



Estratificação da interação com o utilizador em ambientes de Realidade Virtual

CARLOS MANUEL NUNES PINTO

Outubro de 2015

Estratificação da interação com o utilizador em ambientes de Realidade Virtual

Carlos Manuel Nunes Pinto

**Dissertação para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia Informática**

Orientador: Nuno Miguel Gomes Bettencourt

Coorientador: João Paulo Jorge Pereira

Júri:

Presidente:

[Nome do Presidente, Categoria, Escola]

Vogais:

[Nome do Vogal1, Categoria, Escola]

[Nome do Vogal2, Categoria, Escola] (até 4 vogais)

Porto, Outubro 2015

Resumo

A evolução tecnológica tem sido de tal ordem que a realidade virtual deixou de ser um mero conceito que apenas é possível de implementar recorrendo a máquinas com um poder de processamento muito elevado.

Tendo em conta o potencial da realidade virtual e a não existência de boas práticas na criação da interface de um sistema que use este conceito, pretende-se, nesta dissertação, fazer um estudo sobre como pode ser analisada e estruturada a componente de interação através da estratificação de níveis de interação para as diferentes operações do sistema pretendido.

Por forma a ser possível, posteriormente, comparar cada um dos sistemas relativamente à interação, foram estipulados um conjunto de ações/operações que teriam de ser passíveis de executar em cada um, bem como, um tema base, uma aplicação de realidade virtual de simulação de espaço aplicada ao sector mobiliário.

Depois de implementados os sistemas, estes foram apresentados a um conjunto de pessoas que foram inquiridas sobre os mesmos, por forma a avaliar a interação com cada um.

Através dos resultados obtidos da avaliação dos inquéritos entregues, foi possível concluir que, para uma grande parte das operações implementadas, existe uma preferência para que a realização da operação seja o mais similar à sua execução num contexto real.

Palavras Chave: Realidade Virtual, Interação Pessoa-Máquina

Abstract

Technological progress has been such that virtual reality is no longer a mere concept only possible to implement using machines with high processing power.

Taking into account the potential of virtual reality and the lack of good practices for creating a system interface that uses this concept, it is this dissertation's objective to study how the interaction component can be analyzed and structured through the stratification of interaction levels for the desired system's operations.

In order to be able to later compare each interaction it was defined a group of actions/operations that each system should provide, as well as a main theme, a virtual reality applications applied to the furniture sector that simulates space.

With the systems implemented, these were presented to a diverse set of people who were surveyed about them, in order to evaluate the interaction in each one.

Through the analysis of the results obtained on the surveys, it was possible to determine that, for a great part of the implemented operations, there is a preference that the execution of said operation is as similar as possible to the execution of the same in a real context.

Key Words: Virtual Reality, Human-Computer Interaction

Agradecimentos

Este trabalho contou com a colaboração e dedicação de diversas pessoas às quais quero expressar os meus sentidos agradecimentos.

Ao meu orientador, Nuno Miguel Gomes Bettencourt, Professor Assistente, e ao meu coorientador, João Paulo Jorge Pereira, Professor Adjunto, ambos do Departamento de Engenharia Informática do Instituto Superior de Engenharia do Porto, pela oportunidade que me proporcionaram, pela atenção, disponibilidade e motivação transmitidas, pelo bom aconselhamento e pela confiança depositada no meu trabalho.

Agradeço aos meus pais, Maria e Manuel, e à minha namorada Ana, pelo apoio dado, e pela imensa paciência que tiveram ao longo desta jornada.

A todos, o meu sincero obrigado!

Índice Geral

Resumo.....	III
Abstract	V
Agradecimentos.....	VII
Índice de Figura.....	XIII
Índice de Tabelas.....	XV
Índice de Gráficos.....	17
1 Introdução	19
1.1 Motivação e objetivos	19
1.2 Hipótese.....	20
1.3 Organização da dissertação	20
2 Contexto	23
2.1 Introdução à Interação Pessoa-Máquina	23
2.2 Tipos de interação	26
2.2.1 Linguagem por Comandos	27
2.2.2 Seleção por Menus	27

2.2.3	Preenchimento de formulários	28
2.2.4	Manipulação Direta.....	29
2.3	Realidade Virtual	30
2.4	Dispositivos de interação.....	34
2.4.1	Virtusphere	35
2.4.2	Virtuix Omni.....	37
2.4.3	Wii Remote	38
2.4.4	Perception Neuron.....	41
2.5	Plataformas gráficas	42
2.5.1	Unity	42
2.5.2	Unreal Engine	43
3	Implementação.....	45
3.1	Requisitos do projeto.....	45
3.2	Domínio comportamental.....	46
3.2.1	Realismo Baixo	46
3.2.2	Realismo Intermédio.....	50
3.2.3	Realismo Elevado.....	54
3.3	Domínio da construção.....	58
3.3.1	Mapeamento dos controlos.....	58
3.3.2	Comunicação dos dispositivos com o sistema.....	60
3.3.3	Componentes comuns aos sistemas.....	60
3.3.4	Realismo Baixo	61
3.3.5	Realismo Intermédio.....	64

