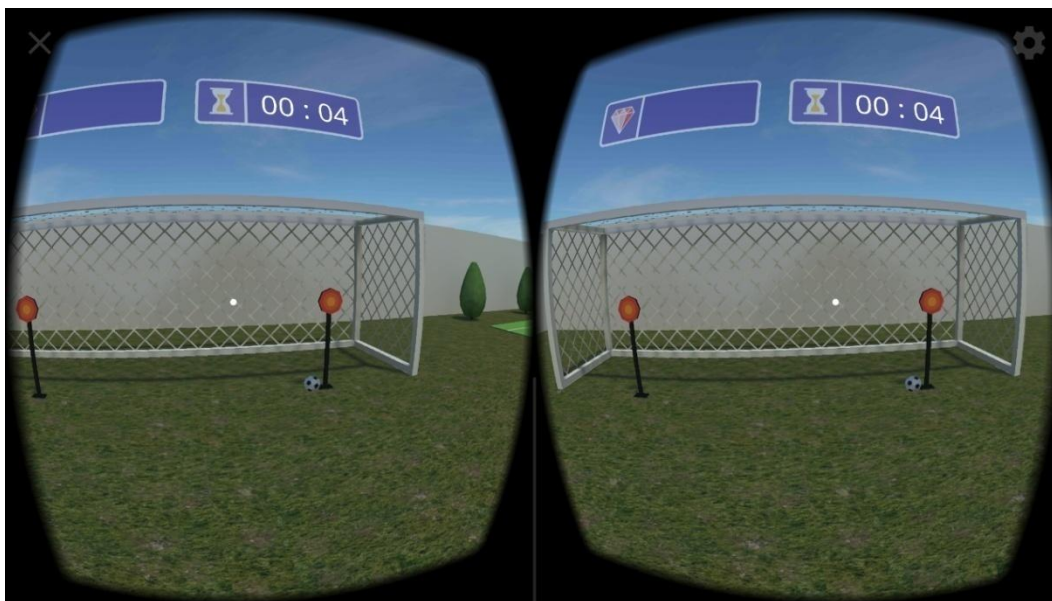
O artefato possui sete minijogos que são descritos no Quadro 21. Antes de o jogo iniciar, é apresentado um tutorial que ilustra por meio de animações e áudio o que o jogador deve fazer. É solicitado para o jogador coletar alguns itens no cenário. Os objetos são posicionados de maneira que é necessário fazer movimentos lentos com os olhos e com a cabeça para cima/baixo, esquerda/direita e olhar um objeto se mover para frente/trás. Além disso, foi adicionado um jogo de futebol (Figura 59), em que o jogador deve pressionar o botão do *Cardboard*® para lançar as bolas no alvo fazendo esses mesmos movimentos com a cabeça.

Quadro 21 – Descrição dos minijogos.

Minijogo	Descrição
Minijogo 1	O objetivo do jogo é coletar os objetos que estão no cenário. O jogador deve fazer movimentos lentos com olhos para cima e para baixo. Ele pressiona o botão do dispositivo para pegar os objetos.
Minijogo 2	O objetivo do jogo é coletar os objetos que estão no cenário. O jogador deve fazer movimentos lentos com olhos de um lado para o outro. Ele pressiona o botão do dispositivo para pegar os objetos.
Minijogo 3	O objetivo é concentrar-se no movimento do objeto. Este item irá, lentamente, se aproximar e afastar da face do jogador.
Minijogo 4	O objetivo do jogo é acertar as bolas no alvo. O jogador deve fazer movimentos lentos com a cabeça para cima e para baixo. Ele pressiona o botão do dispositivo para “chutar” as bolas no alvo.
Minijogo 5	O objetivo do jogo é acertar as bolas no alvo. O jogador deve fazer movimentos lentos com a cabeça de um lado para o outro. Ele pressiona o botão do dispositivo para “chutar” as bolas no alvo.
Minijogo 6	O objetivo é coletar os objetos que estão no chão. O jogador deve olhar para o objeto e pressionar o botão do dispositivo para pegá-lo. Deve-se manter o botão pressionado para arrastar o objeto dentro de uma caixa.
Minijogo 7	O objetivo é acertar a bola dentro da cesta ou basquete. O jogador deve pressionar o botão do dispositivo para arremessar as bolas.

Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 59 – Captura de tela de um dos minijogos.



Fonte: Autoria própria (2021).

O protocolo proposto por Cawthorne e Cooksey (HERDMAN, 2002) também recomenda a prática de algum esporte o qual envolva a inclinação para frente e a extensão do tronco, como boliche, acertar objetos dentro de uma cesta ou basquete. Assim, optou-se por incluir um minijogo de basquete. Deve-se pressionar o botão do dispositivo para arremessar as bolas na cesta e ganhar pontos. O jogo não apresenta a possibilidade de derrota, pois isso pode frustrar o jogador, além de fazê-lo perder tempo toda vez que tiver de reiniciar o jogo.

A dificuldade do jogo pode ser ajustada em fácil, média e difícil. O critério utilizado para defini-la foi a pontuação. No nível fácil, o jogador deve conquistar 50 pontos. No nível médio, deve-se marcar no mínimo 100 pontos. No nível difícil, é necessário que o jogador conquiste 150 pontos para terminar o minijogo. Desse modo, o jogo é encerrado quando o jogador atinge a pontuação determinada em cada nível de dificuldade. Outra possibilidade seria encerrar a sessão de acordo com o tempo. Ou seja, o jogo acaba se o jogador não conseguir completar uma missão no tempo definido. Entretanto, conforme sugere a literatura (BROX, Ellen; KONSTANTINIDIS; EVERTSEN, 2017; VELAZQUEZ *et al.*, 2013), é necessário oferecer mais tempo para que os idosos possam se envolver com o jogo.

7.2.1.5 Cenários

Para Novak (2010), o cenário representa o mundo em que os personagens do jogo vão viver e interagir. O cenário pode ser tanto um lugar real (como o deserto do Saara ou as tundras do Alasca) ou um ambiente fictício. O cenário também retrata o tempo em que a história do jogo se passa (como na Era Vitoriana ou na década de 1920). O cenário está frequentemente associado com o gênero do jogo (NOVAK, 2010).

O cenário desse projeto representa um lugar real e no tempo atual que os idosos possam associar com a vida real. O cenário é composto por uma pousada com vários espaços internos e externos onde o jogo é ambientado. O ambiente inclui algumas áreas, como sala de estar, quarto, piscina, quadra de basquete, espaço para jardinagem, etc. Buscou-se criar um cenário com um aspecto mais realista para que os usuários possam relacioná-lo com a vida diária.

7.2.2 Prototipagem

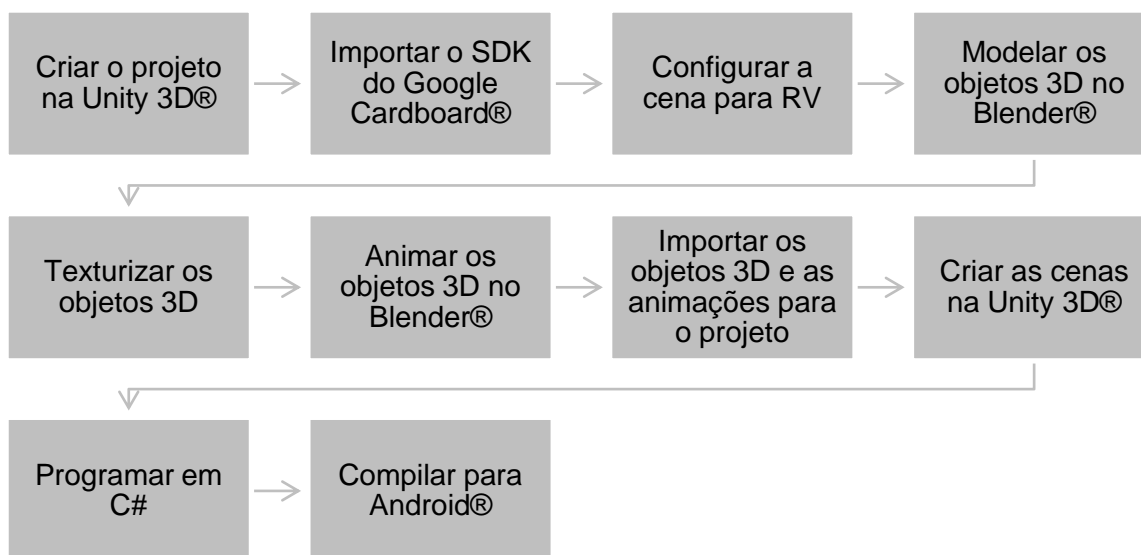
Segundo Teixeira (2014), os protótipos são versões interativas dos *wireframes* que demonstram o funcionamento de um produto digital, ainda que algumas funções não tenham sido implementadas completamente. Existem muitas vantagens no uso de protótipos e uma delas é a possibilidade de testá-lo com os usuários. A equipe pode apresentar o protótipo pessoalmente ou enviar um link para que os usuários possam testá-lo remotamente. Desse modo, é possível coletar um feedback imediato do que está sendo desenvolvido (TEIXEIRA, 2014).

Nessa pesquisa, foi gerado um protótipo para que as principais funcionalidades do artefato digital possam ser testadas pelos usuários idosos. O protótipo foi desenvolvido com o editor *Unity 3D*® (versão 2018.2.20f1) e com o SDK do *Google Cardboard*® (versão 1.200.1). Também foi empregado o SDK de código aberto *Resonance Audio*® (versão 1.2.1) para a manipulação dos áudios ambientais. Para a escrita dos códigos, foi utilizado o *Visual Studio*® (versão 2017) e a linguagem de programação C#. O projeto foi compilado para *Android*® versão 4.4 'Kit Kat' (API level 19), que é a versão mínima recomendada para a publicação de

aplicativos em realidade virtual para o dispositivo *Cardboard*®. Utilizou-se a segunda versão do dispositivo do *Google Cardboard*® para o projeto do artefato digital.

O fluxo de trabalho (Figura 60) adotado no desenvolvimento do protótipo pode ser acompanhado a seguir. O artefato foi criado no editor *Unity 3D*®. O SDK do *Google Cardboard*® foi importado para o projeto. Foram feitas as configurações necessárias na câmera, áudio e interface para que o aplicativo funcione corretamente ao visualizá-lo em realidade virtual. Os objetos 3D e as animações foram criados no software *Blender*® e foram exportados no formato *fbx*. Eles foram importados no *Unity 3D*® para a criação da cena. Foram adicionados alguns recursos próprios do editor, como luzes, materiais, efeitos e interface. Foi utilizada a linguagem de programação *C#* para a escrita dos códigos. O projeto foi compilado para o sistema operacional *Android*®. Para tanto, é necessário utilizar o SDK do *Android Studio*®.

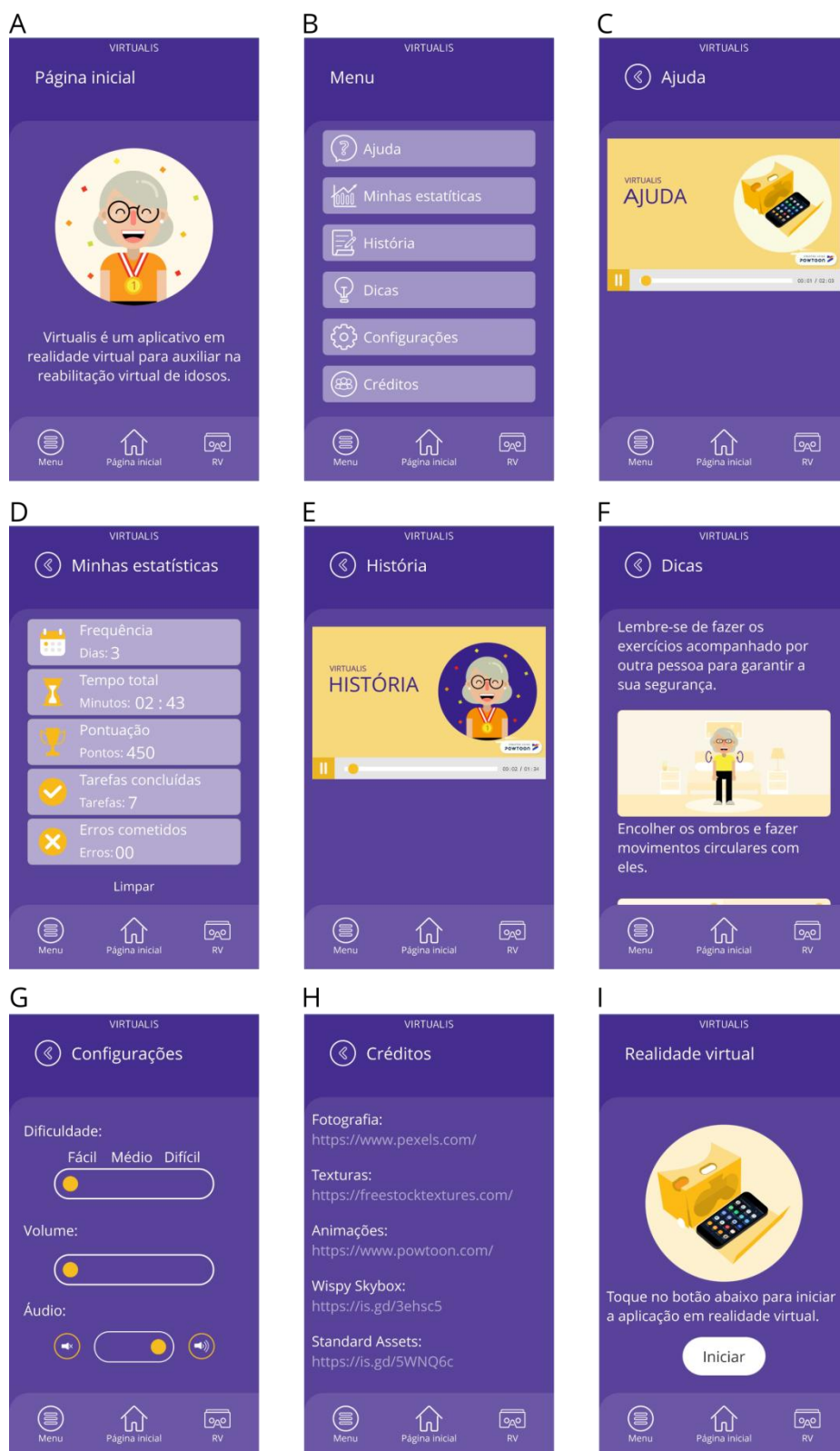
Figura 60 – Fluxo de trabalho.



Fonte: Autoria própria (2021).

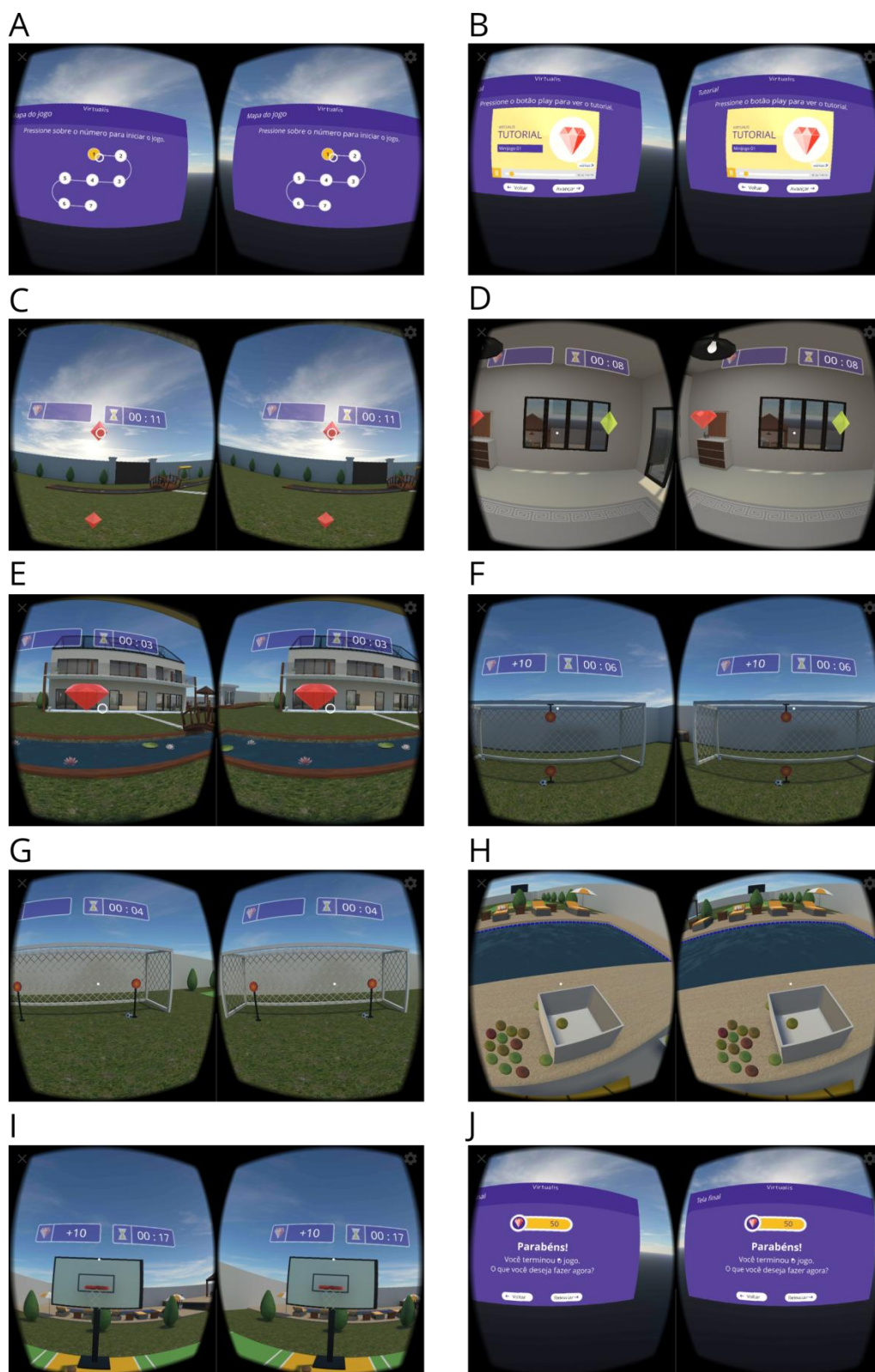
As figuras ilustradas a seguir apresentam todas as telas desenvolvidas para o artefato digital gerado nessa pesquisa. A Figura 61 mostra as telas que funcionam sem a necessidade do uso de realidade virtual. Já a Figura 62 ilustra as telas que requerem o uso do dispositivo de realidade virtual.

