



Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Faculdade de Arquitetura

Curso de Design de Produto

ANDREI SOUZA VALINS

CONTROLE PARA JOGOS DE REALIDADE VIRTUAL

Porto Alegre

2016

ANDREI SOUZA VALINS

CONTROLE PARA JOGOS DE REALIDADE VIRTUAL

Trabalho de Conclusão de Curso foi submetido ao curso de Design de Produto, da Faculdade de Arquitetura, como requisito para a obtenção do título de Designer.

Orientador: Prof. FÁBIO PINTO DA SILVA

Porto Alegre

2016

ANDREI SOUZA VALINS

CONTROLE PARA JOGOS DE REALIDADE VIRTUAL

Este Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao curso de Design de Produto, da Faculdade de Arquitetura, como requisito para a obtenção do título de Designer.

Orientador: Prof. FÁBIO PINTO DA SILVA

Prof. JOSÉ AYMONE

Prof. RENATO VAZ LINN

Prof. ALESSANDRO PEIXOTO DE LIMA

Porto Alegre

2016

RESUMO

A tecnologia de realidade virtual vem sendo aplicada aos poucos. Já se encontram estudos contemplando sua implementação em algumas áreas, simulação, educação e entretenimento. O ano de 2015 foi repleto de anúncios de grandes empresas desenvolvedoras de jogos, as quais têm o objetivo de levar a tecnologia ao consumidor gamer. Com a expectativa de novos lançamentos da tecnologia na indústria de jogos digitais, o presente trabalho, por meio da fundamentação teórica, questionários e sites de novidades tecnológicas, buscou a compreensão da tecnologia de realidade virtual; identificação do público gamer; e visão geral de controles de videogames; para então desenvolver um controle para jogos de realidade virtual que auxilie o usuário na imersão e jogabilidade com foco em jogos FPS (First Person Shooter) e corrida para dispositivos HMD (Head-mounted Display) que utilizam smartphones como funcionamento.

Palavras-chave: Realidade Virtual. Controle de Videogame. Tecnologia.

ABSTRACT

Virtual reality is being applied gradually. There already are studies contemplating their implementation in some areas, simulation, education and entertainment, for exemple. In 2015, there was a huge amount of announcements from companies that develop games, which aim to bring the technology to the game consumer. With the expectation of new releases of the technology to the digital game industry, this paper ,through theoretical basis, questionnaires and websites of new technologies, sought the understanding of virtual reality technology; identification of the gamer audience; and overview of video game controllers; and the development of a controller to virtual reality games that assists the user in the immersion and gameplay focused on racing and FPS games (First Person Shooter) for HMD device (Head -mounted display) which use smartphones to run the system.

Keywords: Virtual Reality. Game Controller. Technology.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - MINORITY REPORT	14
FIGURA 2 – DISPOSITIVOS DE RV ANUNCIADOS	15
FIGURA 3 - SENSORAMA.	17
FIGURA 4 – HMD DESENVOLVIDO POR IVAN SUTHERLAND.	18
FIGURA 5 - PILOTO USANDO O CAPACETE DO PROJETO <i>SUPER COCKPIT</i>	19
FIGURA 6 - HDM DESENVOLVIDO PELA NASA.	20
FIGURA 7 – ESQUEMA DO SISTEMA DE RV.....	25
FIGURA 8 – ESQUEMA DE UM HMD.	27
FIGURA 9 – O SISTEMA BOOM UTILIZADO COM UM COMPUTADOR.....	28
FIGURA 10 - ESQUEMA COM OS ELEMENTOS BÁSICOS DE UM SISTEMA DE HCD SUSPENSO.	28
FIGURA 11 – EXEMPLO DE <i>SHUTTER GLASSES</i>	29
FIGURA 12 – CAPUZ DE VISUALIZAÇÃO PRESO AO MONITOR.	30
FIGURA 13 – COMPARAÇÃO ENTRE SOM VIRTUAL E SOM ESTÉREO.	31
FIGURA 14 – DISPOSITIVO HÁPTICO. LINHA PHANTOM DA SENSABLE.	32
FIGURA 15- ESQUEMA DE UMA LUVA DE DADOS BASEADA EM FIBRA ÓTICA.	34
FIGURA 16 - REPRESENTAÇÃO DOS SEIS GRAUS DE LIBERDADE EM AMBIENTES VIRTUAIS.	35
FIGURA 17 - ESQUEMA DE UMA BOLA ISOMÉTRICA.....	35
FIGURA 18- DIAGRAMA DE UM SISTEMA DE DISPOSITIVO DE TRAJETÓRIA.	36
FIGURA 19 - UM SKETCH DO CONTROLE DESENVOLVIDO PARA <i>SPACEWARS</i>	38
FIGURA 20 – <i>TENNIS FOR TWO</i> SENDO JOGADO EM UM OSCILOSCÓPIO.	39
FIGURA 21– CONSOLE MAGNAVOX ODYSSEY E SEUS CONTROLES.	40
FIGURA 22– CONSOLE E CONTROLE PONG.	40
FIGURA 23 – CONTROLE DO CONSOLE CHANNEL F	41
FIGURA 24 – 8 MOVIMENTOS DO CONTROLE DO CONSOLE CHANNEL F.....	41
FIGURA 25– CONTROLE DO ATARI 2600.	42
FIGURA 26– CONTROLE GAMEPAD DO CONSOLE NES, DA NINTENDO.	43
FIGURA 27– CONTROLE GAMEPAD DO MEGA DRIVE COM TRÊS BOTÕES E SEIS BOTÕES.....	44
FIGURA 28 – CONTROLE GAMEPAD DO SNES DA NINTENDO.....	45
FIGURA 29 – CONTROLE GAMEPAD COM ANALÓGICO DO N64.	46
FIGURA 30 – CONTROLE GAMEPAD DO PS DA SONY.	47
FIGURA 31 – CONTROLE GAMEPAD DO XBOX 360 DA MICROSOFT. VISTA FRONTAL E LATERAL	48
FIGURA 32 – CONTROLE DE WII, COM SENSOR DE MOVIMENTO, DA NINTENDO. NUNCHUCK E WII REMOTE	49
FIGURA 33 – CONTROLE COM SENSOR DE MOVIMENTO DA SONY. MOVE E NAVIGATION	51
FIGURA 34 – SENSOR DE DETECÇÃO DE MOVIMENTO PARA XBOX 360 DA MICROSOFT. KINECT.	52
FIGURA 35– MEDIDAS (EM GRAUS) DE ROTAÇÃO DA MÃO.	53
FIGURA 36– PRINCIPAIS MEDIDAS DA MÃO.....	54
FIGURA 37 - CONTROLES E SISTEMAS DE RASTREAMENTO.....	72
FIGURA 38 – SISTEMA DE RASTREAMENTO POR LUZ, REVOLVR.....	73
FIGURA 39 – SISTEMA DE RASTREAMENTO POR CÓDIGO IMPRESSO, REALCONTROL.....	73

FIGURA 40 – SISTEMA DE FEEDBACK REACTIVE GRIP E SEUS MOVIMENTOS.	75
FIGURA 41 – APLICAÇÕES DO REACTIVE GRIP EM OUTROS DISPOSITIVOS COM RASTREAMENTO.	75
FIGURA 42 – TOUCHPAD DO STEAM CONTROLLER.....	77
FIGURA 43 – PAINEL DE ESTILO DE VIDA.....	79
FIGURA 44 – PAINEL DE EXPRESSÃO GRÁFICA.....	80
FIGURA 45 – PAINEL DE TEMA VISUAL.....	81
FIGURA 46 – CONCEITO MOUSE.....	83
FIGURA 47 – CONCEITO LUVA.....	84
FIGURA 48 – CONCEITO SOQUEIRA.....	85
FIGURA 49 – CONCEITO CONTROLE ÚNICO.....	86
FIGURA 50 – CONCEITO DOIS CONTROLES.....	87
FIGURA 51 – ALTERNATIVA 1.....	90
FIGURA 52 – ALTERNATIVA 2.....	91
FIGURA 53 – ALTERNATIVA 3.....	92
FIGURA 54 – ALTERNATIVA 4.....	93
FIGURA 55 – MODELO VOLUMÉTRICO DO CONTROLE AUXILIAR.....	95
FIGURA 56 – USUÁRIO DE PERCENTIL 50% UTILIZANDO O CONTROLE AUXILIAR.....	97
FIGURA 57 – USUÁRIO DE PERCENTIL 95% UTILIZANDO O CONTROLE AUXILIAR.....	97
FIGURA 58 – COMPARAÇÃO VOLUMÉTRICA ENTRE O CONTROLE XBOX 360 E A ALTERNATIVA.....	98
FIGURA 59 – USUÁRIO DE PERCENTIL 50% UTILIZANDO O CONTROLE PRINCIPAL.....	99
FIGURA 60 – USUÁRIO DE PERCENTIL 95% UTILIZANDO O CONTROLE PRINCIPAL.....	100
FIGURA 61 – USUÁRIO DE PERCENTIL 50% E PERCENTIL 90% UTILIZANDO O CONTROLE PRINCIPAL.....	100
FIGURA 62 – PAD DO NINTENDO 3DS.....	101
FIGURA 63 – COMPONENTE INTERNO DO PAD DO NINTENDO 3DS.....	102
FIGURA 64 – BATERIA DO CONTROLE SONY MOVE E BATERIA DE CONECTORES DE BATERIA DE SMARTPHONE.....	103
FIGURA 65 – CONTROLE DO GAMECUBE DA NINTENDO E BOTÃO GATILHO.....	105
FIGURA 66 – MOTORES DE VIBRAÇÃO DO CONTROLE XBOX 360.....	106
FIGURA 67 – FIVELA DE SEGURANÇA UTILIZADA NO WII REMOTE.....	107
FIGURA 68 – DIGITALIZAÇÃO DO MODELO COM O ARTEC EVA 3D.....	108
FIGURA 69 – CONTROLE PARA JOGOS DE REALIDADE VIRTUAL. USO SEPARADO.....	109
FIGURA 70 – CONTROLE PARA JOGOS DE REALIDADE VIRTUAL. USO EM CONJUNTO.....	110
FIGURA 71 – COMPONENTES INTERNOS DO CONTROLE PRINCIPAL.....	110
FIGURA 72 – COMPONENTES INTERNOS DO CONTROLE AUXILIAR.....	111
FIGURA 73 – LED DE RASTREAMENTO.....	111
FIGURA 74 – REACTIVE GRIP E BOTÃO GATILHO.....	112
FIGURA 75 – CONTROLE AUXILIAR.....	113
FIGURA 76 – MOVIMENTOS DE VOLANTE COM O CONTROLE ACOPLADO.....	113
FIGURA 77 – ENTRADA DE ENERGIA MICRO USB E CONDUTORES.....	114
FIGURA 78 – CONTROLE AMBIENTADO.....	114

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – MEDIDAS (EM CM) DE ANTROPOMETRIA DA NORMA DIN 33402.....	55
TABELA 2 – CONVERSÃO DAS NECESSIDADES EM REQUISITOS DE USUÁRIO.....	67
TABELA 3 – CONVERSÃO DOS REQUISITOS DE USUÁRIOS EM REQUISITOS DE PROJETO.....	67
TABELA 4 – MATRIZ DE PRIORIZAÇÃO DE REQUISITOS.....	69
TABELA 5 – REQUISITOS DE PROJETO PRIORIZADOS.....	70
TABELA 6 - AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS PRELIMINARES.....	88
TABELA 7 - AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS.....	93

SUMÁRIO

1	PLANEJAMENTO DE PROJETO	13
1.1	ESCOPO DO PRODUTO	13
1.2	JUSTIFICATIVA	13
1.3	OBJETIVOS	15
1.3.1	Objetivos Específicos.....	15
1.4	METODOLOGIA	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	REALIDADE VIRTUAL.....	17
2.2	DEFINIÇÕES DE REALIDADE VIRTUAL	21
2.3	ELEMENTOS DA REALIDADE VIRTUAL	22
2.3.1	Mundo Virtual.....	22
2.3.2	Imersão.....	22
2.3.3	Interatividade	23
2.3.4	Feedback	23
2.4	DISPOSITIVOS DE REALIDADE VIRTUAL	24
2.4.1	Dispositivos de Saída de Dados	25
2.4.2	Dispositivos de Entrada de Dados.....	33
2.5	CONTROLES DE GAMES	37
2.5.1	Paddle e Joystick.....	37
2.5.2	Gamepad	43
2.5.3	Controles Analógico (com Joystick)	45
2.5.4	Controle de movimento	49
2.6	ESTUDO ANTROPOMÉTRICO E ERGONÔMICO	53
2.6.1	Antropometria Dinâmica.....	53
2.6.2	Antropometria Estática	54
3	PROJETO INFORMACIONAL.....	57
3.1	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA	57
3.2	IDENTIFICAÇÃO DOS USUÁRIOS DO PROJETO E DO PRODUTO	58
3.2.1	Usuários do Projeto	58
3.2.2	Usuários do Produto	59
3.3	ELICITAÇÃO DAS NECESSIDADES DOS USUÁRIOS	60
3.3.1	Questionário online	61
3.3.2	Conclusões a respeito do questionário	62
3.3.3	Conclusão das necessidades do usuário	64
3.4	CONVERSÃO DAS NECESSIDADES EM REQUISITOS DE USUÁRIO	66
3.5	CONVERSÃO DOS REQUISITOS DE USUÁRIO EM REQUISITOS DE PROJETO.....	67
3.6	PRIORIZAÇÃO DOS REQUISITOS DE PROJETO	68
3.6.1	Matriz de priorização de requisitos	68
3.6.2	Requisitos de projeto priorizados	70
4	PROJETO CONCEITUAL	71
4.1	TECNOLOGIA	71
4.1.1	Rastreamento	71
4.1.2	Feedback	74
4.1.3	Wireless.....	76

	10
4.1.4 Pad	76
4.1.5 Outras Configurações.....	77
4.2 CONCEITO	78
4.2.1 Painel do estilo de vida	79
4.2.2 Painel de expressão do produto	80
4.2.3 Painel do tema visual	81
4.3 GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS.....	82
4.3.1 Alternativas preliminares	82
4.3.2 Seleção das alternativas preliminares.....	87
4.3.3 Geração de alternativas	89
4.3.4 Seleção das alternativas	93
5 DETALHAMENTO.....	95
5.1 DIMENSIONAMENTO.....	95
5.1.1 Controle Auxiliar	95
5.1.2 Controle Principal	98
5.1.3 Controle acoplado.....	100
5.2 COMPONENTES.....	101
5.2.1 Componentes do Controle Auxiliar.....	101
5.2.2 Componentes do Controle Principal.....	104
5.3 SOLUÇÃO FINAL	107
5.3.1 Desenvolvimento	107
5.3.2 Apresentação do produto	109
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	115
REFERÊNCIAS.....	116
APÊNDICE A.....	119
APÊNDICE B	120
APÊNDICE C	123

INTRODUÇÃO

O mercado de games (jogos eletrônicos) surgiu no início da década de 1970 com a introdução dos primeiros fliperamas. Antes de 1971 não existia nenhum tipo de indústria de games. Isso porque computadores, antes dessa época, eram extremamente caros. A comercialização de games não atingiu praticamente público algum até 1970, quando os componentes eletrônicos começaram a ficar mais acessíveis (SANDQUIST; ZACKARIASSON, 2013)

A pesar da impossibilidade de serem comercializados em larga escala, os games tinham, antes dessa época, uma função secundária. Algumas vezes eram usados para demonstrar a capacidade de novos computadores, para ensinar e até mesmo para explorar o ramo de inteligência artificial (SAARIKOSKI, 2009 apud SANDQUIST; ZACKARIASSON, 2013).

Atualmente, a indústria de games é uma das maiores indústrias de entretenimento do mundo. Suas duas maiores parcelas de mercado são jogos de computadores e jogos de videogame. Enquanto jogos de computador são jogados em PC (do inglês *personal computer*, que significa computador pessoal), jogos de videogame usam uma televisão, um console (um pequeno computador exclusivo para execução de games) e controles.

Aos poucos, a tecnologia dos consoles foi evoluindo. Foi possível reproduzir em jogos imagens cinematográficas que se assemelhavam a paisagens reais. Personagens foram ganhando mais personalidade, além de características mais humanas e gráficos mais reais. Além disso, “os jogos passaram a usar acessórios tais como volantes, pedais, marchas, gráficos a fim de criar no jogador o efeito de imersão” (SILVEIRA, 2013).

A evolução da tecnologia provocou uma mudança no modo como os jogadores interagem com os jogos por meio dos controles. Controles antigos usavam uma mecânica mais simples, enquanto consoles mais recentes utilizam novas tecnologias, como sensor de movimento, por exemplo. Essa mudança na mecânica do controle ocorreu na transição de jogos em duas dimensões para jogos totalmente em 3 dimensões (CUMMINGS, 2007).

A Realidade Virtual (RV), atualmente, é a nova tecnologia que está sendo inserida na indústria do entretenimento. A Realidade Virtual propõe mais imersão aos usuários, sendo o

grande diferencial perante as últimas tecnologias aplicadas em jogos. Mesmo que tenha sido mostrado pouco do potencial da tecnologia em jogos eletrônicos e toda experiência imersiva seja difícil de demonstrar, tornando a tecnologia um tanto vaga e distante para os usuários, pode-se supor a expectativa que vem sendo criada por parte da comunidade gamer (nome dado pra quem joga jogos eletrônicos) acerca da tecnologia de Realidade Virtual. A exemplo disso, tem-se a resposta do presidente da Sony Computer Entertainment Worldwide Studios, Shushei Yoshida, quando perguntado, em uma entrevista ao site Polygon (site sobre tecnologia, jogos, desenvolvimento de aplicações, entre outros assuntos relacionados à indústria do entretenimento), se a tecnologia de realidade virtual será a próxima 3D:

“Isso não é o próximo 3D, é totalmente diferente. A diferença é bem fácil de se ver [...] A experiência de jogar em uma TV 3D é basicamente a mesma de uma TV 2D. Você apenas adiciona profundidade ao mundo, mas está vendo o mesmo jogo. Não é como se você pudesse ir atrás da televisão para ver uma cena diferente [...], você está totalmente dentro do jogo. Você está em um ambiente virtual. O nível e a qualidade da experiência vão convencer as pessoas. Você não pode obter essa experiência de outra forma.”¹

Em contra partida, também há quem não possua tamanha expectativa na tecnologia. O presidente da divisão norte-americana da Nintendo, Reggie Fils-Aime, respondendo também ao site Polygon e se mostrando menos otimista quanto à atual situação da tecnologia, comentou:

“O que nós (Nintendo) acreditamos é que, para que essa tecnologia avance, é preciso torná-la divertida e social. [...] porém, com base no que vi até agora, não é divertida, e não é social. É apenas tecnologia.”²

Assim, tendo em vista a recente ascensão da RV aos olhos de desenvolvedores de jogos, empresas de entretenimento, fãs de tecnologia, entre outras entidades as quais possam se interessar, o presente trabalho tem como principal foco o desenvolvimento de um dispositivo para ser utilizado em conjunto com outros dispositivos associados a jogos de realidade virtual. Logo, pode-se interpretar tal dispositivo com um controle para jogos de RV que possa ser utilizado com os atuais dispositivos de realidade virtual ou com novos dispositivos que o presente trabalho possa também desenvolver.

¹ Disponível em <http://www.polygon.com/2015/6/23/8833943/sony-virtual-reality-wont-be-the-flash-in-the-pan-3d-tv-was>

² Disponível em <http://www.polygon.com/2015/6/18/8803127/nintendos-fils-aime-current-state-of-vr-isnt-fun>

1 PLANEJAMENTO DE PROJETO

A primeira fase do desenvolvimento do produto caracteriza-se pela tomada de decisões estratégicas em relação ao projeto. O planejamento do projeto compreende na definição geral do mesmo, suas características e metas (VALERIANO, 1998). Nessa etapa, é apresentado o escopo do produto, justificativa, objetivos e metodologia utilizada.

1.1 ESCOPO DO PRODUTO

O produto consiste em um dispositivo que auxilie a sensação de imersão, quando utilizado em conjunto a dispositivos de realidade virtual. O produto deverá atingir o público alvo de jogadores com razoável e bastante habilidade na área. O dispositivo também deve conter aspectos ergonômicos relativos ao uso na mão, parte do corpo na qual deverá se destinar o uso do produto, ou em outra parte do corpo, caso haja a necessidade de desenvolvimento para tal.

1.2 JUSTIFICATIVA

Em 2002, o filme de Steven Spielberg, *Minority Report: A Nova Lei* estreava no mundo. O filme conta com uma cena famosa do protagonista, interpretado por Tom Cruise, analisando dados em uma tela que com o uso de uma luva na qual envolviam três de seus dedos (Figura 1). O protagonista analisava vídeos e os manipulava como em uma tela touchscreen. O filme repercutiu quanto à criatividade na tecnologia apresentada na ficção, já que o enredo se passa no futuro muito tecnológico de 2054. Esta cena foi cobiçada por jovens e adultos na época. Quem não gostaria de poder realizar suas tarefas no computador com um equipamento daqueles? Ou jogar seus jogos eletrônicos dessa forma?

A indústria de games tem o costume de ser pioneira no uso de novas tecnologias. Isso se aplica ao modo como são controlados. Uma variedade de novos dispositivos com foco no movimento corporal foi introduzida ao games nos últimos anos (Nintendo Wii Remote, Playstation Move e Microsoft Kinect). Tais dispositivos foram bem aceitos pelos gamers pois possibilitavam uma jogabilidade completamente diferente dos videogames atuais. (NIJHOLT

et al., 2009). O pioneirismo também se deve em parte à busca incessante por mais entretenimento dos gamers. Segundo Nijholt et al. (2009), gamers são considerados *early adopters* a novas tecnologias, ou seja, gamers costumam procurar por novos jogos e/ou tecnologias a fim de experimentá-las e divulgar suas experiências ou para satisfazer suas necessidade de entretenimento.

Figura 1 - Minority Report.



Fonte: internet

Tendo em vista a adoração dos gamers por novas tecnologias e o potencial da RV para ser a próxima geração de jogos digitais, surge a oportunidade de investir nessa tecnologia. É o que vem sendo visto no ramo dos jogos digitais atualmente. Muitas empresas vêm desenvolvendo e aprimorando a tecnologia de RV. O Facebook, por exemplo, investiu quase 2 bilhões de dólares na compra da empresa Oculus VR, empresa responsável pelo desenvolvimento do dispositivo Oculus Rift (Figura 02-A), em março de 2014. Na mesma época, a Sony anuncia o seu dispositivo de RV, o Project Morpheus (Figura 02-B). Em Junho de 2014 o Google Cardboard (Figura 02-C), o dispositivo de VR feito de papelão, é lançado em um evento pela Google. Em Setembro do mesmo ano, é a vez da Samsung anunciar o seu dispositivo de RV, o Gear VR (Figura 02-D) em parceria com a Oculus VR. Já em março de 2015, a HTC surpreende ao anunciar que também desenvolverá um dispositivo e RV.

Figura 2 – Dispositivos de RV anunciados.



Fonte: adaptado da internet

Com tantos investimentos das empresas e expectativas dos futuros usuários da tecnologia, o presente trabalho vem focar esforços de projeto em um controle para jogos de RV, o que parece ainda não ter sido muito desenvolvido por parte das empresas responsáveis pelos dispositivos, sendo algumas delas direcionadas a jogos de RV.

1.3 OBJETIVOS

O presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um controle para jogos de realidade virtual, com foco nos futuros usuários da tecnologia, condizente com as expectativas e desejos dos atuais usuário de jogos digitais.

1.3.1 Objetivos Específicos

- Identificar e compreender os principais aspectos da tecnologia de realidade virtual.
- Identificar o desenvolvimento dos controles de jogos e suas principais evoluções de caráter antropométrico, bem como sua interação com usuário.
- Identificar o público-alvo e suas expectativas quanto aos jogos de realidade virtual e a interação com um controle no ambiente virtual.

- Determinar os requisitos de projeto a partir das necessidades de usuário.
- Gerar alternativas para o produto, a partir dos requisitos estabelecidos e, por fim, selecionar o mais adequado ao projeto.

1.4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento do Trabalho de Conclusão I foi utilizada a metodologia apresentada por Back et al. (2008), a qual contempla o processo e etapas do projeto de produtos. São abordadas as etapas de planejamento do projeto, de projeto informacional.

Planejamento do projeto: Fase caracterizada pela definição e organização das metas do projeto. Envolve principalmente a definição do escopo do projeto. Ou seja, são definidos nesta etapa, com base no problema e no público-alvo, através de pesquisa, a justificativa, os objetivos, a contextualização e problematização, além da metodologia de pesquisa.

Projeto informacional: Compreende a definição das especificações do produto, por meio da definição dos fatores de influência do projeto. Constituem esta etapa: a identificação das necessidades dos usuários, por meio de referências bibliográficas, entrevistas aos usuários; a elaboração dos requisitos de usuário e de produto, através da conversão das necessidades dos usuários; a elaboração das especificações do projeto e a priorização dos mesmos; a análise de produtos similares no mercado, por meio de pesquisas do uso do produto e os tipos que são apropriados ao usuário.

Projeto conceitual: Abrange a concepção do produto, são determinadas suas funções, tecnologias, desenvolvido conceitos – utilizando-se ferramentas como atributos do produto, painéis visuais, *brainstorming* e geração de esboços livres – e, posteriormente, alternativas baseadas em um conceito determinado ou vantagens de outros conceitos. Para a seleção da melhor alternativa, são utilizados critérios de avaliação com a matriz de Pugh, para pontuar as alternativas concebidas. Por fim, detalha-se a alternativa selecionada e se desenvolve um modelo tridimensional computacional, para a visualização das características atribuídas ao produto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 REALIDADE VIRTUAL

A ideia de uma realidade virtual pode ter surgido ainda na idade clássica, do século VII a.C ao século V d.C., quando muitos filósofos descreveram o processo de pensamento pelo qual uma representação virtual do mundo é criada a partir de nossas experiências sensoriais (REIS, 2009). Porém, na literatura, ela tem seu início na indústria de simulação, com os simuladores que a força aérea do Estados Unidos começou a construir após a Segunda Guerra Mundial (JACOBSON, 1994). A indústria de entretenimento também teve um papel importante, ao construir um simulador chamado Sensorama (Figura 03). O Sensorama era uma cabine que mesclava filmes 3D, som estéreo, vibrações mecânicas, aromas, e ar movimentado por ventiladores; tudo isso para proporcionar ao usuário uma experiência multissensorial (PIMENTEL, 1995). Patentado em 1962 por Morton Heilig, o equipamento já utilizava um dispositivo para visão estereoscópica e era baseado na tecnologia Cinerama, que constituía na criação de uma imagem panorâmica utilizando a projeção de três imagens equidistantes em uma tela curva (REIS, 2009).

Figura 3 - Sensorama.