3.3.6	Realismo Elevado	67
4	Avaliação	73
4.1	Planeamento	73
4.2	Resultados	75
5	Conclusões.....	85
5.1	Objetivos alcançados	86
5.2	Análise de Resultados	87
5.3	Trabalho Futuro	87
	Referências Bibliográficas	89
	Anexo A.....	93
	Anexo B	97
	Anexo C	101
	Anexo D.....	105

Índice de Figura

Figura 1 – Exemplo linha de comandos.....	27
Figura 2 – Exemplo Seleção por Menu	28
Figura 3 – Exemplo de tipo de interação Preenchimento de formulário	29
Figura 4 – Exemplo do tipo de interação Manipulação Direta (Microsoft sem data) ...	30
Figura 5 – Sistema de Jogo Virtuality (Retro-VR 2014)	32
Figura 6 – Sistema Virtual Boy (Stevens 2011).....	33
Figura 7 – Oculus Rift Development Kit 1 (Knight 2014)	33
Figura 8 – Distorção em Barril (School Of Digital Photography 2013)	34
Figura 9 – Virtusphere Rolling Bar (exemplo de utilização) (Hanlon 2015)	36
Figura 10 – Virtuix Omni (Dingman 2013).....	37
Figura 11 – Virtuix Omni (protótipo para permitir agachamento).....	38
Figura 12 – Wii Remote (Anón 2011)	38
Figura 13 – Sensor bar (Ben 2013).....	39
Figura 14 – Wii Remote com Nunchuk (Amazon 2006).....	39
Figura 15 – Wii Remote Layout	40

Figura 16 – Nunchuck Layout.....	40
Figura 17 – Perception Neuron	41
Figura 18 – Comunicação Wii Remote - Osculator - Unity.....	60
Figura 19 – Menu de altura [Realismo baixo]	62
Figura 20 – Menu de seleção de mobília [Realismo baixo].....	63
Figura 21 – Menu de eliminação de mobília [Realismo baixo].....	64
Figura 22 – Menu de altura – início de operação [Realismo intermédio]	65
Figura 23 – Menu de altura- final de operação [Realismo intermédio].....	65
Figura 24 – Menu de seleção de mobília [Realismo intermédio]	66
Figura 25 – Eliminar peça de mobília [Realismo Intermédio].....	67
Figura 26 – Alterar altura – início de operação [Realismo Elevado]	68
Figura 27 – Alterar altura – final de operação [Realismo Elevado].....	68
Figura 28 – Operação de seleção de mobília [Realismo elevado].....	69
Figura 29 – Operação de agarrar uma peça de mobília [Realismo Elevado].....	70
Figura 30 – Operação de eliminação de uma peça de mobília [Realismo Elevado]	71
Figura 31 – Visualização do orçamento [Realismo Elevado]	72

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Definir preferência - Realismo Baixo	47
Tabela 2 – Selecionar novo objeto - Realismo Baixo	48
Tabela 3 – Agarrar Objeto - Realismo baixo	48
Tabela 4 – Mover objeto - Realismo Baixo	49
Tabela 5 – Eliminar objeto - Realismo Baixo.....	49
Tabela 6 – Largar Objeto - Realismo Baixo	50
Tabela 7 – Definir preferência - Realismo intermédio	51
Tabela 8 – Agarrar Objeto - Realismo Intermédio.....	51
Tabela 9 – Selecionar novo objeto - Realismo Intermédio	52
Tabela 10 – Mover objeto - Realismo Intermédio	52
Tabela 11 – Largar Objeto - Realismo Intermédio.....	53
Tabela 12 – Eliminar objeto - Realismo Intermédio.....	53
Tabela 13 – Definir uma preferência - Realismo Elevado.....	54
Tabela 14 – Selecionar novo objeto - Realismo Elevado	55
Tabela 15 – Agarrar Objeto - Realismo Elevado	56

Tabela 16 – Mover objeto - Realismo Elevado.....	56
Tabela 17 – Largar Objeto - Realismo Elevado.....	57
Tabela 18 – Eliminar objeto - Realismo Elevado	57
Tabela 19 - Identificação dos controlos.....	59
Tabela 20 – Mapeamento do dispositivo apontador.....	59
Tabela 21 – Mapeamento do segundo dispositivo de interação	59

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Média de respostas para cada item avaliado	77
Gráfico 2 – Avaliação do modo de acesso às operações existentes.....	78
Gráfico 3 – Classificação do modo de interação com o menu de preferências.....	79
Gráfico 4 – Classificação do modo de interação usado para adicionar mobília	80
Gráfico 5 – Classificação do modo de interação usado para movimentar mobília.....	80
Gráfico 6 – Classificação do modo de interação usado para eliminar mobília.....	81
Gráfico 7 – Classificação do modo de interação usado para visualizar orçamento.....	82

1 Introdução

1.1 Motivação e objetivos

Num contexto de constante evolução tecnológica, a pressão e dificuldade de inovar e facilitar os processos de Interação Pessoa-Máquina é cada vez maior.