Figura 61 – Captura das telas: A. Página Inicial; B. Menu; C. Ajuda; D. Minhas Estatísticas; E. História; F. Dicas; G. Configurações; H. Créditos; I. Realidade Virtual.



Fonte: Autoria própria (2021).

Figura 62 – Capturas de telas: A: Mapa do Jogo; B. Tutorial; C. Minijogo 1; D. Minijogo 2; E. Minijogo 3; F. Minijogo 4; G. Minijogo 5; H. Minijogo 6; I. Minijogo 7; J. Tela Final.



Fonte: Autoria própria (2021).

Nos capítulos 6 e 7, foi demonstrado, respectivamente, o projeto e desenvolvimento do artefato digital. Para tanto, foi utilizada a metodologia proposta por Back *et al.* (2008), assim como outros métodos e ferramentas apresentados por Baxter (2011) e Cybis, Betiol e Faust (2010). Na etapa de projeto informacional, pôde-se estabelecer um conjunto de requisitos de usuários, requisitos de projeto e especificações de projeto. No projeto conceitual, foram empregadas várias técnicas para a criação do conceito do artefato, entre elas: painéis semânticos, escala do diferencial semântico, personas, cenários, *storyboard* e análise da tarefa. Nessa etapa, foi ainda gerado um conjunto de alternativas e foi selecionada aquela que, possivelmente, melhor atendeu aos requisitos de usuários. No projeto preliminar, foi possível criar a identidade visual e a estrutura do artefato. Além disso, foi feita a modelagem do cenário e o layout do *Google Cardboard*®. No projeto detalhado, foi feita a apresentação detalhada da proposta, bem como foi apresentado o protótipo para que pudesse ser avaliado pelos usuários seniores.

8 AVALIAÇÃO DO ARTEFATO

A avaliação do artefato estava prevista para acontecer no UNIDI no primeiro semestre de 2020. No entanto, não foi possível realizá-la em virtude da pandemia de Covid-19. As atividades presenciais no ensino superior foram suspensas desde março de 2020 até o momento da defesa dessa tese, incluindo as aulas com os idosos no projeto de extensão, onde a verificação seria realizada.

Segundo Brasil (2020), algumas recomendações de prevenção à Covid-19 são lavar com frequência as mãos até a altura dos punhos, com água e sabão ou higienizar com álcool em gel 70%. Manter uma distância mínima cerca de 2 metros de qualquer pessoa tossindo ou espirrando. Higienizar com frequência o celular e brinquedos das crianças. Evitar aglomerações e manter os ambientes limpos e bem ventilados, entre outras recomendações.

Seria necessário realizar uma atividade presencial para que os usuários seniores pudessem utilizar o *Cardboard*® com o celular. Eles iriam manipular o dispositivo com as mãos e aproximá-lo do rosto e dos olhos. Possivelmente, iriam compartilhar o equipamento uns com os outros. Ficariam em uma sala de aula fechada com pouca ventilação. E o material do *Cardboard*® (feito de papel) dificulta a higienização com álcool em gel 70%.

Nesse sentido, não seria adequado e, sobretudo, seguro, fazer a avaliação com os idosos nesse momento. Por tais razões e a fim de manter o prazo para a defesa da tese, optou-se por suspender a avaliação do artefato com os usuários idosos.

Tendo em vista que a avaliação do artefato não pôde ser realizada, os autores dessa pesquisa conduziram uma verificação. Para tanto, foi utilizado o *checklist* proposto nesse estudo para demonstrar o que foi possível incluir no projeto do artefato e o que foi negligenciado em virtude de fatores, como a limitação em decorrência da pandemia de Covid-19 e as restrições técnicas.

Quanto ao critério de Terapia:

Coleta de dados: para Cataldi e Silva (2017) e Oña *et al.* (2018) o artefato deve permitir a coleta e análise dos dados. Foi incluída a possibilidade de coletar os dados do usuário no artefato proposto nessa pesquisa. Algumas informações que podem ser coletadas são: frequência de uso, tempo total, pontuação e tarefas concluídas. Devido a uma limitação técnica, não foi possível incluir os erros cometidos e o rastreamento do movimento do usuário.

Adaptabilidade: deve-se oferecer uma variabilidade de exercícios (TIMMERMANS *et al.*, 2009) que possam atender a diferentes pacientes com necessidades específicas (CATALDI; SILVA, 2017). Foram incluídas diferentes atividades que podem ser ajustadas em três níveis de dificuldade. Isso permite que o artefato possa ser utilizado por pessoas com graus distintos de habilidades.

Repetição: conforme Cataldi e Silva (2017) o jogo deve incentivar a sua rejogabilidade e a assiduidade do jogador. As atividades podem ser repetidas várias vezes a fim de melhorar as estatísticas do jogador. Ele pode jogar continuamente para aumentar a sua pontuação, o tempo total e o número de tarefas concluídas.

Movimento: Badia *et al.* (2016) sugere que o aprendizado motor é mais eficaz quando são incluídas condições ambientais e de movimento semelhantes às exigidas em um contexto real. Buscou-se incluir movimentos que possam ajudar os idosos a realizar as suas tarefas do dia a dia. Esses movimentos foram baseados em protocolos conforme foi exposto nos capítulos anteriores.

Quanto ao critério de Motivação:

Dificuldade: segundo alguns autores (KONSTANTINIDIS, E. I. *et al.*, 2016; PLANINC; NAKE; KAMPEL, 2013), deve-se oferecer a possibilidade de ajustar a dificuldade do jogo. Também é importante manter o jogador na “zona de fluxo” (BOUCHARD *et al.*, 2012; ROBERT *et al.*, 2014). O artefato inclui a possibilidade de ajustar a dificuldade em três níveis: fácil, médio e difícil. O critério para determinar a dificuldade foi a pontuação. Assim, o usuário precisa alcançar uma determinada pontuação em cada nível de dificuldade.

Objetivos e resultados: deve-se manter os objetivos claros (LOHSE *et al.*, 2013), bem como oferecer uma indicação clara dos resultados esperados (NAWAZ *et al.*, 2014). Foi apresentado um tutorial no formato de uma animação no início de cada minijogo. A intenção foi mostrar o objetivo do jogo, ou seja, o que o usuário precisa fazer para marcar os pontos.

Música: segundo Nawaz *et al.* (2014), sons de torcida, música alta e comentários encorajadores foram percebidos como barulhentos e irritantes por alguns idosos. Sendo assim, optou-se por incluir uma trilha sonora com sons da natureza com o intuito de transmitir sentimentos de tranquilidade para o usuário.

História: a história do jogo deve incluir atividades que se aproximem do cotidiano dos idosos (NAWAZ *et al.*, 2014). Para isso, buscou-se criar uma história que possa despertar o interesse dos idosos.

Tema: semelhante à história, o tema deve estar relacionado aos interesses dos idosos (PLANINC; NAKE; KAMPEL, 2013). Nesse sentido, o tema adotado para o artefato digital foi “Passeios”.

Tempo: é importante oferecer mais tempo para que os idosos possam se envolver com o jogo (BROX, Ellen; KONSTANTINIDIS; EVERTSEN, 2017; VELAZQUEZ *et al.*, 2013). Assim, evitou-se utilizar uma mecânica baseada em restrição de tempo, pois este não parece ser um recurso adequado para os usuários seniores.

Recompensas e feedback positivo: o jogo deve fornecer recompensas para as ações do jogador (BADIA *et al.*, 2016; LOHSE *et al.*, 2013). E deve enfatizar o feedback positivo (BROX, E.; FERNANDEZ-LUQUE; TØLLEFSEN, 2011; NAWAZ *et al.*, 2016). Os acertos são recompensados com pontos que são exibidos na interface gráfica. Também foi adicionado um áudio que é executado sempre que o usuário conquista pontos. No final, é exibida a tela de vitória mostrando a pontuação total de cada minijogo.

Nível de progresso: para Uzor e Baillie (2014), deve-se comunicar o progresso do jogador por meio da pontuação. Na tela final, é mostrada uma barra de progresso com os pontos acumulados no final de cada minijogo.

Diversão: de acordo com Timmermans *et al.* (2009), o treinamento deve incluir a diversão e o jogo deve ser envolvente. Entretanto, nesse artefato, que visa à reabilitação virtual dos idosos, foi dada uma ênfase maior às atividades funcionais em relação à diversão. Dessa maneira, é mais importante que o jogo permita que os usuários realizem os exercícios propostos do que apenas entreter o público-alvo.

Informações: na visão de Brox, Fernandez-Luque e Tøllefsen (2011), os jogos podem exibir informações para incentivar as pessoas a serem mais ativas. Desse modo, adicionou-se uma tela no aplicativo com algumas dicas de exercícios para serem feitos. As atividades incluem uma ilustração e uma descrição sobre como elas devem ser feitas. Essa tela é executada sem realidade virtual para, possivelmente, tornar a navegação mais fácil e intuitiva para os idosos.

Quanto ao critério de Interação:

Interface: diversos autores contemplam o tema “interface” (BROX, E.; FERNANDEZ-LUQUE; TØLLEFSEN, 2011; KONSTANTINIDIS, E. I. *et al.*, 2016; OÑA *et al.*, 2018; PLANINC; NAKE; KAMPEL, 2013). O artefato pode ser utilizado com ou sem a realidade virtual a fim de, eventualmente, melhorar a sua usabilidade. As telas que funcionam sem o uso da realidade virtual são: página inicial, menu, ajuda, minhas estatísticas, história, dicas, configurações e créditos. As telas que requerem o uso do *Google Cardboard*® são: mapa do jogo, tutorial, minijogos e tela final.

Cores: Brox, Konstantinidis e Evertsen (2017) recomendam o uso de gráficos com cores brilhantes e bons contrastes. Já Bouchard *et al.* (2012) sugerem o emprego de cores quentes e brilhantes com texturas simples. Procurou-se criar uma interface com um bom contraste entre o texto e o plano de fundo conforme as recomendações do eMAG (BRASIL, M. do P., 2014). Também foram utilizadas cores quentes para os elementos mais importantes do jogo com os quais o usuário deve

interagir. E usaram-se cores neutras para os demais elementos do cenário para não cansar a visão dos usuários.

Botões: foram criados botões maiores do que 1 x 1 centímetros (cm) e distantes entre si para evitar que o usuário toque em dois ou mais botões ao mesmo tempo. Essas recomendações foram sugeridas por Parhi, Karlson e Bederson (2006 *apud* NIELSEN; BUDIU, 2014).

Texto: para Brox, Konstantinidis e Evertsen (2017), as fontes devem ser grandes e claras. Foram incluídos textos curtos nas páginas para não cansar ou frustrar o usuário. Ainda, buscou-se utilizar uma fonte tipográfica clara e moderna (sem serifas) para a exibição dos textos na tela do dispositivo.

Áudio: Google Design ([S.d.]) sugere o uso do áudio ambiental para tornar a aplicação mais realista e chamar a atenção do usuário para várias áreas do cenário. Foi empregado o áudio ambiental nos minijogos do artefato, o qual possibilita ouvir o som na direção em que ele é emitido. Na tela de configurações, foi adicionada a possibilidade de ajustar o volume, bem como ativar ou desativar o áudio.

Feedback: o feedback pode ser fornecido de várias formas: visual e auditivo (PLANINC; NAKE; KAMPEL, 2013), das ações do jogador (LOHSE *et al.*, 2013) e das ações erradas (MORÁN *et al.*, 2015). O feedback pode ser dado por meio dos acertos e erros cometidos pelo usuário. O jogador ganha pontos a cada acerto que é exibido em tempo real na interface gráfica. No entanto, não foi possível adicionar a possibilidade de coletar os erros dos usuários em virtude de uma limitação técnica.

Animações: Uzor e Baillie (2014) sugerem que o uso de movimentos animados é mais eficaz do que imagens estáticas e texto. Dessa maneira, as animações foram adicionadas apenas nas telas de Ajuda, História e Tutoriais para auxiliar o jogador. Buscou-se evitar o uso de animações no cenário para não causar qualquer tipo de desconforto para o usuário.

Gráficos: devem-se evitar objetos pequenos (BROX, Ellen; KONSTANTINIDIS; EVERTSEN, 2017; PLANINC; NAKE; KAMPEL, 2013) e com movimentos rápidos (KONSTANTINIDIS, E. I. *et al.*, 2016). Também é preciso criar

cenar simples e ajudar o jogador (BOUCHARD *et al.*, 2012). Procurou-se incluir poucos elementos gráficos para o usuário interagir em cada minijogo. Além disso, o usuário tem o controle dos mesmos, de modo que ele decide o momento de arremessar os objetos. É necessário que o usuário pressione o botão do dispositivo para lançar as bolas no jogo.

Configuração e instalação: devem-se oferecer rotinas de configuração simples (GERLING, K. *et al.*, 2012), recursos ajustáveis (OÑA *et al.*, 2018) e utilizar a língua nativa do usuário (NAWAZ *et al.*, 2016). Em relação à configuração, foi adicionada uma tela para que o usuário possa ajustar a dificuldade do jogo, o volume e ativar ou desativar o áudio por meio de um controle deslizante (*slider*). Quanto à instalação, o intuito foi utilizar o *Google Cardboard*® por ser uma tecnologia mais simples e intuitiva. O usuário precisa baixar o aplicativo na loja virtual e instalá-lo no seu dispositivo. Depois é necessário conectar o *smartphone* no *Cardboard*® para poder interagir com o jogo.

Assistência: para Bouchard *et al.* (2012), é importante dispor de vários recursos visuais, auditivos ou mesmo vibrotátil para fornecer assistência adequada para o jogador. Foram incluídos vídeos com imagem, áudio e legenda para que os usuários possam ler ou ouvir as instruções que aparecem na tela. O feedback háptico não foi adicionado devido a uma limitação tecnológica.

Autonomia: conforme Cataldi e Silva (2017), o jogo deve propiciar a autonomia do paciente. Procurou-se utilizar uma tecnologia que pudesse proporcionar maior autonomia para os usuários seniores, de maneira que eles possam executar o artefato sozinho sem depender da ajuda de outra pessoa.

Entrada de dados: é importante utilizar o movimento do jogador como a principal forma de interação com o jogo (CATALDI; SILVA, 2017). Foram criadas mecânicas, na qual os usuários utilizam os movimentos da cabeça para interagir com o jogo.

Quanto ao critério de Segurança:

Aspectos fisiológicos: buscou-se tomar medidas de segurança de acordo com as diretrizes sugeridas pelo Google Design ([S.d.]) e outros autores (GERLING, K. *et al.*, 2012; KONSTANTINIDIS, E. I. *et al.*, 2016; NAWAZ *et al.*, 2016; VELAZQUEZ *et al.*, 2013) a fim de que o usuário possa utilizar o artefato com segurança e conforto. Além disso, foi colocado um aviso na tela de “Dicas” (vide Figura 61F) para lembrar os idosos de fazerem os exercícios acompanhados por outra pessoa a fim de garantir a sua segurança.

Suporte: de acordo com Gerling *et al.* (2012), deve-se dar suporte contínuo para o jogador. O artefato proposto oferece tutoriais antes de o jogo iniciar, em que são mostradas instruções sobre como se pode jogar.

Dados pessoais: Nawaz *et al.* (2016) recomenda evitar a exposição dos dados pessoais na tela. Para tanto, os dados são mostrados somente para o próprio usuário e para os terapeutas. Outros jogadores não têm acesso a essas informações.

Com isso, espera-se ter sido possível gerar conhecimento no campo do Design em relação aos aspectos principais que devem ser considerados no desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual para a reabilitação virtual do público sênior. Isso envolveu quatro critérios distintos: terapia, motivação, interação e segurança. Quanto ao critério Terapia, deve-se atender a questões como: coleta e análise de dados, adaptabilidade, repetição e movimento. Em relação à motivação, é importante propiciar o engajamento dos idosos através de fatores como dificuldade, nível de progresso, música, entre outros. No que diz respeito à interação, é adequado levar em consideração os aspectos de usabilidade e acessibilidade para que o artefato seja fácil e agradável de utilizar. No que tange a segurança, convém priorizar o conforto e a segurança do usuário sênior.