Fonte: internet

Apesar do termo Realidade Virtual somente ter se evidenciado no final da década de 80 por Jaron Lanier (BIOCCA, 1995), em 1958, os primeiros trabalhos científicos na área já começavam a surgir. A Philco desenvolveu um par de câmeras remotas e o protótipo de um capacete com monitores que permitiam ao usuário um sentimento de presença quando dentro de um ambiente (COMEAU, 1961). Esse equipamento é conhecido como head-mounted display (capacete montado na cabeça), ou simplesmente HMD. Alguns anos depois, por volta de 1965, Ivan Sutherland, conhecido como o precursor da RV (HAND, 1994), apresentou à comunidade científica a ideia de desenhar objetos diretamente na tela do computador por meio de uma caneta ótica, marcando o início da Computação Gráfica. Sutherland acabou se tornando o precursor da indústria de CAD e desenvolveu o primeiro vídeo-capacete totalmente funcional para gráficos de computador no projeto “The Ultimate Display”. Tal vídeo-capacete permitia ao usuário, movimentando a cabeça, observar os diferentes lados de um cubo, por exemplo. O HMD de Sutherland é mostrado, na Figura 04, a seguir.

Figura 4 – HMD desenvolvido por Ivan Sutherland.



Fonte: computerhistory.org

Na mesma época em que Sutherland criava seu vídeo-capacete, Myron Krueger experimentava a combinação de computadores e sistemas de vídeo, criando Realidade Artificial (PIMENTEL, 1995). Em 1975, Krueger criou o VIDEOPLACE, no qual uma câmera de vídeo capturava a imagem dos participantes e projetava-a em uma grande tela. Os participantes, além de interagir com os outros, interagiam com objetos projetados nessa tela, ao mesmo tempo que seus movimentos capturados e processados. Essa técnica tornou-se conhecida como Realidade Virtual de Projeção (JACOBSON, 1994).

Em 1982, Thomas Furness demonstrava para a Força Aérea Americana o VCASS (Visually Coupled Airborne Systems Simulator), conhecido como *Super Cockpit*. Tratava-se de um simulador que interligava computadores e videocapacetes para representar a cabine de um avião (Figura 05). Os vídeo-capacetes integravam as componentes de áudio e vídeo. Assim, os pilotos podiam aprender a voar e lutar em trajetórias com 6 graus de liberdade (do inglês 6 degrees of freedom. 6DOF) em solo. O VCASS possuía alta qualidade de resolução nas imagens e alto nível de processamento de imagens complexas, porém o custo neste equipamento era um problema: milhões de dólares eram necessários apenas para o capacete (PIMENTEL, 1995).

Figura 5 - Piloto usando o capacete do projeto *Super Cockpit*.



Com a nova tecnologia de visores de cristal líquido (LCD), Michael McGreevy começou a trabalhar no projeto VIVED (Virtual Visual Environment Display) em 1984 na NASA, no qual seriam geradas imagens estereoscópicas (Figura 06). Mesmo a resolução das imagens sendo inferior ao VCASS, o custo era bastante atrativo (RHEINGOLD, 1991). Os componentes de áudio e vídeo foram instalados em uma máscara de mergulho utilizando dois visores LCD e pequenos alto-falantes acoplados. Scott Fisher juntou-se a esse projeto em 1985, com o objetivo de incluir nele luvas de dados, reconhecimento de voz, síntese de som 3D, além de dispositivos de feedback (resposta) tátil.

Figura 6 - HDM desenvolvido pela NASA.



Fonte: internet

Em 1985, Thomas Zimmerman e Jaron Lanier fundam a VPL Research, a luva de dados, desenvolvida por Zimmerman, chamada DataGlove, era capaz de captar a movimentação e inclinação dos dedos da mão. No ano seguinte a DataGlove foi adquirida pela NASA e incorporada no projeto VIVED, criando, assim, o Sistema VIEW (Virtual Interactive Environment Workstation) (GIGANTE, 1993).

2.2 DEFINIÇÕES DE REALIDADE VIRTUAL

A Realidade Virtual (RV) trouxe ao uso do computador um novo paradigma de interface com o usuário. Neste paradigma, o usuário não estará mais em frente ao monitor, mas agora o usuário será “transportado para dentro da aplicação” ou do ambiente virtual onde se está desenvolvendo a aplicação.

A RV possui inúmeras definições na literatura. Manetta (1995), por exemplo, define a RV como um sistema computacional utilizado para a criação de um mundo artificial no qual pode-se criar a impressão de ali estar e navegar mediante a manipulação de objetos. De acordo com Coates (1992), a RV é uma simulação eletrônica de um ambiente através de equipamentos tecnológicos específicos, como óculos e trajes especiais, que habilitam o usuário a interagir em situações tridimensionais realísticas. Greenbaum (1992) vê a RV como um mundo alterado por imagens criadas computacionalmente o qual responde a movimentos humanos. Leston (1996) diz que a RV é um conjunto de técnicas e ferramentas gráficas 3D que permite aos usuários interagir com um ambiente gerado por computador, em tempo real, com uma pequena ou nenhuma consciência de que está usando uma interface usuário-computador.

Von Schweber (1995) resume RV como um “espelho” da realidade física, na qual o indivíduo existe em três dimensões, tem a sensação do tempo real e a capacidade de interagir com o mundo ao seu redor, e, segundo Kirner (1996), para suportar esse tipo de interação, imersão e navegação, o usuário pode utilizar dispositivos não convencionais como capacete de visualização, mouse 3D, luvas especiais e óculos estereoscópicos. Esses dispositivos causam no usuário a impressão de que a aplicação está funcionando no ambiente tridimensional “chegando ao ponto em que o usuário pode “tocar” os objetos de um mundo virtual e fazer com que eles respondam, ou mudem, de acordo com suas ações”. (VON SCHWEBER, 1995).

Analisando as definições apresentadas, nota-se que os autores tendem a se referir a dois itens importantes da RV em suas definições. O primeiro é a presença do usuário em “um mundo artificial”, “ambiente simulado” ou “um mundo alterado computacionalmente” no qual o usuário é inserido, ou imerso. Assim, parece correto afirmar a necessidade de um

mundo virtual, um lugar que não existe na realidade porém é o lugar para onde o usuário deve ser “transferido”, ou ao menos dar-se-á a ilusão de estar presente, para isso deve-se enganar os sentidos do usuário para que possa ocorrer uma real imersão do indivíduo nesse mundo virtual, para que realmente o sinta como real.

O segundo item é a necessidade da “manipulação de objetos”, através de “equipamento tecnológico específico” que “responde à movimentos humanos”, a fim de criar uma interação do usuário com o ambiente virtual. Desta vez, nota-se a necessidade de interagir com o mundo virtual, ou seja, que o mundo virtual responda a mudanças realizadas pelos usuário de forma imediata, incrementando a interação com mundo virtual e, por sua vez, e elevando o nível de imersão e realismo da experiência.

2.3 ELEMENTOS DA REALIDADE VIRTUAL

Ao encontro das definições vistas, Sherman (2003) afirma que os elementos chave para uma experiência de realidade virtual são exatamente os analisados anteriormente: um mundo virtual, imersão, interatividade e feedback (resposta ao usuário) e as explica da seguinte forma:

2.3.1 Mundo Virtual

Mundo Virtual é um espaço imaginário o qual se manifesta perante um meio de transmissão. Este mundo pode existir sozinho, porém só será compartilhado com a utilização de um intermédio. Como, por exemplo, uma história fictícia de uma peça de teatro, ela existe somente na imaginação pois não é real, porém pode ser trazida à realidade pela atuação dos atores, pela música e pela luz do teatro. O mesmo para o mundo virtual, o qual podemos vivenciar com interações físicas atrás de dispositivos.

2.3.2 Imersão

Imersão pode ser utilizada de duas maneiras: a imersão mental e imersão física (ou sensorial). Estar imerso geralmente refere-se a um estado emocional da sensação de estar

envolvido por alguma experiência ou profundamente engajado. No entanto, quando o assunto é RV, imersão toma a forma de imersão física ou sensorial, com a propriedade de aumentar o estímulo aos sentidos do usuário via uso de tecnologia. Contudo, não significa uma imersão de todo o corpo ou todos os sentidos. “O sentido da visão costuma ser preponderante em aplicações de RV, mas os outros sentidos, como tato, audição, etc. também podem ser usados para enriquecer a experiência do usuário” (KIRNER & SISCOUTTO, 2007).

Para Cardoso & Lamounier (2004), a imersão é principal característica da RV. A qualidade desta imersão, ou grau de ilusão dos estímulos, ou quão real esses estímulos parecem ser, depende do grau de realismo que o sistema é capaz de proporcionar.

2.3.3 Interatividade

Sherman (2003) explica que para a realidade virtual parecer real, deve haver uma resposta das ações realizadas pelo usuário no mundo virtual, como em um jogo, onde o usuário pressiona uma determinada tecla e o seu avatar – uma personificação virtual do usuário – realiza a ação a qual o botão pressionado foi configurado para realizar. O mesmo se aplica a interações com objetos, personagens e lugares.

2.3.4 Feedback

O sistema de RV oferece um retorno sensorial direto ao usuário baseado em sua localização. O sentido que geralmente recebe o retorno é a visão, porém existem ambientes virtuais exclusivamente táteis (SHERMAN, 2003).

Neste sentido, segundo Cardoso & Lamounier (2004), um sistema de realidade virtual deve responder de maneira instantânea, gerando no usuário o sentimento de que a interface é capaz de interpretar e responder a seus comandos rapidamente. O grau de realismo, por sua vez, é dado pela qualidade destas respostas. Quanto mais parecida com uma cena real for uma imagem apresentada ou um som emitido ao usuário, mais envolvido pelo sistema este usuário ficará.

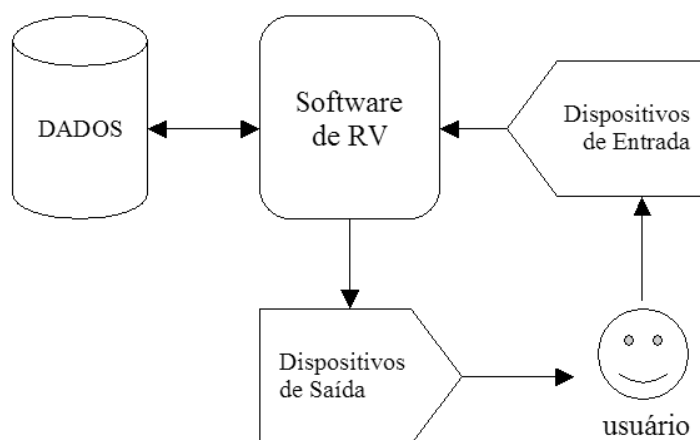
Ainda de acordo com Sherman (2003), para uma resposta interativa imediata do ambiente virtual e rastreamento da localização do usuário para recebimento de retorno sensorial é necessário um computador de alto desempenho e uma interface de RV. Existem interfaces de RV com capacidade para controlar muitas das principais articulações do corpo. Há uma variedade de tecnologias que podem ser usados por um sistema de VR para realizar esta tarefa.

As interfaces de RV têm como finalidade gerar sensações no usuário através da combinação de duas técnicas: (A) exibição de imagens tridimensionais estereoscópicas e (B) monitoramento da posição da cabeça do usuário no espaço. A primeira permite que sejam produzidas imagens com alto grau de realismo e sensação de profundidade. A segunda permite atualizar continuamente a imagem apresentada, pois se pode saber para onde o usuário está olhando a cada momento.

2.4 DISPOSITIVOS DE REALIDADE VIRTUAL

Segundo Jacobson (1994), o principal objetivo da RV é fazer com que o usuário desfrute uma sensação de presença no mundo virtual. Para propiciar esta sensação a tecnologia de RV se utiliza de alguns dispositivos. Pode-se dividir os dispositivos utilizados em um sistema de RV em duas categorias: dispositivos de entrada e dispositivos de saída. Os dispositivos de entrada captam movimentos e ações do usuário para suprir o sistema de RV, o qual retorna o resultado do processamento da interação na forma de estímulos em ao menos um dos cinco sentidos do usuário, pelos dispositivos de saída. Estes dispositivos são essenciais para que o sistema de RV possa prover um meio intuitivo de comunicação usuário-sistema. Entretanto, alguns sistemas de RV integram também dispositivos convencionais, como mouse e teclado. Sendo estes utilizados para selecionar menus e objetos ou navegar pelo ambiente. A Figura 07 mostra um esquema com os elementos chave de um sistema de RV, onde pode ser notada a importância dos dispositivos de entrada e saída de dados.

Figura 7 -- Esquema do sistema de RV.



Fonte: KIRMER (2006)

2.4.1 Dispositivos de Saída de Dados

Os dispositivos de RV “iludem” os sentidos do usuário para que o mesmo tenha uma experiência virtual mais real. Os dispositivos de RV estimulam principalmente a visão e a audição, com equipamentos parecidos com óculos ou capacetes e fones de ouvido, respectivamente. Quanto ao tato, é possível encontrar alguns projetos de dispositivos, principalmente em websites de financiamento colaborativo, porém, a maioria, em estado conceitual ou de alta complexibilidade. Os dispositivos de saída de dados são responsáveis pelo envio das informações ao usuário.

2.4.1.1 DISPOSITIVOS VISUAIS

Nos dispositivos visuais, a qualidade de imagem gerada influencia fortemente a percepção do nível de imersão de um sistema de RV. A baixa qualidade das imagens geradas, além de alto custo, já foram os principais fatores para a não disseminação da tecnologia.

Os sistemas de RV podem ser (A) monoscópicos, onde a mesma imagem será exibida para os dois olhos: apenas uma imagem passa pelo processo de renderização e é exibida para os dois olhos; ou (B) estereoscópicos, onde cada olho observa uma imagem ligeiramente

diferente, sendo necessária a construção de um par de imagens (PIMENTEL; TEIXEIRA, 1995) já que a visão humana é binocular³.

Um fator importante no resultado visual da aplicação virtual é o número de quadros por segundo exibidos, ou seja, a velocidade com o qual a aplicação é simulada. JACOBSON (1994) afirma que a quantidade de quadros por segundo ideal para aplicações em RV é entre 15 e 22. Para fim de comparação, no cinema são mostrados cerca de 24 quadros por segundo, enquanto na televisão, aproximadamente 30 quadros por segundo (FOLEY, 1990).

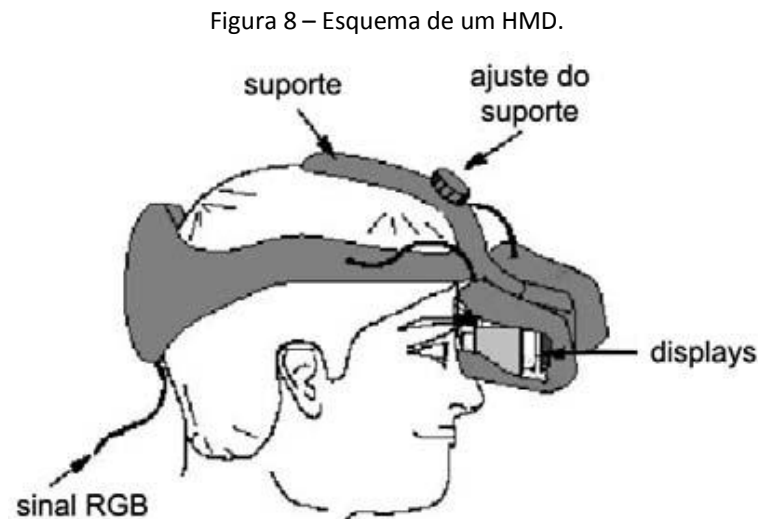
Existem dois tipos de dispositivos de saída visuais, o primeiro é composto pelos video-capacetes, conhecidos como Head-Mounted Display (HMD – não há um termo para o português, a tradução livre é tela montada na cabeça), e Head-Coupled Display (HCD – dispositivos suspensos ou apoiados a um braço mecânico para se manter posicionados diante ao usuário). O segundo tipo é composto por monitores de computador e sistemas de projeção. O que diferencia os dois tipos é o rastreamento dos movimentos do usuário. HMDs normalmente possuem sensores para detectar movimentos. Já HCDs não, o rastreamento depende de comandos realizados com outros dispositivo de entrada (PIMENTEL; TEIXEIRA, 1995).

2.4.1.1.1 Head-Mounted Display

O HMD é um dos dispositivos de interface para RV mais populares, pois entre os dispositivo de saída é o que mais isola o usuário do mundo real. Ele é constituído basicamente de duas telas minúsculas, e duas lentes especiais. Alguns dispositivos atuais são construídos com apenas uma tela, onde duas imagens semelhantes dividem espaço da tela ao meio. As lentes ajudam a focalizar imagens que estão a alguns milímetros dos olhos do usuário, ajudando também a ampliar o campo de visão do vídeo.

³ A visão binocular (estereoscópica) caracteriza-se pelo reconhecimento de duas imagens obtidas por pontos de vista diferentes, que permite uma comparação capaz de originar a sensação de profundidade (KIRMER, 2006).

Em geral, um HMD necessita de sensores de rastreamento, logo também é um dispositivo de entrada de dados, pois seus sensores de rastreamento ajudam a localizar a posição e orientação da cabeça do usuário. Conseqüentemente, o computador gera uma seqüência de imagens por quadro correspondente às ações e perspectivas do usuário (GRADESECKI, 1995). A Figura 08 a seguir demonstra um esquema de HMD.



Fonte: KIRMER (2006)

2.4.1.1.2 BOOM

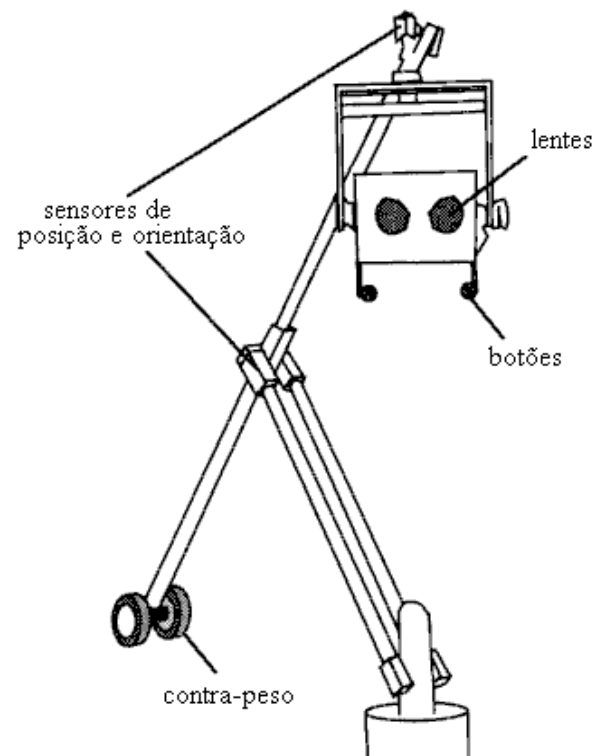
O HCD, conhecido como BOOM (Binocular Omni-Oriented Monitor), é um display sobre um braço mecânico contendo um contrapeso, o qual realiza o trabalho de deixar o display sem peso, ou seja, “peso zero” (Figura 09). Sensores ligados ao braço mecânico e controles próximos ao display permitem movimentos em até 6 graus de liberdade (6DOF) (ARAÚJO, 1996). Para NETTO (2002), o formato do BOOM permite uma fácil transição da visualização dentro e fora do mundo virtual, ou seja, o usuário pode facilmente alternar sua atenção a interação com teclados, monitores e outros dispositivos que possam estar controlando a simulação. A Figura 10 mostra os componentes de um HCD.

Figura 9 – O sistema BOOM utilizado com um computador.



Fonte: BOLAS (1994)

Figura 10 - Esquema com os elementos básicos de um sistema de HCD suspenso.



Fonte: PIMENTEL (1995)

2.4.1.1.3 Sistemas de projeção (3D)

Dispositivos visuais baseados em monitores e sistemas de projeção não costumam oferecer alto nível de imersão. Nos sistemas de projeção o usuário tem que olhar para o monitor ou tela, e utilizar algum dispositivo de entrada para se movimentar no ambiente virtual. Isso não significa, entretanto, que as imagens não possam ser vistas em estéreo. Há monitores que apresentam imagens associadas aos olhos esquerdo e direito simultaneamente e que dispensam o uso de óculos especiais. Trata-se dos monitores auto estereoscópicos (KIRNER, 2006),

Há também monitores que o usuário precisa utilizar *shutter glasses* (Figura 11) – óculos especiais que possuem obturadores LCD de alta velocidade para cada olho, sincronizados de acordo com as imagens sequenciais esquerdas e direitas geradas pela tela. Ou seja, o computador exhibe alternadamente as imagens direita e esquerda sincronizadas com óculos que bloqueiam cada um dos olhos, permitindo que o usuário visualize a imagem que “sai” da tela. Essa tecnologia é a mesma empregada nas televisões 3D, na qual deve-se utilizar um óculos para a percepção tridimensional da imagem que é exibida na tela.

Figura 11 – Exemplo de *shutter glasses*.



Fonte: gizmag.com

Outra técnica utilizava filtros coloridos, em que as imagens de cada olho são exibidas em cores complementares, como vermelho e azul. As imagens eram observadas com óculos que tinham as mesmas correspondências de cores, fazendo com que cada olho visse a sua respectiva imagem. Estes óculos foram bastante utilizados no surgimento do efeito 3D. Imagens para serem visualizadas com esse óculos eram criadas em softwares de manipulação de imagem. Contudo, tais óculos cansavam os olhos após certo tempo de uso,

e só podiam ser utilizados com monitores coloridos (VINCE, 1995). Uma das vantagens desses óculos é que eles permitiam que várias pessoas participem da experiência de RV.

Outro dispositivo antigamente utilizado é o “capuz” de visualização: era uma peça plástica anexada ao monitor. Nesse sistema o computador exibe as imagens esquerda e direita simultaneamente (lado a lado), e o “capuz” separa e reflete a dupla de imagens de forma que o usuário perceba um único objeto flutuando à sua frente (Figura 12) (JACOBSON, 1994).

Figura 12 – Capuz de visualização preso ao monitor.



Fonte: NETTO (2002)

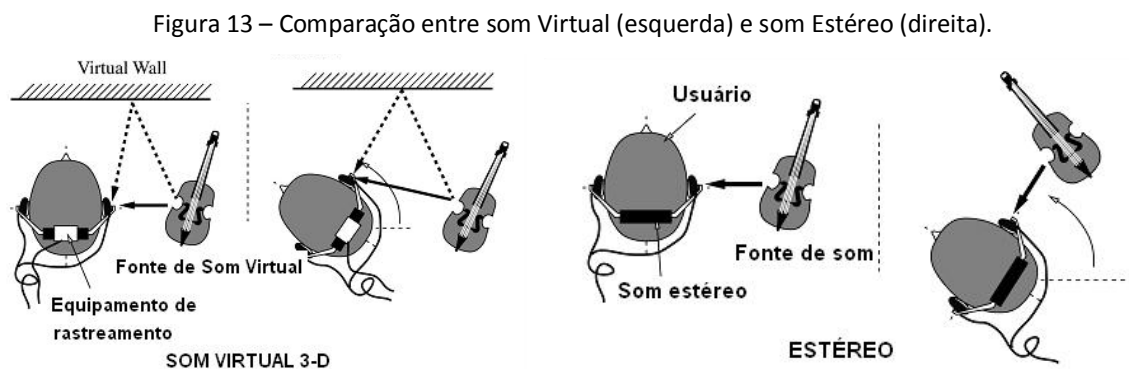
Um sistema semelhante é o Cave, uma pequena sala com imagens projetadas em paredes translúcidas. Sensores capturam os movimentos dos usuários e atualizam as imagens projetadas, gerando sensações reais. Sua vantagem é permitir que várias pessoas compartilhem a mesma experiência (KIRNER, 2007).

2.4.1.2 DISPOSITIVOS AUDITIVOS

A geração de som em sistemas de RV possui a característica de simular o modelo de audição humana. Neste sentido, ambos os ouvidos recebem as ondas sonoras que são emitidas de diferentes direções. O formato de concha do ouvido externo permite realizar a coleta das ondas sonoras e redirecioná-las para os distintos caminhos existentes no canal auditivo. O

cérebro, por sua vez, recebe e processa as características deste som para determinar ou localizar o local exato da fonte sonora emitida.

Os sistemas de áudio 3D duplicam artificialmente os ativadores naturais que auxiliam o cérebro na localização da fonte sonora, além de recriar eletronicamente esses efeitos em tempo real de acordo com a posição do usuário em relação a fonte sonora no ambiente virtual e, em alguns dispositivos, possibilitar que se ouça mais de uma fonte de som simultaneamente. A Figura 13 apresenta a diferença entre a relação da fonte do som estéreo com o usuário e a fonte do som virtual em relação ao usuário.



Fonte: KINER (2006).

2.4.1.3 DISPOSITIVOS HÁPTICOS

Os dispositivos hápticos ou dispositivos de reação tátil (uma vez que a palavra háptico não existe no Português e, mesmo, no Inglês trata-se de um jargão), procuram estimular sensações como o tato, tensão muscular e temperatura (GRADECKI, 1994). Diferentemente dos dispositivos de saída de visão, os dispositivos hápticos requerem uma sofisticada interação eletromecânica com o corpo do usuário. A utilização de dispositivos hápticos em sistemas de RV envolve a utilização de sistemas computacionais potentes e dispositivos de entrada e saída específicos (PIMENTEL; TEIXEIRA, 1995). Estes dispositivos são especialmente úteis em simulações em que não existe informação visual, como por exemplo, um leitor de códigos em braile. Destacam-se duas diferentes classes de dispositivos hápticos: feedback tátil e feedback de força.

Os sistemas de feedback tátil transmitem sensações que atuam sobre a pele. Sistemas de reação tátil podem incluir não apenas a sensação do toque, mas também permite que o usuário perceba a geometria, rugosidade, temperatura e características de atrito de superfície associadas ao objeto tocado (BURDEA, 1996).

Sistemas que transmitem as sensações de pressão ou peso oferecem feedback de força. O meio mais estudado para a construção desse sistema é um espécie de exoesqueleto mecânico fixado no corpo do usuário, fazendo com que determinados movimentos permitam-lhe sentir o peso ou a resistência do material de um objeto no mundo virtual. Alguns sistemas transmitem reação de força apenas para as mãos e braços. Pelo uso de pistões, por exemplo, é possível controlar a quantidade de resistência do braço e/ou da mão do usuário. Porém, desta forma limita-se a o número de possíveis situações de feedback, além aumentar o custo do sistema (GRADECKI, 1995).

Um exemplo de dispositivo que permite o feedback tátil é a linha PHANToM da SensAble. Um braço mecânico, motorizado, de menor proporção com uma caneta stylus na extremidade, usado para modelagem virtual. O dispositivo aplica uma pequena força contra o movimento do usuário como feedback, simulando o toque da caneta em um objeto.

Figura 14 – Dispositivo Háptico. Linha PHANToM da SensAble.



Fonte: internet

2.4.2 Dispositivos de Entrada de Dados

O participante da experiência de RV pode “entrar” no mundo virtual por intermédio dos dispositivos de saída de dados. Os dispositivos de entrada, por outro lado, permitem a movimentação do usuário e sua interação com o mundo virtual. Sem um dispositivo de entrada de dados adequado o usuário participa da experiência de RV de forma passiva.