A realidade virtual, apesar de não ser um conceito novo, volta a ganhar relevância com o aumento da capacidade de processamento das máquinas e a diminuição do preço dos componentes que as constituem, tornando possível a criação de ambientes realistas.

Uma vez que este conceito está apenas atualmente a revelar-se para um público mais abrangente e a sair do âmbito exclusivo do setor de investigação, ainda pouco foi estudado relativamente às implicações inerentes à implementação da interação em aplicações que façam uso deste conceito.

Pelos motivos enunciados, pretende-se estratificar a interação do utilizador em aplicações de realidade virtual em níveis de realismo, tendo em conta a sua maior ou menor aproximação à execução da operação pretendida num contexto real.

Para isso pretende-se desenvolver um sistema de simulação de espaço no setor mobiliário aplicando o conceito de realidade virtual, enquadrando-se, portanto, no âmbito das áreas de Realidade Virtual (RV) e Interação Pessoa-Máquina (IPM).

As aplicações a desenvolver, com diferentes níveis de realismo, têm como objetivo fundamental possibilitar a execução de um conjunto de operações que possibilitem a interação com o ambiente, porém, tendo interações distintas entre elas.

Os objetivos desta dissertação são:

- Determinar os níveis de realismo – estratos - que devem ser definidos por forma a determinar a interação a ser implementada na realização de uma determinada operação;
- Determinar, para as operações definidas, qual o tipo de interação mais adequado tendo em conta os estratos definidos.

Pretende-se, assim, definir como deve ser estruturado o estudo do design de interação para uma qualquer aplicação de realidade virtual.

1.2 Hipótese

Esta dissertação tem como hipótese: “Qual o estrato de uma aplicação de realidade virtual que confere maior usabilidade a um sistema?”

1.3 Organização da dissertação

O presente documento pretende descrever com algum detalhe uma proposta para a análise da componente de interação em aplicações de realidade virtual. Para tal é feita uma estratificação em níveis de realismo por forma a tentar identificar o mais adequado a um determinado contexto.

O presente capítulo pretende identificar as motivações e objetivos inerentes a este projeto e descrever a organização do mesmo.

No segundo capítulo é feito um contexto à problemática em questão, sendo apresentados um estudo sobre a evolução histórica deste conceito, uma introdução ao conceito de Interação Pessoa-Máquina e a sua importância, tipos de interação que podem ser implementados, bem como dispositivos de interação e, por fim, algumas plataformas gráficas que podem ser utilizadas para o desenvolvimento de aplicações.

O capítulo terceiro pretende descrever a análise e desenvolvimento do projeto passando por analisar requisitos e definir modelos do sistema para cada estrato definido e, por fim, analisar a abordagem técnica e produtos finais obtidos.

No quarto capítulo é realizada uma avaliação da interação em cada uma das três aplicações desenvolvidas, recorrendo a gráficos de forma a possibilitar uma análise mais precisa.

No quinto, e último capítulo, é feita uma abordagem geral ao projeto, salientando os aspectos mais relevantes dos desenvolvimentos descritos nesta dissertação, nomeadamente, o cumprimento dos objetivos traçados, as conclusões retiradas através da análise dos resultados obtidos, e possível trabalho futuro.

2 Contexto

Neste capítulo, será abordada a definição de Interação Pessoa-Máquina, bem como o conceito de realidade virtual, nomeadamente, a sua definição e a sua evolução histórica desde o seu nascimento até à atualidade

Será também explicado o conceito de realidade virtual e exemplificados alguns dispositivos de interação que podem ser usados para desenvolver aplicações que usem este conceito.

Por fim, serão apresentadas algumas plataformas gráficas que podem ser utilizadas para o desenvolvimento de aplicações que possam implementar o conceito de realidade virtual.

2.1 Introdução à Interação Pessoa-Máquina

Mais importante do que a própria lógica do sistema é a forma através da qual o utilizador interage com o sistema e o consegue interpretar.

Cada vez mais os utilizadores prezam sistemas que tenham, não só uma boa performance na execução das tarefas para as quais foram concebidos, mas que sejam fáceis de utilizar e perceber.

A usabilidade toma assim um papel preponderante no desenvolvimento aplicacional.

Uma das analogias que melhor transparece o conceito de usabilidade é "*If your computer were a person, how long 'til you punch it in the nose?*", ou, traduzido para português, “Se o seu computador fosse uma pessoa quanto tempo demoraria a dar-lhe

2. Contexto

um murro no nariz?” frase proferida por *Tom Carey* e citada no livro “*Developing user interfaces: ensuring usability through product & process*” (Hix & Hartson 1993).

Numa perspectiva mais técnica, a usabilidade pode ser definida através da combinação dos seguintes pontos (Shneiderman 1992):

- Facilidade de aprendizagem;
- Velocidade com que o utilizador realiza uma tarefa;
- Baixa taxa de erro;
- Satisfação subjetiva do utilizador;
- Retenção do utilizador ao longo do tempo.