9 EXPLICITAÇÃO DAS APRENDIZAGENS

Após a avaliação do artefato, é necessário que o pesquisador faça a explicitação das aprendizagens, no qual ele descreve os pontos de sucesso e insucesso do artefato (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015). Para Dresch, Lacerda e Antunes Júnior (2015), o objetivo dessa etapa é garantir que a pesquisa possa servir como subsídio para a geração de conhecimento no campo prático ou teórico.

Conforme foi demonstrado anteriormente, foi feita uma avaliação do artefato, na qual foi possível verificar quais itens do *checklist* foram incluídos ou negligenciados no projeto. Aqueles que puderam ser adicionados no projeto descrevem os pontos de sucesso do artefato. Já os tópicos que foram esquecidos representam os pontos de insucesso e mostram as limitações desse estudo que podem direcionar pesquisas futuras.

A principal aprendizagem alcançada nessa pesquisa diz respeito ao processo de desenvolvimento de um jogo digital em realidade virtual voltado para a reabilitação virtual dos idosos. Utilizou-se o *checklist* proposto nessa pesquisa para orientar a construção do artefato. Os itens dessa ferramenta foram convertidos em necessidades e nortearam todo processo de projeto. Foram utilizados outros métodos e ferramentas, tais como o Diagrama de Mudge, o Desdobramento da Função Qualidade (QFD) e a Matriz de Pugh, a fim de garantir que as necessidades e preferências dos usuários fossem atendidas. Ao longo do projeto, também foram aplicadas diretrizes de acessibilidade propostas pelo eMAG (BRASIL, M. do P., 2014) com o intuito de tornar o artefato mais acessível para os usuários idosos. Dessa maneira, foi possível gerar um protótipo para que as suas principais funcionalidades pudessem ser verificadas pelos usuários seniores.

Já as limitações encontradas nessa pesquisa foram referentes à impossibilidade de realizar a avaliação do artefato digital com os usuários seniores devido à pandemia de Covid-19. Também houve dificuldades técnicas no que se refere à possibilidade de coletar os erros do usuário, bem como o rastreamento do movimento do usuário, pois, no SDK do *Google Cardboard*®, não é possível acessar

as variáveis que armazenam a posição da cabeça do usuário. Outra limitação foi a quantidade de minijogos disponíveis no artefato. Foram desenvolvidos apenas sete minijogos, no entanto, poderiam ser adicionados outros em uma futura expansão com a finalidade de manter o usuário interessado. Além disso, não foi feita a interface gráfica para o acesso dos terapeutas, porque o escopo dessa pesquisa restringiu-se somente ao artefato para os usuários seniores.

Sendo assim, a explicitação das aprendizagens permitiu apontar os pontos positivos e negativos da pesquisa que podem ser utilizados como referência em estudos futuros. As questões que não puderam ser solucionadas nessa tese podem ser abordadas e aprofundadas por outros pesquisadores ou designers interessados no mesmo tema.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o relatório da OMS (2015b) sobre Envelhecimento e Saúde, o aumento da população das pessoas com mais de 60 anos exige uma transformação nos sistemas de saúde, substituindo os modelos curativos baseados na doença pela prestação de atenção integrada e centrada nas necessidades dos idosos. Essa questão demanda o desenvolvimento de sistemas abrangentes de cuidados em longo prazo, com vistas a assegurar que os idosos possam viver com maior autonomia e independência (OMS, 2015b). Nesse contexto, o uso de tecnologias inovadoras que possam compensar e minimizar os efeitos da diminuição da capacidade funcional favorece um envelhecimento saudável.

A partir da revisão de literatura, foi possível verificar que a utilização da tecnologia de realidade virtual pode auxiliar no treinamento e avaliação do equilíbrio. No entanto, ainda há uma carência de trabalhos no contexto acadêmico que abordem esse tema. Portanto, torna-se válido a realização de um estudo aprofundado com o propósito de gerar conhecimento para a área de Design em relação aos aspectos que devem ser levados em consideração no desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual para a reabilitação virtual do público sênior.

Buscando contribuir para a solução desse problema, o tema dessa pesquisa aborda o desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual para os usuários idosos. Foi formulada a seguinte questão: como os jogos digitais em realidade virtual utilizados na reabilitação virtual de idosos podem ser desenvolvidos e avaliados, visando atender aos critérios de terapia, motivação, interação e segurança? Determinou-se que o objetivo geral da pesquisa consiste em desenvolver um jogo digital em realidade virtual que possa auxiliar na reabilitação virtual dos idosos.

Para tanto, foi realizada uma revisão de literatura com o propósito de investigar sobre os tópicos da pesquisa. Assim, puderam-se compreender os principais conceitos e definições sobre: envelhecimento humano, gerontecnologia,

equilíbrio, sistema vestibular, reabilitação vestibular, reabilitação virtual, realidade virtual e listas de verificação ou *checklists*.

A metodologia adotada nessa pesquisa foi a *design science research*. É válido destacar que esse método mostrou-se adequado para os propósitos desse estudo. A metodologia *design science research* é organizada em 12 passos, que descrevem desde a identificação do problema até o desenvolvimento e avaliação de um artefato para a solução de uma classe de problema. Uma das etapas deste método refere-se à Revisão Sistemática de Literatura, a qual permite consultar outros estudos com o foco no mesmo problema ou em problemas similares ao que se está tentando solucionar com a presente pesquisa (DRESCH; LACERDA; ANTUNES JÚNIOR, 2015).

A partir da Revisão Sistemática de Literatura, cujo período foi delimitado de 2014 até 2018, foi possível encontrar três estudos (CRESPO *et al.*, 2016; LEVY *et al.*, 2016; STANAITIS *et al.*, 2016) que utilizaram os HDMs atuais com propósito terapêutico. Crespo *et al.* (2016) desenvolveram uma simulação em realidade virtual para os idosos, que pode ser visualizada com o *Google Cardboard*® e controlada por meio de um sensor vestível. Levy *et al.* (2016) utilizaram os óculos de realidade virtual associados aos jogos sérios para tratar o medo de cair entre os indivíduos idosos. E Stanaitis *et al.* (2016) criaram um protótipo em realidade virtual para a investigação da função vestibular periférica.

Nessa pesquisa, foi proposto um jogo digital em realidade virtual para auxiliar na reabilitação virtual dos idosos. Buscou-se adaptar os protocolos de exercícios propostos por Cawthorne e Cooksey (HERDMAN, 2002) e Sauvage e Grenier (2017) para criar a jogabilidade do artefato. Dessa forma, o jogador precisa fazer certos movimentos com a cabeça e com os olhos para interagir com o jogo. No entanto, não foi possível avaliar a eficácia da reabilitação com o dispositivo em realidade virtual, pois, nesse estudo, foi dada uma ênfase maior no processo de desenvolvimento e avaliação de um artefato digital para a reabilitação virtual dos idosos. Além disso, seria necessário realizar uma intervenção durante várias semanas com os usuários a fim de verificar a eficácia da terapia por meio do artefato

proposto. Sendo assim, sugere-se que outros pesquisadores possam aprofundar essa questão que não pôde ser solucionada.

A revisão sistemática de literatura também permitiu identificar a necessidade de uma ferramenta (como um *checklist*) que possa orientar as etapas de desenvolvimento e avaliação de um jogo digital para a reabilitação virtual do público sênior. Nesse sentido, foi proposto um *checklist*, com base na revisão de literatura, que contém 29 itens organizados nas seguintes categorias: terapia, motivação, interação e segurança. Foram propostas duas versões do *checklist*. A primeira é voltada para os desenvolvedores e visa orientar a construção do artefato. Já a segunda pode ser aplicada na etapa de avaliação para verificar se o jogo digital em realidade virtual atende às expectativas do público sênior.

A metodologia que orientou as etapas de projeto e desenvolvimento do artefato foi proposta por Back *et al.* (2008). É importante referir à etapa de projeto informacional, a qual permite que as necessidades dos usuários idosos sejam compreendidas e convertidas em especificações de projeto. Nesse sentido, foi gerado um conjunto de requisitos de usuários, requisitos de projeto e especificações de projeto que podem ser aplicadas por outros pesquisadores ou designers na solução de problemas similares. Embora essa metodologia seja utilizada para o desenvolvimento de produtos industriais, foi possível combiná-la com métodos e ferramentas propostos por outros autores conhecidos no Design (BAXTER, 2011; CYBIS; BETIOL; FAUST, 2010). Sendo assim, a metodologia pôde ser utilizada para orientar o projeto e desenvolvimento de um artefato digital voltado para a reabilitação do público sênior.

De acordo com o capítulo referente à explicitação das aprendizagens, pôde-se perceber que é fundamental compreender quais são as necessidades e preferências dos usuários a fim de propor um produto adequado às exigências desse público. Segundo Löbach (2001), o processo de design se inicia com a identificação das necessidades e aspirações dos usuários, que devem ser satisfeitas por meio de um produto industrial. Para isso, os itens do *checklist* para a construção do artefato foram utilizados para gerar um conjunto de necessidades de usuários que foram incorporadas no projeto. Além disso, foram aplicados diferentes métodos

e ferramentas para assegurar que as necessidades e preferências dos usuários fossem alcançadas. Com isso, tornou-se possível desenvolver um artefato digital com vistas a atender às exigências dos usuários seniores.

No capítulo anterior, discutiram-se ainda as principais limitações encontradas ao longo desse estudo, entre as quais se destaca a impossibilidade de avaliar o artefato com os usuários idosos. A pesquisa foi submetida e aprovada no Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) em junho de 2019. A avaliação seria feita com os idosos do projeto de extensão UNIDI da UFRGS. Entretanto, a verificação não pôde ser realizada em decorrência da pandemia de Covid-19 que inviabilizou a realização das atividades presenciais com os usuários seniores. Nesse sentido, os pesquisadores dessa tese recomendam que, em pesquisas futuras, seja possível avaliar o artefato proposto com um grupo de pessoas com 60 anos ou mais.

Conforme os resultados obtidos na pesquisa, foi possível levantar e sistematizar um conjunto de diretrizes, recomendações e princípios de design para a reabilitação virtual do público sênior. A partir dessas informações, foi proposto um *checklist* para orientar o desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual voltado para os idosos. Essa ferramenta foi validada por dois participantes com experiência nas áreas desse estudo. Após a elaboração do *checklist*, foi feito o projeto e desenvolvimento de um artefato digital para o referido propósito. No entanto, não foi possível realizar a avaliação com os usuários seniores devido à pandemia de Covid-19. Desse modo, espera-se que o conhecimento gerado possa auxiliar outros pesquisadores e designers na solução de problemas similares.

10.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se um maior aprofundamento em algumas questões que não puderam ser solucionadas em virtude das limitações encontradas nessa pesquisa. Sendo assim, sugere-se que em trabalhos futuros seja possível:

- Avaliar o artefato digital proposto com os usuários seniores, pois a verificação não pôde ser realizada;
- Aprofundar o conhecimento sobre acessibilidade nos dispositivos em realidade virtual;

- Aplicar o *checklist* proposto no desenvolvimento e avaliação de um artefato para a reabilitação virtual de idosos;
- Implementar a possibilidade de coletar os erros cometidos, assim como o rastreamento do movimento do usuário;
- Desenvolver e implementar outros minijogos a fim de aumentar a quantidade de atividades e manter o usuário interessado no artefato digital;
- Desenvolver e implementar a interface gráfica para o acesso dos terapeutas.
- Aplicar técnicas de gamificação para motivar o uso contínuo do artefato.
- Realizar a análise ergonômica do dispositivo em realidade virtual com os usuários seniores.

REFERÊNCIAS

- ACRUCHE, Roberto Meireles *et al.* Uglyph - sistema de preparação e de exibição de imagens 3D. **Interdisciplinary Scientific Journal**, [s. l.], v. 4, n. 2, p. 243–256, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17115/2358-8411/v4n2a15>
- AKAO, Yoji. **Introdução ao desdobramento da qualidade**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1996.
- ALGER, Mike. **Visual Design Methods for Virtual Reality**. 98 f. 2015. - Ravensbourne, Londres, 2015. Disponível em: <https://goo.gl/oexVuA>. Acesso em: 24 abr. 2018.
- AMRITHA, N. *et al.* Design and development of balance training platform and games for people with balance impairments. *In:* , 2016, Jaipur. **Anais [...]**. Jaipur: IEEE, 2016. p. 960–966. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICACCI.2016.7732169>
- AYED, I. *et al.* Fall Prevention Serious Games for Elderly People Using RGBD Devices. *In: 8TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GAMES AND VIRTUAL WORLDS FOR SERIOUS APPLICATIONS (VS-GAMES)*, 2016, Barcelona. **8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)**. Barcelona: VS-GAMES, 2016. p. 1–3. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/VS-GAMES.2016.7590349>
- BACK, Nelson *et al.* **Projeto integrado de produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem**. Barueri: Manole, 2008.
- BADIA, Sergi Bermúdez i *et al.* Virtual Reality for Sensorimotor Rehabilitation Post Stroke: Design Principles and Evidence. *In: NEUROREHABILITATION TECHNOLOGY*. Cham: Springer, 2016. p. 573–603. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-28603-7_28
- BAXTER, Mike. **Projeto de produto: Guia prático para o design de novos produtos**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2011.
- BERTICELLI, Amanda Zanatta; MACEDO, Luciana Baú; SLEIFER, Pricila. Efetividade da reabilitação vestibular em indivíduos idosos com queixa de tontura. **Revista Kairós : Gerontologia**, [s. l.], v. 19, n. 1, p. 283–296, 2016.
- BOLLER, Sharon; KAPP, Karl. **Jogar para Aprender: Tudo o que você precisa saber sobre o design de jogos de aprendizagem eficazes**. [S. l.]: DVS EDITORA, 2018.
- BOUCHARD, Bruno *et al.* Developing Serious Games Specifically Adapted to People Suffering from Alzheimer. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SERIOUS GAMES DEVELOPMENT AND APPLICATIONS*, 2012, Berlin. **Serious Games Development and Applications**. Berlin: Springer, 2012. p. 243–254. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-642-33687-4_21

BOUMA, H. *et al.* Gerontechnology in perspective. **Gerontechnology**, [s. l.], v. 6, n. 4, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.4017/gt.2007.06.04.003.00>

BRASIL. **Dispõe sobre o Estatuto do Idoso e dá outras providências**[S. l.: s. n.], 2003. Disponível em: <https://goo.gl/CsMe1o>. Acesso em: 26 set. 2018.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Coronavírus: O que é a Covid-19?**. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://is.gd/iPee0T>. Acesso em: 13 abr. 2021.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Coronavírus: Sobre a doença**. [S. l.], 2020a. Disponível em: <https://is.gd/kqL8uL>. Acesso em: 13 abr. 2021.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Diretrizes para o cuidado das pessoas idosas no SUS: proposta de modelo de atenção integral**. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

BRASIL, Ministério da Saúde. **Ministério da Saúde reforça cuidados com idosos durante a pandemia**. [S. l.], 2020b. Disponível em: <https://is.gd/hGqMHy>. Acesso em: 13 abr. 2021.

BRASIL, Ministério do Planejamento; Orçamento e Gestão; Secretaria de Logística e Tecnologia da Informação. **eMAG Modelo de Acessibilidade em Governo Eletrônico**. Brasília: MP, SLTI, 2014.

BRONSWIJK, J.E.M.H. Van *et al.* Defining gerontechnology for R&D purposes. **Gerontechnology**, [s. l.], v. 8, n. 1, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.4017/gt.2009.08.01.002.00>

BROX, E. *et al.* Exergames for elderly: Social exergames to persuade seniors to increase physical activity. *In*: 2011 5TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON PERVASIVE COMPUTING TECHNOLOGIES FOR HEALTHCARE (PERVASIVEHEALTH) AND WORKSHOPS, 2011, Dublin. **2011 5th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth) and Workshops**. Dublin: IEEE, 2011. p. 546–549. Disponível em: <https://doi.org/10.4108/icst.pervasivehealth.2011.246049>

BROX, E.; FERNANDEZ-LUQUE, L.; TØLLEFSEN, T. Healthy Gaming - Video Game Design to promote Health. **Applied Clinical Informatics**, [s. l.], v. 2, n. 2, p. 128–142, 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.4338/ACI-2010-10-R-0060>

BROX, Ellen *et al.* GameUp: Exergames for Mobility – A Project to Keep Elderly Active. *In*: XIV MEDITERRANEAN CONFERENCE ON MEDICAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING AND COMPUTING 2016. Cham: Springer, 2016. p. 1225–1230. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-32703-7_236

BROX, Ellen; KONSTANTINIDIS, Stathis Th; EVERTSEN, Gunn. User-Centered Design of Serious Games for Older Adults Following 3 Years of Experience With Exergames for Seniors: A Study Design. **JMIR Serious Games**, [s. l.], v. 5, n. 1, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.2196/games.6254>

BRUUN-PEDERSEN, Jon Ram. Nursing Home Residents Versus Researcher: Establishing Their Needs While Finding Your Way. *In*: BROOKS, Anthony Lewis *et al.* (org.). **Recent Advances in Technologies for Inclusive Well-Being**. Cham: Springer International Publishing, 2017. v. 119, p. 245–269. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-49879-9_12

BURKE, Brian. **Gamificar: Como a gamificação motiva as pessoas a fazerem coisas extraordinárias**. [S. l.]: DVS Editora, 2015.

CAMARANO, Ana Amélia; KANSO, Solange. Aspectos socioeconômicos do envelhecimento populacional. *In*: FREITAS, Elizabete Viana de; PY, Ligia; GORZONI, Milton Luiz Do (org.). **Tratado de geriatria e gerontologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. p. 1601–1613.