Kirner (2006), separa os dispositivos de entrada em duas categorias: dispositivos de interação e dispositivos de trajetória. Os dispositivos de interação permitem ao usuário tanto a movimentação quanto a manipulação de objetos no mundo virtual, de forma direta ou indireta. Já os dispositivos de trajetória ou rastreamento, são encarregados pelo rastreamento do corpo, ou partes do corpo, do usuário, monitorando seus movimentos e criando a sensação de presença no mundo virtual detectando sua localização no mesmo. Tomando como exemplo um HMD com um dispositivo de trajetória na cabeça do usuário, no momento em que o usuário movimenta a cabeça para, a imagem de saída que ele recebe atualizará para se adaptar ao novo ponto de vista.

2.4.2.1 DISPOSITIVOS DE INTERAÇÃO

Existem diferentes dispositivos de interação com diferentes finalidades. A respeito do dispositivo de interação o qual se deve utilizar em determinado sistema de RV, leva em conta não apenas a finalidade do sistema, mas também os pacotes computacionais utilizados, pois a eficiência do sistema vai depender da capacidade destes pacotes em aproveitar as características do dispositivo de interação utilizado (KIRNER, 2006).

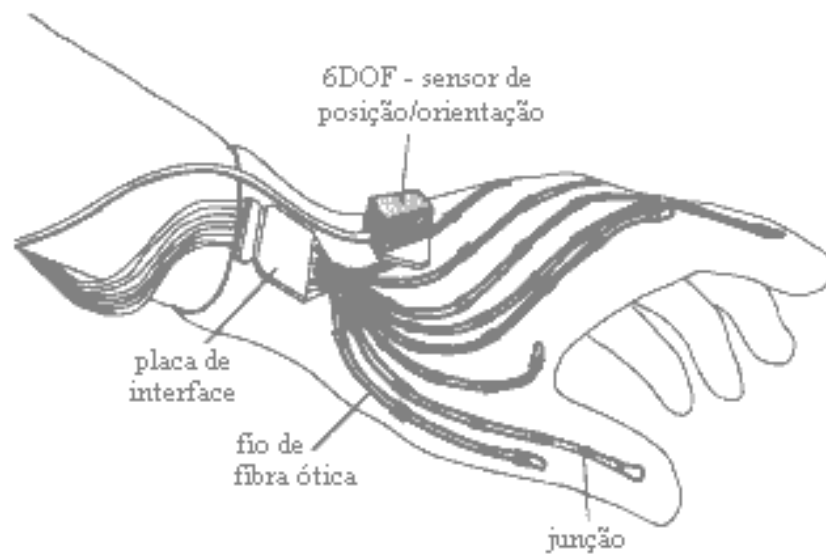
2.4.2.1.1 *Dataglove*

A dataglove (também conhecido como luva de dados, em português) é utilizada em sistemas de RV para reconhecer e capturar os movimentos dos dedos da mão do usuário que veste a luva (STURMAN & ZELTZER, 1994). Na maioria dos equipamentos disponíveis são utilizados sensores mecânicos ou de fibra óptica, sendo que as versões mais populares de luvas de dados utilizam fibra óptica. Seu uso consiste em um fio de fibra óptica com junções. Quando

a junta é movida o cabo dobra-se reduzindo a passagem de luz por ele. Essas variações de luz são resumidas e transmitidas para o computador.

Às luvas de dados também pode ser adicionado um sensor de movimentos, neste caso um dispositivo de trajetória permitirá a localização da mão do usuário no espaço através deste sensor (KIRNER, 2006). O esquema básico deste tipo de luva pode ser visto na Figura 15.

Figura 15- Esquema de uma luva de dados baseada em fibra ótica.



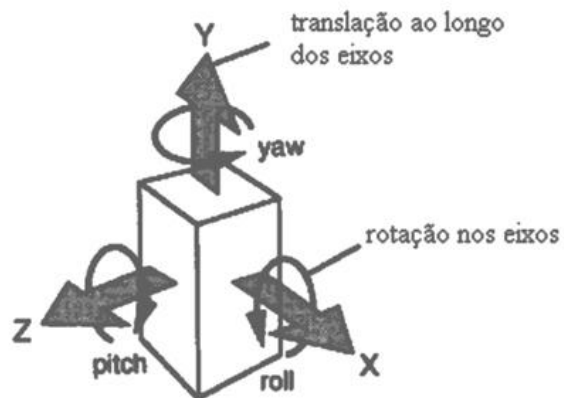
Fonte: PIMENTEL (1995)

2.4.2.1.2 Dispositivos com graus de liberdade

A interação em um ambiente virtual nem sempre necessita de um complexo, e às vezes caro, dispositivo. Algumas tarefas podem ser realizadas simplesmente com dispositivos de 2DOF, como um mouse ou um joystick. Mesmo limitando as possibilidades de movimento, estes dispositivos reduzem o tempo de resposta do sistema, pois são processados com maior rapidez, e são de fácil utilização (KIRNER, 2006).

Dispositivos com 6DOF permitem uma movimentação mais ampla no ambiente virtual pois permitem a movimentação em todas as direções do espaço 3D, incluindo movimentos de rotação e translação, como se observa na Figura 16.

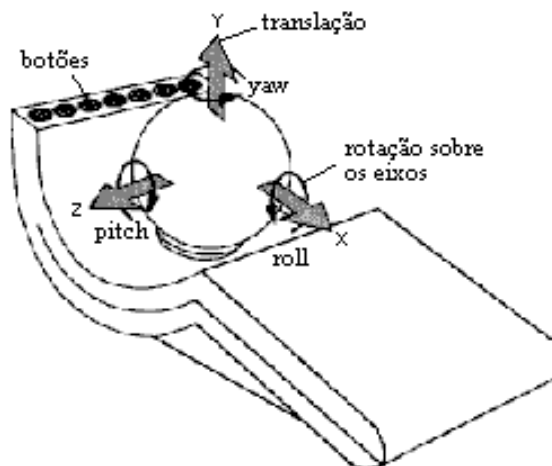
Figura 16 - Representação dos seis graus de liberdade em ambientes virtuais.



Fonte: KIRNER (2006)

Segundo Kirner (2006), algumas empresas procuram modificar o projeto do mouse padrão para que este possa funcionar com sensores de trajetória de 6DOF ou 3DOF. Esses dispositivos passam então a utilizar dispositivos de rastreamento ultrassônicos ou eletromagnéticos, ficando sua eficiência dependente da qualidade do sistema de rastreamento dos movimentos. Já os dispositivos chamados isométricos, ou bolas isométricas, são fáceis de manipular e apresentam uma diferença crucial em relação aos demais dispositivos 6DOF, pois são capazes de medir a quantidade de força aplicada a eles. Costumam constituir-se de uma bola sobre uma plataforma com botões que são configurados via software (Figura 17).

Figura 17 - Esquema de uma bola isométrica.



Fonte: PIMENTEL (1995)

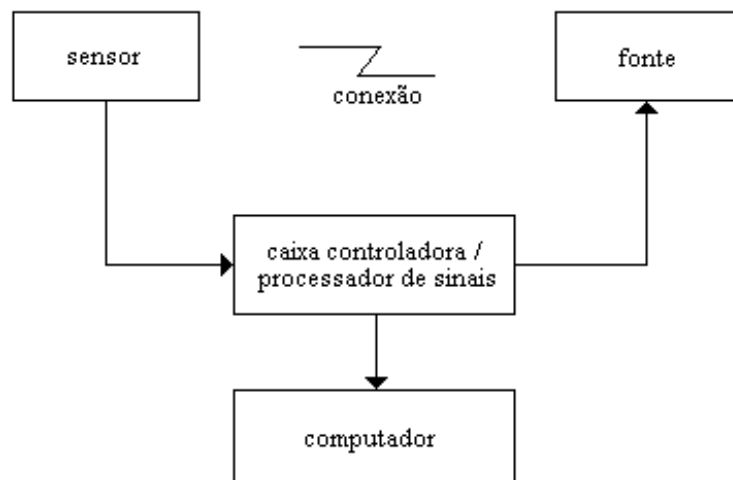
2.4.2.1.3 Sensores de entrada biológicos

Sensores de entrada biológicos processam atividades indiretas como, por exemplo, comando de voz e sinais elétricos musculares. Em sistemas de RV o reconhecimento de comandos de voz pode facilitar a execução de tarefas no ambiente virtual, principalmente quando as mãos estiverem ocupadas em outra tarefa e impossibilitadas de acessar o dispositivo controlador responsável pela navegação no ambiente virtual. Já os dispositivos que utilizam sinais elétricos musculares são capazes de detectar atividades musculares por meio de eletrodos postos sobre a pele, permitindo ao usuário movimentar-se no mundo virtual pelo simples movimento dos olhos, por exemplo (NETTO, 2002).

2.4.2.2 DISPOSITIVOS DE TRAJETÓRIA

Dispositivos de interação de trajetória, também conhecidos como dispositivos de rastreamento, baseiam-se na diferença de posição em relação a um ponto ou estado de referência. Ou seja, existe uma fonte que emite o sinal, o qual pode estar localizada no dispositivo de interação, um sensor que recebe o sinal e um controlador que processa o sinal e realização a comunicação com o computador (PIMENTEL, 1995).

Figura 18- Diagrama de um sistema de dispositivo de trajetória.



Fonte: NETTO (2002)

A maioria dos dispositivos de trajetória usa pequenos sensores fixados no corpo do usuário (ou sobre objetos). Essa técnica é conhecida como *tracking*⁴ ativo. Neste caso são utilizadas técnicas eletromagnéticas, ultrassônicas, mecânicas ou óticas para fazer a medida dos movimentos. Diferentemente do *tracking* ativo, outros dispositivos utilizam o *tracking* passivo, o qual utiliza câmeras ou sensores óticos ou de inércia para monitorar o objeto e determinar sua posição e orientação. Dispositivos de *tracking* passivo utilizam apenas um sensor para rastrear o objeto (PIMENTEL, 1995).

2.5 CONTROLES DE GAMES

2.5.1 Paddle e Joystick

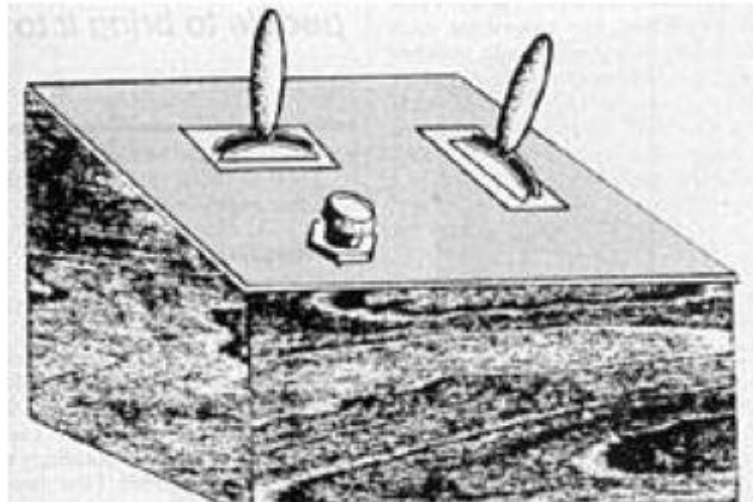
Segundo Cummings (2007), os primeiros jogos virtuais não possuíam um equipamento especial desenvolvido para serem executados, logo acabavam sendo executados em computadores ou osciloscópios e botões atrelados à resistores serviam como controladores. Para alguns, o primeiro jogo que se tem notícias é o *Spacewar*, desenvolvido no computador PDP-1⁵, em 1961 por Steve Russell. O jogo envolvia atirar e desviar de torpedos disparados pelo aeronave adversária. Sendo a tecnologia disponível na época, em um primeiro momento, o usuário contava cinco interruptores para a realização dos comandos de rotação para esquerda e direita, aceleração, disparo e hiperespaço (uma supera celeração). Os interruptores eram providos apenas do estado de ligado e desligado, ou seja, para acelerar a aeronave o interruptor devia ser acionado e para desacelerar a aeronave o interruptor devia ser pressionado novamente, desligando-o. O mesmo servia para as outras funções. Além disso, o usuário tinha que memorizar quais interruptores realizavam as tarefas disponíveis.

⁴ Rastreamento

⁵ Programmed Data Processor – 1. Famoso por ser o computador mais importante na criação da cultura hacker no MIT.

Não havia um mapeamento natural entre a posição dos botões e suas respectivas funções. Assim, havia uma vantagem de jogadores mais experientes sobre jogadores novatos. Devido à jogabilidade confusa foi desenvolvida um controle com formato de caixa com apenas duas alavancas e um botão. O controle pode ser observado na Figura 19, a seguir.

Figura 19 - Um sketch do controle desenvolvido para *Spacewars*.

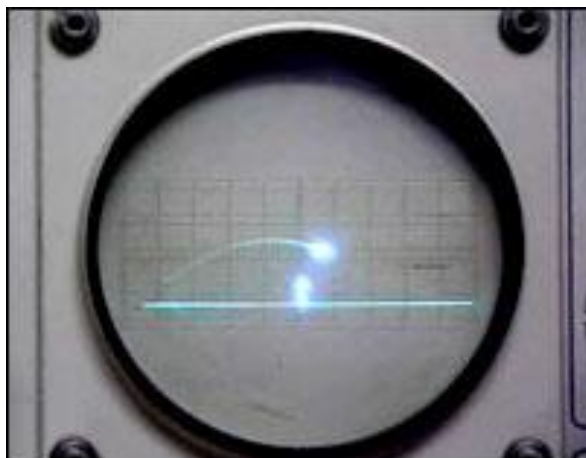


Fonte: CUMMINGS (2007).

Anterior ao *Spacewar*, podendo ser considerado por alguns autores o primeiro jogo existente é o *Tennis for Two* (Tênis para dois), desenvolvido por Willy Higinbotham em 1958. O game foi desenvolvido em um osciloscópio e tinha o objetivo de entreter os visitantes do laboratório de Higinbotham (Figura 20). O jogo era manipulado através de um controle com uma pequena roda giratória (conhecido como *paddle*) ligado ao osciloscópio por um fio. Com esse simples dispositivo o usuário determinava o ângulo de lançamento da bola girando a roda.

Segundo CUMMINGS (2007), o *Spacewar* foi o primeiro jogo no qual os controles disponíveis afetaram o desenvolvimento do jogo, já que o jogo foi desenvolvido para mostrar a capacidade e limitações do PDP-1, e tanto *Tennis for Two* como *Spacewars* são exemplos de como um jogo proporcionou o desenvolvimento de um novo controle.

Figura 20 – *Tennis for Two* sendo jogado em um osciloscópio.



Fonte: CUMMINGS (2007).

Mesmo a tecnologia do controle utilizada no *Tennis for Two*, o *paddle*, sendo mais antiga, foi escolhida para ser aplicada no próximo console famoso a ser desenvolvido. Em 1972, o primeiro console⁶ doméstico surgiu. O Magnavox Odyssey – conhecido no Brasil como Telejogo – foi desenvolvido por Rudolf Heinrich Baer para ser o primeiro videogame a ser ligado à uma televisão. O console permitia jogar tênis de mesa, voleibol, basquete, entre outros jogos, utilizando também um controle paddle.

A forma do controle era básica, uma caixa com duas pequenas rodas giratórias, uma permitia movimentos horizontais e, a outra, movimentos verticais (Figura 21). O tamanho do controle e sua base plana implicam que sua posição de uso é sob uma superfície plana, e não necessariamente na mão do usuário. Logo, nota-se a fusão de conceitos anteriores como um dispositivo no qual os controladores das ações do jogo se diferem do dispositivo no qual está sendo rodada aplicação, como no *Spacewars* e o uso de *paddles*, para a jogabilidade de um jogo pouco complexo. Como, aparentemente, o design do controle não indica a movimentação do controle, o usuário necessita se manter fixo para jogar, o que possivelmente causava desconforto depois de determinado tempo. O console também foi o primeiro a contar com uma pistola de luz.

⁶ Como são conhecidos os videogames, ou somente o dispositivo que executa os jogos.

Figura 21– Console Magnavox Odyssey e seus controles.



Fonte: www.m-e-g-a.org

Apesar do Odissey ter tido boa aceitação do público, logo deu lugar ao ícone dos vídeo games: Pong, da Atari. O jogo em si, não era novidade pois já havia sido lançado no Odyssey, porém somente ganhou reconhecimento no console que popularizou os videogames domésticos. O controle deste console (Figura 22) tem a mesma funcionalidade do controle do Odyssey – possuindo duas rodas giratórias, para interação de dois jogadores, em um grande controle que indica sua utilização em superfícies planas. Mesmo com a jogabilidade permanecendo da mesma maneira, o controle mostra uma melhora no design (LU, 2003).

Figura 22– Console e controle Pong.



Fonte: Wikipédia

Em 1976, em meio ao sucesso de Pong, um videogame chamado Channel F chama a atenção pelo seu valor e um controle diferente para a época. Seu controle (Figura 23) foi o primeiro a ser projetado pensando no usuário e em como ele se ajustaria em sua mão.

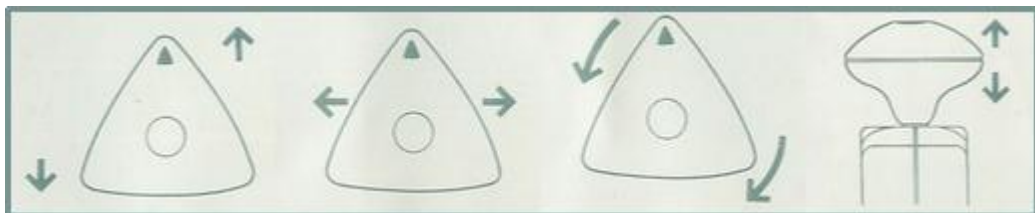
Figura 23 – Controle do console Channel F.



Fonte: adaptado de thedoteaters.com

O botão triangular na ponta do controle, permitia 8 movimentos diferentes: rotação (esquerda e direita), quatro direções (para frente, para trás, direita e esquerda), além de permitir ser pressionado e puxado, como pode ser visto na Figura 24. Seu formato e funcionalidade serviram como base para o controle mais icônico da história dos games: o joystick da empresa Atari.

Figura 24 – 8 movimentos do controle do console Channel F.



Fonte: autor.

Em 1978, é lançado o Atari 2600, que era acompanhado pelo primeiro joystick, desenvolvido pela empresa Atari. O controle possuía uma base quadrada com um cilindro anexado e um botão na ponta (Figura 25).

Seu formato e tamanho eram mais precisos para a mão do usuário, além de ser mais leve que os controles anteriores, o que permitia ser pego, ou seja, o usuário podia usá-lo suspenso, deixando o usuário livre para manter uma posição mais confortável durante o uso. O uso do joystick – ou manche, como também era conhecido no Brasil –, dava mais controle ao usuário, aumentando a interação e permitindo o uso de apenas uma das mãos para controlar o joystick, enquanto a outra mão segurava o controle e pressionava o botão que se encontrava na base do controle.

Figura 25– Controle do Atari 2600.



Fonte: internet

Mesmo que o joystick tenha sido baseado no sistema de controle de aeronaves, o controle possuía um design simples. Tal simplicidade era necessário, já que a maioria dos usuários nunca havia jogado videogame em casa antes (CUMMINGS, 2007). O conceito do joystick foi amplamente utilizado nos controles, após ser aplicado novamente no controle do console Nintendo 64 da empresa Nintendo como um direcional analógico.

2.5.2 Gamepad

Após a fase dos joysticks, a empresa Atari desenvolveu o primeiro controle gamepad (ou joypad), porém somente em 1983, com a o *Nintendo Entertainment System* (NES) da Nintendo, o estilo de controle tornou-se popular. O controle consiste em um botão em forma de cruz, onde cada extremidade é na verdade um botão independente – também conhecido por, botão direcional ou D-Pad – e dois botões, sendo o sistema ligado ao console por um fio. O sistema facilitava o posicionamento do controle entre as mãos, podendo ser utilizado com os polegares (Figura 26).

Figura 26– Controle gamepad do console NES, da Nintendo.



Fonte: Javier Laspiur (Behance)

Para Cummings (2007) e Kavakli & Thone (2002), a evolução do controle joystick para o gamepad foi necessária por vários motivos. Entre eles, a sensibilidade à leves movimentos devido à sua natureza analógica. Para Cummings (2007) esta é a principal desvantagem dos joysticks e o motivo pela utilização do joystick em aeronaves.

Cummings (2007) também acrescenta ao discurso a falta de necessidade de uma precisão analógica nos jogos da época, já que na maioria dos jogos em duas dimensões (2D) os usuários somente realizavam movimentos para esquerda e direita, em uma determinada velocidade pré-estabelecida, e saltavam para desviar de inimigos ou obstáculos. Ou seja, o

uso de um sistema analógico se torna irrelevante, já que não era necessário saber o quanto o botão foi pressionado, mas bastava que fosse acionado.

Com a popularização do gamepad, o estilo de controle tornou-se padrão. Outras empresas passaram a desenvolver melhorias para o controle. A Sega foi uma das empresas a desenvolver um controle, para o console Mega Drive, em 1988. O controle do Mega Drive era semelhante ao do *NES*, porém a diferença era evidenciada nas curvas do controle. Além do formato orgânico do controle do Mega Drive - ao invés do retangular proposto no *NES*, o que indicava melhorias ergonômicas e uma evolução do controle -, a implementação de um terceiro botão, adicionava mais opções de jogabilidade ao usuário e mais complexibilidade ao jogos. Tal complexibilidade não se refere à dificuldade do jogo, e sim ao mapeamento dos diferentes botões do controle relacionados as diferentes ações do jogo. Em 1993, a sega lança um controle idêntico para o Mega Drive, porém com seis botões, para o jogo de luta *Street Fighter II*. A Figura 27 a seguir mostra a interface de ambos os controles lançados pela Sega, à esquerda está o controle com três botões e à direita o controle com seis botões.

Figura 27– Controle gamepad do Mega Drive com três botões (esquerda) e seis botões (direita).



Fonte: internet

Como um formato mais curvo, seguindo uma estrutura formal semelhante ao seu concorrente, a Nintendo lança outro console e, conseqüentemente, outro controle icônico. O Super Nintendo Entertainment System (SNES), lançado em 1990, possuía uma evolução do gamepad do seu concorrente Mega Drive.

O formato foi projetado mais curvo em comparação ao seu controle antecessor além de contar com um quarto botão na face frontal do controle (Figura 28). Contudo, cores foram usadas como forma de distinguir os botões, além de letras, o que já havia sido utilizado no controle do Mega Drive. Mais dois botões foram acrescentados à parte superior do controle, os quais são facilmente acessados com os dedos indicadores, tendo em vista a pré-disposição dos dedos naquela posição desde o primeiro gamepad.

Figura 28 – Controle gamepad do SNES da Nintendo.



Fonte: internet

2.5.3 Controles Analógico (com Joystick)

Desde o surgimento do gamepad, o joystick pareceu estar ultrapassado. Porém seu uso foi necessário com o surgimento de jogos em três dimensões (3D). O primeiro controle contendo um joystick, após o surgimento do gamepad, foi o Nintendo 64 (N64) da Nintendo (Figura 29). O controle era um gamepad provido de um pequeno joystick no centro, além de possuir um formato diferente do padrão. O controle possui empunhaduras (pegas) nas extremidades, utilizadas para segurar melhor o controle. Contudo, há uma empunhadura no centro do controle. Essa empunhadura causa certa estranheza, porém ela é responsável por um melhor posicionamento na utilização do analógico no centro do controle. A posição é demonstrada na Figura 29.

O controle traz um layout dos botões semelhante aos anteriores, porém foi incluído um botão em formato de gatilho na parte posterior do controle. Além dos itens citados, também foi projetado uma entrada para um dispositivo externo de resposta tátil, ou seja o controle poderia vibrar como resposta a determinadas ações ou comandos realizados pelo usuário.

Figura 29 – Controle gamepad com analógico do N64.



Fonte: nintendoblast.com.br

Para Cummings (2007) o reinvento do joystick como um botão analógico se deu pela necessidade que os desenvolvedores da Nintendo possuíam em manipular, de forma independente, o personagem e a câmera do jogo em todas as direções. Para resolver esse problema, foram criados 4 botões (amarelos na Figura 29) os quais, em alguns jogos, eram responsáveis pela movimentação da câmera.

A Sony resolveu este problema com outro analógico no desenvolvimento de seu controle DualShock (Figura 30) para o console PlayStation (PS). O controle da Sony possuía como vantagem em poder interagir no jogo e posicionar a ponto de vista (a câmera) ao mesmo tempo com sua dupla de analógicos. A novidade foi bem aceita pelo público, levando a novidade para todos os próximos controle da empresa até hoje, sem muitas modificações.

Figura 30 – Controle gamepad do PS da Sony.



Fonte: internet

O layout do controle DualShock foi aplicado, inclusive, em controles de outras empresas, com algumas modificações como, no controle do GameCube da Nintendo e no primeiro controle de Xbox da Microsoft, por exemplo. O layout consiste em: um botão D-Pad, dois analógicos ao invés de apenas um, quatro botões frontais e quatro botões na parte superior. Os dois botões incluídos foram chamados de triggers (gatilhos) devido à sua utilização em jogos de tiro em primeira pessoa (First Person Shooter, FPS).

O Dualshock⁷ também possui resposta tátil, já que, diferentemente do controle de N64, possui, internamente, dois pequenos motores que vibram em resposta a determinadas ações ou em algumas cenas de alguns jogos, não sendo necessário um dispositivo externo para tal função.

A Microsoft também contribuiu para o aprimoramento do controle gamepad. Seu console Xbox surgiu, e com ele um controle gamepad. Com o excesso de críticas e reclamações do primeiro desenho do controle, o mesmo foi redesenhado. Porém, somente com o lançamento do console Xbox 360, o controle chegou à forma que conhecemos hoje (Figura 31). O controle de Xbox 360 é bem querido entre a comunidade gamer, assim como o controle do PlayStation3 (PS3), Dualshock3, da Sony, chegando a motivar discussões em fóruns na internet e em redes sócias sobre qual é o melhor controle.

⁷ Dual (relativo a dois), Shock (tremor). Algo como duplo tremor ou dupla vibrações.

Figura 31 – Controle gamepad do Xbox 360 da Microsoft. Vista frontal (esquerda) e lateral (direita).



Fonte: ign.com

Desde a aplicação do botão analógico, os jogos em 3D passaram a utilizá-lo como meio principal de movimentação no mundo virtual, o que reduziu a importância do D-Pad em controles gamepad. Com base nisso, o controle do Xbox 360 foi projetado com a inversão da usual posição entre o botão analógico e o D-Pad do controle, salientando a importância do analógico e deixando-o mais acessível.