Resumindo, a usabilidade está relacionada com a eficácia e eficiência entre a interface disponível (UI – interface com o utilizador) e a reação do utilizador a essa mesma interface. Um dos aspetos relevantes para a usabilidade é a naturalidade com que o utilizador interage com o sistema.

A Interação Pessoa-Máquina, muitas vezes referida como IPM, é algo que acontece quando uma pessoa e um computador se juntam para a execução de uma tarefa.

O estudo da Interação Pessoa-Máquina tem relativamente pouco tempo e tem como principal objetivo responder à questão de como criar uma ponte de comunicação entre pessoa e máquina.

A Interação Pessoa-Máquina inclui, a interface de *hardware* e *software* utilizada, a modelação do utilizador e do sistema, a ciência cognitiva e comportamental, o fator humano, os estudos empíricos, metodologia, as técnicas e as ferramentas (Hix & Hartson 1993).

Para desenvolvimento da interface com o utilizador é importante definir duas componentes, nomeadamente:

- Interação;
- Interface do sistema.

A primeira é respeitante ao modo como a interface com o utilizador funciona, o seu “*look and feel*” e comportamento em resposta ao que este vê, ouve e faz enquanto interage com o sistema.

Já a segunda refere-se aos meios utilizados para implementar a componente de interação.

Estas, devido às suas diferenças, ocorrem sob diferentes perspectivas. O *desenho* de interação tem requisitos especiais que não são partilhados pelo *design* de *software*. Porém, em termos históricos e práticos, nem sempre os sistemas foram desenvolvidos tendo em conta esta distinção entre a componente de interação e a componente de interface.

Tanto a componente de interação como a da interface do sistema têm sido, frequentemente, projetadas por engenheiros de *software* e programadores e, em consequência, os sistemas desenvolvidos têm tido interfaces variáveis relativamente à qualidade e usabilidade.

Para enfatizar a diferença entre estas duas componentes são utilizados os termos domínio comportamental e domínio da construção. O primeiro refere-se ao trabalho feito pelas pessoas que projetam e desenvolvem a componente de interação, e, o segundo, refere-se ao trabalho feito pelas pessoas que projetam e desenvolvem a interface com o utilizador.

A aproximação do desenvolvimento da interface com o utilizador do domínio comportamental deverá resultar num sistema dotado de maior usabilidade do que se a aproximação for feita ao domínio da construção. Este fato advém de um conflito que não pode ser evitado: o melhor raramente é o mais fácil de aplicar por parte do programador.

É importante tanto o desenvolvimento comportamental como o de construção, sendo que um design comportamental se deve sempre traduzir num design de construção de modo a poder ser implementado.

Um modelo do sistema estabelece uma estrutura arquitetural para o sistema, sendo, tipicamente, orientado ao dispositivo de interação, à informação e às operações, e representando o fluxo de informação e as operações executadas sobre a mesma.

O desenvolvimento de um modelo do sistema é extremamente importante durante o processo de projeção do design de interação. Muitos são os sistemas que carecem de bons modelos de sistema e, em consequência, providenciam uma fraca interface com o utilizador.

O modelo do sistema é mapeado pelo utilizador num modelo mental, que representa a forma como este percebe o sistema.

O modelo mental do sistema é um dos conceitos na Interação Pessoa-Máquina. Um modelo mental é baseado não em factos, mas em crenças, sendo a forma como o utilizador percebe o sistema.

Para facilitar o entendimento do que realmente é um modelo de mental do sistema *Donald Norman* criou um modelo (Norman & Draper 1986) constituído por 7 fases dos pensamentos/ações do utilizador, sendo estas:

- Estabelece um objetivo;
- Formula uma intenção;
- Especifica uma ação à interface;
- Executa uma ação;
- Perceciona o estado do sistema;
- Interpreta o estado do sistema;
- Avalia o estado do sistema relativamente ao objetivo inicial.

Os modelos mentais são, portanto, dependentes do utilizador, podendo diferentes utilizadores construir diferentes modelos mentais de uma mesma interface.

Sem um modelo mental do sistema bem definido este pode tornar-se incoerente e ter diversos tipos de interação que obrigam o utilizador a adaptar-se ao contexto da sua localização na aplicação, ao invés de ver o sistema como um todo e perceber como interagir numa situação recorrendo à sua experiência de utilização do mesmo.

É, portanto, também de igual importância definir quais os tipos de interação que serão implementados num sistema para que este tenha uma linha de pensamento associada que facilite a sua utilização por parte de um utilizador.

2.2 Tipos de interação

Um tipo de interação é simplesmente o método, ou métodos, através do(s) qual/quais o utilizador e o sistema comunicam entre si.

Atualmente existem vários tipos de interação em sistemas gráficos (Soegaard 2015).

2.2.1 Linguagem por Comandos

A linguagem por comandos é o tipo de interação mais antigo e ainda é usado atualmente. Esta linha de comandos é, normalmente, apenas utilizada por utilizadores experientes que digitam um comando e as possíveis opções que afetem o comportamento esperado ao executar o comando.