CAMPELO, A. M. *et al.* Virtual Rehabilitation in the elderly: Benefits, issues, and considerations. *In*: 2017 INTERNATIONAL CONFERENCE ON VIRTUAL REHABILITATION (ICVR), 2017, Montreal. **2017 International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR)**. Montreal: IEEE, 2017. p. 1–2. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICVR.2017.8007485>

CARNEIRO, Leandra Lara Resende de. **Smartphones e Tablets para Profissionais de Saúde**. [S. l.]: TI Medicina, 2013.

CATALDI, Pedro Cesar Pedreira; SILVA, Tiago Barros Pontes e. Parâmetros para a concepção e avaliação de jogos para reabilitação de pacientes vítimas de AVE. **Design e Tecnologia**, [s. l.], v. 7, n. 14, p. 69, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.23972/det2017iss14pp69-90>

CGEE, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos. **Mapeamento de Competências em Tecnologia Assistiva**. Brasília: CGEE, 2012.

CNDL, Confederação Nacional de Dirigentes Lojistas; SPC BRASIL. **O estilo de vida da terceira idade contemporânea no Brasil**. Brasília: CNDL, 2016. Disponível em: <https://goo.gl/b7kqrA>. Acesso em: 21 set. 2018.

CRESPO, A. B. *et al.* A virtual reality UAV simulation with body area networks to promote the elders life quality. *In*: HEALTH AND WELLBEING (TISHW), 2016, Vila Real. **1st International Conference on Technology and Innovation in Sports**. Vila Real: TISHW, 2016. p. 1–7. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/TISHW.2016.7847780>

CYBIS, Walter de Abreu; BETIOL, Adriana Holtz; FAUST, Richard. **Ergonomia e Usabilidade: Conhecimentos, Métodos e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2010.

DAY, R. H. **Psicologia da percepção**. 2. ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1974.

DAYCHOUM, Merhi. **40+20 Ferramentas e Técnicas de Gerenciamento**. Rio de Janeiro: Brasport, 2018.

DOLL, Johannes; MACHADO, Letícia Rocha; CACHIONI, Meire. O idoso e as novas tecnologias. *In*: FREITAS, Elizabete Viana de; PY, Ligia (org.). **Tratado de geriatria e gerontologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

DONÁ, Flávia; SANTOS, Fernanda Britto Cerqueira; KASSE, Cristiane Akemi. Reabilitação do equilíbrio corporal por realidade virtual em uma idosa com vestibulopatia periférica crônica. **RBM Revista Brasileira de Medicina**, [s. l.], v. 67, n. 3, p. 15–23, 2010.

DONDIS, Donis A. **Sintaxe da linguagem visual**. Tradução: Jefferson Luiz Camargo. 3. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2015.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; ANTUNES JÚNIOR, José Antonio Valle. **Design Science Research: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia**. Porto Alegre: Bookman, 2015.

DUQUE, Gustavo *et al.* Effects of balance training using a virtual-reality system in older fallers. **Clinical Interventions in Aging**, [s. l.], v. 8, p. 257–263, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.2147/CIA.S41453>

EUROPA, Editora. **Dossiê OLD!Gamer Volume 1: Master System**. 1. ed. [S. l.]: Editora Europa, 2016.

EUROPA, Editora. **Dossiê OLD!Gamer Volume 7: Nintendo**. 1. ed. [S. l.]: Editora Europa, 2017.

FARAHANI, Navid *et al.* Exploring virtual reality technology and the Oculus Rift for the examination of digital pathology slides. **Journal of Pathology Informatics**, [s. l.], v. 7, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.4103/2153-3539.181766>. Acesso em: 9 ago. 2018.

FERNANDEZ-CERVANTES, Victor *et al.* VirtualGym: A kinect-based system for seniors exercising at home. **Entertainment Computing**, [s. l.], v. 27, p. 60–72, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.entcom.2018.04.001>

FERREIRA, Simone B. L.; NUNES, Ricardo R. **E-Usabilidade**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Realidade Virtual e Aumentada. Tecnologias Para Aplicações Profissionais**. São Paulo: Editora Érica, 2018.

FOOTE, Bob; MELZER, James. A history of helmet mounted displays. *In*: DISPLAY TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS FOR DEFENSE, SECURITY, AND AVIONICS IX; AND HEAD- AND HELMET-MOUNTED DISPLAYS XX, 2015, Baltimore. **Display Technologies and Applications for Defense, Security, and Avionics IX; and Head- and Helmet-Mounted Displays XX**. Baltimore: International Society for Optics and Photonics, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1117/12.2181337>

GARCIA, Adriana Pontin *et al.* Reabilitação vestibular com realidade virtual na doença de Ménière. **Brazilian Journal of Otorhinolaryngology**, [s. l.], v. 79, n. 3, p. 366–374, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5935/1808-8694.20130064>

GARROTE, Sonia *et al.* EPIK - Virtual Rehabilitation Platform Devised to Increase Self-reliance of People with Limited Mobility. *In*: INTERNATIONAL CONFERENCE ON INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES FOR AGEING WELL AND E-HEALTH, 2015, Lisboa. **Anais [...]**. Lisboa: ICT4AgeingWell, 2015. p. 188–193.

GAZZOLA, Juliana Maria *et al.* Caracterização funcional do equilíbrio de idosos em serviço de reabilitação gerontológica. **Fisioterapia e Pesquisa**, [s. l.], v. 11, n. 1, p. 1–14, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/fpusp.v11i1.76769>

GAZZOLA, Juliana Maria *et al.* Realidade virtual na avaliação e reabilitação dos distúrbios vestibulares. **Acta ORL - Técnicas em Otorrinolaringologia**, [s. l.], v. 27, n. 1, p. 22–27, 2009.

GERLING, Kathrin *et al.* Full-body Motion-based Game Interaction for Older Adults. *In*: , 2012, New York. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. New York: ACM, 2012. p. 1873–1882. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2207676.2208324>

GERLING, Kathrin Maria; SCHILD, Jonas; MASUCH, Maic. Exergame Design for Elderly Users: The Case Study of SilverBalance. *In*: EXERGAME DESIGN FOR ELDERLY USERS, 2010, New York, NY, USA. **Proceedings of the 7th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology**. New York, NY, USA: ACM, 2010. p. 66–69. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1971630.1971650>

GOOGLE. **Comemoração a Georges Méliès**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://goo.gl/wkSSwf>. Acesso em: 24 ago. 2018.

GOOGLE DESIGN. **A new dimension: Designing for Google Cardboard**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://goo.gl/6TWsuh>. Acesso em: 24 abr. 2018.

GOOGLE VR. **Fabricar o Google Cardboard**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://goo.gl/4MmXPL>. Acesso em: 10 ago. 2018.

GOOGLE VR. **Google Cardboard**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://goo.gl/jDSEyL>. Acesso em: 8 fev. 2018.

GRANDE, Tássia Priscila Fagundes. **INSTRUMEDS : um instrumento para materiais educacionais digitais em dispositivos móveis para idosos**. 176 f. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016. Disponível em: <https://goo.gl/ZbgE53>. Acesso em: 10 dez. 2017.

GRANT, Will. **UX Design: Guia definitivo com as melhores práticas de UX**. São Paulo: Novatec, 2019.

GSCHWIND, Yves J. *et al.* ICT-based system to predict and prevent falls (iStoppFalls): results from an international multicenter randomized controlled trial. **European Review of Aging and Physical Activity**, [s. l.], v. 12, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s11556-015-0155-6>

GUERRA, Fabiana; TERCE, Mirela. **Design digital: conceitos e aplicações para websites, animações, vídeos e webgames**. São Paulo: Editora SENAC São Paulo, 2019.

GULARTE, Daniel. **Jogos Eletrônicos. 50 Anos de Interação e Diversão**. Teresópolis: Novas ideias, 2010.

HEANEY, David. **How virtual reality positional tracking works**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://is.gd/escurX>.

HERDMAN, S.J. **Reabilitação vestibular**. Barueri: Manole, 2002.

HSIEH, W. M. *et al.* Virtual reality system based on Kinect for the elderly in fall prevention. **Technology and Health Care: Official Journal of the European Society for Engineering and Medicine**, [s. l.], v. 22, n. 1, p. 27–36, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3233/THC-130769>

HUDSON, William. Playing Your Cards Right: Getting the Most from Card Sorting for Navigation Design. **Interactions**, [s. l.], v. 12, n. 5, p. 56–58, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1082369.1082410>

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Expectativa de vida do brasileiro sobe para 75,8 anos**. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://goo.gl/fr5YzW>. Acesso em: 26 set. 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Número de idosos cresce 18% em 5 anos e ultrapassa 30 milhões em 2017**. [S. l.], 2018a. Disponível em: <https://goo.gl/7usJ3i>. Acesso em: 15 set. 2018.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **PNAD Contínua TIC 2017: Internet chega a três em cada quatro domicílios do país**. [S. l.], 2018b. Disponível em: <https://goo.gl/PUrM5Y>. Acesso em: 23 mar. 2019.

II DIRETRIZES BRASILEIRAS NO MANEJO DA TOSSE CRÔNICA. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, [s. l.], v. 32, p. 403–446, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1806-37132006001000002>

JERALD, Jason. **The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality**. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery and Morgan & Claypool, 2016.

JI, Yong Gu *et al.* A Usability Checklist for the Usability Evaluation of Mobile Phone User Interface. **International Journal of Human–Computer Interaction**, [s. l.], v.

20, n. 3, p. 207–231, 2006. Disponível em:
https://doi.org/10.1207/s15327590ijhc2003_3

JUICY STUDIO. **Juicy Studio: Luminosity Colour Contrast Ratio Analyser**. [S. l.], 2020. Disponível em: <https://is.gd/o7mNLJ>. Acesso em: 14 jan. 2020.

KANDEL, Eric R. *et al.* **Princípios de neurociências**. 5. ed. Porto Alegre: AMGH, 2014.

KEI STUDIOS. **A quick guide to Degrees of Freedom in Virtual Reality**. [S. l.], 2018. Disponível em: <https://goo.gl/GyLuVY>. Acesso em: 14 ago. 2018.

KIRNER, Claudio; PINHO, Marcio S. **Introdução à realidade virtual**. São Carlos, 1997. Minicurso.

KONSTANTINIDIS, E. I. *et al.* Design, Implementation, and Wide Pilot Deployment of FitForAll: An Easy to use Exergaming Platform Improving Physical Fitness and Life Quality of Senior Citizens. **IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics**, [s. l.], v. 20, n. 1, p. 189–200, 2016. Disponível em:
<https://doi.org/10.1109/JBHI.2014.2378814>

KONSTANTINIDIS, Evdokimos I.; BAMPAROPOULOS, Giorgos; BAMIDIS, Panagiotis D. Moving Real Exergaming Engines on the Web: The webFitForAll Case Study in an Active and Healthy Ageing Living Lab Environment. **IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics**, [s. l.], v. 21, n. 3, p. 859–866, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/JBHI.2016.2559787>

LAMONTAGNE, Anouk *et al.* Virtual Reality Reveals Mechanisms of Balance and Locomotor Impairments. *In*: WEISS, Patrice L.; KESHNER, Emily A.; LEVIN, Mindy F. (org.). **Virtual Reality for Physical and Motor Rehabilitation**. New York, NY: Springer New York, 2014. p. 169–202. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-0968-1_9

LAVALLE, Steven M. **Virtual Reality**. [S. l.]: Cambridge University Press, 2017.

LELARD, T.; AHMAIDI, S. Effects of physical training on age-related balance and postural control. **Neurophysiologie Clinique - Clinical Neurophysiology**, [s. l.], v. 45, n. 4–5, p. 357–369, 2015. Disponível em:
<https://doi.org/10.1016/j.neucli.2015.09.008>

LEVY, Fanny *et al.* Fear of falling: efficacy of virtual reality associated with serious games in elderly people. **Neuropsychiatric Disease and Treatment**, [s. l.], v. 12, p. 877–881, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.2147/NDT.S97809>

LÖBACH, Bernd. **Design industrial: Bases para a configuração dos produtos industriais**. Tradução: Freddy Van Camp. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.

LOHSE, Keith *et al.* Video games and rehabilitation: using design principles to enhance engagement in physical therapy. **Journal of neurologic physical therapy**:

JNPT, [s. l.], v. 37, n. 4, p. 166–175, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1097/NPT.0000000000000017>

LOWDERMILK, Travis. **Design Centrado no Usuário**. [S. l.]: Novatec, 2013.

LSI, Laboratório de Sistemas Integráveis. **Projeto Ilusão Aumentada**. [S. l.], 2006. Disponível em: <https://goo.gl/ci1kAB>. Acesso em: 7 ago. 2018.

LUNARDINI, F. *et al.* Exergaming for balance training, transparent monitoring, and social inclusion of community-dwelling elderly. *In: 3RD INTERNATIONAL FORUM ON RESEARCH AND TECHNOLOGIES FOR SOCIETY AND INDUSTRY (RTSI)*, 2017, Modena. **3rd International Forum on Research and Technologies for Society and Industry (RTSI)**. Modena: RTSI, 2017. p. 1–5. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/RTSI.2017.8065964>

MACHADO, Liliâne dos Santos; CARDOSO, Alexandre. Dispositivos de entrada e saída para sistemas de realidade virtual. *In: TORI, Romero; KIRNER, Claudio; SISCOUITO, Robson (ed.). Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. Porto Alegre: Editora SBC, 2006. p. 39–50.

MACHADO, Leticia Rocha. **Construção de uma arquitetura pedagógica para cyberseniors : desvelando o potencial inclusivo da educação a distância**. 2013. Tese (Doutorado em Informática na Educação) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013. Disponível em: <https://goo.gl/aJLU7k>. Acesso em: 25 set. 2018.

MADEIRA, R. N.; COSTA, L.; POSTOLACHE, O. PhysioMate - Pervasive physical rehabilitation based on NUI and gamification. *In: 2014 INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXPOSITION ON ELECTRICAL AND POWER ENGINEERING (EPE)*, 2014, Iasi. **2014 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE)**. Iasi: EPE, 2014. p. 612–616. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/ICEPE.2014.6969982>

MALVEY, Donna; SLOVENSKY, Donna J. mHealth Products, Markets, and Trends. *In: MALVEY, Donna; SLOVENSKY, Donna J. mHealth*. Boston, MA: Springer US, 2014. p. 65–94. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7457-0_4

MATTESON, Steve. **Open Sans**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://is.gd/nzYleg>. Acesso em: 1 out. 2019.

MEURER, Heli; SZABLUK, Daniela. Projeto E: aspectos metodológicos para o desenvolvimento de projetos dígito-virtuais. **Revista Ação Ergonômica**, [s. l.], v. 5, n. 2, 2011. Disponível em: <https://is.gd/SPGIUu>. Acesso em: 18 set. 2019.

MILGRAM, Paul; KISHINO, Fumio. A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. **IEICE Transactions on Information Systems**, [s. l.], v. E77-D, n. 12, p. 1321–1329, 1994.

MORÁN, Alberto L. *et al.* On the Effect of Previous Technological Experience on the Usability of a Virtual Rehabilitation Tool for the Physical Activation and Cognitive Stimulation of Elders. **Journal of Medical Systems**, [s. l.], v. 39, n. 9, p. 104, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10916-015-0297-0>

MORISHITA, Coji. **Rounded Mplus**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://is.gd/hyuz2d>. Acesso em: 11 out. 2019.

MOTTA, Luciana Branco da. **Saúde da pessoa idosa**. São Luís: Universidade aberta do SUS, 2013.

MUDGE, Arthur E. The Numerical Evaluation of Functional Relationships. **Value Engineering**, [s. l.], v. 1, n. 3, p. 169–175, 1968.

MUNDUS. **Wispy Skybox**. [S. l.], 2014. Disponível em: <https://is.gd/3ehsc5>. Acesso em: 2 dez. 2019.

MXR, Mixed Reality Lab. MxR. *In*: 2018. Disponível em: <https://goo.gl/uULeWS>. Acesso em: 11 ago. 2018.

NAWAZ, Ather *et al.* An Exergame Concept for Improving Balance in Elderly People. *In*: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ICTS FOR IMPROVING PATIENTS REHABILITATION RESEARCH TECHNIQUES, 2014, Berlin. **ICTs for Improving Patients Rehabilitation Research Techniques**. Berlin: Springer, 2014. p. 55–67. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-662-48645-0_6

NAWAZ, Ather *et al.* Usability and acceptability of balance exergames in older adults: A scoping review. **Health Informatics Journal**, [s. l.], v. 22, n. 4, p. 911–931, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/1460458215598638>

NERI, Anita Liberalesso; FONTES, Arlete Portella. Resiliência psicológica e velhice bem-sucedida. *In*: FREITAS, Elizabete Viana de; PY, Ligia (org.). **Tratado de geriatria e gerontologia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

NIELSEN, Jakob; BUDI, Raluca. **Usabilidade móvel**. Tradução: Sergio Facchim. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

NOVAK, Jeannie. **Desenvolvimento de games**. São Paulo: Cengage Learning, 2010.

OCULUS VR. **Oculus Best Practices**. 2017. Disponível em: <https://goo.gl/1a2DcL>. Acesso em: 16 ago. 2018.

OMS, Organização Mundial da Saúde. **Envelhecimento ativo: uma política de saúde**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2005.

OMS, Organização Mundial da Saúde. **Healthy ageing infographic**. [S. l.], 2015a. Disponível em: <https://goo.gl/FBqvUJ>. Acesso em: 28 set. 2018.