Outra implementação importante no aprimoramento é a melhoria na experiência de jogo do usuário. E, de acordo com Lu (2003), um controle bem projetado pode contribuir para identificar diferentes experiências de jogadores que sentiram maior facilidade em jogar determinados estilos de jogos devido ao design do controle. A exemplo disso estão os botões superiores do controle do Xbox 360. Esses botões ficaram famosos entre os jogadores de FPS, devido ao formato do botão trigger (TAKAHASI, 2002). Diferentemente do triggers do DualShock, possuem um formato de gatilho, com uma extremidade levemente ressaltada para cima, deixando o indicador posicionado, evitando escorregamento ao ser pressionado e aumentando a qualidade, no caso dos jogos em FPS, dos disparos realizados pelo jogador.

Além do conforto na empunhadura e nos botões, o controle também foi pensado para que o usuário seja livre para jogar a distância que preferir do console, já que que o controle é wireless (sem fio) e se conecta com o console por Bluetooth⁸.

⁸ Comunicação sem fio que conecta dispositivos a certa distância. Fonte: bluetoooh.com

2.5.4 Controle de movimento

Em 2005, a Microsoft inicia a sétima geração de consoles com o Xbox 360 e no ano seguinte a Sony lança o PS3. Segundo Wolf (2012), apesar dos analistas da indústria dos games e fãs trocarem opiniões sobre uma competição entre os dois consoles, foram as vendas do console Wii da Nintendo que realmente surpreendeu.

O Wii não possuía uma qualidade gráfica comparável ao seus concorrentes, porém, de acordo com Wolf, seu sucesso surgiu com base no público alvo diferente de seus concorrente – sendo bastante popular entre mulheres, idosos e grupos de pessoas com um estilo de jogo categorizado como jogos casuais – e na implantação da tecnologia da detecção de movimento. Com isso, a Nintendo desenvolveu um controle completamente diferente dos padrões vistos na história dos controles.

O controle pode ser utilizado realizando movimentos com o próprio controle para realizar ações no jogo. Para Cummings (2007), controle de movimento pode realizar a aproximação com o mundo real, ou seja, movimentos no jogos podem se assemelhar a movimentos reais realizados pelo usuário. O autor exemplifica mencionando o jogo *The Legend of Zelda: Twilight Princess*, lançado originalmente para o console GameCube. Na versão para Wii, é utilizando a funcionalidade do controle para mirar e o reconhecimento de movimento para realizar ataques com a espada, ou seja, é possível desferir ataques com a espada no jogo com movimentos semelhantes realizados pelo usuário. Outro exemplo da aproximação com o mundo real é o jogo *Mario Kart Wii*, onde o usuário experimenta dirigir karts em diversas pistas com movimentos de rotação do controle principal, como um volante real.

O principal controle tem a aparência de um controle remoto (Wii Remote, à direita na Figura 32), já ou outro controle se assemelha à empunhadura que vinha sendo desenvolvida nos gamepad anteriores (Nunchuck, à esquerda na Figura 32).

Figura 32 – Controle de Wii, com sensor de movimento, da Nintendo. Nunchuck (esquerda) e Wii Remote (direita).



Fonte: internet.

O Wii Remote contém um D-pad e quatro botões como um gamepad padrão, porém é comumente utilizado na posição vertical, não havendo possibilidade de acesso fácil aos dois botões frontais (botão 1 e 2), somente ao D-pad, botão frontal A e o botão gatilho B, que se encontra na parte posterior do controle. Contudo, o controle também pode ser utilizado na vertical em algumas ocasiões, levando os botões 1 e 2 próximos ao polegar, deixando-o acessível. Nesta posição horizontal, o D-pad muda sua programação para a nova orientação, e o layout do Wii Remote torna-se semelhante aos primeiros gamepad da Nintendo, contendo um D-pad e dois botões. O controle principal também possui uma fivela que deve ser presa ao pulso do usuário para evitar acidentes. Uma importante preocupação, já que o controle promove ações, algumas vezes, agressivas e/ou suor abundante, muitas vezes nas mãos. Logo “a fivela previne que o Wii Remote saia voando pela sala caso o usuário solte o controle durante o jogo” (NINTENDO, 2015).

O Nunchuck, por sua vez, contém um botão analógico, e dois botões superiores, ambos de fácil acesso com o indicador. Esse periférico é ligado ao Wii Remote por um cabo, porém o Wii Remote não necessita de cabos, pois utiliza uma conexão Bluetooth, para a conexão com o console e baterias como forma de alimentação.

Diferentemente dos outros controles, o controle de Wii não é considerado um gamepad, mesmo podendo exercer essa função (CUMMINGS, 2007).

O desenvolvimento do Wii Remote foi acompanhado pelo desenvolvimento dos jogos para o console (WOLF, 2012), afim de uma melhor interação, conseqüentemente, melhor jogabilidade e satisfação.

Após a popularização do Wii Remote, as concorrentes (Sony e Microsoft) trataram de incluir a tecnologia em seus consoles. A Sony desenvolveu o Move (Figura 33), um controle similar ao Wii Remote, porém com melhor sensibilidade aos movimentos.

Figura 33 – Controle com sensor de movimento da Sony. Move (direita) e Navigation (esquerda).



Fonte: internet.

A Microsoft desenvolveu o Kinect (Figura 34), um dispositivo que dispensa a utilização de controle. O Kinect usa um sensor de movimento que rastreia o corpo do usuário por inteiro. Quando o usuário joga, o dispositivo reconhece não só suas mãos e membros, como também a face do usuário (XBOX, 2015). Logo, o corpo todo torna-se um controlador das aplicações uma vez que se pode até navegar pelo sistema apontando a mão e selecionar algo fechando e abrindo a mão. O Kinect, assim como o Wii, encorajou as usuários à realizarem tarefas em grupo, já que o dispositivo é capaz de captar mais de uma pessoa, tornando o jogo mais divertido. O Kinect acabou se tornando o dispositivo mais interativo, mesmo sem a necessidade de controle – ou talvez essa tenha sido a razão. Entretanto, o Kinect não se popularizou muito entre os gamers, mas é amplamente utilizado em outras áreas da tecnologia.

Figura 34 – Sensor de detecção de movimento para Xbox 360 da Microsoft. Kinect.



Fonte: internet.

Segundo Aitpayev & Gaber (2012) e Tong et al. (2012), o Kinect tem sido usado para outros fins, como aplicações de realidade virtual, computação gráfica e criação de animações 3D, bem como digitalização 3D. De acordo com Aitpayev & Gaber (2012), já é possível que usuários possam criar a si próprios como avatar através do Kinect. Tong et al. (2012) acredita que o Kinect é um bom dispositivo para arrecadação de dados em boa qualidade, à distância, em alta resolução e em tempo real para um sistema de baixo custo para a digitalização 3D.

No Apêndice A é possível observar um resumo dos layouts dos controles citados neste capítulo.

2.6 ESTUDO ANTROPOMÉTRICO E ERGONÔMICO

Para o bom desempenho do usuário com um dispositivo desse segmento, é indispensável a aplicação de conhecimentos ergonômicos e antropométricos.

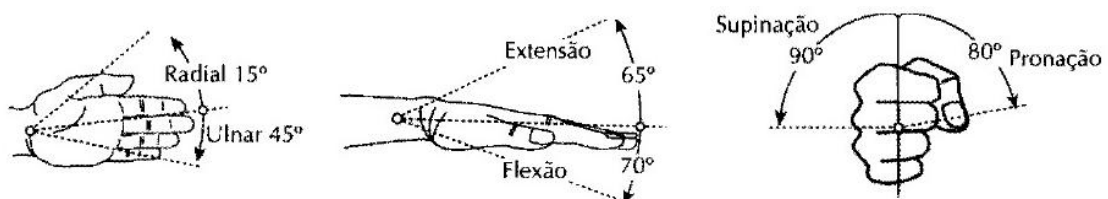
Mesmo que a pesquisa sobre ergonomia na área de games, em específico, seja escassa, é possível realizar um levantamento sobre as características gerais da antropometria humana.

Heatherly e Howard (2014) constatam que alguns problemas em controles de vídeo games já foram pesquisados e melhorados. Porém, um dos maiores desafios ainda é projetar um controle confortável. Iida (2005) diz que um produto confortável pode significar que é melhor adaptado à anatomia do usuário. O tamanho de mão é uma questão pertinente, por se tratar do desenvolvimento de um controle, já que, de acordo com Brown (2013), o tamanho do controle pode ter um impacto significativo na preferência do usuário por um controle ou outro. Com base nisso, é correto afirmar a importância em conhecer as medidas e alguns dos possíveis movimentos realizados pela mão humana no desenvolvimento de um controle.

2.6.1 Antropometria Dinâmica

Antropometria dinâmica é o estudo do alcance dos movimentos corporais e é recomendado para o dimensionamento de produtos que envolvem apenas pequenos movimentos corporais (IIDA, 2005). Em relação ao punho, a antropometria dinâmica revela medidas de alcance de rotação da mão, como pode ser visto na Figura 35.

Figura 35– Medidas (em graus) de rotação da mão.



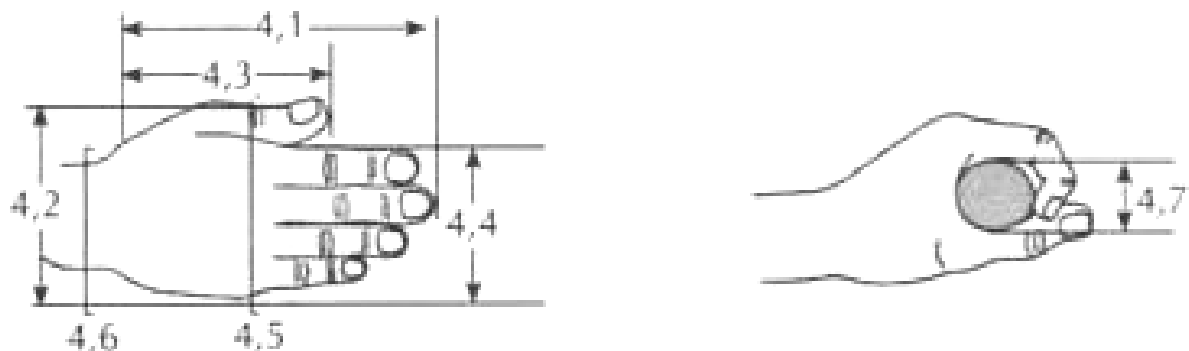
Fonte: Adaptado de Iida (2005).

Com base nos ângulos vistos, é possível prever movimentos de máximos de rotação realizados pelos usuários no desenvolvimento de controladores. O Wii Remote, por exemplo, utiliza as rotações da mão para exercer algum de seus movimentos em jogos. É comum a realização em conjunto dos movimentos da mão. Por exemplo, para apontar o Wii Remote para o sensor é necessário realizar uma inclinação ulnar – partindo do pressuposto que o controle esteja na posição neutra de conforto – deixando a face superior do controle paralelo à face frontal do sensor, e a realização de movimentos de extensão e flexão da mão para mover o cursor (esquerda e direita).

2.6.2 Antropometria Estática

Segundo Lida (2005), na antropometria estática, as medidas são realizadas com o corpo parado, ou com poucos movimentos, e uma das tabelas de medidas antropométricas mais completas é a norma DIN 33402, a qual apresenta medidas de variáveis do corpo. A Figura 36 identifica as principais medidas antropométricas da mão. A seguir, na Tabela 1, é apresentada a área da tabela da norma DIN 33402 referente à Figura 36.

Figura 36– Principais medidas da mão.



Fonte: Adaptado de Lida (2005).

Tabela 1 – Medidas (em cm) de antropometria da norma DIN 33402

Medida		Mulheres			Homens		
		5%	50%	95%	5%	50%	95%
4.1	Comprimento da Mão	15,9	17,4	19,0	17,0	18,6	20,1
4.2	Largura da Mão	8,2	9,2	10,1	9,8	10,7	11,6
4.3	Comprimento da Palma da Mão	9,1	10,0	10,8	10,1	10,9	11,7
4.4	Largura da Palma da Mão	7,2	8,0	8,5	7,8	8,5	9,3
4.5	Circunferência da Palma	17,6	19,2	20,7	19,5	21,0	22,9
4.6	Circunferência do Pulso	14,6	16,0	17,7	16,1	17,6	18,9
4.7	Cilindro de Pega Máxima (Diâmetro)	10,8	13,0	15,7	11,9	13,8	15,4

Fonte: Adaptado de Iida (2005).

De acordo com a tabela DIN 33402, é possível notar que os homens possuem medidas de mão maior que a as mulheres, em todos os percentis⁹. Logo, as mulheres possuem, em geral, mãos menores. Porém, segundo a pesquisa realizada por Brown (2013), o tamanho da mão do usuário, estatisticamente, não influencia na usabilidade de nenhum dos controles estudados por ele em sua pesquisa (Wii Remote e Nunchuck, DualShock 3 e controle do Xbox360), com a exceção do controle para Xbox 360. Tal afirmação demonstra o trabalho dos designers responsáveis pelos controles em manter o tamanho dos controles, para que não se tornem totalmente inutilizáveis por nenhum grupo de usuários.

⁹ Distribuição de estaturas ao redor da média (IIDA, 2005). No intervalo de 5% à 95% se excluí 10% da população. Os 5% mais baixos e 5% mais alto.

É possível notar a importância do assunto no estudo de Brooks (1985), no qual o autor identifica os fatores humanos para o desenvolvimento de um joystick de controle de aeronaves. O autor realiza um breve levantamento de possíveis pegadas, e as relaciona com a aplicação de movimentos rotacionais e a resistência do usuário em manter uma determinada força muscular aplicada. No desenvolvimento de seu trabalho, Brooks (1985) afirma que é praticamente impossível desenvolver uma empunhadura para mulheres com percentil de 5% até homens com percentil de 95% devido à variação de tamanho da mão entre os usuários. Ou seja, para o autor, não é possível desenvolver um controle universal, que atenda todos os usuários. O mesmo pode se dizer quanto à função do controle. Um controle apropriado para determinada função pode não servir para outra função específica (PAGULAYAN et al., 2003), ou pode não obter o desempenho esperado.

Outras partes do controle, como botões e analógicos, por exemplo, devem ser projetados pensando no conforto na utilização. Deve ser levado em consideração a distância que o usuário deve “percorrer” para alcançar o botão (partindo da sua posição neutra de conforto) para que não haja fadiga, bem como dores musculares ou desconforto, prejudicando a jogabilidade do usuário.

3 PROJETO INFORMACIONAL

De acordo com Back et al. (2008), a fase de projeto informacional se destina à definição das especificações de projeto do produto. Uma vez iniciada a execução do planejamento, são realizadas diversas tarefas que buscam a definição dos fatores de influência do produto a ser projetado.

A fim de estabelecer as especificações de projeto, são identificadas as necessidades dos usuários, as quais serão analisadas e, partir das necessidade são criados os requisitos dos usuários e, posteriormente, requisitos de projeto. Conhecidos os requisitos de projeto, é feita uma avaliação comparativa dos produtos disponíveis no mercado. (BACK et al, 2008)

3.1 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA

De acordo com as análise de Kzero (2015), uma empresa de consultoria e análise do mercado de realidade virtual e setores de realidade aumentada, a qual estima a venda de unidades de dispositivos RV por ano, serão vendidas cerca de 23,8 milhões de dispositivos de RV em 2018, somando cerca de 56,8 milhões de dispositivos vendidos entre 2014 e 2018. Nesta estimativa, são considerados três categorias de usuários: jogadores avançados e inovadores; jogadores casuais e *early adopters*; e crianças e jovens.

Da mesma maneira que Kzero (2015) estima o crescimento de vendas dos dispositivos, também são considerados a venda de jogos e aplicativos para os mesmos. Em resumo, são estimados 2.3 bilhões em vendas de jogos em 2015, 3.8 bilhões em 2016, 4.6 bilhões em 2017 e 5.2 bilhões em 2018. Somando um total acumulativo de 16.2 bilhões no período de 2014 à 2018.

A estimativa parece justificar os investimentos realizados por empresas desenvolvedoras de jogos e tecnologia, como Sony e Microsoft. Porém, apesar das estimativas de altos lucros em vendas de dispositivos e principalmente jogos, poucos são os controles já anunciados ou que se encontram disponíveis ao público.

Tendo em vista o promissor crescimento da RV e a evolução dos controles de games, na tentativa de um design que supra as necessidades de conforto e usabilidade dos usuários, surge a oportunidade de sanar as necessidades da futura geração de usuários de RV.

3.2 IDENTIFICAÇÃO DOS USUÁRIOS DO PROJETO E DO PRODUTO

Segundo Back et al (2008), o termo usuário representa todas as pessoas e organizações que de alguma forma tem interesse ou que serão afetadas pelo produto ao longo do seu ciclo de vida. Sendo assim, pode-se considerar usuários os envolvidos na produção, distribuição e comercialização do produto até o consumidor final. Além disso, podem ser classificados em internos, intermediários e externos.

3.2.1 Usuários do Projeto

No caso deste trabalho de desenvolvimento de um dispositivo de imersão em realidade, os usuários externos são os consumidores finais do produto a ser desenvolvido, o qual deve ser prioritariamente considerado durante o desenvolvimento deste projeto. Também, mas em menor proporção, são considerados técnicos responsáveis pela manutenção do produto durante sua vida útil, bem como pelo descarte e reciclagem do produto.

Usuários intermediários são aqueles envolvidos na distribuição, promoção, marketing, e vendas do produto. Neste caso, por se tratar de um projeto acadêmico, este grupo é representado de maneira teórica por empresas desenvolvedoras de consoles de videogames, lojas especializadas em jogos eletrônicos, representantes e etc.

Usuários internos são aqueles relacionados à etapa de projeto e manufatura do produto, que de alguma maneira têm interesse no desenvolvimento e/ou no resultado final do projeto. Assim sendo, esse grupo é representado pelo responsável por este projeto, alunos, professor orientador e colaboradores, instituição de ensino que proporciona o desenvolvimento deste projeto e a comunidade acadêmica.

3.2.2 Usuários do Produto

A etapa de identificação do usuário, para Back et al. (2008), deve ser atendida como prioritária, pois suas necessidades são a voz do consumidor e expressam o que ele precisa, suas vontades, desejos e expectativas.

Para o presente projeto de desenvolvimento de um dispositivo de auxílio à imersão em jogos de realidade virtual, tem-se como público alvo indivíduos que jogam jogos eletrônicos em vídeo games e/ou computadores, experientes ou com razoável prática em jogos eletrônicos, de 20 a 35 anos. A fim de revelar o perfil do gamer brasileiro, uma pesquisa Game Brasil 2015 – realizada pela empresa desenvolvedora de jogos Sioux em parceria com o núcleo de Estudos e Negócios em Marketing Digital da ESPM (Escola Superior de Propaganda e Marketing) e a empresa de pesquisa Blend New Research (especializada em pesquisa de consumo) – trouxe uma abordagem abrangente do seus hábitos de consumo.

3.2.2.1 Perfil do Gamer

A pesquisa Gamer Brasil 2015 foi realizada de 5 a 23 de Janeiro de 2015, e obteve 909 respostas. A pesquisa foi realizada virtualmente em 25 estados e recebeu o maior número de respostas em São Paulo (37,7% das respostas) seguido por Rio de Janeiro (9,2%) e Minas Gerais (9%) (GAME BRASIL, 2015).

Segundo a pesquisa Game Brasil (2015), o gamer brasileiro parece também possuir interesse em outros tipos de entretenimento como sair com os amigos (96,3%), ir ao cinema (93,4%) e acessar redes sociais (92,9%), por exemplo. Jogar games é o quarto entretenimento preferido do gamer brasileiro (92,7%).

O gênero que mais joga games é o masculino (52,9%). Porém, houve um aumento de mulheres que declararam jogar algum game (47,1%) em comparação com 2013 (41%). Entre os gêneros, 41,1% dos respondentes possuem entre 25 e 34 anos e utilizam o smartphone como plataforma mais utilizada de jogos (85%), seguido pelo computador (82,8%), videogame (56,2%) e tablet (37,4%). Apesar disso, a plataforma preferida é o smartphone (32%), seguido pelo videogame (31,1%), computador (28,9%) e tablet (7%). Pode-se observar

que há uma inversão de posições entre o computador e o videogame quanto à utilização e preferência de plataformas. De acordo com a própria pesquisa, as vantagens de jogar em computador são: a possibilidade de customizar o dispositivo (25,8%), os jogos preferidos estarem nesta plataforma (20,6%) e menor custo na aquisição de jogos (16,8%). Contudo, pode-se notar a permanência do smartphone no topo de ambas as enquetes, sendo, desta forma, considerado a plataforma de jogos preferida e mais utilizada.

Ainda é possível observar que os gamers brasileiros jogam videogame em casa (55,7%), na casa dos amigos, porém, a utilização de jogos em computadores se dá, na maioria dos respondentes, em Lan Houses (63,6%).

Segundo o questionamento sobre videogames, o console preferido do gamer brasileiro é o Xbox 360 (42,9%), bem como é o console que os pesquisados mais possuem (42,9%). Quanto à modalidade de jogo, Ação/Tiro (também conhecidos por FPS – First Person Shooter) se apresentam como favoritos (32,8%), seguido por Aventura (26,9%) e Futebol (17,4%).

Já no questionamento sobre computadores, o dispositivo mais utilizado para jogos é o notebook (60,1%) com sistema WINDOWS 7 (44,2%). Jogar online com outros jogadores (multiplayer) (66,7%) ou com amigos em casa (54,6%), se apresentam como os modos de jogo preferidos.

De acordo com a GAME BRASIL (2015), apesar da popularidade da categoria em ambos os sexos, poucos se consideram “gamers”, ou seja, jogar é uma forma mais casual de entretenimento.

3.3 ELICITAÇÃO DAS NECESSIDADES DOS USUÁRIOS

A identificação das necessidades dos usuários é a primeira atividade propriamente dita de um projeto de produto. Back et al. (2008) ressalta que essa etapa deve ser atendida como prioritária, pois essas necessidades são a voz do consumidor e expressam o que ele precisa, suas vontades, desejos e expectativas.

Back et al. (2008) também afirma existir uma grande quantidade de métodos desenvolvidos para a identificação das necessidades do usuário. Os procedimentos utilizados são: questionários online com usuários, pesquisa em site de tecnologia e experiências pessoais.

Pelo fato de a categoria de controles para jogos em RV ser nova no mercado, e ainda não é consolidada entre os usuários brasileiros, poucos são os indivíduos que já utilizaram algum dispositivo de RV imersivo como HMD, por exemplo. Logo, foram consultados sites especializados em tecnologia, que vêm acompanhando a evolução e as novidades dos dispositivos, para saber como são percebidos os controles e os dispositivos analisados, para, a partir daí, elencar possíveis melhorias.

3.3.1 Questionário online

A fim de revelar as necessidades do usuário de controles de jogos, foi realizada uma pesquisa online. O questionário ficou disponível ao longo de 15 dias e foi respondido por 53 usuários. O questionário, que pode ser observado no Apêndice B, possuía duas etapas e seguia o esquema a seguir:

- a) Primeira etapa. Questionamento sobre experiência com realidade virtual:
 - Possui algum dispositivo de RV?,
 - Possuiria quando estivesse disponível?,
 - Já teve alguma experiência com dispositivos de RV?,
 - Acredita que a RV será aplicada em jogos?,
 - Qual estilo de jogo gostaria de jogar em RV? E qual acha que a RV melhor se aplicará?;
- b) Segunda etapa. Análise de controles de games existentes:
 - D-Pad,
 - Analógico,
 - Botões,

- Tamanho,
- Ergonomia,
- E versatilidade;

Como já explicado, o questionário possuía o intuito de verificar como os usuários percebiam suas experiências com os controles, por isso tomou uma forma mais abrangente na sua primeira etapa, já que a realidade virtual em si não é o foco do trabalho e sim um dispositivo de manuseio da mesma.

3.3.2 Conclusões a respeito do questionário

De maneira geral, a primeira etapa obteve um resultado positivo. Servindo para comprovar o interesse do público na tecnologia, bem como a expectativa pela mesma na aplicação de jogos. Porém, para o desenvolvimento deste projeto, o questionamento sobre o estilo de jogo chama a atenção, bem como o questionamento sobre experiências com dispositivos de RV.

A maioria dos usuários (62,3%), como já esperado, não teve nenhum contato com dispositivos de RV, porém os que tiveram (37,7%) comentaram ter sido uma experiência bastante imersiva e se sentiram como se estivessem mesmo dentro do jogo. Por outro lado, também comentaram a falta de interação com o jogo, a tontura ocorrida depois de algum tempo utilizando o dispositivo e o incômodo de o dispositivo pesar na cabeça, além do uso de muitos aparatos (possivelmente se referindo à HMD, cabos e controles) para a obtenção de uma jogabilidade apenas satisfatória.

Quanto à expectativa do estilo de jogo que gostariam de jogar, em comparação ao estilo que acreditam ser melhor aplicado a RV (ou, seja, terá maiores ganhos em jogabilidade com a aplicação da RV), se pode notar que jogos de aventura, seguido pelos estilos RPG (Role-playing game) e FPS, respectivamente, são os mais esperados para a nova plataforma, porém a maioria dos usuários (75,5%) acredita que FPS será o estilo que melhor se adaptará à tecnologia, seguido por Aventura e RPG, respectivamente.

Na segunda etapa do questionário foram analisados sete controles, os quais na opinião do autor são relevantes ao projeto, já que os controles representam a última geração de consoles e, dessa maneira, devem ser considerados como sistema base para melhorias tecnológicas e ergonômicas para a próxima geração de controles. Dentre os controles analisados no questionário estão: Dualshock3, controle de Xbox, Wii U Gamepad, Wii Remote e Nunchuck, Move, Nintendo 3DS e PS Vita.

É necessário esclarecer a eliminação de dois dos dispositivos nesta etapa devido ao elevado número de usuários que tinham pouco ou nenhum conhecimento, ou experiência, com o controle. São eles o Move e o PS Vita. Ainda assim, alguns comentários e conclusões a respeito dos dispositivos foram aproveitados pelo autor.

Podendo classificar os componentes de cada controle – D-Pad, analógico, botões, tamanho, ergonomia e versatilidade –, os controle do DualShock3 recebeu críticas quanto ao tamanho desconfortável para mão maiores e botões superiores escorregadios, principalmente os gatilhos.

Opiniões opostas foram levantadas sobre o controle do Xbox 360. O controle recebeu uma avaliação positiva em todos os componentes, exceto pelo D-Pad, o qual foi considerado o pior. Foram ressaltados problemas como imprecisão do movimento e posição do D-Pad no layout para alguns jogos. Entretanto, o controle recebeu avaliações positivas quanto à versatilidade de funcionamento em outras plataformas, tamanho avantajado e analógicos côncavos para uma melhor aderência do dedo ao botão, bem como seu botão de gatilho, tornando-o seguro no acionamento.

O Wii U Gamepad não teve a mesma avaliação dos demais. Sua maior avaliação em todos os componentes foi a opção de desconhecimento por parte do respondente. Isso pode ser explicado pela baixa preferência pelo console Wii U, apresentado na pesquisa Game Brasil (2015). Mesmo desconsiderando as respostas inconclusivas o dispositivo não teria sido bem avaliado, com exceção da versatilidade. Foram observadas críticas quanto ao tamanho e peso, em comparação ao outros controles, e a distância mantida entre as mãos ao segurar o controle.