Figura 1 – Exemplo linha de comandos

Este tipo de interação tem um grande peso na memória cognitiva uma vez que obriga a que o utilizador se lembre de quais os comandos existentes e do que estes realizam. Algumas das consequências disso são a elevada taxa de erro envolvida e baixa capacidade, por parte do utilizador, de se lembrar dos comandos existentes, o que torna este tipo de interação inviável para utilizadores menos experientes.

2.2.2 Seleção por Menus

Um menu é constituído por diversas opções apresentadas num ecrã, onde a seleção e execução de uma ou mais tarefas irá resultar numa mudança de estado da interface.

Usando um sistema baseado em seleção por menu o utilizador seleciona um comando de um conjunto que se encontra apresentado sob a forma de um menu e observa os resultados dessa seleção.

Se os textos que acompanham os comandos/menus forem autoexplicativos os utilizadores poderão realizar as suas tarefas com um mínimo de memorização, podendo reconhecer um comando.

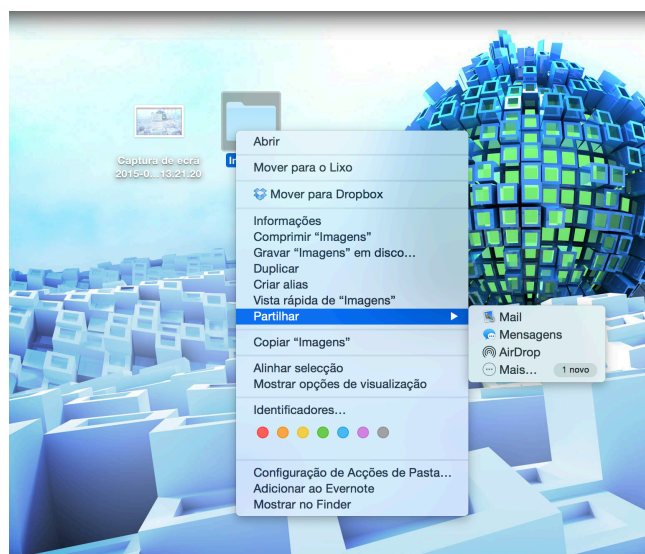


Figura 2 – Exemplo Seleção por Menu

Uma das grandes vantagens deste tipo de interação é ser acessível a utilizadores inexperientes ou pouco experientes, podendo apelar a utilizadores experientes se os mecanismos de seleção forem rápidos e puderem ser despoletados por atalhos (combinações de teclas).

2.2.3 Preenchimento de formulários

O tipo de interação de preenchimento de formulários foi criado para apelar a um grupo alvo diferente do grupo alvo do tipo de interação de linguagem por comandos, nomeadamente, para utilizadores não experientes. Quando este surgiu toda a interface tinha como base um formulário, não havendo mistura com outros tipos de interação como o que se pode encontrar atualmente. Esse formulário era constituído por vários campos que podiam ser percorridos através da tecla TAB e submetido o formulário com a tecla ENTER, não havendo, portanto, a necessidade de um dispositivo apontador, como, por exemplo, um rato.

O diagrama mostra uma interface de usuário com uma barra de navegação no topo contendo três abas: 'Section One', 'Section Two' e 'Section Three'. Abaixo das abas, há um formulário contendo os seguintes elementos:

- Um rótulo 'Text Field:' seguido por um campo de entrada de texto retangular.
- Um rótulo 'Drop-Down:' seguido por um menu suspenso com o texto 'Options' e uma seta para baixo.
- Um botão 'Save' localizado na parte inferior do formulário.

Figura 3 – Exemplo de tipo de interação Preenchimento de formulário

De entre as várias vantagens deste tipo de interação salientam-se a simplicidade de introdução de dados, a diminuição do processo de aprendizagem uma vez que os campos são predefinidos e encaminha o utilizador através de regras predefinidas.

De entre as desvantagens a que mais se realça é a de consumir demasiado espaço no ecrã.

2.2.4 Manipulação Direta

O tipo de interação manipulação direta foi introduzido, em 1982, por *Ben Shneiderman* (Shneiderman 1982). Este tipo de interação tem como base a manipulação direta de um objeto de interesse, o que pressupõe que os objetos de interesse sejam distintos, facilmente identificáveis e passíveis de ser manipulados de forma direta.

Um sistema com manipulação direta deve ter as seguintes características:

- Visibilidade do objeto de interesse;
- Rápido, reversível, tendo ações incrementais;
- Substituição de comandos complexos por ações diretas sobre o objeto de interesse.