OMS, Organização Mundial da Saúde. **Relatório mundial de envelhecimento e saúde**. Genebra: Organização Mundial da Saúde, 2015b.

OÑA, Edwin Daniel *et al.* Effectiveness of Serious Games for Leap Motion on the Functionality of the Upper Limb in Parkinson's Disease: A Feasibility Study. **Computational Intelligence and Neuroscience**, [s. l.], v. 2018, p. 1–17, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2018/7148427>

PARHI, Pekka; KARLSON, Amy K.; BEDERSON, Benjamin B. Target size study for one-handed thumb use on small touchscreen devices. *In:* , 2006, Helsinki, Finland. **Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services**. Helsinki, Finland: Association for Computing Machinery, 2006. p. 203–210. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/1152215.1152260>. Acesso em: 8 jun. 2020.

PECHANSKY, Rubem. **Um modelo baseado em princípios de usabilidade para aplicação em interfaces de usuário para a interação humano-computador**. 2011. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. Disponível em: <https://goo.gl/6F5zGt>. Acesso em: 23 set. 2018.

PEREIRA, Sílvia Regina Mendes. Fisiologia do envelhecimento. *In:* FREITAS, Elizabete Viana de; PY, Lígia; GORZONI, Milton Luiz Do (org.). **Tratado de geriatria e gerontologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. p. 947–958.

PESTANA, Maria Helena; GAGEIRO, João Nunes. **Análise de dados para ciências sociais: a complementaridade do SPSS**. 5. ed. Lisboa: Edições Sílabo, 2008.

PLANINC, Rainer; NAKE, Isabella; KAMPEL, Martin. Exergame Design Guidelines for Enhancing Elderly's Physical and Social Activities. *In:* THE THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON AMBIENT COMPUTING, APPLICATIONS, SERVICES AND TECHNOLOGIES, 2013, Porto, Portugal. **The Third International Conference on Ambient Computing, Applications, Services and Technologies**. Porto, Portugal: [s. n.], 2013.

POPPE, Erik; GILGEN, Désirée; SAFRUDIN, Niz. Virtual Reality Goes Mobile in the Digital Age. *In:* OSWALD, Gerhard; KLEINEMEIER, Michael (org.). **Shaping the Digital Enterprise**. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 309–330. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-40967-2_15

POSSATTI, Giovana Marzari. **Proposta de conjunto de diretrizes editoriais para o design de livro didático digital interativo para Tablet**. 2015. Dissertação (Mestrado em Design) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015. Disponível em: <https://goo.gl/GZbwzg>. Acesso em: 8 set. 2018.

PRENSKY, Marc. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. São Paulo: Senac, 2012.

- RAMÍREZ-FERNÁNDEZ, Cristina *et al.* Design Principles for Hapto-Virtual Rehabilitation Environments: Effects on Effectiveness of Fine Motor Hand Therapy. *In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON ICTS FOR IMPROVING PATIENTS REHABILITATION RESEARCH TECHNIQUES*, 2014, Berlin. **ICTs for Improving Patients Rehabilitation Research Techniques**. Berlin: Springer, 2014. p. 270–284. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-662-48645-0_23
- RIBEIRO, M. A.; ROSÁRIO, J. M. Design para todos: uma proposta de inclusão e autonomia segura. **Medicina (USP – FMRP)**, [s. l.], v. 49, n. 2, I Congresso de gerontecnologia, p. 10–11, 2016.
- RIGHI, Carol *et al.* Card Sort Analysis Best Practices. **JUS - The Journal of Usability Studies**, [s. l.], v. 8, n. 3, p. 69–89, 2013.
- ROBERT, Philippe H. *et al.* Recommendations for the use of Serious Games in people with Alzheimer’s Disease, related disorders and frailty. **Frontiers in Aging Neuroscience**, [s. l.], v. 6, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2014.00054>
- ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen; PREECE, Jennifer. **Design de interação: além da interação humano-computador**. Tradução: Isabela Gasparini. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- SALEN, Katie; ZIMMERMAN, Eric. **Regras do Jogo: Fundamentos do Design de Jogos**. São Paulo: Blucher, 2012. v. 3
- SAMSUNG. **Gear VR**. [S. l.], 2017. Disponível em: <https://goo.gl/3x5Gxn>. Acesso em: 10 ago. 2018.
- SANTOS, Angélica Cristina dos *et al.* Exercícios de Cawthorne e Cooksey em idosas: melhora do equilíbrio. **Fisioterapia em Movimento**, [s. l.], v. 21, n. 4, 2017.
- SANTOS, Fernando Vanderlinde. **Videogames na fisioterapia e saúde**. 1. ed. Salto: Editora Schoba, 2010.
- SAUVAGE, Jean-Pierre; GRENIER, Hélène. **Reabilitação Vestibular: Guia Prático**. 1. ed. Rio de Janeiro: Revinter, 2017.
- SCHNEIDER, Rodolfo Herberto; IRIGARAY, Tatiana Quarti. O envelhecimento na atualidade: aspectos cronológicos, biológicos, psicológicos e sociais. **Estudos de Psicologia (Campinas)**, [s. l.], v. 25, n. 4, p. 585–593, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-166X2008000400013>
- SCHUSTER, Cristiano Henrique; SCHUSTER, Jean Jonathan; OLIVEIRA, Alexandre Silva de. Aplicação do diagrama de Mudge e QFD utilizando como exemplo a hierarquização dos requisitos para um carro voador. **GEPROS. Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, [s. l.], n. 1, Ano 10, p. 197–213, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.15675/gepros.v10i1.1197>

SOBRAL, Wilma Sirlange. **Design de interfaces: introdução**. São Paulo: Érica, 2019.

STANAITIS, Skirmantas *et al.* Virtual Reality Based System for Investigation of Peripheral Vestibular Function. *In: XIV MEDITERRANEAN CONFERENCE ON MEDICAL AND BIOLOGICAL ENGINEERING AND COMPUTING 2016*. Cham: Springer, 2016. p. 110–113. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-32703-7_23

TAVARES, Flávia da Silva; SANTOS, Maria Francisca Colella dos; KNOBEL, Keila Alessandra Baraldi. Reabilitação vestibular em um hospital universitário. **Revista Brasileira de Otorrinolaringologia**, [s. l.], v. 74, n. 2, p. 241–247, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0034-72992008000200014>

TEIXEIRA, Fabricio. **Introdução e boas práticas em UX Design**. [S. l.]: Casa do Código, 2014.

TIMMERMANS, Annick A. A. *et al.* Technology-assisted training of arm-hand skills in stroke: concepts on reacquisition of motor control and therapist guidelines for rehabilitation technology design. **Journal of Neuroengineering and Rehabilitation**, [s. l.], v. 6, p. 1, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/1743-0003-6-1>

TIRADO, Marcella Guimarães Assis; BARRETO, Kátia Magdala Lima; ASSIS, Luciana de Oliveira. Terapia Ocupacional em gerontologia. *In: FREITAS, Elizabete Viana de; PY, Ligia; GORZONI, Milton Luiz Do (org.)*. **Tratado de geriatria e gerontologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. p. 1422–1428.

TORI, Romero; KIRNER, Claudio. Fundamentos de Realidade Virtual. *In: TORI, Romero; KIRNER, Claudio; SISCOOTTO, Robson (ed.)*. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Porto Alegre: Editora SBC, 2006. p. 2–21.

UNGER, Russ; CHANDLER, Carolyn. **O guia para projetar UX: A experiência do usuário (UX) para projetistas de conteúdo digital, aplicações e web sites**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2009.

UNITY TECHNOLOGIES. **Standard Assets (for Unity 2017.3)**. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://is.gd/5WNQ6c>. Acesso em: 2 dez. 2019.

UZOR, Stephen; BAILLIE, Lynne. Investigating the Long-term Use of Exergames in the Home with Elderly Fallers. *In: , 2014, New York*. **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. New York: ACM, 2014. p. 2813–2822. Disponível em: <https://doi.org/10.1145/2556288.2557160>

VAZQUEZ, Carlos Eduardo; SIMÕES, Guilherme Siqueira. **Engenharia de Requisitos: software orientado ao negócio**. Rio de Janeiro: Brasport, 2016.

VELAZQUEZ, A. *et al.* Design of exergames with the collaborative participation of older adults. *In: PROCEEDINGS OF THE 2013 IEEE 17TH INTERNATIONAL*

CONFERENCE ON COMPUTER SUPPORTED COOPERATIVE WORK IN DESIGN (CSCWD), 2013. **Proceedings of the 2013 IEEE 17th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)**. [S. l.: s. n.], 2013. p. 521–526. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CSCWD.2013.6581016>

VIANA, Adriana Backx Noronha. **Módulo 18: Análise de Cluster Tutorial SPSS – Preparação dos Dados e Geração de Tabelas Método Hierárquico e Não-Hierárquico**. [S. l.: s. n.], 2011. Disponível em: <https://is.gd/guaEKZ>. Acesso em: 4 jul. 2019.

VIEIRA, Bruno *et al.* A gamified application for assessment of balance and fall prevention. *In:* , 2015, Aveiro. **Anais [...]**. Aveiro: IEEE, 2015. p. 1–6. Disponível em: <https://doi.org/10.1109/CISTI.2015.7170473>

VIVE. **VIVE Virtual Reality System**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em: <https://goo.gl/Br63M8>. Acesso em: 10 ago. 2018.

WIKIMEDIA COMMONS. **A Google Cardboard**. [S. l.], 2015. Disponível em: <https://goo.gl/KSCW9W>. Acesso em: 13 ago. 2018.

WIKIMEDIA COMMONS. **A woman wearing a head-mounted display**. [S. l.], 2006a. Disponível em: <https://goo.gl/YpVpFr>. Acesso em: 15 jun. 2018.

WIKIMEDIA COMMONS. **Famicom 3d system**. [S. l.], 2006b. Disponível em: <https://is.gd/iw31r1>. Acesso em: 19 abr. 2021.

WIKIMEDIA COMMONS. **Paper glasses for viewing Anaglyphs**. [S. l.], 2007. Disponível em: <https://is.gd/av3vmm>. Acesso em: 20 abr. 2021.

WIKIMEDIA COMMONS. **Sistema vestibular**. [S. l.], 2010. Disponível em: <https://is.gd/sloe5z>. Acesso em: 12 ago. 2019.

WIKIMEDIA COMMONS. **Stéréoscope à Miroirs de M. Wheatstone**. [S. l.], 2014a. Disponível em: <https://goo.gl/3kTRNx>. Acesso em: 15 jun. 2018.

WIKIMEDIA COMMONS. **The 3D glasses and card adapter for the Sega Master System**. [S. l.], 2011a. Disponível em: <https://is.gd/akms9b>. Acesso em: 19 abr. 2021.

WIKIMEDIA COMMONS. **The Sensorama**. [S. l.], 2016. Disponível em: <https://goo.gl/nYhtaK>. Acesso em: 15 jun. 2018.

WIKIMEDIA COMMONS. **Virtual Boy**. [S. l.], 2011b. Disponível em: <https://goo.gl/3uiyXM>. Acesso em: 11 ago. 2018.

WIKIMEDIA COMMONS. **Visore stereoscopico portatile di tipo Brewster**. [S. l.], 2014b. Disponível em: <https://goo.gl/aUr9V6>. Acesso em: 15 jun. 2018.

ZANONI, Alessandra; GANANÇA, Fernando Freitas. Realidade virtual nas síndromes vestibulares. **RBM: Revista Brasileira de Medicina**, [s. l.], v. 67, n. 1, p. 113–116, 2010.

APÊNDICE A – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - *CARD SORTING*

Você está sendo convidado a participar de forma voluntária na pesquisa de doutorado intitulada “Desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual para o público sênior”. A pesquisa faz parte do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS, orientado pelo Prof. Dr. Régio Pierre da Silva.

O objetivo geral da pesquisa consiste em desenvolver e avaliar um jogo digital em realidade virtual que possa auxiliar na reabilitação virtual dos idosos.

Para tanto, serão realizados os seguintes procedimentos: **a)** *card sorting* para a sistematização de diretrizes, recomendações e princípios de design para a reabilitação virtual; **b)** entrevista semiestruturada para a validação do *checklist*; **c)** observação e questionário com o grupo de participantes seniores para a avaliação do jogo digital.

Um dos procedimentos que contribui para alcançar o objetivo é a sua participação na atividade *card sorting*. Trata-se de uma atividade para auxiliar na organização da informação por meio da classificação de cartões. A sessão terá uma duração de aproximadamente 60 minutos. Serão distribuídos cartões impressos e será solicitado que você classifique o conjunto de diretrizes conforme os grupos já criados pelos pesquisadores. A pesquisadora estará presente durante a sessão para esclarecer qualquer dúvida.

O benefício direto da sua participação nesse estudo consiste na geração de conhecimento que irá auxiliar no desenvolvimento de um jogo digital em realidade virtual. A ferramenta irá contribuir indiretamente no treinamento do equilíbrio e no bem-estar do público sênior.

Os riscos ao participar da pesquisa são constrangimentos durante a atividade de *card sorting*. Os pesquisadores objetivam manter o mínimo de riscos possíveis. Para tanto, estão previstas as seguintes medidas por parte dos pesquisadores: **a)** assegura-se o sigilo acerca da identidade e das imagens do participante; **b)** não haverá custos na participação; **c)** os dados coletados serão confidenciais e usados apenas para fins de pesquisa com publicação em relatório e em artigos relacionados; **d)** a participação na pesquisa é facultativa, podendo-se retirar o consentimento ou desistir da atividade quando desejado; **e)** o participante recebe uma via do termo de consentimento assinado como garantia legal.

Lembrando que a sua recusa não resultará em nenhum prejuízo em relação aos pesquisadores responsáveis e sua instituição. A sua participação na pesquisa não acarretará em quaisquer ônus financeiro. Eventuais despesas de participação com meio de transporte serão custeadas ou ressarcidas pelos pesquisadores. A fim de preservar a privacidade dos participantes, serão adotados códigos alfanuméricos para identificá-los nos registros e, quando necessário, em publicações.

Quaisquer informações ou esclarecimentos adicionais podem ser obtidos diretamente com os pesquisadores responsáveis e com o Comitê de Ética na Pesquisa (CEP/UFRGS) por meio dos contatos:

- a) Régio Pierre da Silva: e-mail regio@ufrgs.br e telefone (51) 3308-4258;
- b) Carolina Bravo Pillon: e-mail carolinabpillon@gmail.com e telefone (55) 9 91964791.
- c) CEP/UFRGS: e-mail etica@propesq.ufrgs.br e telefone (51) 3307-3738.

Eu, _____,
abaixo assinado (a), concordo em participar como voluntário (a) da pesquisa intitulada “Desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual para o público sênior”. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pela pesquisadora Carolina Bravo Pillon sobre as avaliações e os procedimentos nele envolvidos, assim como os benefícios e riscos decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento.

Data: ____ / ____ / ____

Assinatura do participante

Carolina Bravo Pillon

Pesquisadora – Doutorado PGDesign/UFRGS

APÊNDICE B – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO - ENTREVISTA

Você está sendo convidado a participar de forma voluntária na pesquisa de doutorado intitulada “Desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual para o público sênior”. A pesquisa faz parte do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS, orientado pelo Prof. Dr. Régio Pierre da Silva.

O objetivo geral da pesquisa consiste em desenvolver e avaliar um jogo digital em realidade virtual que possa auxiliar na reabilitação virtual dos idosos.

Para tanto, serão realizados os seguintes procedimentos: **a)** *card sorting* para a sistematização de diretrizes, recomendações e princípios de design para a reabilitação virtual; **b)** entrevista semiestruturada para a validação do *checklist*; **c)** observação e questionário com o grupo de participantes seniores para a avaliação do jogo digital.

Um dos procedimentos que contribui para alcançar o objetivo é a sua participação na entrevista. Será realizada uma verificação com três participantes nas áreas da pesquisa. A sessão terá duração de aproximadamente 30 minutos. Você deverá responder algumas questões para validar o *checklist* proposto. Conforme as suas sugestões serão feitas alterações no modelo proposto.

O benefício direto da sua participação nesse estudo consiste na geração de conhecimento que irá auxiliar no desenvolvimento de um jogo digital em realidade virtual. A ferramenta irá contribuir indiretamente no treinamento do equilíbrio e no bem-estar do público sênior.

Os riscos ao participar da pesquisa são constrangimentos durante a entrevista. Os pesquisadores objetivam manter o mínimo de riscos possíveis. Para tanto, estão previstas as seguintes medidas por parte dos pesquisadores: **a)** assegura-se o sigilo acerca da identidade e das imagens do participante; **b)** não haverá custos na participação; **c)** os dados coletados serão confidenciais e usados apenas para fins de pesquisa com publicação em relatório e em artigos relacionados; **d)** a participação na pesquisa é facultativa, podendo-se retirar o consentimento ou desistir da atividade quando desejado; **e)** o participante recebe uma via do termo de consentimento assinado como garantia legal.

Lembrando que a sua recusa não resultará em nenhum prejuízo em relação aos pesquisadores responsáveis e sua instituição. A sua participação na pesquisa não acarretará em quaisquer ônus financeiro. Eventuais despesas de participação com meio de transporte serão custeadas ou ressarcidas pelos pesquisadores. A fim de preservar a privacidade dos participantes, serão adotados códigos alfanuméricos para identificá-los nos registros e, quando necessário, em publicações.