Já o Wii Remote (e Nunchuck) recebeu um bom parecer quanto a quase todos os componentes, em especial a sua versatilidade e a possibilidade, ao contrário do Wii U Gamepad, da utilização em diversas posições, uma vez que esse controle contém duas partes. A independência de cada mão foi melhor quisto em comparação ao maior distanciamento entre as mãos, presente no Wii U Gamepad. Outro ponto negativo foi a presença de arestas saliente na pega do controle, podendo ser mais arredondado, como o controle Move, proporcionando maior conforto.

O dispositivo portátil Nintendo 3DS também obteve uma avaliação positiva. O D-Pad foi o componente de menor avaliação, considerado razoável. Foi comentado que seu material era muito rígido, assim como o dos botões, e seu analógico possui um aspecto escorregadio.

Ao final do questionário foi perguntado qual das alternativas de controles melhor se apresenta como opção pra ser usada em conjunto com a RV. A resposta foi o controle Wii Remote (47,2%) seguido pela opção Nenhum (17%), Move e o controle de Xbox (ambos com 11,3%). O resultado demonstra a preferência na utilização um controle para cada mão, o que na RV evidencia um alto realismo.

3.3.3 Conclusão das necessidades do usuário

Em geral, os usuários não são totalmente satisfeitos com os controles apresentados. Todas as alternativas podem ser melhoradas, porém não é possível satisfazer todos os usuários.

Para a formulação das necessidades do usuário, alguns comentários disponibilizados na pesquisa foram utilizados como parâmetro.

- a) “Horrível para quem tem mãos pequenas”

A maior quantidade de comentários que se observa, não só na pesquisa realizada, como também em sites de discussão sobre games, é quanto ao tamanho dos controles. Como a preferência do consumidor é bem variada, não se pode ter certeza em estabelecer o melhor controle, contudo é visível a preferência por dois dos controles atualmente comercializados: o DualShock3 e o controle do Xbox 360.

b) “Não é tão confortável de ficar se usando por muito tempo”

Dispositivos como o Wii Remote e Nintendo 3DS, possuem arestas menos suaves, dificultando a permanência do controle em mãos por mais tempo que outros controles. A dificuldade se dá, no caso do Wii Remote, pelo fato de o usuário segurar o controle, e não somente apoiá-lo nas mãos, como controles gamepad, por exercer uma força de encontro à aresta, causando incômodo após determinado tempo.

c) “Seria melhor se não tivesse fio”

A presença de fios na conexão do Wii Remote com o Nunchuck causa incômodos para alguns usuários, principalmente depois do posterior lançamento de controles sem fio, como DualShock3, Xbox 360 e Move. Mesmo o Wii Remote não necessitam de fios para alimentação, o Nunchuck precisa, pois nele não há uma bateria e sua alimentação se dá pelo Wii Remote.

d) “Analogico escorrega um pouco”

Em alguns botões analógicos, a superfície que está em contato com o dedo do usuário é muito arredondada, dificultando a permanência do dedo na posição de ativação do comando, pois o dedo tende a escorregar seguindo a curvatura do botão. A fim de resolver este problema, foram aplicados botões analógicos com côncavos, ou seja, com uma superfície que penetre no botão, servindo como uma espécie de trava para o dedo. O analógico presente no Nintendo 3DS também apresenta essa característica, porém o material utilizado parece ser mais liso e, conseqüentemente, escorregadio.

e) “Gasto muito com pilhas”

Controles como Wii Remote e Xbox 360, por exemplo, necessitam de pilhas para seu funcionamento. Contudo, os mesmos podem ser utilizados com baterias recarregáveis, as quais são vendidas separadamente. A bateria é um fator que influencia no aumento do peso do produto, podendo justificar a escolha por pilhas. Entretanto, tornou-se evidente a exigência da comunidade gamer por dispositivos com bateria interna, visto que se torna um incômodo ter de se preocupar em possuir um estoque de pilhas sobressalentes, bem com o investimento financeiro relativo a quantidade de pilhas gastas.

Além dos depoimentos vistos, também deve ser salientado a preocupação com outras características do controle. De acordo com a pesquisa realizada, os usuários declaram que o Wii Remote possui o estilo de controle que melhor utiliza o potencial da tecnologia RV. Esse dado pode ser entendido como uma necessidade do usuário por uma jogabilidade interativa e imersiva, sendo o estilo de controles separados, a melhor maneira desenvolvida, visto que o conceito de luvas de dados ainda não foi totalmente desenvolvido e comercializada.

Visto que o dispositivo a ser projetado ainda não possui uma especificação quanto a que tipo de produto terá interação, o dispositivo projetado deverá possuir conectividade com a maior gama de produtos possível, fazendo-se necessário a utilização de tecnologias habituais na confecção de produtos eletrônicos, a fim de garantir a conectividade entre os dispositivos.

Outro característica importante para o dispositivo a ser projetado é sua segurança na usabilidade. Visto que mesmo não tendo sido citado pelos usuários, é necessário que esteja presente como um item para que seja pensado durante o desenvolvimento do projeto.

3.4 CONVERSÃO DAS NECESSIDADES EM REQUISITOS DE USUÁRIO

Segundo Back et al. (2008), as informações obtidas através dos usuários costumam se apresentar em um tipo de linguagem informal e não uniforme. Isso se deve à diversidade de perfis dos usuários. Logo, essas informações devem ser selecionadas, classificadas e agrupadas.

Back et al. (2008) ainda afirma que, para o desenvolvimento do processo, é interessante que as necessidades sejam desdobradas e agrupadas nos requisitos de usuários. As necessidades devem ser traduzidas em requisitos através de uma linguagem apropriada ao entendimento da equipe de projeto. A conversão pode utilizar como base os atributos de qualidade do produto (BACK et al., 2008).

Diante das informações coletadas durante a pesquisa de fundamentação teórica, sites de tecnologia e questionário online, são listadas e categorizadas, na Tabela 2, as necessidades do usuário.

Tabela 2 – Conversão das necessidades em requisitos de usuário

Descrição	Requisito
Problemas com o tamanho do controle em relação a mãos pequenas	Não possuir tamanho inutilizável por nenhum grupo de usuários
Problemas em manter o controle por longo período	Possuir formato confortável, tanto na posição neutra quanto na posição de uso.
Excesso de fios atrapalham	Utilizar soluções sem fio
Botões escorregadios	Possuir aderência
Possuir compatibilidade com dispositivos	Possuir conectividade com dispositivos HMD existentes.
Possuir jogabilidade interativa	Permitir a interação do usuário com o ambiente virtual
Ser portátil	Possuir tamanho adequados ao transporte
Seguro	Evitar riscos na utilização do produto
Ser convidativo	Atrair usuário visualmente
Gastos com pilhas	Possuir bateria

Fonte: Autor

3.5 CONVERSÃO DOS REQUISITOS DE USUÁRIO EM REQUISITOS DE PROJETO

Os requisitos de usuários identificados são convertidos em requisitos de projeto. Esta etapa do projeto deve ser feita de modo que cada requisito de usuário, convertido em requisito de projeto, expresse um parâmetro mensurável, podendo ser interpretado como os próprios problemas de projeto que devem ser resolvidos. Elas têm como propósito estabelecer parâmetros, grandezas, funções, restrições e atributos do produto (BACK et al., 2008). Na Tabela 3 são apresentados os requisitos de projeto, adquiridos através da conversão dos requisitos de usuários.

Tabela 3 – Conversão dos requisitos de usuários em requisitos de projeto

Requisito de Usuário	Requisitos de Projeto
Não possuir tamanho inutilizável por nenhum grupo de usuários	Espessura de empunhadura condizente com percentis altos e baixos.
Possuir formato confortável, nas posições de uso e neutra	Evitar arestas vivas.
	Possuir curvas suaves.
Utilizar soluções sem fio	Utilização de tecnologia sem fio para conexão.
	Possuir baterias recarregáveis.

Possuir aderência	Utilização de componentes aderentes.
	Utilização de formatos que otimizem aderência.
Possuir conectividade com dispositivos HMD existentes.	Utilização de tecnologia existentes em dispositivos.
Permitir a interação do usuário com o ambiente virtual	Permitir rastreamento das mãos.
	Possuir feedback háptico.
Permitir fácil transporte	Possuir forma compacta.
	Possuir poucas peças.
Evitar riscos na utilização do produto	Evitar extremidades pontiagudas.
	Evitar arestas vivas.
	Evitar que usuário ejete o produto.
Atrair usuário visualmente	Transmitir o aspecto moderno.
Possuir bateria	Possuir baterias recarregáveis.
	Possuir método de recarga.

Fonte: Autor.

Pode-se observar como alguns atributos convertidos se repetem, uma vez que algumas das necessidades de usuários podem ser solucionadas do mesmo modo. Os requisitos de projeto que se repetem, são aqueles marcados em cinza a partir da sua segunda aparição.

3.6 PRIORIZAÇÃO DOS REQUISITOS DE PROJETO

Conhecendo os requisitos de projeto e considerando a quantidade de requisitos obtidos, é importante definir agora a prioridade de cada um deles, a fim de concentrar-se nos aspectos mais importantes para a fase de projeção. Para fazer essa priorização, realizou-se uma matriz para a priorização dos requisitos – ou matriz de relacionamentos, conforme Back et al. (2008) – em que o cruzamento de linhas e colunas é observado como um relacionamento entre requisitos de projeto e usuário.

3.6.1 Matriz de priorização de requisitos

A matriz de priorização de requisito de projeto tem por objetivo a obtenção de indicativos ou valores da intensidade com que cada necessidade do usuário afeta ou é afetada por cada um dos requisitos de projeto (Back et al., 2008).

Neste projeto realizou-se uma avaliação qualitativa, em que, para relacionamentos fracos, foi estipulado o valor 1; para relacionamentos médios, valor 3; e em requisitos fortemente relacionados, valor 5. Na Tabela 4 são exibidos as relações entre as necessidades dos usuários e os requisitos de projeto definidos.

Tabela 4 – Matriz de priorização de requisitos

Requisitos de Projeto	Requisito de Usuário										
	Não possuir tamanho inutilizável por nenhum grupo de usuários.	Possuir formato confortável nas posições de uso e neutra.	Utilizar soluções sem fio.	Possuir aderência	Possuir conectividade com dispositivos HMD existentes.	Permitir a interação do usuário com o ambiente virtual	Permitir fácil transporte	Evitar riscos na utilização do produto	Atrair usuário visualmente	Possuir bateria	RESULTADO
Espessura de empunhadura condizente com percentis altos e baixos.	5	5	1	3	1	1	1	3	3	1	24
Evitar arestas vivas.	3	5	1	3	1	1	1	3	3	1	22
Possuir curvas suaves.	1	5	1	3	1	1	1	1	5	1	20
Utilização de tecnologia sem fio para conexão	1	1	5	1	5	5	3	5	3	5	34
Possuir baterias recarregáveis.	1	1	5	1	1	1	3	5	3	5	26
Utilização de componentes aderentes.	1	3	1	5	1	3	1	5	1	1	22
Utilização de formatos que otimizem aderência.	1	3	1	5	1	3	3	5	3	1	26
Utilização de tecnologia existentes em dispositivos.	1	1	5	1	5	5	1	1	1	5	26
Permitir rastreamento das mãos.	1	1	5	1	5	5	1	1	3	3	26
Possuir feedback háptico.	1	1	3	3	3	5	1	1	1	5	24
Possuir forma compacta.	3	3	3	1	1	1	5	1	3	3	24
Possuir poucas peças.	1	1	1	1	1	1	5	3	3	1	18
Evitar extremidades pontiagudas.	1	5	1	1	1	1	1	5	3	1	20
Evitar que usuário ejete o produto.	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	14
Transmitir o aspecto moderno.	1	1	1	3	1	3	1	1	5	1	18
Possuir método de recarga.	1	1	5	1	1	1	1	3	1	5	20

Fonte: Autor

3.6.2 Requisitos de projeto priorizados

A priorização dos requisitos de projeto (Tabela 5) se deu pela soma dos valores dado para cada necessidade dos usuários em relação aos requisitos de projeto, ou seja, a soma atribuída em cada linha da tabela. O resultado obtido revela que o requisito que mais se relaciona com os demais é a utilização de um sistema sem fios para conexão de dispositivos. Entretanto, foi estabelecido, anteriormente, um requisito que prioriza o uso de uma tecnologia já existente nos dispositivos disponíveis atualmente. A possível contradição que os requisitos possam gerar pode ser impedida retirando o requisito “Utilização de tecnologias existentes em dispositivos” da lista, pois devemos priorizar a utilização de uma tecnologia wireless com o dispositivo para qual o controle terá comunicação.

Tabela 5 – Requisitos de projeto priorizados

Requisitos de Projeto Priorizados	Resultado
Utilização de tecnologia sem fio para conexão	34
Utilização de formatos que otimizem aderência.	26
Permitir rastreamento das mãos.	26
Possuir baterias recarregáveis.	26
Espessura de empunhadura condizente com percentis altos e baixos.	24
Possuir feedback háptico.	24
Possuir forma compacta.	24
Evitar arestas vivas.	22
Utilização de componentes aderentes.	22
Possuir curvas suaves.	20
Evitar extremidades pontiagudas.	20
Possuir método de recarga.	20
Possuir poucas peças.	18
Transmitir o aspecto moderno.	18
Evitar que usuário ejeite o produto.	14

Fonte: autor

4 PROJETO CONCEITUAL

Uma vez definidas as especificações do projeto, pode-se partir para a definição do conceito ou ideia do produto, que representa a síntese das características que o produto deve possuir. Segundo Back (2008), o conceito representa a reunião das características do produto estabelecidas sob diferentes perspectivas, em função da visão e da linguagem. O conceito pode se apresentar de diversas maneiras, tais como a descrição das características necessárias ao produto, sua descrição funcional ou a mensagem que este passa ao consumidor.

Nesta etapa do projeto são realizadas atividades que buscam conceber a estrutura funcional do produto. Para isso foi determinado o conceito, as possíveis tecnologias e estilo, para a concepção das alternativas, as quais passam por uma análise comparativa para seleção de somente uma.

4.1 TECNOLOGIA

A fim de estabelecer um conceito para o produto a ser desenvolvido, como qual tecnologia utilizar, por exemplo, serão apresentados alguns controles que podem ser úteis na definição do conceito do produto.

4.1.1 Rastreamento

Primeiramente, é necessário indicar a atual existência de dois estilos de HDM sendo desenvolvidos. O primeiro é o dispositivo HMD convencional, no qual o usuário utiliza o dispositivo em um computador, como Oculus Rift, HTC Vive, por exemplo. Já o segundo é o HMD mobile, como Google Cardboard e Samsung Gear VR, o qual utiliza o smartphone como tela e sistema operacional. Tal diferença se torna muito importante para o controle a ser desenvolvido, visto que, até o momento, não foram anunciados oficialmente controles de caráter imersivo para dispositivos baseados em smartphone. Porém pode-se encontrar na internet alguns dispositivos em desenvolvimento que utilizam tecnologias alternativas no funcionamento do controle. Tal fato pode ter relação com a dificuldade de estabelecer uma

conexão do controle com o HMD que possibilite a interação do usuário com o ambiente virtual. A exemplo disso, tem-se os controles dos dispositivos HMD convencionais, como o Oculus Rift, por exemplo, que possui um sensor óptico que rastreia (neste caso, recebe) a posição do MHD e dos controles (Figura 37-A), havendo a necessidade de um ou, em alguns casos, dois dispositivos de rastreamento. Já o HTC Vive, apesar de também possuir um dispositivo de rastreamento (Figura 37-B), funciona de uma forma inversa. O “dispositivo de rastreamento” envia sinais de luz, que são recebidos pela câmera frontal do HMD, calculando, assim, sua posição. Em ambos os HMD, o usuário tem livre movimento em nos eixos XYZ, ou seja, 6 grau de movimento.

Figura 37 - Controles e sistemas de rastreamento. A) Oculus Rift; B) HTC Vive



Fonte: autor

Para a conexão de controles com dispositivos que utilizam smartphones, a RevolVR está desenvolvendo um controle com um conceito semelhante ao HTC Vive. Utilizando a câmera do smartphone, uma luz de led e um aplicativo instalado no smartphone, foi possível desenvolver um protótipo de controle que permite movimentar-se livremente no plano XY (Figura 38). O software reconhece e rastreia a luz emitida pelo led, calcula, identifica sua posição e transmite para a aplicação virtual.

Outro sistema aplicado a HMD mobile é o sistema RealControl desenvolvido pela Realiteer. Com o uso de um código impresso no papel (Figura 39), a desenvolvedora já aplica esse

sistema em alguns jogos de RV. Seu funcionamento também se dá pela captação da câmera do smartphone, porém é utilizada uma marcação – um código – que é rastreado pela câmera e transmitido ao aplicativo.

Figura 38 – Sistema de rastreamento por luz, RevolVR.



Fonte: internet

Figura 39 – Sistema de rastreamento por código impresso, RealControl.



Fonte: realiteer.com

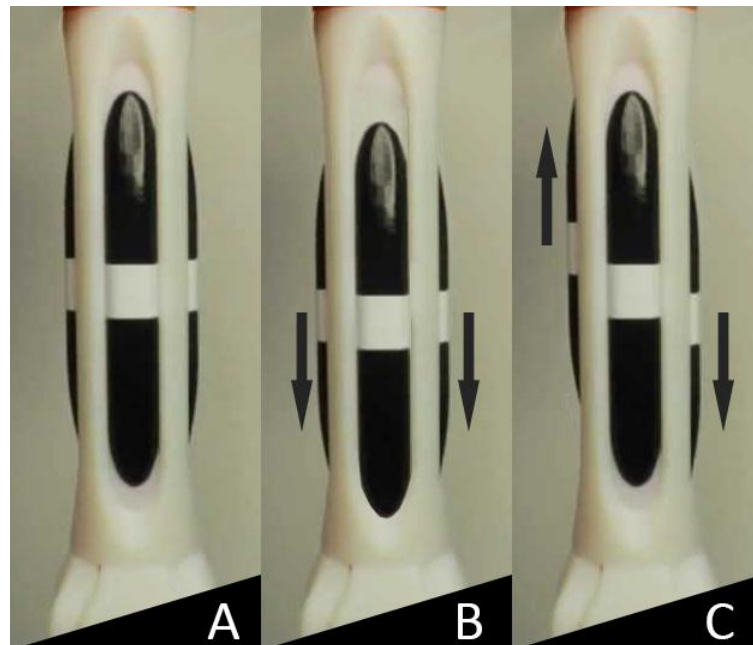
A vantagem destes sistemas se dá no aumento do realismo para jogos de tiro, em comparação a jogos de convencionais para smartphone, onde o usuário somente podia realizar disparos no centro da tela, obrigando o usuário a alinhar sua visão no alvo desejado. Com o rastreamento, o usuário pode realizar movimentos no plano XY à vontade e mirar nos alvos sem a necessidade de mantê-los no centro da tela. Ambos os sistemas para HMD mobile são mais simples, em comparação aos HMD convencionais, e necessitam de pouco material, pois sua funcionalidade é dependente de uma aplicação de conversão dos dados recebidos pela câmera. Tanto o RevolVR, quanto o RealControl, possuem aplicações que realizam a tarefa da conversão.

4.1.2 Feedback

Ao contrário dos convencionais, os HMD mobile ainda não possuem controles de caráter imersivo oficiais anunciados por grandes desenvolvedoras. Porém, alguns projetos independentes em desenvolvimento ou em fase de teste podem ser encontrados.

O controle é responsável, em sua maioria, pelo aspecto de feedback da RV, pois, junto à mudança de ponto de vista em tempo real realizada pelo HMD, é o único parâmetro em que o usuário pode receber um estímulo de resposta do mundo virtual como resposta. Por esse motivo, muitos controles são projetados com dispositivos que possibilitam que o controle vibre. Reactive Grip é um controle em desenvolvimento, pela Tactical Haptics, com o intuito de aprimorar o fator responsivo que o usuário recebe. O controle funciona imitando forças aplicadas no mundo virtual e replicando-as em pequenas barras dispostas ao redor da empunhadura do controle (Figura 40-A). Estas barras, quando acionadas, deslizam verticalmente levando o usuário a perceber objetos virtuais como mais realismo, ou seja, o sistema permite que o usuário perceba tanto peso de um objeto, deslizando as barras para baixo (Figura 40-B), quanto o movimento do recuo de um disparo, por exemplo, movendo rapidamente as barras em direções opostas (Figura 40-C).

Figura 40 – Sistema de feedback Reactive Grip e seus movimentos.



Fonte: tacticalhaptics.com (adaptado)

Este dispositivo não conta com um sistema de rastreamento, pois é utilizado como complemento para outros controles com rastreamento, como Wii Remote ou Sony Move entre outros (Figura 41).

Figura 41 – Aplicações do Reactive Grip em outros dispositivos com rastreamento.



Fonte: internet

4.1.3 Wireless

Além das diferenças citadas, os HMD convencionais – Oculus Rift e HTC Vive – são providos de cabos, tanto para alimentação, quanto para processamento gráfico. Pode-se considerar uma vantagem a alimentação por cabos, no que diz respeito à sensação de imersão, pois uma bateria deixaria o dispositivo mais pesado, enquanto um dispositivo mais leve pode proporcionar a sensação de não estar utilizando dispositivo algum. Entretanto, os cabos podem ser um perigo ao transitar por um espaço utilizando um HMD, sem enxergar o que está no caminho, especialmente pelo fato de ser uma das premissas da tecnologia de RV. Já no que diz respeito ao processamento de imagem, é de se esperar que a qualidade das imagens, em dispositivos HMD convencionais, sejam mais precisas e de alta realidade. Sendo assim, um computador de alto desempenho é recomendado para que possa suprir as necessidades gráficas dos HMD convencionais. Nesse sentido, se faz necessário um cabeamento entre o HMD e o computador.

Ao contrário dos HMD convencionais, os HMD mobile não possuem a necessidade de cabos, pois são alimentados pela bateria do smartphone, contudo são dependentes dessa bateria para seu funcionamento, porém, em geral, baterias de smartphones não possuem elevada duração quando se trata de jogos. Além de dispensar cabos, os smartphones mais recentes possuem processamento gráfico semelhante a computadores, chegando a receber periféricos de processamento gráfico superior a alguns computadores modernos.

4.1.4 Pad

Além do D-Pad (direcional) convencional, e seu sucessor Pad analógico, uma nova categoria de Pad vem tentando ter seu espaço nos controles de games. O Touchpad, já conhecido por ser aplicado em notebooks na substituição do mouse, está dividindo opiniões entre usuários em sites de tecnologia. O Touchpad foi oficialmente aplicado no controle da Valve, empresa desenvolvedora de distribuição digital de games, o Steam Controller (Figura 42). O conceito está dividindo opiniões na comunidade gamer, pois, apesar de ser um touchpad semelhante ao do notebook, o novo componente é equipado com um feedback háptico, o qual vibra em resposta ao toque e a pressão exercida pelo usuário.

Figura 42 – Touchpad do Steam Controller.



Fonte: engadget.com

O touchpad, além de também estar presente no controle do HTC Vive (visto na Figura 37-B), mesmo ainda não tendo sido lançado), poderá receber duas aplicações em controles, para o Oculus Rift e Google Daydream (dispositivo HMD anunciado pela Google em Maio de 2016), e servirão para navegação na interface de RV.

4.1.5 Outras Configurações

Controles direcionados a jogos mobile são encontrados facilmente em diversos sites na internet. Contudo, em geral, são controles gamepad convencionais, com a vantagem de possuir conexão bluetooth – para conexão –, bem como giroscópio e acelerômetro – para uma jogabilidade mais imersiva. Atualmente, tais tecnologias já são consideradas obrigatórias em qualquer smartphone, facilitando a conexão do smartphone com qualquer outro dispositivo que utilize a mesma tecnologia.

4.2 CONCEITO

O controle a ser desenvolvido terá aplicação prioritária para HMDs que utilizem smartphones como funcionamento. O conceito do controle relaciona-se com os aspectos da imersão na RV. Priorizando a interação com o ambiente virtual, o produto deve proporcionar a sensação de realidade no usuário, sendo o responsável por transmitir uma resposta sensorial à mão do usuário, utilizando o mesmo conceito da tecnologia ReactiveGrip, já que proporciona um feedback háptico que simulam interação à palma da mão. O produto também deve ser versátil quanto à jogabilidade, podendo ser utilizado em estilos de jogos de estilo FPS (tiro) e corrida. Além disso, o produto deve possuir um método de rastreamento por luz, como o utilizado pelo RevolVR, por ser de fácil aplicação e compatibilidade com HMD mobile. O produto deve permitir sua utilização sem cabos ou fios expostos, garantindo segurança na utilização, visto que a visão do usuário estará focada no ambiente virtual, sendo assim, deve ser provido de baterias para sua alimentação.

O estilo do produto baseia-se na simplicidade da forma contemplando o conforto na utilização, alcançando a maior faixa de variações de tamanhos de mão possível. Levando em consideração o caráter nostálgico do usuário, o controle também deve possuir um estilo moderno que expresse seu diferencial e diversão na jogabilidade.

O produto deve dificultar que seja ejetado intencionalmente pelo usuário, tanto com uma forma ou com uma superfície que proporcione melhor aderência à mão.

O conceito do produto também é representado nos painéis a seguir.

4.2.1 Painel do estilo de vida

Baxter (2000) afirma que neste painel deve-se retratar os diferentes valores pessoais, sociais e preferências dos diferentes usuários a que o produto se destina, apresentando, também, alguns itens que se relacionam com o produto desenvolvido. A figura 43 apresenta uma coleção de imagens que representam algumas características do usuário: como seu gosto por tecnologias móveis - estar sempre conectado, no trabalho ou em casa; gosto por games; gosto por personagens de filmes e/ou desenhos que marcaram sua infância, bem como a influência dessa geração na moda e em itens cotidianos, bem como nas próxima geração.

Figura 43 – Painel de estilo de vida.