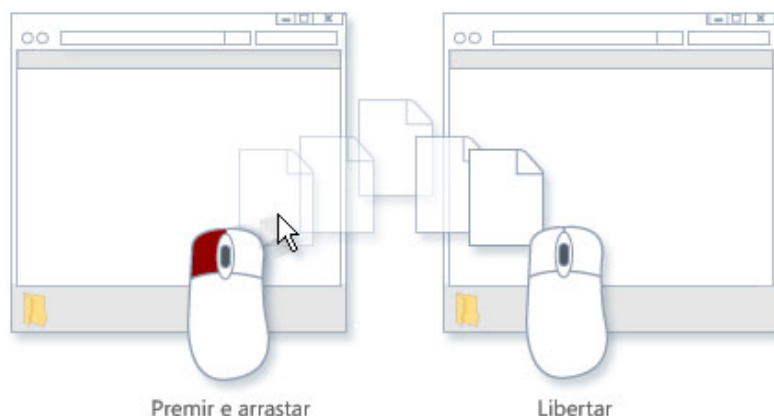


Figura 4 – Exemplo do tipo de interação Manipulação Direta (Microsoft sem data)

Este tipo de interação tem como principais vantagens:

- Apresentar visualmente um conceito de tarefas;
- De fácil aprendizagem;
- Os erros são facilmente evitáveis;
- Encoraja a exploração.

Mas este tipo de interação também apresenta as suas desvantagens, sendo elas:

- Não é aconselhável a pequenos ambientes gráficos;
- Não é fácil de implementar.

2.3 Realidade Virtual

George Coates define a realidade virtual como um conjunto de simulações eletrônicas de ambientes percebidos através de um dispositivo com óculos montado na cabeça e roupa com cabos que permitisse ao utilizador uma interação realista num ambiente tridimensional (Coates 1992).

Já para *Greenbaum*, o termo realidade virtual referia-se a um mundo alternativo repleto de imagens geradas por computador que respondiam ao movimento humano. A interação com estes ambientes seria, usualmente, feita através de óculos que permitissem perceber o espaço e luvas que possibilitassem a interação com o mesmo (Greenbaum 1992).

A realidade virtual, por vezes referida como ambiente virtual, é uma simulação computadorizada que consegue simular a presença do utilizador em lugares do mundo real ou em mundos imaginários. A realidade virtual pode recriar determinadas experiências sensoriais como o toque, o som, a visão, entre outros.

A primeira aplicação do conceito foi protagonizada pela empresa *Link Company* no final dos anos 20. Era apenas um protótipo denominado de *Link Trainer* (Roberson Museum & Science Center 2000) e foi o primeiro simulador de voo da História. Este protótipo era semelhante a um caixão serrado a meio e montado num pedestal. Juntamente com algumas características como o cockpit ser muito escuro, as leituras do painel de instrumentos serem exatas e a movimentação do simulador no pedestal era possível reproduzir a sensação de pilotar de noite (Encyclopedia Britannica sem data). Estes simuladores foram extremamente eficazes na preparação de centenas de pilotos para pilotar de noite durante a Segunda Guerra Mundial.

Apesar dos grandes avanços obtidos ainda era necessário algo extremamente importante para simular um ambiente realista para o piloto que era uma vista do mundo exterior ao cockpit.

O primeiro protótipo com vista para o exterior surgiu na década de 50 quando surgiram as televisões e as câmaras de vídeo. Com este equipamento a câmara podia “sobrevolar” um terreno à escala sobre um aeroporto sendo a imagem captada enviada para uma televisão colocada em frente ao piloto dentro do simulador (Baumann sem data).

O próximo passo lógico a tomar seria utilizar várias câmaras para simular todo o campo de visão do piloto, método que ainda é utilizado nos simuladores mais recentes.

Em última, os melhoramentos efetuados focaram-se no desenvolvimento de sistemas de reprodução gráfica do ambiente exterior e aumento da imersividade através de force-feedback, sensores musculares, rastreadores oculares e outros dispositivos de leitura/resposta sensorial.

Mas, apesar das evoluções no conceito de realidade virtual, estas apenas estavam a surgir num contexto militar para treino de pilotos, era necessário tornar este conceito disponível a um público mais amplo e, por isso, em 1984, *Jaron Lanier*, muitas vezes apontado com a pessoa que inventou o termo “realidade virtual”, fundou a empresa *VPL Research* (VPL Research 2009).

A empresa desenvolveu uma panóplia de *software* e hardware de realidade virtual.

2. Contexto

De entre os produtos desenvolvidos pela empresa encontram-se:

- A *Data-Glove*, um dispositivo que usava uma luva como forma de *input*;
- O *Eye-Phone*, um *head-mounted display* (HMD) capaz de criar uma imersividade visual num ambiente virtual. A componente visual era constituída por dois LCD's em que cada um fornecia uma imagem ligeiramente diferente para criar uma noção de profundidade;
- A *Audio-Sphere*, um dispositivo que usava stereo para criar a ilusão de sons 3D.

Em 1985, *Jonathan Waldern*, um doutorado em realidade virtual, criou, com o suporte da IBM, a empresa *W Industries* que mais tarde mudou de nome para *Virtuality Group*.

Em 1990 esta empresa apresentou na feira *Computer Graphics 90* um sistema com um visor estereoscópico, *joysticks* e unidades de rede para jogos *multiplayer*, denominando-o de *Virtuality* (Davies 1993; Retro-VR 2014).



Figura 5 – Sistema de Jogo *Virtuality* (Retro-VR 2014)

Este foi o primeiro sistema disponível a um público mais abrangente e não especializado, porém o sistema ainda era muito caro custando cerca de £20.000 cada conjunto (Retro-VR 2014).