Quaisquer informações ou esclarecimentos adicionais podem ser obtidos diretamente com os pesquisadores responsáveis e com o Comitê de Ética na Pesquisa (CEP/UFRGS) por meio dos contatos:

a) Régio Pierre da Silva: e-mail regio@ufrgs.br e telefone (51) 3308-4258;

- b)** Carolina Bravo Pillon: e-mail carolinabpillon@gmail.com e telefone (55) 9 91964791.
- c)** CEP/UFRGS: e-mail etica@propesq.ufrgs.br e telefone (51) 3307-3738.

Eu, _____,
abaixo assinado (a), concordo em participar como voluntário (a) da pesquisa intitulada “Desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual para o público sênior”. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pela pesquisadora Carolina Bravo Pillon sobre as avaliações e os procedimentos nele envolvidos, assim como os benefícios e riscos decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento.

Data: ____ / ____ / ____

Assinatura do participante

Carolina Bravo Pillon
Pesquisadora – Doutorado PGDesign/UFRGS

APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – OBSERVAÇÃO E QUESTIONÁRIO

O Sr(a) está sendo convidado a participar de forma voluntária em uma pesquisa de doutorado intitulada “Desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual para o público sênior”. A pesquisa faz parte do Programa de Pós-Graduação em Design da UFRGS, orientado pelo Prof. Dr. Régio Pierre da Silva.

O objetivo geral da pesquisa consiste em desenvolver e avaliar um jogo digital em realidade virtual que possa auxiliar na reabilitação virtual dos idosos.

Para tanto, serão realizados os seguintes procedimentos: **a)** *card sorting* para a sistematização de diretrizes, recomendações e princípios de design para a reabilitação virtual; **b)** entrevista semiestruturada para a validação do *checklist*; **c)** observação e questionário com o grupo de participantes seniores para a avaliação do jogo digital.

Um dos procedimentos que contribui para alcançar o objetivo é a sua participação na avaliação do jogo digital. Será realizado um encontro em que o Sr(a) irá utilizar o artefato proposto na pesquisa. A duração máxima da sessão será de 5 minutos para cada participante. Ao final, você irá responder a um questionário informando as suas percepções sobre o mesmo. Também serão consideradas as observações feitas pela pesquisadora responsável.

O benefício direto da sua participação nesse estudo consiste na geração de conhecimento que irá auxiliar no desenvolvimento de um jogo digital em realidade virtual. A ferramenta irá contribuir indiretamente no treinamento do equilíbrio e no bem-estar do público sênior.

Os riscos ao participar da pesquisa são constrangimento, enjoo ou desconforto durante a sessão. Os pesquisadores objetivam manter o mínimo de riscos possíveis. Para tanto, estão previstas as seguintes medidas por parte dos pesquisadores: **a)** assegura-se o sigilo acerca da identidade e das imagens do participante; **b)** não haverá custos na participação; **c)** os dados coletados serão confidenciais e usados apenas para fins de pesquisa com publicação em relatório e em artigos relacionados; **d)** a participação na pesquisa é facultativa, podendo-se retirar o consentimento ou desistir da atividade quando desejado; **e)** o participante recebe uma via do termo de consentimento assinado como garantia legal.

Durante a utilização do jogo digital em realidade virtual, estão previstas as seguintes medidas: **a)** os voluntários da pesquisa utilizarão os óculos de realidade virtual sentados em uma cadeira; **b)** a atividade será supervisionada pela pesquisadora responsável; **c)** Se caso for ocasionado algum enjoo ou desconforto no participante, o mesmo poderá suspender o uso do equipamento imediatamente.

Lembrando que a sua recusa não resultará em nenhum prejuízo em relação aos pesquisadores responsáveis e sua instituição. A sua participação na pesquisa não acarretará em quaisquer ônus financeiro. Eventuais despesas de participação

com meio de transporte serão custeadas ou ressarcidas pelos pesquisadores. A fim de preservar a privacidade dos participantes, serão adotados códigos alfanuméricos para identificá-los nos registros e, quando necessário, em publicações.

Quaisquer informações ou esclarecimentos adicionais podem ser obtidos diretamente com os pesquisadores responsáveis e com o Comitê de Ética na Pesquisa (CEP/UFRGS) por meio dos contatos:

- a)** Régio Pierre da Silva: e-mail regio@ufrgs.br e telefone (51) 3308-4258;
- b)** Carolina Bravo Pillon: e-mail carolinabpillon@gmail.com e telefone (55) 9 91964791.
- c)** CEP/UFRGS: e-mail etica@propesq.ufrgs.br e telefone (51) 3307-3738.

Eu, _____,
abaixo assinado (a), concordo em participar como voluntário (a) da pesquisa intitulada “Desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual para o público sênior”. Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pela pesquisadora Carolina Bravo Pillon sobre as avaliações e os procedimentos nele envolvidos, assim como os benefícios e riscos decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento.

Data: ____ / ____ / ____

Assinatura do participante

Carolina Bravo Pillon

Pesquisadora – Doutorado PGDesign/UFRGS

APÊNDICE D – TERMO DE ANUÊNCIA ASSINADO – LABORATÓRIO DE VIRTUAL DESIGN**TERMO DE ANUÊNCIA**

O Laboratório de Virtual Design (ViD) está ciente e autoriza a execução da pesquisa de doutorado intitulada “Desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual para o público sênior”, sob responsabilidade da pesquisadora Carolina Bravo Pillon e coordenação do Prof. Dr. Régio Pierre da Silva do Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Data: 31 / 05 / 2019



Responsável pelo ViD

CAROLINA BRAVO PILLON

Carolina Bravo Pillon

Pesquisadora – Doutorado PGDesign/UFRGS

APÊNDICE E – TERMO DE ANUÊNCIA ASSINADO– UNIDI**TERMO DE ANUÊNCIA**

A Unidade de Inclusão Digital do Idoso (UNIDI) está ciente e autoriza a execução da pesquisa de doutorado intitulada "Desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual para o público sênior", sob responsabilidade da pesquisadora Carolina Bravo Pillon e coordenação do Prof. Dr. Régio Pierre da Silva do Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Data: 25 / 04 / 2019



Responsável pelo UNIDI



Carolina Bravo Pillon

Pesquisadora – Doutorado PGDesign/UFRGS

APÊNDICE F – ROTEIRO PARA A ENTREVISTA COM ESPECIALISTAS

Em sua opinião:

1. Os itens do *checklist* estão escritos de forma clara e sem ambiguidades?
2. O agrupamento dos itens está adequado para o propósito do artefato?
3. Há itens conflitantes? Quais seriam eles?
4. Há itens que poderiam ser removidos? Quais seriam eles?
5. Os itens descrevem todos os aspectos a serem contemplados em um jogo digital para a reabilitação virtual do público sênior?
6. Há itens não tratados que deveriam ser considerados? Quais seriam eles?

APÊNDICE G - CARTA CONVITE

Prezado Senhor (a),

Eu, Carolina Bravo Pillon, orientada pelo Prof. Dr. Régio Pierre da Silva, gostaríamos de convidá-lo (a) a participar da pesquisa intitulada “Desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual para o público sênior” que tem como finalidade a elaboração de uma tese apresentada no Programa de Pós-Graduação em Design da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

O tema desta pesquisa versa acerca do desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual que possa auxiliar na reabilitação virtual dos idosos. Sua participação será muito importante para a pesquisa. Ao aceitar este convite, pedimos gentilmente que leia o termo de consentimento livre e esclarecido, apresentado em anexo.

APÊNDICE H – PROTOCOLO DE PESQUISA

Etapa 1 – Identificação do problema

Origem do problema

- Nova ou interessante informação
- Busca pela resposta a uma questão importante
- Solução para um problema prático
- Solução para uma determinada classe de problemas
- Outro:

1) Faça a descrição do problema identificado, justificando, brevemente, a sua relevância.

O problema identificado na pesquisa foi: “Como os jogos digitais em realidade virtual utilizados na reabilitação virtual de idosos podem ser desenvolvidos e avaliados, visando atender aos critérios de terapia, motivação, interação e segurança?”

A pesquisa pode ser justificada nos contextos acadêmico, social e tecnológico. No que se refere ao aspecto acadêmico, a pesquisa visa ampliar o conhecimento científico acerca do tema investigado. Quanto ao aspecto social, o artefato proposto pode auxiliar na reabilitação virtual de idosos, além de contribuir para o bem-estar e qualidade de vida em longo prazo. Em relação ao aspecto tecnológico, a pesquisa tem como intuito propiciar a inclusão digital do idoso por meio de um recurso tecnológico que atenda às suas necessidades e preferências.

Etapa 2 – Conscientização do problema

2) Descreva as principais informações referentes à conscientização do problema:

- Necessidade de propor atividades diversas e atraentes para o treinamento do equilíbrio do público sênior.

- Aumento do interesse por parte dos usuários idosos pelos dispositivos móveis.
- Baixo número de recursos tecnológicos que atendam às necessidades e preferências dos usuários idosos.
- Necessidade de propor um artefato para auxiliar na reabilitação virtual dos idosos.
- Necessidade de uma ferramenta, como um *checklist*, para orientar o desenvolvimento e avaliação de um jogo digital para a reabilitação virtual do público sênior.

Etapa 3 – Revisão sistemática de literatura

3) Siga o protocolo proposto para a Revisão Sistemática de Literatura

Os resultados e considerações a respeito da revisão sistemática de literatura podem ser encontrados no capítulo 4.

Etapa 4 – identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas

4) A partir da revisão sistemática de literatura, liste os artefatos e classes de problemas identificados.

Artefatos		Problema
Bruun-Pedersen	■ ▲	
Konstantinidis, Bamparopouloa e Bamidis	■ ▲	
Lunardini <i>et al.</i>	▲	
Amritha <i>et al.</i>	▲ ●	É instalado em clínicas ou centros de reabilitação; Altura da plataforma
Ayed <i>et al.</i>	▲ ●	Difícil instalação e configuração para um idoso
Brox <i>et al.</i>	▲ ●	Difícil instalação e configuração para um idoso
Crespo <i>et al.</i>	■ ●	Utiliza um sensor nos braços
Levy <i>et al.</i>	●	Trata apenas do medo de cair
Stanaitis <i>et al.</i>	●	Permite apenas a avaliação da função vestibular periférica
Garrote <i>et al.</i>	▲ ●	Difícil instalação e configuração para um idoso
Gschwind <i>et al.</i>	▲ ●	Difícil instalação e configuração para um idoso
Vieira <i>et al.</i>	▲	

Artefatos	Problema	
Hsieh <i>et al.</i>	▲ ●	Difícil instalação e configuração para um idoso
Madeira, Costa e Postolache	▲ ●	Difícil instalação e configuração para um idoso
Plataforma comercial BRU®	●	É instalada em clínicas ou centros de reabilitação
Legenda Não trata especificamente do treinamento do equilíbrio Não utiliza a realidade virtual imersiva Outro		

Etapa 5 – Proposição de artefatos para resolver o problema específico

5) Liste as propostas de artefatos que poderão ser desenvolvidos e justifique por que essas sugestões de artefatos trazem melhores resultados do que os desenvolvidos até o momento. Analise os prós e contras de cada artefato para posterior seleção de um para ser desenvolvido.

Artefato proposto	Justificativa	Prós	Contras
Jogo digital com o sensor <i>Kinect</i> ®	O dispositivo possibilita a realização dos exercícios para os olhos, cabeça e corpo.	Rastreamento do corpo inteiro; motivação; avaliação do equilíbrio.	Exige configuração avançada; difícil instalação e configuração para um idoso; esforço físico.
Jogo digital em realidade virtual para o <i>Oculus Rift</i> ®	Possibilita a realização dos exercícios para os olhos e cabeça.	Alta imersão; motivação.	Alto custo; deve ser executado com os computadores <i>desktop</i> ; exige configuração avançada; difícil instalação e configuração para um idoso.
Jogo digital em realidade virtual para o <i>Gear VR</i> ®	Possibilita a realização dos exercícios para os olhos e cabeça.	O dispositivo é mais ergonômico; possui ajuste de foco; motivação.	Necessita que o usuário tenha um <i>smartphone</i> da marca <i>Samsung</i> ®.
Jogo digital em realidade virtual para o <i>Google Cardboard</i> ®	Possibilita a realização dos exercícios para os olhos e cabeça.	Baixo custo; pode ser utilizado com qualquer <i>smartphone</i> que possua sensores; motivação.	O usuário precisa segurar o HMD com as mãos; higienização.

Etapa 6 – Projeto do artefato selecionado

6) Detalhe as etapas necessárias para o desenvolvimento do artefato. Esse detalhamento poderá ser feito por meio de um plano de ação.

Foi utilizada a metodologia de projeto proposta por Back *et al.* (2008), além de outros métodos e ferramentas propostos por Baxter (2011) e Cybis, Betiol e Faust (2010). A metodologia é dividida em quatro etapas principais, sendo elas: projeto informacional, projeto conceitual, projeto preliminar e projeto detalhado. Na primeira etapa, as necessidades dos usuários foram convertidas em especificações de projeto. Na segunda etapa, foram geradas alternativas e foi feita a seleção daquela que melhor atendeu aos requisitos de usuários. Na terceira etapa, foi feito o projeto preliminar do artefato, o que incluiu a definição da identidade visual, da estrutura preliminar, da modelagem 3D do cenário e do layout do *Cardboard*®. Na última etapa, foi construído um protótipo funcional do artefato digital para que possa ser testado com os usuários.

7) Liste as soluções que serão consideradas satisfatórias para o adequado funcionamento do artefato.

O artefato selecionado foi um jogo digital em realidade virtual para o *Google Cardboard*®. A escolha deste justifica-se por ser um dispositivo de baixo custo que funciona com qualquer celular, diferente de outros óculos de realidade virtual, como o *Samsung Gear VR*®, que necessitam o uso de modelos específicos da marca *Samsung*®. Assim, o público-alvo desse projeto pode adquirir um *Google Cardboard*® com facilidade e utilizá-lo com o seu próprio celular para fazer os exercícios em casa.

8) Liste os procedimentos a serem aplicados para:

Foram propostas duas ferramentas para a construção e avaliação do artefato:

a) Construção do artefato: o *checklist* para a construção do artefato (Apêndice K, p. 234) visa orientar o desenvolvimento de um jogo digital em realidade virtual para a reabilitação virtual do público sênior. A ferramenta possui 29 itens que foram divididos em quatro grupos: terapia, motivação, interação e segurança.

b) Avaliação do artefato: já o *checklist* para a avaliação do artefato (Apêndice L, p. 237) pode ser aplicado para a verificação de um jogo digital em realidade virtual para a reabilitação virtual do público sênior. A ferramenta contempla as mesmas categorias do *checklist* para a construção do artefato.

9) Liste os resultados esperados com o desenvolvimento desse artefato.

Espera-se que o artefato proposto seja capaz de:

- Auxiliar na reabilitação virtual do público sênior;
- Propiciar a motivação dos idosos;
- Ser fácil e agradável de ser utilizado pelos usuários seniores;
- Promover a segurança e o conforto;
- Utilizar uma tecnologia acessível e de baixo custo.

Etapa 7 – Desenvolvimento do artefato

10) Explícite qual será a abordagem utilizada para o desenvolvimento do artefato, detalhando, inclusive, as técnicas necessárias.

O desenvolvimento do artefato pode ser acompanhado no capítulo 7 da pesquisa. Nessa etapa, foi construído um protótipo funcional do artefato digital, no qual foram utilizadas as seguintes ferramentas:

- Unity 3D® (versão 2018.2.20f1)
- SDK do Google Cardboard® (versão 1.200.1)
- SDK de código aberto Resonance Audio® (versão 1.2.1)
- Visual Studio® (versão 2017)
- Linguagem de programação C#.
- Android® versão 4.4 'Kit Kat' (API level 19)
- Google Cardboard® (versão 2)

11) Detalhe quais são as características do ambiente interno do artefato e quais suas heurísticas de construção.

A ferramenta que orientou o desenvolvimento do artefato foi dividida em quatro categorias: terapia, motivação, interação e segurança. O primeiro grupo refere-se a fatores como coleta e análise dos dados, adaptabilidade, repetição e movimento. O segundo está relacionado à motivação do usuário durante a atividade.

O terceiro diz respeito a questões como usabilidade e acessibilidade. O último relaciona-se aos aspectos fisiológicos, suporte e dados pessoais do usuário.

Etapa 8 – Avaliação do artefato

12) Detalhe como será realizada a avaliação do artefato, explicitando as técnicas e ferramentas aplicadas. Além disso, é o momento para verificar se os requisitos especificados para o artefato foram, de fato, atendidos.

13) Formalize os aspectos de contexto (contingências do ambiente) que o artefato precisa considerar e/ou respeitar.

A avaliação do artefato digital seria feita utilizando dois instrumentos de coletas de dados: o *checklist* para a avaliação do artefato e a observação. Contudo, conforme foi descrito na delimitação e no capítulo 8, a verificação com os usuários seniores não pôde ser realizada em virtude da pandemia de Covid-19. Sendo assim, optou-se por suspender a avaliação, pois não seria adequado e, sobretudo, seguro realizar uma atividade presencial nesse momento.

Etapa 9 – Explicitação das aprendizagens

14) Descreva os aspectos nos quais o pesquisador obteve sucesso e, também, daqueles pontos que deveriam ser melhorados para uma próxima pesquisa.