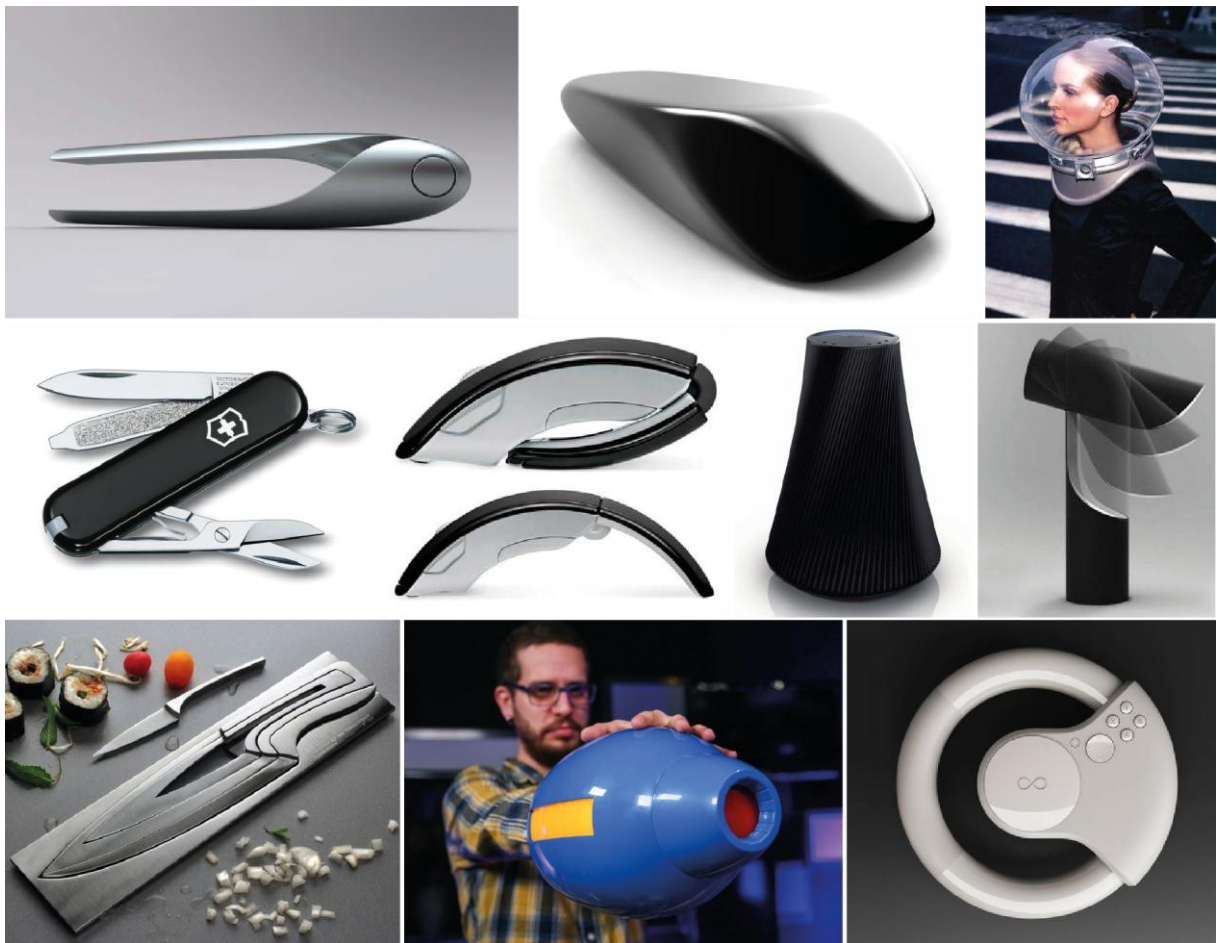


Fonte: autor

4.2.2 Painel de expressão do produto

Baxter (2000) sintetiza esta etapa como um painel criado a partir do painel do estilo de vida, no qual identifica-se uma expressão para o produto. Essa expressão é uma síntese do estilo de vida, e é representado, na figura 44, com uma coleção de imagens que caracterizam: modernidade, versatilidade, segurança, variedade, portabilidade, diversão e nostalgia.

Figura 44 – Painel de expressão do produto.

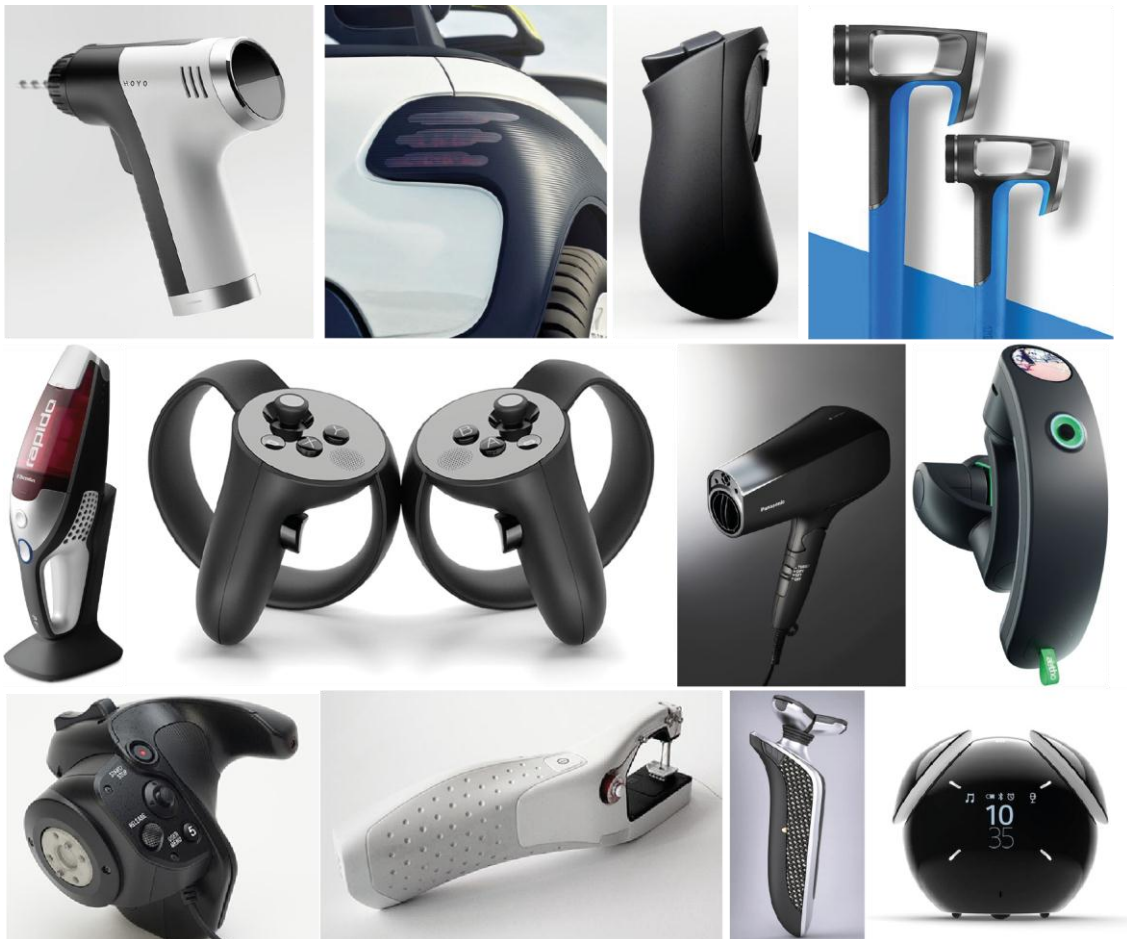


Fonte: autor

4.2.3 Painel do tema visual

De acordo com Baxter (2000), esses estilos representam uma rica fonte de formas visuais e servem de inspiração para o novo produto. Eles podem ser adaptados, combinados ou refinados para o desenvolvimento do estilo do novo produto, podendo ser relacionadas ao material, disposição dos elementos e maneiras de utilizá-los. A figura 45 apresenta uma coleção de imagens de produtos já existentes que caracterizam: arestas arredondadas, empunhaduras aderentes, formas simples e curvas, materiais resistentes e poucas cores.

Figura 45 – Painel de tema visual.



Fonte: autor

4.3 GERAÇÃO DE ALTERNATIVAS

A partir da definição, nas etapas anteriores, das necessidades e requisitos dos usuários, das especificações de projeto e do conceito do produto, pode-se iniciar a etapa de geração de alternativas. O método escolhido é a geração livre de propostas que atendam as especificações definidas. Uma vez desenvolvidos os conceitos das alternativas, as mesmas são avaliadas segundo critérios estabelecidos pelo autor. Nesse processo, os conceitos melhor avaliados são desenvolvidos, revelando alternativas que são reavaliadas em outra seleção e, então, é realizado um desenvolvimento extensivo da alternativa final escolhida.

4.3.1 Alternativas preliminares

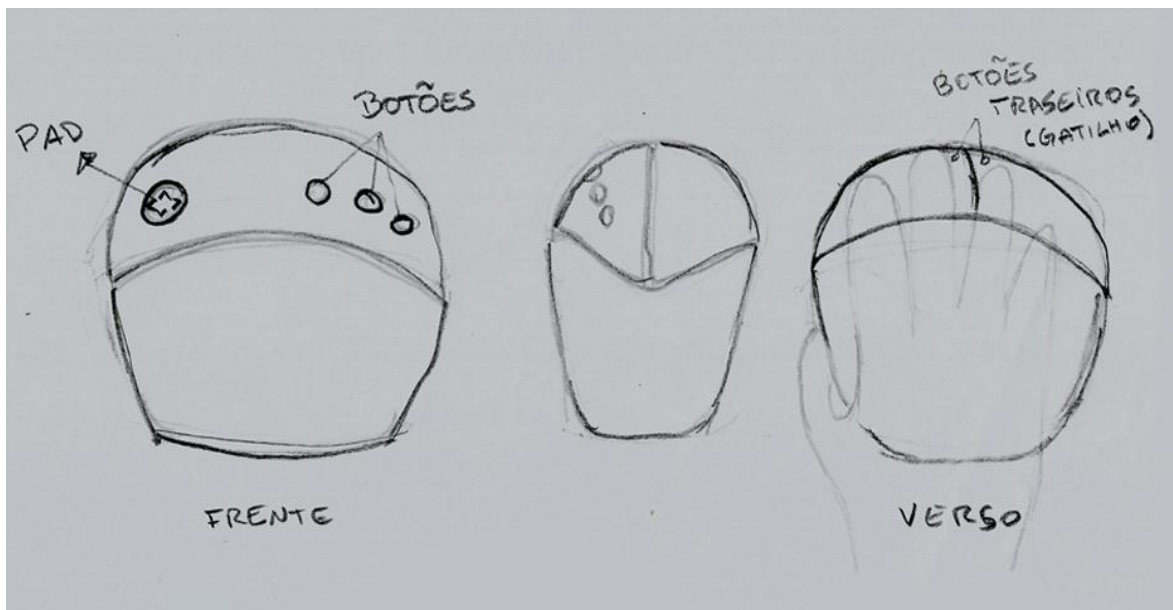
Nesta etapa, são apresentados os conceitos das alternativas. Os conceitos serão representados através de esboços seguidos de uma breve explicação textual sobre características e utilização. Neste momento não serão representados certos aspectos mais técnicos de projeto.

4.3.1.1 Conceito 1: Mouse

Esta alternativa se assemelha a um mouse convencional (Figura 46), contendo dois botões na parte traseira – os quais representam os botões de gatilho para jogos de tiro – e um direcional Pad, bem como botões na parte frontal. Essa alternativa mostra um potencial ergonômico devido à posição da mão do usuário que se encontraria fixada em um posição quase neutra, tendo que exercer somente a ação de “clicar” nos botões traseiros para realizar tiros em posição de disparo, já que o controle, a princípio, tomaria a extensão de quase toda a mão do usuário. Contudo sua dimensão pode se tornar inutilizada para outros percentis. Já para um posição de jogos de corrida, tem-se, praticamente, a mesma posição

a qual segura o gamepad (usuário de frente para a parte frontal do controle), segurando o controle pela lateral, polegares no pad e nos botões. Seu formato oval proporcionaria uma posição neutra confortável, podendo utilizar os botões traseiros com os indicadores.

Figura 46 – Conceito Mouse.



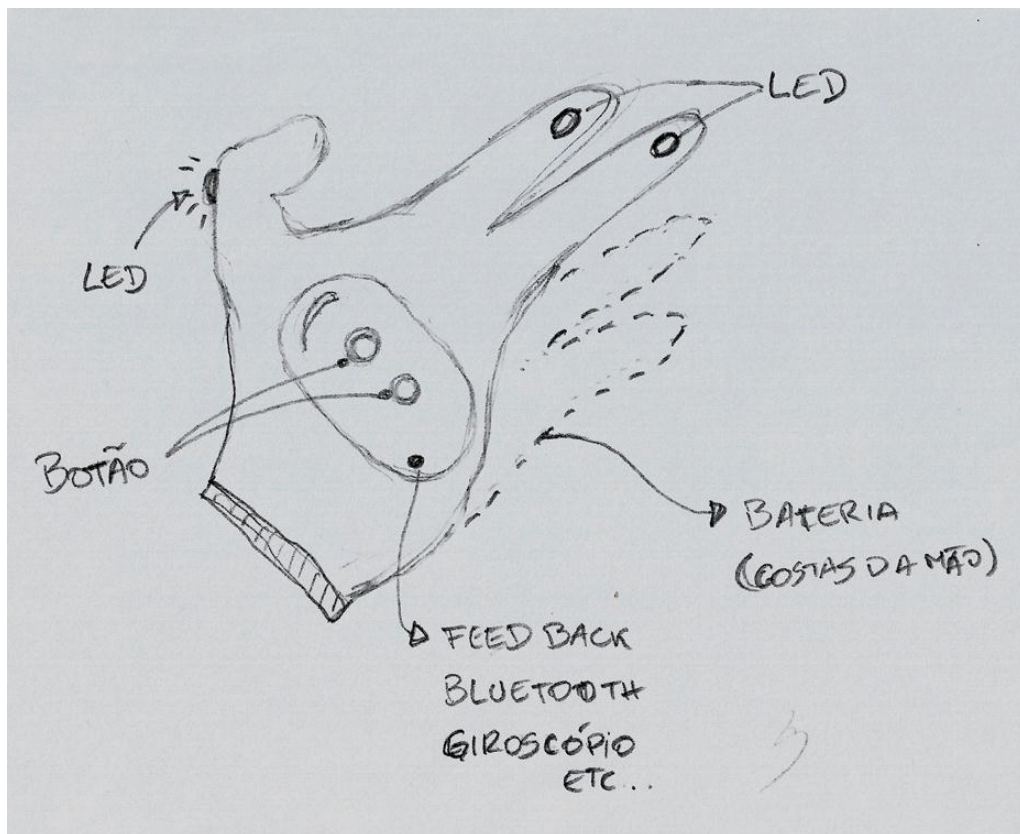
Fonte: Autor

4.3.1.2 Conceito 2: Luva

Para esta alternativa (Figura 47), tem-se uma luva com os botões posicionados na região da palma da mão (outros mecanismos relevantes estariam nas costas da mão). Para pressioná-los o usuário deve realizar um movimento semelhante ao apertar um gatilho. Entretanto, esse movimento é um tanto exaustivo e pode ser prejudicial se realizado repetidas vezes, ou seja, o botão que representa o gatilho deve estar posicionado mais à frente da mão para que o usuário não precise realizar o movimento completo de levar o dedo ao centro da mão. O controle não ejetaria com facilidade, porém não poderia ser utilizado por qualquer tamanho de mão, mesmo sendo utilizado apenas dois dedos. Outra desvantagem desse conceito é não permitir uma jogabilidade para o estilo de corrida, nem mesmo poderia ser utilizado como um gamepad convencional.

A alternativa também conta com leds na ponta dos dedos utilizados para o sistema de rastreamento, porém notou-se a pouca utilização de uma alta precisão para os jogos de FPS e corrida.

Figura 47 – Conceito Luva.



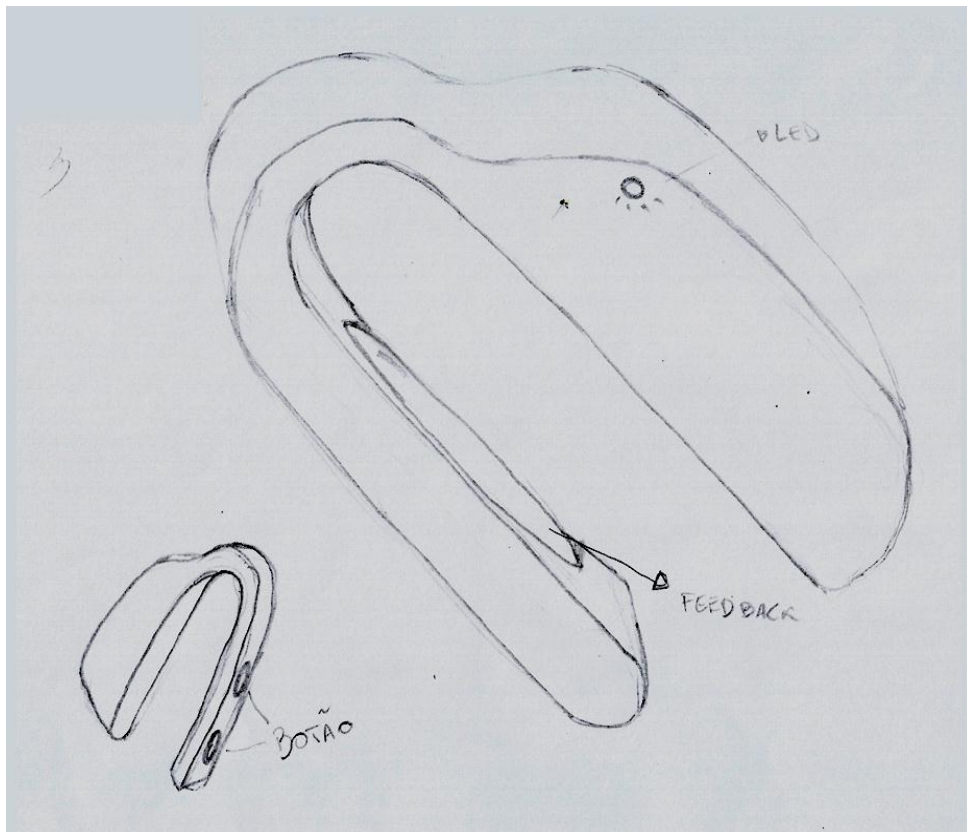
Fonte: Autor

4.3.1.3 Conceito 3: Soqueira

Essa alternativa se assemelha a uma forma simplificada do conceito Luva, a fim de atingir melhor alguns dos requisitos. A figura 48 ilustra esta alternativa. Essa alternativa torna o dispositivo mais simples, permitindo que o usuário “vista” o controle mais facilmente, já que possui uma zona por onde a mão entra.

A zona contendo componentes internos continua nas costas da mão como na alternativa anterior, contudo o usuário deve segurar o controle fechando a mão. Nesta posição, utilizar o botão gatilho se torna um exercício menos exaustivo. Além de contar com o sistema de feedback presente na empunhadura.

Figura 48 – Conceito Soqueira.



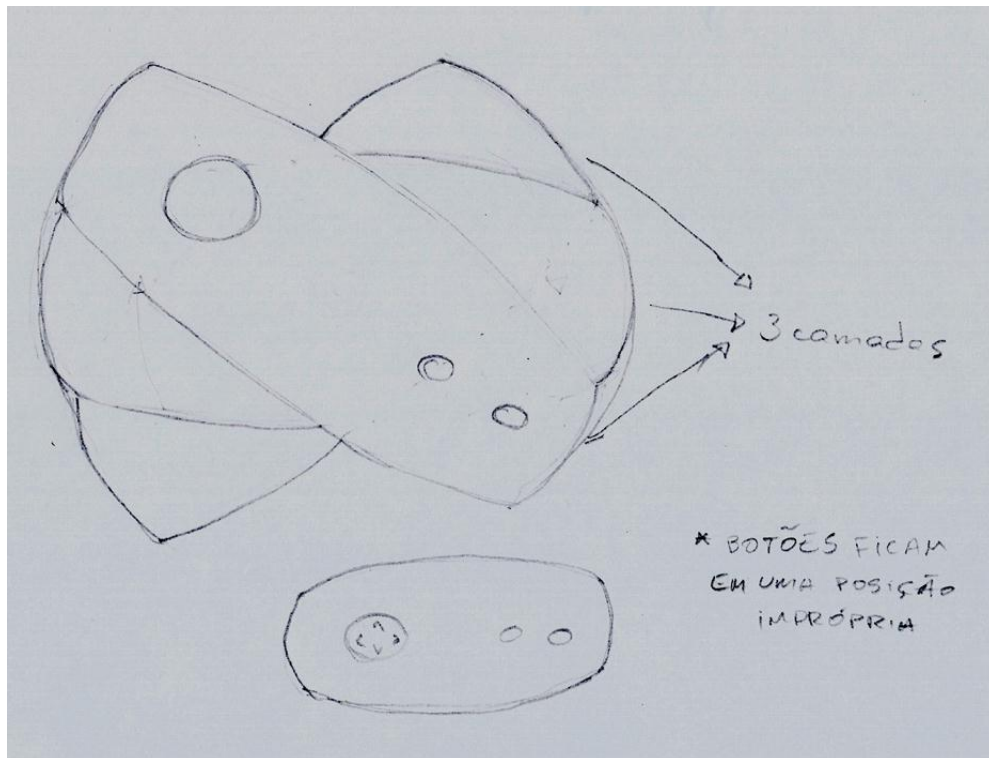
Fonte: Autor

4.3.1.4 Conceito 4: Controle Único

Nesta alternativa apenas um controle é utilizado. O controle dispõe de um botão representando o gatilho na parte traseira, para jogos de tiro, e um pad e botões na parte frontal. Dispõe de três camadas, o controle gira em torno de um eixo central, revelando um formato mais circular que pode ser utilizado tanto como volante quanto um gamepad convencional (figura 49).

Esta alternativa possui a vantagem de variar entre um controle estilo Wii Remote para um gamepad. Contudo a desvantagem desta alternativa é a ergonomia do controle ao possuir três níveis de altura quando aberto, bem como a possível espessura desnecessária que resultaria na divisão de seus componentes internos.

Figura 49 – Conceito Controle Único.

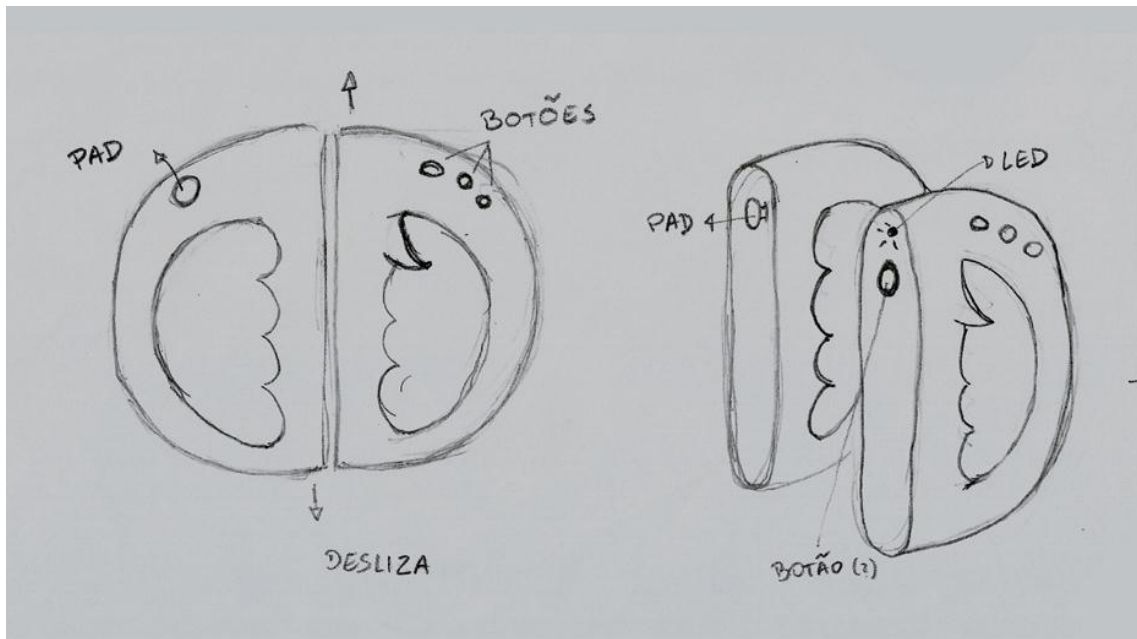


Fonte: Autor

4.3.1.5 Conceito 5: Controles Separados

Esta alternativa é constituída de dois controles separados, os quais se unem por encaixe. Um deles contém um botão para realizar disparos e o outro contém um pad, útil para jogos de tiro. Ao se unirem, por encaixe, se assemelham a um volante, além de conter uma configuração semelhante a um gamepad (figura 50). A alternativa se mostra versátil para os estilos de jogos, além de permitir uma grande variedade de tamanhos de mão. Contudo, a desvantagem, a princípio, é o layout dos botões que necessitam adquirir uma posição satisfatória para ambas as posições de uso, já que a posição dos polegares muda, em relação ao controle, na troca de posição de uso, sendo necessário a utilização de dois pads.

Figura 50 – Conceito Dois controles.



Fonte: Autor

4.3.2 Seleção das alternativas preliminares

Segundo Back (2008) durante a fase do projeto conceitual são geradas alternativas abstratas e esquemáticas, o que dificulta a comparação das soluções e a sua conformidade com as especificações de projeto. Assim, Back (2008) recomenda adotar critérios generalizados e qualitativos em menor número a fim de separar as concepções viáveis das inviáveis. Segundo o autor, cada projeto tem suas próprias características e conseqüentemente um conjunto de critérios apropriado para selecionar a alternativa mais adequada.

No presente projeto serão adotados como critério os requisitos listados na tabela 2 (requisitos de usuário). Porém alguns requisitos não serão considerados neste momento pois se referem à seleção de materiais e funcionalidades previstas para o produto, aspectos que serão decididos no refinamento da alternativa escolhida.

Após a definição dos critérios é necessário escolher um método para realizar a seleção das alternativas. Back (2008) recomenda o método de Pugh por ser simples de aplicar e evidenciar as melhores soluções. O método de Pugh consiste em introduzir os critérios em uma matriz e avaliar a correlação entre os mesmos e as alternativas geradas. Para isso

adota-se uma solução de referência e para cada critério registra-se o valor zero (0). As demais soluções serão comparadas com a solução de referência, caso sejam melhores registra-se um sinal positivo (+), caso sejam iguais registrasse zero (0) e caso sejam piores, um sinal negativo (-). Como referência será utilizada o conceito 1.

Tabela 6 - Avaliação das alternativas preliminares

Critérios (Requisito de Usuário)	1 (ref)	2	3	4	5
Ser utilizado pela maior variedade de grupos de percentis	0	-	+	0	+
Possuir formato confortável, nas posições de uso e neutra	0	-	0	-	+
Utilizar soluções sem fio	0	0	0	0	0
Possuir aderência	0	+	0	0	+
Possuir conectividade com dispositivos HMD existentes.	/	/	/	/	/
Permitir a interação do usuário com o ambiente virtual	/	/	/	/	/
Permitir fácil transporte	0	+	+	+	-
Evitar riscos na utilização do produto	0	-	-	0	0
Atrair usuário visualmente	0	+	+	-	+
Possuir bateria	/	/	/	/	/
Resultado	0	0	2	-1	3

Fonte: autor

A partir do método de Pugh utilizado, percebe-se a melhor avaliação do conceito de dois controles, o qual possui o arquétipo atualmente utilizado entre os controles já anunciados. Além de, entre os conceitos, trazer aspectos positivos quanto à versatilidade entre modos de jogabilidade, sendo, porém, prejudicado pela possível robustez do conceito. O segundo conceito melhor avaliado é o soqueira. Este modelo traz a simplicidade da forma como parâmetro para as próximas alternativas.