A 15 de Novembro de 1995, a Nintendo apresentou um sistema mais barato que o *Virtuality*, denominado *Virtual Boy*. Este consistia num *head-mounted display* com dois ecrãs para aumentar a imersividade. Porém o sistema ainda tinha algumas falhas e apesar de terem anunciado alguns jogos para o sistema na feira *Electronic Entertainment Expo* de 1996, a maior parte não chegou a ser lançada e o sistema acabou por desaparecer (Boyer 2009).



Figura 6 – Sistema Virtual Boy (Stevens 2011)

Em Junho de 2012 depois da apresentação do protótipo do *Oculus Rift* na feira da *E3*, a empresa *Oculus VR* formada por *Palmer Luckey* e *Brendan Iribe* lançou a sua campanha de angariação de fundos para futuro desenvolvimento do produto no *site Kickstarter* (Luckey 2012), *website* criado para publicitar e promover angariações para desenvolvimento de novos produtos tecnológicos). Este sistema era um *HMD* criado com componentes baratos que em vez de utilizar dois ecrãs para simular as imagens vistas por cada olho de forma a dar uma noção de profundidade, utilizava apenas um ecrã no qual a imagem era dividida em duas sendo uma para o olho direito e outra para o olho esquerdo.



Figura 7 – Oculus Rift Development Kit 1 (Knight 2014)

Com a aplicação de alguns filtros e de umas lentes para reproduzir o efeito de distorção em barril a imersividade era muito mais elevada do que em sistemas mais antigos.

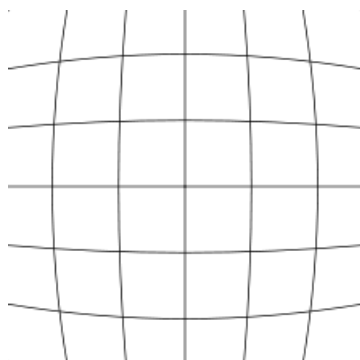


Figura 8 – Distorção em Barril (School Of Digital Photography 2013)

Este sistema foi logo reconhecido como um sistema que iria revolucionar a realidade virtual até então conhecida. Por essa razão grandes mentes ligadas à indústria dos videojogos juntaram-se para a empresa, tendo sido uma das mais icónicas *John Carmack* (Oculus VR 2013) que já tinha revolucionado com jogos como *Wolfenstein 2D* e *Doom*. Este revelou mesmo numa entrevista que estava extremamente motivado para trabalhar na empresa, pois os jogos já tinham avançado muito nos dias de hoje e o próximo passo lógico a tomar seria o da realidade virtual, não tendo o utilizador de estar confinado a um simples ecrã, mas sim a um mundo virtual.

Após terem sido efetuadas algumas melhorias ao protótipo e ter tido mais algumas aquisições, a empresa foi comprada pelo *Facebook* por 2 mil milhões de dólares (Kovach 2014).

Atualmente a empresa está a aceitar encomendas para o seu segundo *kit* de desenvolvimento que promete melhor resolução (1080p ao invés dos 720p do primeiro protótipo), *tracking* posicional fazendo uso de uma câmara para realizar *head-tracking*, diminuição do efeito de arrastamento de imagem através da utilização de um ecrã OLED de baixa persistência e uma taxa de atualização da imagem de 75Hz.

2.4 Dispositivos de interação

A maior parte dos ambientes de realidade virtual fornecem, primariamente, experiências visuais, porém, alguns vão mais longe ao ponto de incluir informação táctil através de interfaces hápticas.

Em última instância a realidade virtual pode ser utilizada para telepresença, ou seja, a criação de um ambiente virtual partilhado por vários utilizadores no qual podem interagir entre si.

Para que a imersividade seja total não basta apenas que se possa perceber visualmente o mundo virtual, mas também que seja possível interagir com o mesmo de forma natural por forma a dar a sensação de que estamos realmente nele.

Nesta secção serão analisados alguns destes dispositivos, bem como outros mais baratos e que possam ser adaptados para a realidade virtual.

2.4.1 *Virtusphere*

O dispositivo *Virtusphere*, desenvolvido por *Ray* e *Nurulla Latipov*, permite que a deslocação/movimentação no mundo virtual seja mais realista através da utilização de uma esfera na qual o utilizador se pode deslocar.

Apesar de não ter sido encontrado nenhum artigo/documento que indique quando foi começado o desenvolvimento deste produto, o mais antigo encontrado foi de 11 de Novembro de 2005 (Hanlon 2015), porém a divulgação do mesmo foi apenas feita primeiramente no episódio 9 da primeira temporada do programa *Shark Tank* (ABC 2013) não tendo na altura tido uma maior relevância não pela falta de originalidade e de aplicabilidade, mas pelo preço excessivo para o consumidor comum, estimado em 35 mil dólares, aproximadamente 27 mil euros (Anón 2010).