A Explicitação das Aprendizagens pode ser acompanhada no capítulo 9 dessa pesquisa. Citam-se como principais dificuldades encontradas na pesquisa:

- Impossibilidade de realizar a avaliação do artefato digital com os usuários seniores devido à pandemia de Covid-19;
- Dificuldades técnicas referentes à possibilidade de coletar os erros do usuário, bem ao rastreamento do movimento do usuário;
- O artefato contém apenas sete minijogos. Em uma futura expansão poderiam ser adicionados outros minijogos para manter o usuário interessado;
- Não foi feita a interface gráfica para o acesso dos terapeutas, pois o escopo dessa pesquisa restringiu-se somente ao artefato para os usuários seniores.

Etapa 10 – Conclusões

15) Descreva as principais conclusões obtidas com a pesquisa, suas limitações e, também, possíveis oportunidades para trabalhos futuros.

As Considerações Finais a respeito dessa pesquisa podem ser vistas no capítulo 10. As sugestões para trabalhos futuros são:

- Avaliar o artefato digital proposto com os usuários seniores, pois a verificação não pôde ser realizada;
- Aprofundar o conhecimento sobre acessibilidade nos dispositivos em realidade virtual;
- Aplicar o *checklist* proposto no desenvolvimento e avaliação de um artefato para a reabilitação virtual de idosos;
- Implementar a possibilidade de coletar os erros cometidos, assim como o rastreamento do movimento do usuário;
- Desenvolver e implementar outros minijogos a fim de aumentar a quantidade de atividades e manter o usuário interessado no artefato digital;
- Desenvolver e implementar a interface gráfica para o acesso dos terapeutas.
- Aplicar técnicas de gamificação para motivar o uso contínuo do artefato.
- Realizar a análise ergonômica do dispositivo em realidade virtual com os usuários seniores.

Etapa 11 – Generalização para uma classe de problemas

16) Liste as possíveis classes de problemas para as quais este artefato poderá contribuir.

Espera-se ter sido possível gerar conhecimento no campo do Design em relação aos aspectos principais que devem ser considerados no desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual para a reabilitação virtual do público sênior. Isso envolveu quatro critérios distintos: terapia, motivação, interação e segurança.

- **Terapia:** deve-se atender a questões, como coleta e análise de dados, adaptabilidade, repetição e movimento.
- **Motivação:** é importante propiciar a motivação dos idosos através de fatores como dificuldade, nível de progresso, música, entre outros.
- **Interação:** é adequado levar em consideração os aspectos de usabilidade e acessibilidade para que o artefato seja fácil e agradável de utilizar.
- **Segurança:** convém priorizar o conforto e a segurança do usuário sênior.

Etapa 12 – Comunicação dos resultados

17) Selecione o formato em que será realizada a comunicação dos resultados da pesquisa:

Monografia

- Dissertação
- Tese
- Artigo científico para periódico. Qual?
- Artigo científico para congresso. Qual?
- Capítulo de livro. Qual?

Tese

PILLON, C. B. **Desenvolvimento de um jogo digital em realidade virtual para a reabilitação virtual do público sênior**. 2021. 249 f. Tese (Doutorado em Design) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

Artigo publicado em periódico

PILLON, C. B.; SILVA, Régio P. Da. Sistematização de diretrizes para a reabilitação virtual de idosos por meio do card sorting. **Human Factors in Design**, v. 9, n. 18, p. 36–51, 2020.

Capítulo de livro

PILLON, C. B.; SILVA, R. P. Da. Revisão Sistemática de Literatura (RSL): Jogos digitais em realidade virtual para a reabilitação virtual de idosos. In: PASCHOARELLI, LUIS CARLOS; MEDOLA, FAUSTO ORSI (Org.). **Tecnologia Assistiva: estudos teóricos**. 1. ed. Bauru: Canal 6 Editora, 2018. p. 313–320.

PILLON, C. B.; SILVA, R. P. Da. Projeto de um jogo digital em realidade virtual para o público sênior. In: OLIVEIRA, G. G. de; NÚÑEZ, G. J. Z. **Design em Pesquisa - Volume 3**. Porto Alegre: Marcavisual, 2020. cap. 16, p. 296-314. E-book. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/iicd/publicacoes/livros>. Acesso em: 17 jul. 2020.

APÊNDICE I – TRANSCRIÇÃO: ENTREVISTA COM A PARTICIPANTE A

Pesquisadora: Os itens do *checklist* estão escritos de forma clara e sem ambigüidades?

Participante A: Eu acredito que sim. O que havia de ambigüidades eu te falei. Agora tu vai ter que retornar a gravação.

Pesquisadora: Sim, eu anotei aqui.

Pesquisadora: O agrupamento dos itens está adequado para o propósito do artefato?

Participante A: Aí é que tá... eu não posso te responder isso, porque eu não vi. Eu entendo os teus objetivos, mas se eu não conseguir visualizar o propósito do jogo, eu não posso te dar essa informação.

Pesquisadora: Há itens conflitantes? Quais seriam eles?

Participante A: Acho que não. A princípio, não.

Pesquisadora: Há itens que poderiam ser removidos? Quais seriam eles?

Pesquisadora: Que seria a interação social.

Participante A: Acho que sim. A menos que tu faça alguma coisa para computador, sem os óculos de realidade virtual. Que ele use o *Leap Motion®*. Aí ele vai conseguir interagir.

Pesquisadora: interagir com outras pessoas...

Participante A: É. Tipo tu já jogou *Leap Motion®* com duas pessoas?

Pesquisadora: não, jogar, assim não. Só usei um... tem um menu.

Participante A: Tem a possibilidade de tu interagir... daí até ele poderia interagir. Por que assim, eu me preocupo, porque eu vejo com os meus alunos cada aula de realidade virtual, a gente tem o *OSVR®*, tem sempre uns três, quatro que passam mal.

Pesquisadora: É quando tem muito movimento em uma cena.

Participante A: Não. O nosso jogo não tem muito movimento. É só de usar os óculos.

Pesquisadora: Talvez uma cena muito iluminada.

Participante A: E tem mais um detalhe. 99% dos idosos usam óculos. E a dificuldade de enxergar no *Cardboard* é grande.

Pesquisadora: Eu tinha pensado em usar o *Gear VR®*, porque ele tem um botãozinho de ajuste do foco. Só que, esses óculos, tu só pode usar com alguns *smartphones* específicos da Samsung e isso acaba limitando o uso. E com o *Cardboard®* tu pode usar com qualquer *smartphone*. E ele é de baixo custo também. Por isso eu acabei optando por ele.

Pesquisadora: Os itens descrevem todos os aspectos a serem contemplados em um jogo digital para a reabilitação virtual do público sênior?

Participante A: Eu não sei. Eu nunca desenvolvi um jogo especialmente para o público sênior.

Pesquisadora: Eu posso te mostrar o que mais eu fiz no jogo.

Participante A: O que eu quero te dizer é o seguinte. Tudo o que eu desenvolvo é inclusivo. Eu não faço alguma coisa especialmente para a criança com deficiência. Só quando eu faço uma adaptação para uma criança cega, por exemplo. Aí vai exigir o áudio... Mas se tu já vai ter tudo isso, tu tem que pensar na pessoa idosa... pensa tu idosa, entende? O idoso hoje, ele não é mais aquele vovozinho de coque, a vovozinha de coque, o vovozinho de bengala.

Pesquisadora: Eu estava pesquisando e mais ou menos 70% dos idosos, eles têm uma vida superativa e 30% é que tem alguma limitação e precisa de cuidados especiais. Mas lá no UNIDI são mais idosos ativos, que querem participar de um projeto de extensão e aprender sobre tecnologia, aprender a usar o celular. As professoras de lá trabalham vários temas com eles, por exemplo, *bitcoins*, realidade aumentada. Eu até fiz um projeto em realidade aumentada e eu testei lá com eles. Então eles são bem interessados em novas tecnologias.

Pesquisadora: Há itens não tratados que deveriam ser considerados? Quais seriam eles?

Participante A: Eu acho que aquilo que eu te falei... tu conseguir saber exatamente o que eles erraram. O terapeuta, a pessoa que estiver trabalhando saber: "olha... está com um pouquinho mais de dificuldade aqui. Então quem sabe a gente faz mais exercícios nessa área para estimular, [né?] essa questão"

Pesquisadora: Então para resumir: tu falou para coletar o feedback negativo; deixar claro qual é o objetivo do jogo, o que a pessoa deve fazer; retirar a interação social, o item de interação social; deixar mais claro sobre o uso das cores quentes.

Participante A: Isso.





APÊNDICE J – TRANSCRIÇÃO: ENTREVISTA COM A PARTICIPANTE B









<p>Pesquisadora: Os itens do <i>checklist</i> estão escritos de forma clara e sem ambigüidades? Participante B: Sim. Os itens <i>checklist</i> estão escritos de forma clara e sem ambigüidades.</p>
<p>Pesquisadora: O agrupamento dos itens está adequado para o propósito do artefato? Participante B: O agrupamento dos itens está adequado para o propósito do artefato e em uma sequência muito boa. No meu entendimento foca na terapia/sujeito; motivação do sujeito; o jogo em si e a segurança que ele dá. Levando em consideração que a faixa etária envolvida é bastante frágil e necessita de segurança.</p>
<p>Pesquisadora: Há itens conflitantes? Quais seriam eles? Participante B: Não percebi nenhum item conflitante em ambos <i>checklist</i>.</p>
<p>Pesquisadora: Há itens que poderiam ser removidos? Quais seriam eles? Participante B: Não percebi nenhum, pois todos têm uma finalidade clara de estar ali.</p>
<p>Pesquisadora: Os itens descrevem todos os aspectos a serem contemplados em um jogo digital para a reabilitação virtual do público sênior? Participante B: A meu ver, sim. Está completo.</p>
<p>Pesquisadora: Há itens não tratados que deveriam ser considerados? Quais seriam eles? Participante B: Talvez algo que mapeie o movimento do idoso inicialmente e que, com o tempo, o terapeuta possa comparar um antes e um depois.</p>















APÊNDICE K – CHECKLIST PARA O DESENVOLVIMENTO




Checklist para os desenvolvedores

Marque as opções abaixo para avaliar o jogo digital voltado para o público sênior conforme os critérios de terapia, motivação, interação e segurança.

ID	Terapia	
	Coleta de dados Colete os dados do paciente e permita que o terapeuta tenha acesso às informações. Por exemplo, alguns dados que podem ser coletados são: frequência de uso, tempo total, pontuação, tarefas concluídas, erros cometidos e rastreamento do movimento.	<input type="checkbox"/>
	Adaptabilidade Ofereça uma variedade de atividades que se adaptam a diferentes pessoas.	<input type="checkbox"/>
	Repetição Realizar as atividades regularmente ajuda na memorização e no desenvolvimento do paciente.	<input type="checkbox"/>
	Movimento Inclua movimentos que sejam úteis para ajudar os idosos nas tarefas do dia a dia.	<input type="checkbox"/>

ID	Motivação	
	Dificuldade Considerando que existe uma grande variedade entre os idosos, ofereça a possibilidade de ajustar a dificuldade do jogo, por exemplo: fácil, médio e difícil.	<input type="checkbox"/>
	Objetivos e resultados Mostre com clareza quais são os objetivos e resultados esperados do jogo. O objetivo indica o que o jogador deve fazer no jogo e os resultados mostram se o jogador alcançou os objetivos.	<input type="checkbox"/>
	Música Inclua músicas adequadas às preferências dos idosos. As músicas também devem se adequar ao objetivo do jogo e aos movimentos realizados.	<input type="checkbox"/>
	História Crie uma história que se aproxime do cotidiano dos idosos, incluindo atividades, como esporte, natação, dança, jogos de quebra-cabeça, passeios na natureza, etc.	<input type="checkbox"/>
	Tema Use um tema que se relacione aos interesses dos idosos, por exemplo, "Passeios".	<input type="checkbox"/>
	Tempo Dê mais tempo para que os idosos possam se envolver com o jogo. Alguns jogadores poderão precisar de mais tempo para processar a informação e planejar uma reação.	<input type="checkbox"/>
	Recompensas Ofereça recompensas e feedback positivos para as ações do jogador. As recompensas e o feedback positivos são benefícios que se recebe com base no bom desempenho ou ao concluir uma tarefa com sucesso.	<input type="checkbox"/>
	Nível de progresso Comunique o nível de progresso dos idosos por meio da quantidade de pontos acumulados no final do jogo.	<input type="checkbox"/>





ID	Motivação	
	Diversão Inclua elementos que possam proporcionar a diversão. Alguns fatores que contribuem para a diversão são: descoberta, entusiasmo, fantasia, medo/admiração, prazer e surpresa.	<input type="checkbox"/>
	Informações Mostre informações para incentivar os idosos a serem mais ativos e saudáveis, contudo as mensagens não devem atrapalhar o jogador durante o jogo.	<input type="checkbox"/>
ID	Interação	
	Interface Crie uma interface que seja fácil e agradável para os idosos utilizarem.	<input type="checkbox"/>
	Cores Os itens mais importantes da jogabilidade devem ser destacados com cores quentes e brilhantes (intensas). Os demais elementos do cenário devem ter cores neutras para não cansar a visão do usuário. Utilize bons contrastes de cores e texturas simples.	<input type="checkbox"/>
	Botões Crie botões com um tamanho grande e com uma distância confortável entre eles.	<input type="checkbox"/>
	Texto Utilize textos com fontes em tamanho grande e fáceis de ler.	<input type="checkbox"/>
	Áudio Considere utilizar o áudio ambiental, o qual permite ouvir o som na direção em que ele está sendo emitido.	<input type="checkbox"/>
	Feedback Ofereça feedback auditivo e visual, das ações do jogador ou mesmo das ações erradas. O feedback é um retorno que o sistema oferece para cada ação realizada	<input type="checkbox"/>
	Animações Utilize animações em vez de texto e imagens estáticas para transmitir uma informação.	<input type="checkbox"/>
	Gráficos Crie cenários simples para que os jogadores possam encontrar os objetos com facilidade. Evite detalhes pequenos e com movimentos rápidos.	<input type="checkbox"/>
	Configuração e instalação Ofereça rotinas de configuração e instalação simples, recursos ajustáveis e na língua nativa do usuário.	<input type="checkbox"/>
	Assistência Utilize diferentes recursos – visuais, auditivos ou hápticos (vibração) para fornecer assistência adequada para o jogador.	<input type="checkbox"/>
	Autonomia Favoreça a autonomia para que os jogadores idosos sejam capazes de jogar sozinhos.	<input type="checkbox"/>
	Entrada de dados Utilize o movimento da cabeça como entrada para interagir com o jogo.	<input type="checkbox"/>











ID	Segurança
	<p>Aspectos fisiológicos Propicie o conforto fisiológico e a segurança do jogador. Para tanto, recomenda-se as seguintes medidas: sempre mantenha o rastreamento da cabeça do usuário; inclua pontos de referências fixos no ambiente; coloque o usuário em ambiente virtual estacionário; evite a velocidade, se for necessário, utilize a velocidade constante; evite o esforço excessivo; evite mudanças bruscas na luminosidade; evite a doença da simulação (<i>cybersickness</i>).</p> <input data-bbox="1273 593 1310 631" type="checkbox"/>
	<p>Suporte Ofereça suporte contínuo por meio de tutoriais ou sugestões para ajudar o jogador a aprender as habilidades necessárias no jogo.</p> <input data-bbox="1273 734 1310 772" type="checkbox"/>
	<p>Dados pessoais Omita os dados pessoais na tela do jogo, como o Índice de Massa Corporal (IMC) ou o resultado dos testes de equilíbrio. Somente os terapeutas e os pacientes tenham acesso a esses dados.</p> <input data-bbox="1273 824 1310 862" type="checkbox"/>

APÊNDICE L – CHECKLIST PARA A AVALIAÇÃO




Checklist para o usuário sênior

Responda as perguntas abaixo para avaliar o jogo digital voltado para o público sênior conforme os critérios de terapia, motivação, interação e segurança.

ID	Terapia	Sim	Não
	Coleta de dados O jogo coleta os seus dados e permite que os terapeutas tenham acesso às informações? Por exemplo, alguns dados que podem ser coletados são: frequência de uso, tempo total, pontuação, tarefas concluídas, erros cometidos e rastreamento do movimento.		
	Adaptabilidade O jogo oferece uma variedade de atividades que se adapta a diferentes pessoas?		
	Repetição O jogo incentiva as pessoas a realizarem as atividades regularmente?		
	Movimento O jogo inclui movimentos que são úteis para ajudá-los nas tarefas do dia a dia?		

ID	Motivação	Sim	Não
	Dificuldade É oferecida a possibilidade de ajustar a dificuldade do jogo, por exemplo: fácil, médio e difícil?		
	Objetivos e resultados São mostrados com clareza quais são os objetivos e resultados esperados do jogo?		
	Música As músicas do jogo estão adequadas às suas preferências?		
	História A história do jogo está apropriada para você?		
	Tema O tema do jogo (por exemplo, "Passeios") está adequado para você?		
	Tempo É dado o tempo apropriado para que você possa se envolver com o jogo?		
	Recompensas São oferecidos recompensas e feedback positivos no jogo?		
	Nível de progresso É apresentada uma barra de progresso que indica a sua evolução no jogo?		
	Diversão O jogo é divertido para você?		
	Informações O jogo mostra informações para incentivar as pessoas a serem mais ativas e saudáveis?		