Com os resultados revelados, partiu-se para a geração de novas alternativas que possam solucionar as deficiências das propostas anteriores, e oferecer características interessantes.

4.3.3 Geração de alternativas

Para a geração de alternativas foram previamente utilizadas as definições técnicas estipuladas na seção 4.2 (Contexto), ou seja, as alternativas foram desenvolvidas para permitir a aplicação do dispositivo de rastreamento – neste caso, o led que permite ser rastreado pela câmera do smartphone – e o conceito de feedback háptico, mesmo que ainda não detalhado. As alternativas são apresentadas a seguir e, logo após, o processo de seleção de uma delas.

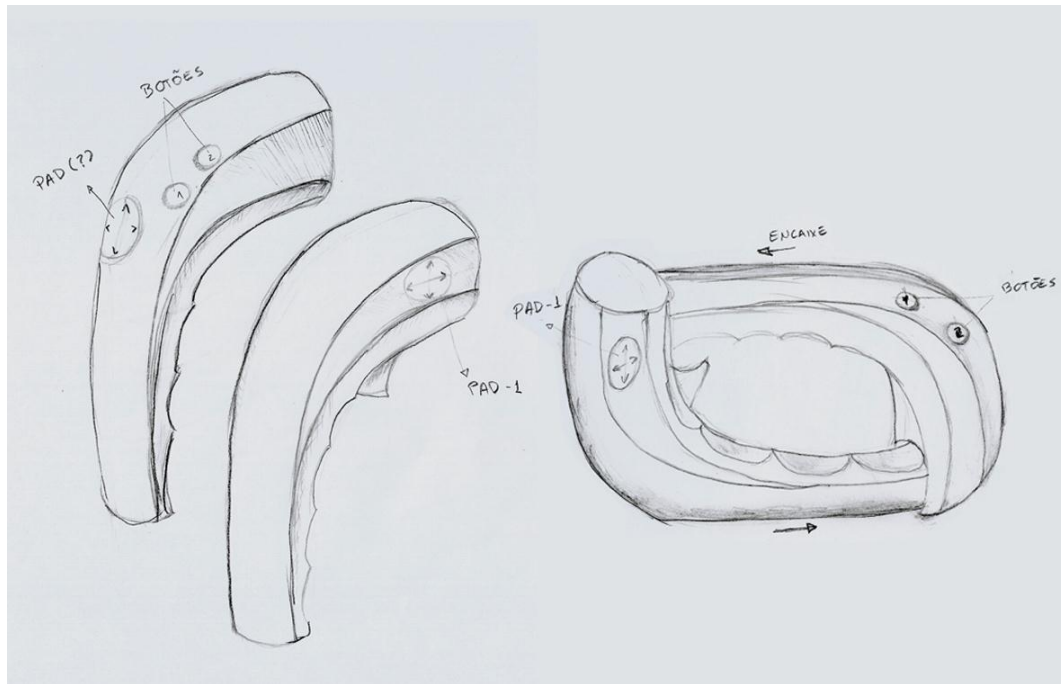
4.3.3.1 Alternativa 1

Utilizando o conceito de dois controles, esta alternativa apresenta dois controles idênticos em formato que atuam com funções distintas (Figura 51). O controle esquerdo realiza a função de navegação e o direito, a função de disparo, quando separados. Ambas as empunhaduras dos controles são ergonômicas e o controle direito apresenta, nesta zona, o feedback háptico.

Com a utilização do formato em L dos controles, eles se unem por encaixe, formando um retângulo, simulando a jogabilidade com um volante, bem como um gamepad convencional. Essa opção possui dois pads, um em cada controle. A funcionalidade de cada pad se altera de acordo com a orientação do controle. Pensou-se na aplicação de touchpads para esta alternativa para que sua utilidade seja melhor aproveitada, podendo ser utilizada apenas

deslizando o dedo para alguma função extra durante o jogo. O botão gatilho, ao unir os controles, não atrapalha a utilização do controle.

Figura 51 – Alternativa 1.



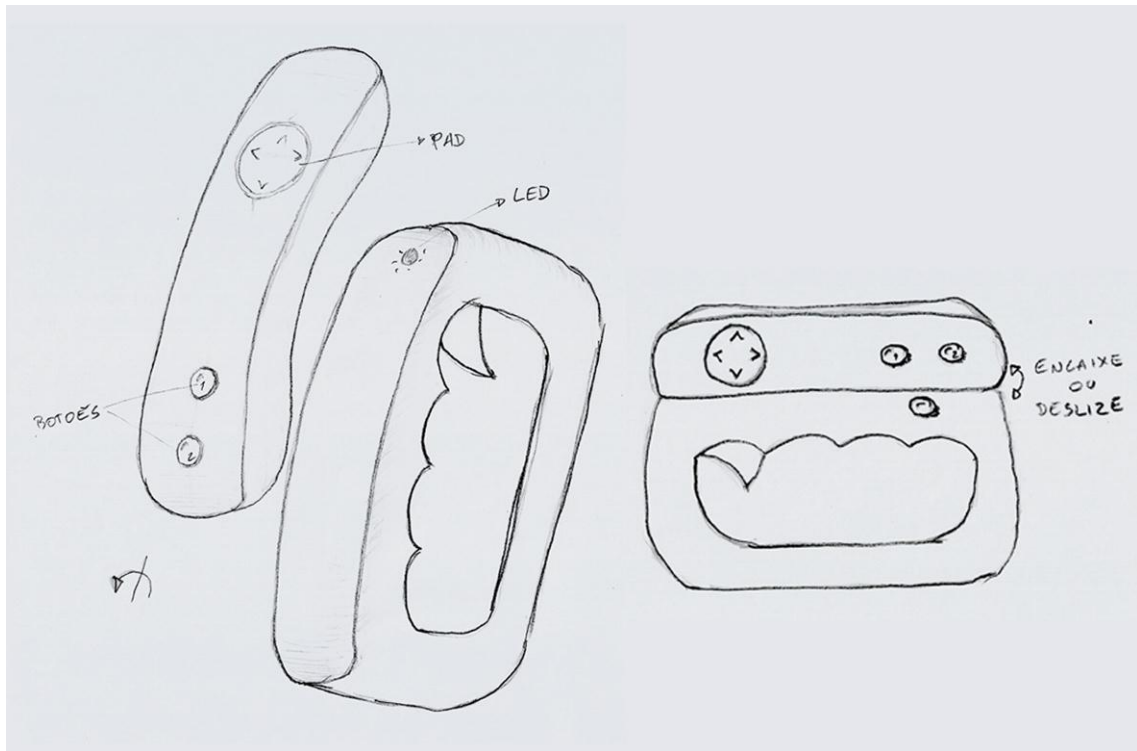
Fonte: Autor

4.3.3.2 Alternativa 2

Esta alternativa é baseada no conceito de dois controles, onde um controle se difere do outro (Figura 52). O controle direito possui um formato que envolve os dedos, tendo o usuário que inseri-los para que possa empunhar o controle, permitindo acesso ao botão gatilho e à empunhadura, a qual contém o feedback háptico. O controle também conta com o led para rastreamento e botão que são acessados com os dedos anular e/ou mínimo. Já o controle esquerdo possui um formato mais conhecido, como o Wii Remote, e contém um pad e botões. Seu formato difere do esquerdo devido a sua função quando separados, onde o esquerdo atua como um controle de navegação. Ao se unirem, seus botões se agrupam nas posições de um gamepad: os botões do controle esquerdo e direito encontram na zona direita e, como acontece no Wii Remote, na zona esquerda, a orientação do gamepad é alterada, a fim de permitir que o usuário jogue com a controle horizontalmente. O botão de

gatilho acaba não atrapalhando o layout de gamepad, podendo mesmo assim, opcionalmente, ser acionado, porém com certa dificuldade, nesta posição.

Figura 52 – Alternativa 2.

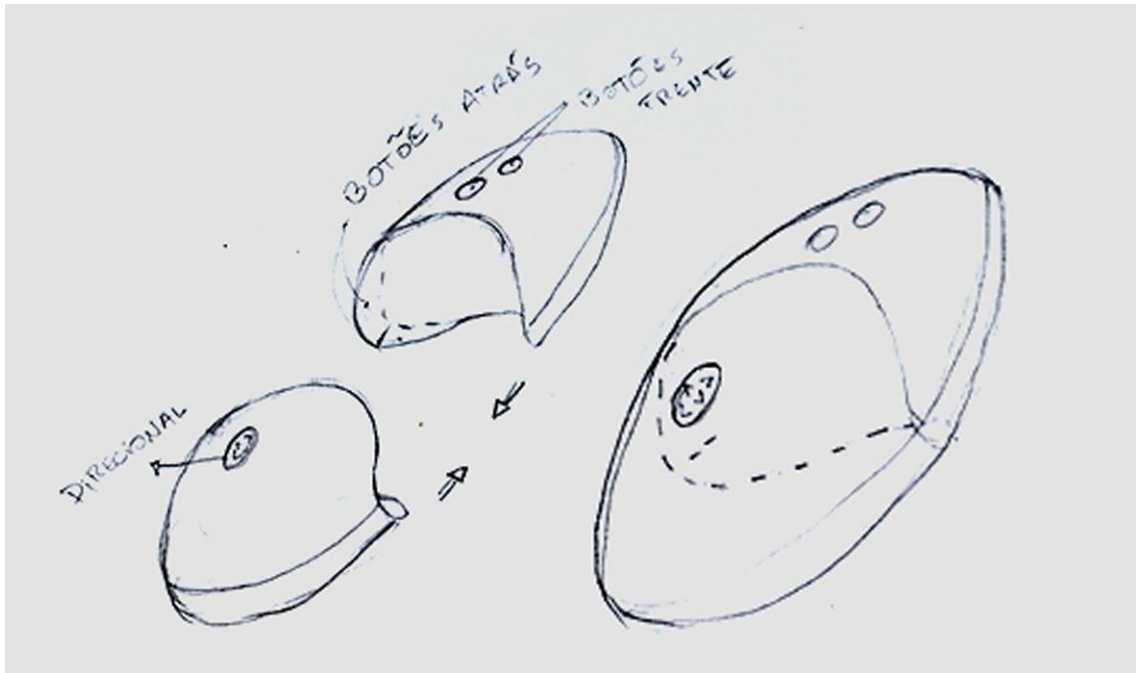


Fonte: Autor

4.3.3.3 Alternativa 3

A alternativa 3 baseia-se no conceito mouse, porém trazendo em dois controles distintos (Figura 53). Com uma forma oval, o dispositivo se posiciona entre o dedo polegar e restante da mão. Para a posição de disparo, conta com botões traseiros semelhantes ao conceito mouse e botões frontais que podem ser utilizados com o polegar e um pad no outro controle. Ao se unirem, se torna um gamepad com formato oval.

Figura 53 – Alternativa 3.



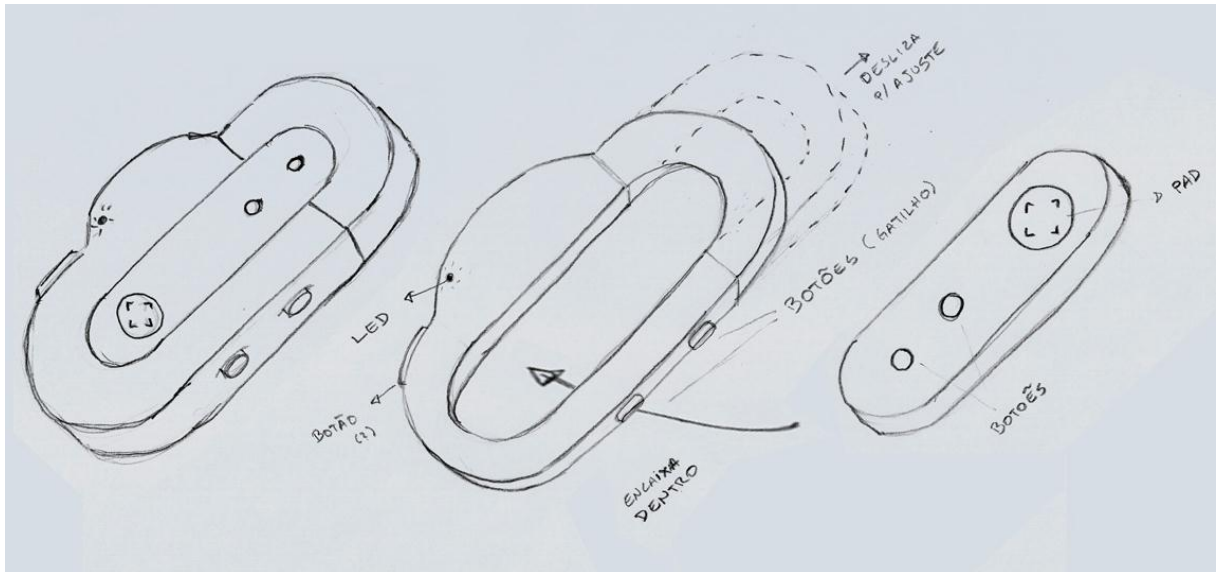
Fonte: Autor

4.3.3.4 Alternativa 4

Esta alternativa é composta pelo conceito soqueira, porém utilizando dois controles (Figura 54). O controle principal possui uma forma semelhante ao conceito soqueira, onde o usuário “veste” o dispositivo. Os botões posicionados na empunhadura são utilizados quando em modo de disparo, ou seja, para jogos de tiro, bem como o feedback háptico, nesta área. Na zona posicionada nas costas da mão se encontram os componentes internos do dispositivo, bem como o led de rastreamento. O controle ainda conta com um extensor para receber mãos maiores, onde uma das extremidades desliza para fora, dispondo mais espaço interno para a inserção da mão.

O controle auxiliar se difere do primeiro em forma, pois toma o formato do espaço interno no qual o usuário insere a mão. Ou seja, o controle, quando unido ao primeiro, é encaixado no meio do primeiro controle, tornando-o um controle gamepad convencional. O controle auxiliar é semelhante a um Wii remote em forma, e é composto por um pad e botões.

Figura 54 – Alternativa 4.



Fonte: Autor

4.3.4 Seleção das alternativas

Novamente é realizada uma avaliação, a fim de selecionar a alternativa mais apropriada. Para tal, é realizado o método de Pugh novamente, utilizando como critérios os requisitos da tabela 2 (requisitos de usuário). Como referência, é utilizada a alternativa 1.

Tabela 7 - Avaliação das alternativas

Critérios (Requisito de Usuário)	1 (ref)	2	3	4
Ser utilizado pela maior variedade de grupos de percentis	0	0	-	+
Possuir formato confortável, nas posições de uso e neutra	0	0	0	0
Utilizar soluções sem fio	0	0	0	0
Possuir aderência	0	+	-	+
Possuir conectividade com dispositivos HMD existentes.	0	0	0	0
Permitir a interação do usuário com o ambiente virtual	0	0	0	0
Permitir fácil transporte	0	0	0	+

Evitar riscos na utilização do produto	0	0	-	0
Atrair usuário visualmente	0	0	0	0
Possuir bateria	0	0	0	0
Resultado	0	1	-3	3

Fonte: Autor

O resultado obtido nesta avaliação sugere que a alternativa 4 se mostrou a mais adequada aos critérios estabelecidos. Esta alternativa se destaca pela compactação dos controles em um, bem como a simplicidade da forma e a extensão do tamanho, podendo também ser usado para uma melhor fixação na mão. A alternativa se mostra apta a um refinamento de forma, sendo essa a próxima etapa.

5 DETALHAMENTO

5.1 DIMENSIONAMENTO

Após obter a alternativa final escolhida, ou seja, definir a forma do produto, é necessário determinar as dimensões dos controles. Para isso foram utilizadas dimensões de controles como Xbox 360 e Dualshock3 como parâmetro e limite dimensional, ou seja, tentou-se não se distanciar em demasia das dimensões estipuladas nos controles mencionados, principalmente do controle Xbox 360, visto que é o controle que possuiu melhor avaliação nas pesquisas. Entretanto, também é necessário a definição da empunhadura do segundo controle – que será relacionado com o espaço para a inserção da mão – e da zona destinada para os componentes internos.

5.1.1 Controle Auxiliar

Como parâmetro para o controle auxiliar, foram utilizadas dimensões próximas do Wii Remote devido as suas semelhanças. Com a utilização de um modelo volumétrico foi possível testar as medidas estipuladas no controle auxiliar (figura 55).

Figura 55 – Modelo volumétrico do controle auxiliar.



a) Altura

Para esta dimensão se estima 3cm. Considerou-se uma dimensão ideal para uma empunhadura, bem como para os componentes internos do controle auxiliar.

b) Largura

Esta dimensão deve levar em consideração a empunhadura do primeiro controle, já que essa dimensão também será utilizada na empunhadura. Iida (2005) menciona a menor largura da palma da mão de 7,2cm, para percentis menores, e de 9,3, para percentis maiores. Logo, definiu-se 12cm para esta dimensão, tornando o controle auxiliar mais confortável para mãos maiores.

c) Comprimento

Esta dimensão está relacionada com a zona de inserção dos dedos no primeiro controle. De acordo com Iida (2005), a circunferência da palma da mão para percentis maiores é 22cm, e largura de palma da mão de 9,3cm. Assim, temos uma espessura de mão em torno de 2cm. Porém, a zona de inserção dos dedos, no controle principal, deve ser considerada, o que resulta em um aumento na dimensão para cerca de 3,5cm, contemplando espessuras de mão maiores.

Com o modelo volumétrico também foi possível verificar a utilização do controle auxiliar na mão do usuário. Verificou-se a utilização do controle auxiliar com o auxílio de usuários de percentil baixo e alto, 50% feminino (figura 56) e 95% masculino (Figura 57), respectivamente.

Figura 56 – Usuário de percentil 50% utilizando o controle auxiliar.



Fonte: Autor

Figura 57 – Usuário de percentil 95% utilizando o controle auxiliar.



Fonte: Autor

5.1.2 Controle Principal

Como mencionado, para o controle principal, foram estipuladas dimensões semelhantes a controles gamepad. Com a utilização de um modelo volumétrico, foi possível realizar uma comparação entre um controle Xbox 360 e a proposta do projeto (figura 58).

Figura 58 – Comparação volumétrica entre o controle Xbox 360 (esquerda) e a alternativa (direita).



Fonte: Autor

Com o modelo volumétrico também foi possível testar a empunhadura, zona de inserção da mão e volumetria da zona de componentes internos do controle localizado nas costas da mão, quando o usuário utiliza o controle.

a) Empunhadura

A dimensão da empunhadura do controle principal se relaciona com a do auxiliar, bem como as dimensões da largura das palmas da mão dos percentis definidos por Lida (2005). Para isso, estima-se 9 cm de largura de mão e 3cm de espessura para a empunhadura.

A empunhadura do controle principal também conta com o sistema Reative Grip em duas de suas faces apenas. Pois, nas duas faces restantes, uma não é utilizada pela mão do usuário – mas sim, pelos dedos – e a outra será utilizada para acoplar o controle auxiliar.

b) Zona da inserção da mão

Por acoplar o controle auxiliar, essa zona deve possuir as dimensões do controle, sendo elas suficiente para a inserção de uma mão de percentil alto, porém não uma mão de percentil 95% confortavelmente, o que se resolveria com a expansão da lateral do controle, bem como a fixação da mão ao controle, sem receber pressão em demasia.

c) Zona das costas da mão

Por receber dispositivos como, bateria, motores para funcionamento dos dispositivos hápticos, bem como a placa onde todos os itens são conectados, foi disponibilizada uma área considerável, de acordo com a forma do controle. Além de se utilizar a volumetria desta zona como uma “trava” para quando o usuário mantém sua mão empunhando o controle, pois desta forma, o controle não gira em torno da empunhadura devido à curva da mão em relação ao controle.

O modelo volumétrico auxiliou na verificação da utilização do controle na mão do usuário. Verificou-se a utilização do controle com o auxílio de usuários de percentil baixo e alto, 50% feminino (figura 59) e 95% masculino (Figura 60), respectivamente.

Figura 59 – Usuário de percentil 50% utilizando o controle principal.



Figura 60 – Usuário de percentil 95% utilizando o controle principal.



Fonte Autor

5.1.3 Controle acoplado

O dimensionamento do controle quando unido, não é alterado. A orientação de ambos os controles é alterada de vertical para horizontal para a manipulação do usuário. Também verificou-se a utilização do controle com o auxílio dos usuários de percentil baixo e alto, 50% feminino e 95% masculino (Figura 61), respectivamente.

Figura 61 – Usuário de percentil 50% (esquerda) e percentil 90% (direita) utilizando o controle principal.



Fonte: Autor

5.2 COMPONENTES

Nesta etapa são especificados os componentes internos do controle auxiliar e principal.

5.2.1 Componentes do Controle Auxiliar

O controle auxiliar será encarregado, principalmente, da navegação do usuário pelo ambiente virtual, e praticamente por toda a jogabilidade quando acoplado no controle principal. Para isso será composto de:

- a) Pad analógico

Para a movimentação do avatar dentro do jogo e navegação pela interface virtual, o Pad analógico é o mais indicado. Contudo, devido ao tamanho do controle e sua possibilidade de acoplagem no controle principal, um pad analógico mais compacto é a melhor solução. O pad utilizado pelo Nintendo 3DS (figura 62), por possuir componentes internos compactos (figura 63), contribui em uma melhor articulação do polegar ao utilizar o controle auxiliar, pois o polegar exerce uma força para baixo, ao mesmo tempo que navega com o pad, auxiliando na fixação do controle na mão.

Figura 62 – Pad do Nintendo 3DS.



Figura 63 – Componente interno do Pad do Nintendo 3DS.



Fonte: Adaptado de ifixit.com

b) Botões

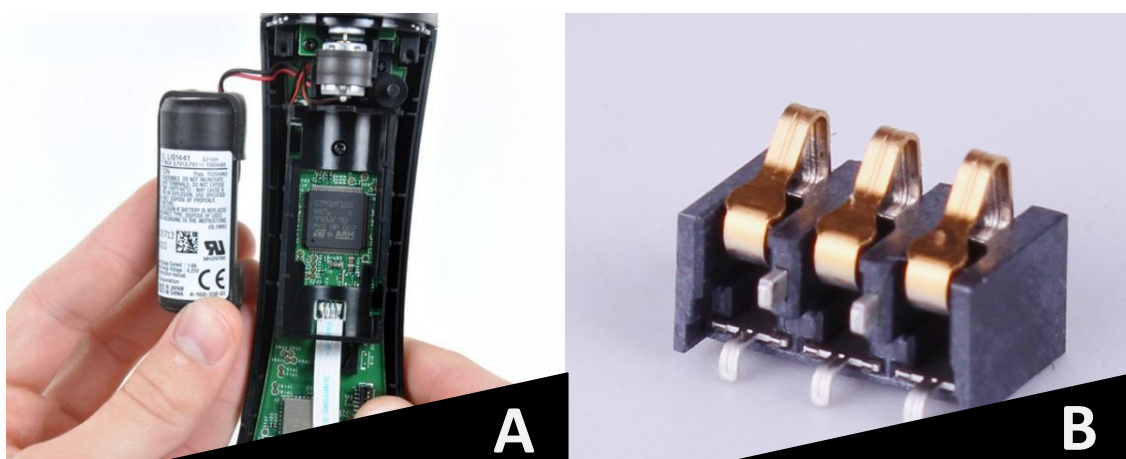
Os botões do controle auxiliar serão dispostos na face frontal e posterior do controle. Seis botões no total, sendo cinco deles botões de comando e um de opções. Botões de comando serão utilizados para realizar ações no ambiente virtual, porém somente serão utilizados se a aplicação utilizada permitir ou estipular uma função para o botão. Contudo, sua funcionalidade será melhor utilizada quando acoplada no controle principal, devido a sua localização e à dificuldade no alcance do polegar. O botão posicionado na face posterior poderá ser utilizado facilmente com o dedo indicador ou médio. Já o botão de opções servirá para visualizar as opções do jogo, bem como sair de determinada aplicação ou pausar a jogabilidade.

c) Alimentação

Para o funcionamento de todo o sistema do controle, é necessário que o dispositivo seja energizado. Para isso o controle será alimentado energeticamente por uma bateria recarregável fixa, ou seja, não acessível a troca pelo usuário, como acontece em controle remoto, por exemplo. A bateria é do modelo AA recarregável é, internamente, conectada ao

circuito do controle, como é utilizado no controle Sony Move (figura 64-A). Escolheu-se essa alternativa de alimentação devido às dimensões do controle. Assim, evita-se também que o usuário tenha gastos em excesso na compra de baterias periodicamente. Sua recarga se dá somente ao acoplar o controle auxiliar no principal, por meio de conectores, a exemplo dos conectores de bateria de smartphones convencionais (Figura 64-B).

Figura 64 – Bateria do controle Sony Move e bateria de conectores de bateria de smartphone.



Fonte: adaptado de ifixit.com

d) Led sinalizador

Para que o usuário fique ciente da situação da bateria do controle, um led sinalizador é indicado. Sua função é sinalizar que o controle está ativo (ligado), com pouca bateria e quando está carregando.

e) Bluetooth

O Bluetooth é um sistema padrão de comunicação sem fio que ocorre através de uma frequência de rádio de curto alcance. É uma forma de conectar e trocar informações entre dispositivos eletrônicos, como celulares, notebooks, computadores, impressoras e até câmeras digitais. É projetado para baixo consumo de energia baseado em transmissores de baixo custo, além de ser projetado para um alcance de 1m a 100m, mais que o necessário para aplicação no controle, o qual estará a não mais que 1m de distância quando utilizado com HMD mobile, e o suficiente para o usuário se posicionar distante de uma tela quando utilizado com um controle gamepad convencional.

f) Acelerômetro

O acelerômetro se tornou indispensável em muitos dispositivos atualmente. Sua aplicação é vasta, desde smartphone a carros, e sua função é calcular a orientação e trajetória dos dispositivos nos quais é aplicado. Com isso, tem-se a possibilidade de variar a orientação do controle auxiliar em relação à gravidade, alterando a orientação também do pad ao acoplá-lo no controle principal. O acelerômetro será responsável pela jogabilidade em jogos de corrida, já que será adaptado para uma posição de volante, o acelerômetro calculará os movimentos realizados pelo usuário e o sistema transmitirá para a aplicação os movimentos do volante.

Existem acelerômetros que calculam 1, 2 ou até 3 eixos (somente x, xy ou xyz, respectivamente). Acelerômetros que calculam 3 eixos possuem cerca de 5x5mm e custam menos de 1 dólar, devido a sua aplicação em diversos dispositivos.

5.2.2 Componentes do Controle Principal

O controle principal é responsável pela jogabilidade e interação com jogos de tiro. Além do formato, contribui com aspectos responsivos ao usuário. Para tal, o controle será composto de:

a) Botões

O controle possuirá um total de quatro botões. Sendo três deles de comando e um de acionamento. Um dos botões de comando é o gatilho, o qual terá uma forma de um largo gatilho. O botão deve ser de fácil acionamento, evitando esforço excessivo do usuário. Para tal, o botão largo aumenta as chances de usuários de tamanhos de mão diferentes acessarem o botão com facilidade, sem que algum tamanho de mão tenha dificuldade na execução do comando.