ID	Interação	Sim	Não
	Interface A interface do jogo é fácil e agradável de utilizar?		
	Cores As cores, os contrastes entre as cores e as texturas utilizadas no jogo estão apropriados para você?		
	Botões Os botões do jogo possuem um tamanho e distância adequada para você?		
	Texto O texto do jogo possui fontes em tamanho adequado e são fáceis de ler?		
	Áudio O uso do áudio ambiental, o qual permite ouvir o som na direção em que ele está sendo emitido, está adequado para você?		
	Feedback O feedback é um retorno que o sistema oferece para cada ação realizada. O jogo oferece feedback adequado?		
	Animações O jogo mostra animações em vez de texto e imagens para transmitir uma informação?		
	Gráficos A complexidade do cenário, bem como o tamanho e a velocidade dos objetos estão adequados para você?		
	Configuração e instalação É fácil para você configurar e instalar o jogo sozinho?		
	Assistência São utilizados diferentes recursos – visuais, auditivos ou hápticos (vibração), para fornecer assistência para o jogador?		
	Autonomia Você é capaz de jogar o jogo sozinho?		
	Entrada de dados Você utiliza o movimento da cabeça como entrada para interagir com o jogo?		

ID	Segurança	Sim	Não
	Aspectos fisiológicos O jogo é confortável e seguro para você?		
	Suporte O jogo oferece suporte contínuo por meio de tutoriais ou sugestões para o jogador?		
	Dados pessoais Sente-se seguro e protegido quanto à exposição dos seus dados pessoais?		

APÊNDICE M – DESDOBRAMENTO DA FUNÇÃO QUALIDADE (QFD)

Requisitos de projeto \ Requisitos de usuários	Peso relativo (%)	(+) Ajuda	(-) Alterações na luminosidade	(+) Ambiente virtual estacionário	(+) Animações	(+) Atividades funcionais	(+) Barra de progresso	(+) Cenários e objetos c/ boa visibilidade	(+) Coleta e análise dos dados	(-) Cybersickness	(+) Diversão	(-) Esforço excessivo	(+) Feedback	(+) Informações complementares	(+) Interface gráfica acessível	(+) Interface gráfica simples e intuitiva	(-) Música, história e tema adequados	(+) Objetivo e resultados claros	(+) Pontos de referências fixos	(+) Rastreamento da cabeça	(+) Recompensas e feedback positivo	(+) Recursos ajustáveis	(+) Recursos visuais, auditivos ou hápticos	(+) Repetição	(+) Tempo para a ação	(-) Velocidade	
Segurança	10,8		9	9						9		9	5						9	9					1	9	
Funcionalidade	10,4	5			5	9	1		9		5		5	5	1	1		1		1		5		9	1	1	
Usabilidade	10,2	1						5					9		5	9		1					5				
Feedback	10,0						9		5				9		5	5					9		5		1		
Visibilidade	10,0		5					9							5	5	1		5							5	
Controle do usuário	9,3			1		5				5			9							5					9		
Acessibilidade	8,1	1						5					5		9	5						1	9				
Aprendizagem	7,3	5			9			1					5	9	5	5		5			1		1	9			
Divertimento	6,7										9						5				5						
Configurabilidade	6,1					5						1	5		5	5						9		1			
Adequação	3,5						1	1			5						9				1						
Assistência	2,2	9			5	1							1		5	5		5					9				
Adaptabilidade	1,6					5			1			1			1	1						9		1			
Autonomia	1,6	5						1					5		5	9		5					5		1		
Clareza	1,2	5																9									
Progressividade	1,0					1	9		5				5					5			5						
		140,6	147,2	106,5	128,7	181,8	112,9	193,9	150,2	143,7	129,8	104,9	494,2	117,7	321,9	336,7	75,0	91,9	147,2	154,1	139,3	129,4	209,0	167,0	116,5	157,6	4197,7
		3,3%	3,5%	2,5%	3,1%	4,3%	2,7%	4,6%	3,6%	3,4%	3,1%	2,5%	11,8%	2,8%	7,7%	8,0%	1,8%	2,2%	3,5%	3,7%	3,3%	3,1%	5,0%	4,0%	2,8%	3,8%	100,0%

ANEXO A – PARECER DA COMISSÃO DE PESQUISA DE ARQUITETURA

25/04/2019

Chasque Webmail :: Projeto de Pesquisa na Comissão de Pesquisa de Arquitetura

Assunto Projeto de Pesquisa na Comissão de Pesquisa de Arquitetura
Remetente <compesarq@ufrgs.br>
Para <regio@ufrgs.br>
Data 22/04/2019 16:48



Prezado Pesquisador REGIO PIERRE DA SILVA,

Informamos que o projeto de pesquisa DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM JOGO DIGITAL EM REALIDADE VIRTUAL PARA O PÚBLICO SÊNIOR encaminhado para análise em 01/04/2019 foi aprovado quanto ao mérito pela Comissão de Pesquisa de Arquitetura com o seguinte parecer:

O presente parecer tem como objeto de avaliação o projeto de pesquisa nº: 36854, sob o título DESENVOLVIMENTO E AVALIAÇÃO DE UM JOGO DIGITAL EM REALIDADE VIRTUAL PARA O PÚBLICO SENIOR, desenvolvido por Carolina Bravo Pillon, sob a Coordenação do prof. Reggio Pierre da Silva, lotado no Departamento de Design e Expressão Gráfica, na linha de pesquisa Projeto de Artefatos.

O projeto de pesquisa encontra-se bem estruturado, contendo elementos claros e com boa organização: resumo, introdução com definição do problema, justificativa, objetivos e hipóteses; fundamentação teórica, metodologia e cronograma.

O projeto apresenta uma fundamentação teórica bem estruturada sobre o tema objeto da pesquisa. Na metodologia são detalhados os procedimentos a serem realizados, que envolve a caracterização da pesquisa, a seleção dos participantes e as etapas propriamente ditas.

Cabe ressaltar, que no item 3.2.1 - Ética em Pesquisa, a autora coloca que a pesquisa deverá ser submetida para avaliação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da UFRGS. Após a aprovação do CEP, as pessoas serão convidadas a participar de forma voluntária na pesquisa. Os participantes deverão assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido apresentado nos apêndices do presente projeto. Do mesmo modo, a responsável pelo UNIDI deverá assinar o Termo de Anuência, em que autoriza a realização da pesquisa em sua instituição.

O projeto apresenta ainda o cronograma com as atividades a serem realizadas no período de 25 de março de 2019 a 03 de julho de 2020.

Em virtude desses elementos, considerando o plano de trabalho adequado aos fins a que se propõe, somos favoráveis à sua aprovação.

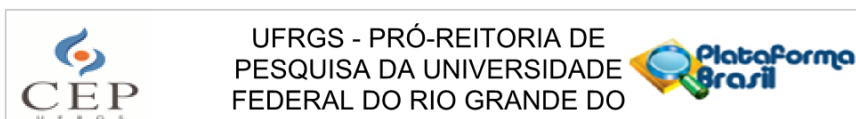
Este é o parecer.

Comissão de Pesquisa de Arquitetura
Porto Alegre, 22 de abril de 2019

Devido as suas características este projeto foi encaminhado nesta data para avaliação por .

Atenciosamente, Comissão de Pesquisa de Arquitetura

ANEXO B – PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Desenvolvimento e avaliação de um jogo digital em realidade virtual para o público sênior

Pesquisador: Régio Pierre da Silva

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 12765019.7.0000.5347

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.373.471

Apresentação do Projeto:

Trata-se do projeto de doutorado de Carolina Bravo Pillon, sob orientação do Prof. Dr. Régio Pierre da Silva da PGDESIGN/UFRGS. A pesquisa caracteriza-se como um estudo qualitativo e quantitativo do tipo "design science research". O objeto de pesquisa é o desenvolvimento de um jogo digital em realidade virtual que possa auxiliar na reabilitação virtual de idosos. Almeja-se a coleta de dados com três grupos de participantes: 1) grupo pesquisadores (grupo focal exploratório), 2) grupo de pesquisadores (grupo focal confirmatório); 3) grupo de idosos (teste e avaliação do jogo desenvolvido). Os instrumentos para a coleta de dados são: "card sorting", entrevista semiestruturada, observação e "checklist".

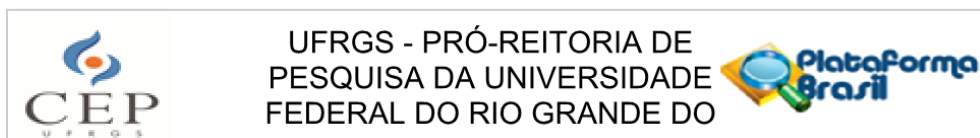
Objetivo da Pesquisa:

Desenvolver e avaliar um jogo digital em realidade virtual que possa auxiliar na reabilitação virtual dos idosos.

Como objetivos secundários, apontam-se:

- compreender quais são as potencialidades e limitações quanto ao uso da realidade virtual como ferramenta para a reabilitação virtual de idosos;

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propeq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.373.471

- levantar e sistematizar um conjunto de recomendações, diretrizes e princípios de design para a reabilitação virtual;
- investigar os artefatos já desenvolvidos para promover a melhora do equilíbrio dos idosos por meio de aplicativos ou jogos digitais em realidade virtual;
- propor um "checklist", baseado na sistematização de diretrizes, com a finalidade de auxiliar no desenvolvimento e avaliação de jogos digitais em realidade virtual para a reabilitação virtual de idosos.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

- Riscos

Os riscos relacionados à participação na pesquisa foram descritos e podem ser classificados como mínimos.

- Benefícios

Os benefícios relacionados à participação na pesquisa são aqueles decorrentes da colaboração na produção científica na área.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto está organizado em 12 etapas, como segue: 1. Identificação do problema; 2. Conscientização do problema; 3. Revisão sistemática de literatura; 4. Identificação dos artefatos e configuração das classes de problemas; 5. Proposição de artefatos para resolver o problema específico; 6. Projeto do artefato selecionado; 7. Desenvolvimento do artefato; 8. Avaliação do artefato; 9. Explicitação das aprendizagens; 10. Conclusões; 11. Generalização para uma classe de problemas; 12. Comunicações dos resultados.

São previstas coletadas de dados com três grupos de participantes. Primeiramente, será realizado um grupo focal ("card sorting") com 5 especialistas para auxiliar na sistematização de diretrizes. Em outro momento, será realizada uma entrevista semiestruturada com 3 especialistas para validar

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.373.471

o "checklist" desenvolvido na pesquisa. Por fim, um grupo de 5 idosos será observado durante o teste e avaliação do jogo desenvolvido. O teste de utilização pelos idosos será realizado com estes sentados e usando óculos de realidade virtual.

O recrutamento para as duas primeiras etapas de coleta de dados será realizado por e-mail. Os participantes idosos serão recrutados do projeto de extensão Unidade de Inclusão Digital (UNIDI) da UFRGS.

Os dados obtidos por meio da atividade de card sorting serão analisados estatisticamente com os softwares Excel e SPSS por meio da matriz de similaridade, análise de agrupamento e dendrograma. Os dados da entrevista semiestruturada serão analisados de forma qualitativa. Com base nas sugestões dos especialistas, serão feitas alterações no instrumento proposto com a pesquisa. O instrumento será um checklist, contendo questões que os participantes deverão indicar com "sim" ou "não". Assim, será possível verificar de uma maneira objetiva se o artefato atendeu aos critérios estabelecidos. Os dados obtidos no checklist serão analisados quantitativamente.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

- Carta de anuência do responsável pelo local de realização da pesquisa

É apresentada carta de anuência do Laboratório de Design Virtual (LDV) do PGDESING-UFRGS, onde ocorrerão coletas de dados. Ver lista de pendência abaixo.

- TCLE

São apresentados TCLEs adequados para cada grupo de participantes.

- TALE

Não se aplica.

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.373.471

- TCUD

Não se aplica.

Recomendações:

1) Na página 106 do projeto completo, consta a frase: "Convém esclarecer que o questionário não foi apresentado nesse projeto de tese, pois a elaboração do mesmo depende da aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) para que seja possível realizar o grupo focal com os pesquisadores que irão auxiliar na sistematização das diretrizes."

Esclarece-se, no entanto, que não há impeditivo para que os instrumentos de coleta de dados sejam descritos no projeto, mesmo antes da avaliação do CEP. Pelo contrário, a avaliação prévia destes instrumentos por outras comissões ou bancas de especialistas/pesquisadores é recomendada.

[Na ver. 2., esta recomendação foi observada na carta resposta encaminhada.]

2) Afim de preservar a privacidade dos participantes, recomenda-se identificá-los por códigos alfanuméricos nos registros e, quando necessário, em publicações.

[Na ver. 2., esta recomendação foi observada na carta resposta encaminhada.]

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

O projeto foi analisado quanto às questões éticas sob a luz da resolução 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (<http://www.ufrgs.br/cep/resolucoes/resolucao-510-de-07-de-abril-de-2016-2013-ciencias-sociais-e-humanas/view>). Na sequência, apontam-se pendências:

1) Deve-se usar o termo "participante" para se referir aos participantes da pesquisa. Adequar em todos os documentos.

[PEND.VER.1. ATENDIDA NA VER.3.]

2) Deve-se apresentar os critérios de inclusão para cada grupo de participantes.

[PEND.VER.1. ATENDIDA NA VER.2. Na ver. 2., os critérios de inclusão foram apresentados.]

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.373.471

3) Solicita-se descrever os riscos para cada grupo de participantes, bem como as medidas adotadas para a minimização dos mesmos.

[PEND.VER.1. ATENDIDA NA VER.2. Na ver. 2., os riscos para cada grupo de participantes foram descritos. Os mesmos podem ser classificados como mínimos.]

4) Descrever os benefícios diretos e indiretos na participação na pesquisa.

[PEND.VER.1. ATENDIDA NA VER.2. Na ver. 2., os benefícios foram descritos.]

5) Consta no projeto que o convite à participação nas duas primeiras coletas será realizada por e-mail ou contato pessoal. Para registro, solicita-se apresentar o modelo do e-mail convite. Também, descrever como serão obtidos os e-mails dos convidados.

[PEND. VER.1. ATENDIDA NA VER.3.]

6) Requer-se descrever com maior precisão os objetos 3D e as animações que serão criadas para o jogo em desenvolvimento.

[PEND.VER.1. ATENDIDA NA VER.2.]

7) Descrever o local em que ocorrerá cada coleta de dados. Os participantes não podem ter custos, portanto deve-se avaliar a necessidade de custeio de transporte para eles. Também, deve-se apresentar a estimativa de tempo demandado aos participantes em cada coleta de dados.

[PEND.VER.1. ATENDIDA NA VER.3.]

8) Quanto aos procedimentos da última coleta de dados de teste e avaliação. O projeto descreve que os participantes poderão ser fotografados e filmados durante a coleta. Para utilização das fotografias e/ou vídeos, faz-se necessário a inclusão de termo de anuência para uso de imagem, a ser assinado por cada participante.

[PEND.VER.1. ATENDIDA NA VER.2. Na ver. 2., esclarece-se de os participantes não serão filmados e/ou fotografados.]

9) Os TCLEs apresentados estão em linguagem adequada. Entretanto, solicita-se ajustá-los de forma a contemplarem as alterações solicitadas quanto à descrição dos riscos e dos benefícios.

[PEND.VER.1. ATENDIDA NA VER.2. Os TCLEs foram adequados.]

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.373.471

Tendo sido atendidas todas as pendências, recomenda-se a aprovação do projeto quanto às questões éticas.

Considerações Finais a critério do CEP:

APROVADO.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1343337.pdf	31/05/2019 10:46:01		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	termo_anuencia_ViD_assinado.pdf	31/05/2019 10:41:00	Régio Pierre da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_questionario_v3.pdf	31/05/2019 10:40:31	Régio Pierre da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_entrevista_v3.pdf	31/05/2019 10:40:21	Régio Pierre da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_card_sorting_v3.pdf	31/05/2019 10:40:11	Régio Pierre da Silva	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	projeto_carolina_pillon_v3.pdf	31/05/2019 10:39:22	Régio Pierre da Silva	Aceito
Outros	carta_resposta_v3.pdf	31/05/2019 10:35:23	Régio Pierre da Silva	Aceito
Outros	carta_convite.pdf	20/05/2019 15:35:14	Régio Pierre da Silva	Aceito
Outros	Roteiro_entrevista.pdf	25/04/2019 18:03:17	Régio Pierre da Silva	Aceito
Parecer Anterior	Parecer_comissao_de_pesquisa_de_arquitetura.pdf	25/04/2019 18:01:47	Régio Pierre da Silva	Aceito
Folha de Rosto	folha_de_rosto_regio_pierre_da_silva.pdf	25/04/2019 17:59:25	Régio Pierre da Silva	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de	termo_anuencia_assinado.pdf	25/04/2019 17:57:52	Régio Pierre da Silva	Aceito

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br



Continuação do Parecer: 3.373.471

Ausência	termo_anuencia_assinado.pdf	25/04/2019 17:57:52	Régio Pierre da Silva	Aceito
----------	-----------------------------	------------------------	-----------------------	--------

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

PORTO ALEGRE, 05 de Junho de 2019

Assinado por:
MARIA DA GRAÇA CORSO DA MOTTA
(Coordenador(a))

Endereço: Av. Paulo Gama, 110 - Sala 317 do Prédio Anexo 1 da Reitoria - Campus Centro
Bairro: Farroupilha **CEP:** 90.040-060
UF: RS **Município:** PORTO ALEGRE
Telefone: (51)3308-3738 **Fax:** (51)3308-4085 **E-mail:** etica@propesq.ufrgs.br

Este trabalho foi realizado com o apoio da
Coordenação de Aperfeiçoamento de
Pessoal de Nível Superior (Capes).