O perfil do gatilho deve ser confortável para o dedo indicador em ambas as posições. Um gatilho que recebeu muitos elogios foi o do controle da Microsoft Xbox 360, contudo, tal gatilho se desempenha melhor na orientação em que está aplicado. Para o controle em desenvolvimento, um gatilho como o do controle do GameCube da Nintendo (figura 65-A)

desempenha um melhor papel na orientação proposta. Ou seja, com o botão sendo acionado na horizontal, o gatilho do GameCube (figura 65-B) acomoda o dedo no botão de uma forma mais confortável, permitindo que o usuário mantenha o dedo em posições semelhantes antes e no momento do acionamento.

Figura 65 – Controle do GameCube da Nintendo e botão gatilho.



Fonte: adaptado de internet

Para os outros dois botões de comando, definiu-se botões auxiliares localizados na face superior do controle na posição de gamepad, um de cada lado. A utilização dos botões dependerá da aplicação, ou seja, do jogo. O quarto botão é o de inicialização do controle.

b) Feedback

O sistema de feedback tátil desenvolvido pela Tactical Haptics (visto na secção 4.1.2), mesmo em desenvolvimento, se mostra uma boa prática do feedback tátil para o projeto. Sua aplicação na empunhadura do controle não afetaria a ergonomia do controle devido ao livre dimensionamento que se pode estabelecer às placas que se movimentam, podendo ser pouco salientes, obtendo uma leve resposta na mão do usuário, ou possuir uma saliência elevada, afetando na ergonomia da empunhadura e a tornando difícil de se manter em mãos

já que a empunhadura se deslocaria muito a cada resposta do ambiente virtual. Logo, optou-se por placas pouco salientes em somente duas faces da empunhadura.

A possibilidade de vibrar também faz parte do sistema de feedback do controle. A figura 66 ilustra o motor responsável pela capacidade de vibrar do controle. Sua utilização é quase obrigatória em controles atualmente, aplicando-se também ao presente projeto.

Figura 66 – Motores de vibração do controle Xbox 360.



Fonte: Site de compras online. Mercado Livre.

c) Alimentação

O controle principal, assim como o auxiliar, conta com uma bateria recarregável conectada ao circuito. O método de recarga do controle se dá por meio de cabo USB, devido ao seu baixo custo e eficiência. Um led indicativo também sinaliza quando o controle está ativo, com pouca bateria e quando está carregando, assim como o controle auxiliar.

d) Segurança

A alternativa escolhida propunha uma extensão de uma das laterais para a adequação à mãos de percentis maiores. Entretanto notou-se que, com as medidas estipuladas para o controle auxiliar e principal, uma mão de grande percentil não ultrapassa a dimensão estipulada no local. A fim de evitar a ejeção involuntária do controle, aplicam-se fivelas, as quais são posicionadas no pulso do usuário antes de empunhar o controle. Tais fivelas (figura 67) já são utilizadas em controles sem fio, ou seja, o usuário já possui conhecimento do item e não o estranharia como acessório.

Figura 67 – Fivela de segurança utilizada no Wii Remote.



Fonte: internet

5.3 SOLUÇÃO FINAL

5.3.1 Desenvolvimento

Para o desenvolvimento e apresentação da solução final, criou-se um modelo tridimensional computacional do dispositivos. Para tal, foi utilizado um processo de digitalização tridimensional em um modelo físico volumétrico. O processo auxiliou na construção do modelo tridimensional, visto que o dispositivo possuía uma forma orgânica complexa e de difícil modelagem tridimensional.

A digitalização tridimensional funciona, em geral, por meio de uma varredura, a qual mede a localização dos pontos de uma superfície no espaço (X, Y e Z). Os scanners 3D¹⁰ mais populares, geralmente, trabalham com a técnica de triangulação e, depois de finalizada a varredura do objeto a ser digitalizado, é obtido o mapeamento ponto a ponto da superfície, o qual é denominado nuvem de pontos (SILVA, 2011).

¹⁰ Dispositivos responsáveis pela varredura, ou escaneamento de objetos a fim de coletar dados digitais. Diferentes tecnologias usam diferentes métodos de varredura. Os scanners tridimensionais tradicionalmente utilizados no mercado se dão por sistema a laser, luz branca ou por fotogrametria (D'APUZZO, 2009).

Para o processo de digitalização do modelo físico, realizado no Laboratório de Seleção de Materiais da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (LdSM/UFRGS), foi utilizado o scanner Artec Eva 3D e processadas, primeiramente, pelo software Artec Studio. Este scanner possui uma varredura rápida e oferece um modelo final com alta qualidade. Não é necessária a utilização de marcadores como referência ou calibração prévia, além de realizar a varredura rapidamente em alta resolução. Segundo o fabricante do Scanner Artec™, o dispositivo se assemelha a uma câmera de vídeo que captura em 3D até 16 quadros por segundo. Estes quadros são alinhados automaticamente em tempo real, formando o modelo digital na tela do computador (Figura 68).

Figura 68 – Digitalização do modelo com o Artec Eva 3D.



Fonte: Autor

A digitalização tridimensional é utilizada para captar todos os detalhes dos objetos submetidos ao processo. O mesmo acontece com o modelo físico digitalizado. Algumas das imperfeições do modelo foram percebidas pelo processo, captadas e transferidas ao modelo tridimensional computacional. Após a captação do modelo computacional, alguns pós processamentos são realizados para retirar zonas desnecessárias e reparar imperfeições no modelo. Utilizando o software Geomagic Studio 10, foi possível a manipulação do modelo para um melhor resultado quanto à forma desejada. Por fim, no software SolidWorks, foram inseridos os componentes do dispositivo para a finalização do modelo computacional.

Entretanto, devido às extensões e compatibilidades entre os três softwares utilizados, houve dificuldades na manipulação do modelo na etapa final. Contudo, a criação de renders para a apresentação do dispositivo, foi desenvolvida no software KeyShot 5 e pode ser vista a seguir.

5.3.2 Apresentação do produto

O controle desenvolvido possui o foco em jogos FPS (tiro) e corrida em RV. Sendo assim, auxilia a imersão do usuário com o ambiente virtual através de dois controles, usados tanto separadamente, para jogos de tiro (Figura 69), quanto em conjunto, para jogos de corrida, além de permitir seu uso como um gamepad convencional (Figura 70) para jogos que não receberam a tecnologia.

Figura 69 – Controle para jogos de realidade virtual. Uso separado.



Fonte: Autor

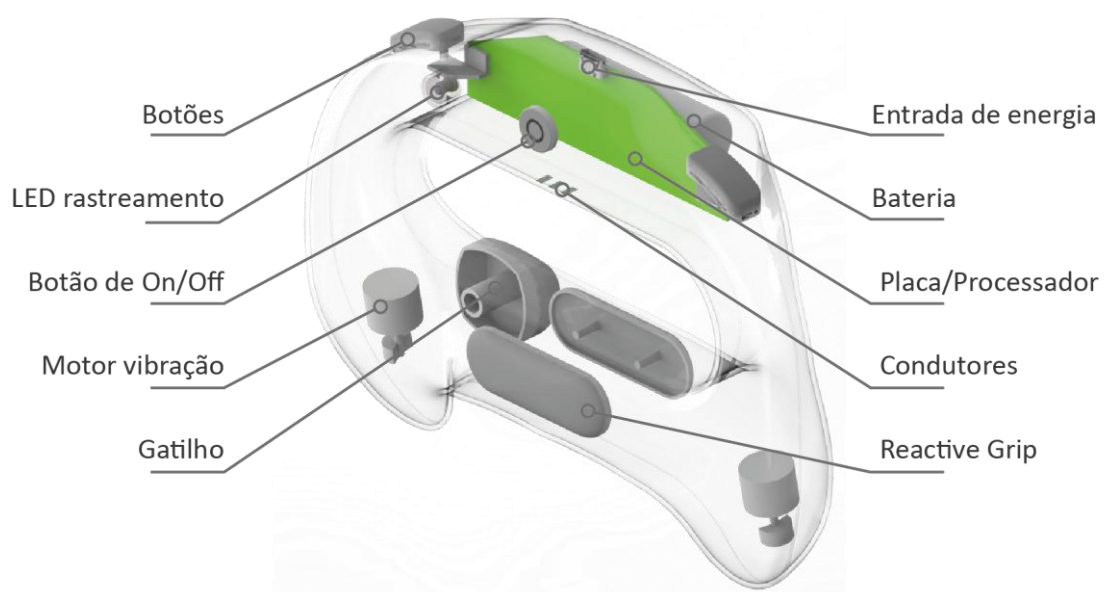
Figura 70 – Controle para jogos de realidade virtual. Uso em conjunto.



Fonte: Autor

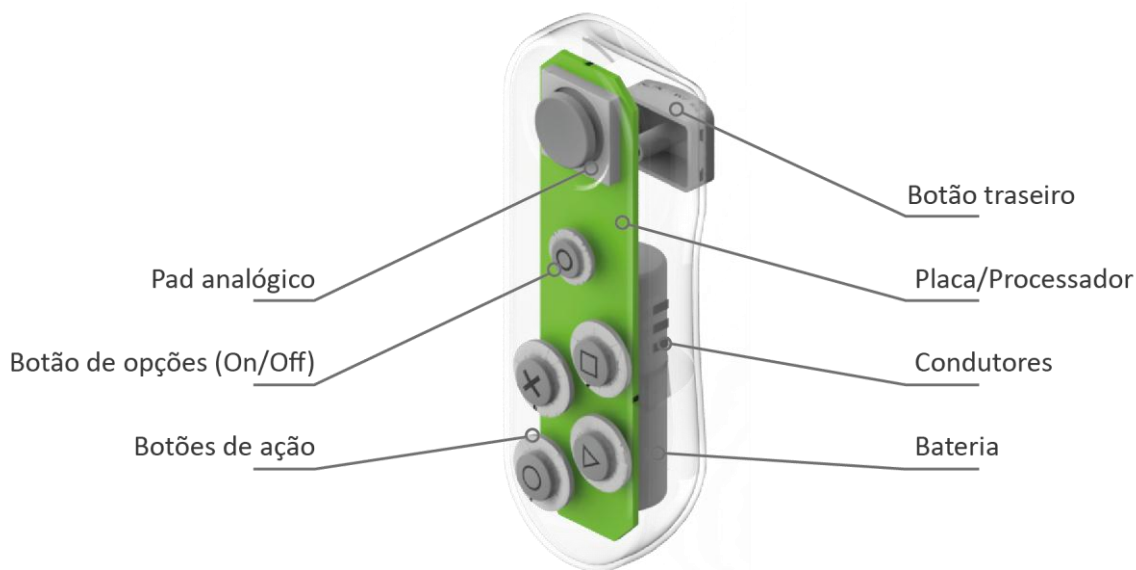
A Figura 71 e 72 demonstram os componentes internos do controle principal e auxiliar, respectivamente.

Figura 71 – Componentes internos do controle principal.



Fonte: Autor

Figura 72 – Componentes internos do controle auxiliar.



Fonte: Autor

Para a utilização do controle em jogos de tiro, deve-se assumir uma configuração separada. Quando nesta configuração, o controle principal utiliza um sistema de rastreamento por luz (Figura73) que, com o auxílio de um aplicativo, rastreia a posição do controle no plano XY, no smartphone.

Figura 73 – Led de rastreamento.



Fonte: Autor

Ainda na configuração separada, o controle dispõe ao usuário feedback háptico através de vibrações e do sistema Reactive Grip posicionado na empunhadura do controle principal, podendo receber resposta tátil ao pressionar o botão gatilho, por exemplo (Figura 74).

Enquanto que, com o controle auxiliar, o usuário pode movimentar-se pelo ambiente virtual utilizando o pad analógico e acionar alguma função com o botão traseiro do controle auxiliar (Figura 75).

Figura 74 – Reactive Grip e botão gatilho.



Fonte: Autor

Figura 75 – Controle auxiliar.



Fonte: Autor

Quando utilizado para a jogos de corrida, o controle permite a realização de movimentos que simulam um volante (Figura 76) que serão enviados do acelerômetro do controle auxiliar por bluetooth para o smartphone.

Figura 76 – Movimentos de volante com o controle acoplado.



Fonte: Autor

Com o controle auxiliar acoplado, pode ser realizado o carregamento das baterias dos controles, através de um entrada de dados e energia micro USB, localizada no topo do controle principal. A energia é transmitida ao controle auxiliar pelos conectores localizados na lateral do controle auxiliar (Figura 77).

Figura 77 – Entrada de energia micro USB e condutores.



Fonte: Autor

Figura 78 – Controle ambientado.



Fonte: Autor

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer do presente trabalho pode-se evidenciar a importância que vem sendo dada e o aumento da expectativa para a tecnologia de realidade virtual. A realidade virtual tem sido vista como uma tecnologia promissora e, ainda, bastante complexa, principalmente no que se refere as suas principais características de imersão, interação e feedback.

No mercado de jogos eletrônicos sua atuação é promissora. Mesmo que não possua muitos produtos, já detém muito destaque, principalmente entre os gamers. Tendo-os como usuários, surge a necessidade de desenvolver um controle para uso em realidade virtual, já que, em paralelo ao desenvolvimento deste projeto, algumas empresas de desenvolvimento de games anunciaram sua preocupação em tornar a tecnologia de realidade virtual acessível ao público com alta qualidade e jogabilidade.

Em relação aos objetivos e requisitos estabelecidos, pode-se dizer que foram alcançados, devido aos sistemas utilizados no projeto, mesmo que ainda em desenvolvimento, se mostram úteis em conjunto, tornando o controle mais imersivo para uma plataforma ainda menos explorada da RV: os smartphones.

O desenvolvimento de um controle com características de um controle tanto para RV quanto para jogos convencionais é um conceito ainda não explorado no mercado. A versatilidade do controle é um ponto extremamente positivo para usuários temerosos quanto a tecnologia RV e um conceito que seria bem difundido na comunidade gamer, se aplicado.

Durante o desenvolvimento do trabalho, percebeu-se a dificuldade com certas minúcias de projeto eletrônico que ainda devem ser consideradas, além da necessidade de uma melhoria no formato técnico do produto, a fim de gerar uma forma mais orgânica, porém com melhor acabamento computacional.

É evidente que este projeto ainda deve ser submetido a diversas etapas de validação, tanto sob o ponto de vista técnico, como sob aspectos de usabilidade e aceitação por parte dos usuários. Uma etapa futura poderia incluir a construção de um protótipo funcional como o objetivo de avaliar o desempenho do produto sob o ponto de vista técnico e tecnológico.

REFERÊNCIAS

- AITPAYEV, K; GABER, J. **Creation of 3D Human Avatar Using Kinect**. Asian Transaction on Fundamentals of Eletronics, Communication & Multimedia, v. 1, n. 5, p.12-24, 2012.
- ARAÚJO, R. **Especificação e análise de um sistema distribuído de realidade virtual**. Tese (Doutorado), Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.
- BACK, N; OGLIARI, A; DIAS, A; SILVA, J.C. **Projeto Integrado de Produtos: Planejamento, Concepção e Modelagem**. Barueri: Manole, 2008.
- BIOCCA, F.; DELANEY, B. **Immersive virtual reality technology**. In F. Biocca & M. Levy (Eds.), Communication in the age of virtual reality (pp. 51-126). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Press. 1995
- BOLAS, M. **Human factors in the design of an immersive display**. IEEE Computer Graphics and Application, pp. 55-59, January, 1994.
- BROOKS, T; BEJCZY, A. **Hand Controllers for Teleoperation. A State-of-the-Art Technology Survey and Evaluation**. California Institute of Technology, Pasadena, CA, United States, 1985.
- BROWN, M.; MACKENZIE, S. **Evaluating Video Game Controller Usability As Related To User Hand Size**. Proceedings of the International Conference on Multimedia and Human-Computer Interaction, p.114.1-114.8. Ottawa, Canada, 2013.
- BURDEA, G. **Force and Touch Feedback for Virtual Reality**. John Wiley & Sons, New York, N.Y., 1996.
- CARDOSO, A.; LAMOUNIER, E. **Realidade Virtual: Uma Abordagem Prática**. Livro dos Minicursos do VII Symposium on Virtual Reallity. Editoda Mania de Livros. São Paulo, 2004.
- COATES, G. **Program From Invisible Site-A Virtual Show**. A multimedia performance work presented by George' Coates Performance Works, San Francisco, CA, 1992.
- COMEAU, C. P.; BRYAN, J. S. **Headsight television system provides remote surveillance**, Electronics, November, 1961.
- CUMMINGS, A.H. **The Evolution of Game Controllers and Control Schemes and Their Effect on Their Games**. In Proceedings of MC07, Southampton, UK. 2007.
- D'APUZZO, N. **Recent Advances in 3D Full Body scanning with applications to fashion and apparel**. In optical 3D measurement techniques, 9, Viena, Austria, Anais eletrônicos, 2009.
- EARNSHAW, R. A. **Virtual Reality Systems**. Academic Press Limited, UK, 1993.
- FOLEY, J.D. et al. **Computer Graphics, Principles and Practice**. New York, Addison Wesley, 1990.
- GAME BRASIL. Pesquisa Game Brasil 2015. Disponível em <<http://www.pesquisagamebrasil.com.br/>>. Acessado em Setembro de 2015.
- GRADESCKI, J. **The virtual reality construction kit**. John Wiley & Sons, 1995.

- GREENBAUM, P. **The Lawnmower Man**. Film and video, 9(3), 58-62, 1992.
- GIGANTE, M. **Virtual Reality: Definitions, History and Applications**. In Earnshaw, R.A., Gigante, M.A. and Jones H. (Eds) *Virtual Reality Systems*. Academic Press Ltd., London, p.3-14, 1993
- HAND, C. **Other Faces of Virtual Reality**, First International Conference MHVR'94 -Lecture Notes in Computer Science n.1077, 107-116, Ed. Springer, Moscow, Russia, September, 1994.
- HEATHERLY, B.; HOWARD, L. **Video Game Controllers**. Clemson University, South Carolina, 2014.
- IIDA, I. **Ergonomia: Pprojeto e Produção**. 2ª edição rev.e ampl. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- JACOBSON, L. **Realidade Virtual em Casa**. Rio de Janeiro, Berkeley, 1994.
- KAVAKLI, M.; THORNE, J. **A usability study of input devices on measuring user performance in computer games**. School of Information Technology, Charles Sturt University, 2002.
- KIRNER, C. **Apostila do Ciclo de Palestras de Realidade Virtual**. Atividade do Projeto AVVIC – CNPQ (Protem – CC – fase III) – DC/UFSCAR, Outubro, 1996.
- KIRNER, C.; SISCOOTTO, R.; ROMERO T. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Livro do Pré-Simpósio VIII Symposium on Virtual Reality - Editora SBC – Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, 2006.
- KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Livro do pré-simpósio, IX Symposium on Virtual and Augmented Reality - Editora SBC – Sociedade Brasileira de Computação, Porto Alegre, 2007.
- KZERO. **Consumer Virtual Reality market worth \$5.2bn by 2018**. <<http://www.kzero.co.uk/blog/consumer-virtual-reality-market-worth-13bn-2018/>> Acessado em Agosto de 2015.
- LESTON, J. **Virtual reality: The IT Perspective**. Computer Bulletin, 12-13, 1996.
- LU, W. **Evolution of Video Game Controllers: How Simple Switches Lead to the Development of the Joystick and the Directional Pad**. Stanford University, 2003. <http://web.stanford.edu/group/htgg/sts145papers/wlu_2003_1.pdf>
- MANETTA, C.; BLADE, R. **Glossary of Virtual Reality Terminology**. International Journal of Virtual Reality, v.1, 1995.
- NETTO, A.; MACHADO, L.; OLIVEIRA, M. **Realidade Virtual: Definições, Dispositivos e Aplicações**. Tutorial. Revista Eletrônica de Iniciação Científica da SBC. ano II, v.2, n.2, Março, 2002.
- NIJHOLT, A.; REUDERINK, B.; OUDE BOS, D. **Turning Shortcomings Into Challenges: Brain-Computer Interfaces For Games**. 3rd International Conference on Intelligent Technologies for Interactive Entertainment, v.9, 2009.
- NINTENDO. **Nintendo Company**. Disponível em <<http://www.nintendo.com/consumer/wiisplay.jsp>>. Acessado em Novem de 2015.
- PAGULAYAN, J.; KEEKER, K.; WIXON, D.; ROMERO, R. **User-centered desing in games**. Handbook of Human Computer Interaction, Lawrence Erlbaum Associates Inc., London, 2003

PIMENTEL, K.; TEIXEIRA, K. **Virtual Reality: Through the New Looking Glass**. New York, McGraw-Hill, 1995.

REIS, R. **Estudo de modelo de ambiente de realidade vtual aplicado ao ensino da graduação em cirurgia**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Medicina, Programa de Pós-Graduação em Medicina: Cirurgia. Porto Alegre, 2009.

RHEINGOLD, H. **Virtual reality**. New York, Touchstone, 1991.

SAARIKOSKI, P.; SUOMINEN, J. **Computer Hobbyists and the Gaming Industry in Finland**. IEEE Annals of the History of Computing 31, num 3, 20–33, 2009.

SANDQVIST, U.; ZACKARIASSON, P. **Business logic in Cultural Industries: The case of the Video Game Industry**. Nordisk Foretags Ekonomisk Forening, 2013.

SHERMAN, W; CRAIG, A. **Understanding Virtual Reality. Interface, Application, and Design**. Morgan Kaufmann Publishers, 1 ed, 2003.

SILVA, F. **Usinagem de Espumas de Poliuretano e Digitalização Tridimensional para Fabricação de Assentos Personalizados para Pessoas com Deficiência**. UFRGS, Porto Alegre, p. 192, 2011. (Tese de Doutorado em Engenharia de Minas, Metalurgia e de Materiais – PPGE3M da Universidade Federal do Rio Grande do Sul).

SILVEIRA, A. **O Jogo Da Leitura e a Leitura do Jogo: Semiótica, Games e Ensino**. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013. (Tese de Doutorado do Curso de Estudos da Linguagem)

STURMAN, D. J.; ZELTZER, D. **A Survey of Glove-Based Input**. IEEE Computer Graphics and Application, 30-39, Janeiro, 1994.

TAKAHASHI, D. **Opening the Xbox: Inside Microsoft's Plan to Unleash an Entertainment Revolution**. Prima Communications, Inc., Roseville, USA, 2002

TONG, J; ZHOU, J; LIU, L; PAN, Z; YAN, H. **Scanning 3D Full Human Bodies Using Kinect**. IEEE Transaction on Visualization and Computer Graphics, v.18, n.4, p. 643-650, 2012.

VALERIANO, D. L. **Gerência em Projetos: Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia**. São Paulo: Markon Books, 1998.

VINCE, J. **Virtual Reality Systems**. Addison-Wesley, Reading, MA, USA, 1995.

VON SCHWEBER, L.; VON SCHWEBER, E. **Cover Story: Realidade Virtual**. PC Magazine Brasil, 50-73, Vol. 5, 1995.

WOLF, M. **Encyclopedia of Video Games: The Culture, Technology, and Art of Gaming**. Editora Greenwood. Santa Barbara, Califórnia, 2012.

XBOX. **Microsoft Corporation**. Disponível em <<http://www.xbox.com/pt-BR/Kinect/Home-new>>. Acessado em Novembro de 2015.

APÊNDICE A

Resumo de alguns dos controles de games.

Console Standards

	Sega Master System	1 D-Pad 2 Buttons
	Genesis	1 D-Pad 3 Buttons 1 Option
	SNES	1 D-Pad 4 Buttons 2 Shoulders 2 Options
	Sega CD	1 D-Pad 6 Buttons 2 Options
	N64	1 D-Pad 1 Stick 6 Buttons 3 Shoulders 1 Option
	Dreamcast	1 D-Pad 1 Stick 4 Buttons 2 Shoulders 1 Option
	Playstation 2	1 D-Pad 2 Sticks 4 Buttons 4 Shoulders 3 Options
	Gamecube	1 D-Pad 2 Sticks 4 Buttons 3 Shoulders 1 Option
	X-Box Old	1 D-Pad 2 Sticks 6 Buttons 2 Shoulders 2 Options
	X-Box New	1 D-Pad 2 Sticks 6 Buttons 2 Shoulders 2 Options
	X-Box 360	1 D-Pad 2 Sticks 6 Buttons 2 Shoulders 2 Options
	Wii Mote	1 D-Pad 3 Buttons 4 Options 1 Shoulder Motion Sensitive
		1 Stick 2 Shoulders Motion Sensitive

APÊNDICE B

Questionário de Pesquisa online.

Questionário TCC

Questionário para Trabalho de Conclusão de Curso em Design de Produto

*Required

Sexo*

- Masculino
 Feminino

Idade*

- 15 - 20 anos
 21 - 25 anos
 26 - 30 anos
 31 - 35 anos
 36 - 40 anos
 mais de 40 anos

Qual o estilo de jogo você prefere?*

- Tiro (FPS)
 Aventura
 RPG
 Dança
 Luta
 Esportes com instrumentos (Tênis, Golf, Arco e etc)
 Party Games/Casual Games
 Corrida
 Other:

Você possui algum dispositivo de realidade virtual?*

- Sim
 Não

Gostaria de possuir um dispositivo de realidade virtual?*

- Sim
 Não

Já teve algum experiência com algum dispositivo de realidade virtual?*

- Sim
 Não

Porque você gostou (ou não) da experiência?

Você acha que a tecnologia de realidade virtual será aplicada em jogos?*

- Sim
 Não

Qual estilo de jogo você gostaria de jogar em realidade virtual?*

- Tiro (FPS)
 Aventura
 RPG
 Dança
 Luta
 Esportes com instrumentos (Tênis, Golf, Arco e etc)
 Party Games/Casual Games
 Corrida
 Other:

Qual estilo de jogo você acha que será melhor aplicada realidade virtual?*

Em qual ficará mais legal...

- Tiro (FPS)
 Aventura
 RPG
 Dança
 Luta
 Esportes com instrumentos (Tênis, Golf, Arco e etc)
 Party Games/Casual Games
 Corrida
 Other:



Playstation Move + Navigation*

	Muito ruim	Ruim	OK	Bom	Muito Bom	Não sei
Direcionais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Botão Analógico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Botões	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tamanho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ergonomia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Varsatilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Nintendo 3DS*

	Muito ruim	Ruim	OK	Bom	Muito Bom	Não sei
Direcionais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Botão Analógico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Botões	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tamanho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ergonomia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Varsatilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



Sony PS Vita*

	Muito ruim	Ruim	OK	Bom	Muito Bom	Não sei
Direcionais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Botão Analógico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Botões	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Tamanho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ergonomia	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Varsatilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Qual dos controles anteriores você considera uma boa opção para jogos em realidade virtual?

- Playstation Dualshock 3
- Controle Xbox 360
- Game Pad Wii U
- Nintendo Wii Remote + Nunchuck
- Playstation Move + Navigation
- Nintendo 3DS
- Sony PS Vita
- Nenhum

APÊNDICE C

Desenhos Técnicos