Esta esfera tem um princípio semelhante a uma bola para hamsters na qual pode ser retirada uma parte para permitir a entrada do utilizador. Encontrando-se o utilizador dentro da esfera, uma segunda pessoa terá de fechar a zona aberta da esfera para permitir que o utilizador que lá se encontra dentro possa movimentar-se livremente sem ter o risco de queda.

O dispositivo ainda contém uma barra que é denominada pelos criadores por *Rolling bar*, que serve o propósito de poder colocar alguns equipamentos à disposição do utilizador dentro da esfera, bem como de criar alguma estabilidade durante a movimentação do utilizador (Figura 9).



Figura 9 – Virtusphere Rolling Bar (exemplo de utilização) (Hanlon 2015)

Apesar das óbvias vantagens para a movimentação num ambiente virtual a *Virtusphere* ainda tem alguns pontos que poderiam ser melhorados, pois o sistema só deteta o caminhar/correr do utilizador não reconhecendo saltos ou inclinações do corpo, agachamento, ou seja, ainda existe uma vasta gama de movimentos que não são possíveis detetar no estado atual do produto o que pode quebrar um pouco a imersividade pretendida.

A nível de desenvolvimento este produto é compatível com uma panóplia de motores gráficos o que permite que um maior número de *developers* possa fazer uso do mesmo.

Os motores gráficos compatíveis com o *Virtusphere* são (Virtusphere 2013):

- CryEngine3;
- Quake4;
- Second Life;
- Shine;
- Unity3D;
- Unreal3;
- VBS2;
- Virtools;
- Worldwiz.

2.4.2 Virtuix Omni

O *Virtuix Omni* consiste numa passadeira omnidirecional que permite um vasto espectro de movimentos que vão desde andar em qualquer direção, a correr e saltar (Figura 10). Tudo isto é apenas possível utilizando uma passadeira concava com fricção reduzida ao mínimo, uns sapatos com uma sola, também ela, com fricção reduzida tendo a fricção máxima na ponta da sola para permitir uma maior estabilidade na movimentação do utilizador, e um conjunto de 40 sensores para monitorizar a movimentação das pernas do utilizador para uma maior precisão na tradução da informação para o mundo virtual (antes destes 40 sensores era usado o *Kinect* da Microsoft para realizar estes cálculos (Davies 2014)).



Figura 10 – *Virtuix Omni* (Dingman 2013)

O desenvolvimento deste produto terá começado em 2011, sensivelmente dois anos antes de terem começado a sua campanha no site Kickstarter (Omni 2013), por Jan Goetgeluk atual CEO da empresa, *Virtuix*.

Ultimamente, devido ao aparecimento de um maior número de dispositivos para tornar a experiência de realidade virtual mais imersiva, a empresa tem reunido esforços para permitir também o rastreamento do agachamento do utilizador (Figura 11), porém ainda afirmam estar numa fase inicial e que o produto seria mais dispendioso que o produto atualmente disponibilizado (Virtuix Team 2014) (o Omni Virtuix tem um custo atual de 499 dólares, ou seja, sensivelmente 385 euros).

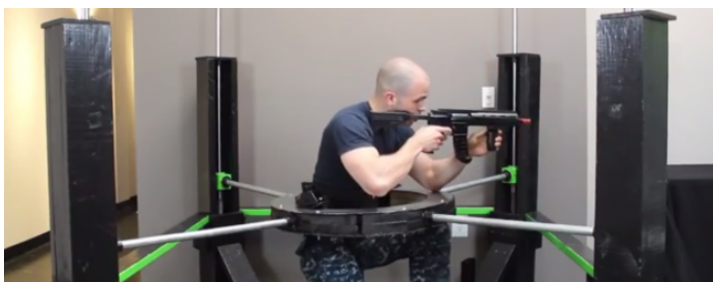


Figura 11 – Virtuix Omni (protótipo para permitir agachamento)

2.4.3 Wii Remote

O *Wii Remote*, apelidado também de *WiiMote*, foi disponibilizado pela Nintendo pela altura do lançamento da sua consola, a *Wii*, no final de 2006, tendo sido apresentado como comando revolucionário que fundia a familiaridade do comando remoto com a sofisticação da tecnologia de sensores de movimento (Anón 2006) (Figura 12).



Figura 12 – *Wii Remote* (Anón 2011)

Estes sensores de movimento, que incluem um acelerómetro e deteção de infravermelhos através do dispositivo denominado por *Sensor Bar* (Figura 13), permitem que seja reconhecida a posição e orientação do comando o que permite o reconhecimento dos gestos efetuados pelo utilizador.



Figura 13 – Sensor bar (Ben 2013)

O comando é ligado por Bluetooth tendo um alcance de, aproximadamente, 9 metros.

Para melhorar a experiência de interação pode ser ainda ligado ao *Wii Remote* o *Nunchuck* (Figura 14), um acessório com dois gatilhos, um analógico e acelerômetro (Anón 2007).



Figura 14 – Wii Remote com Nunchuk (Amazon 2006)

Nas figuras que se seguem (Figura 15 e Figura 16) é apresentado o *layout* dos botões dos dois dispositivos supramencionados.

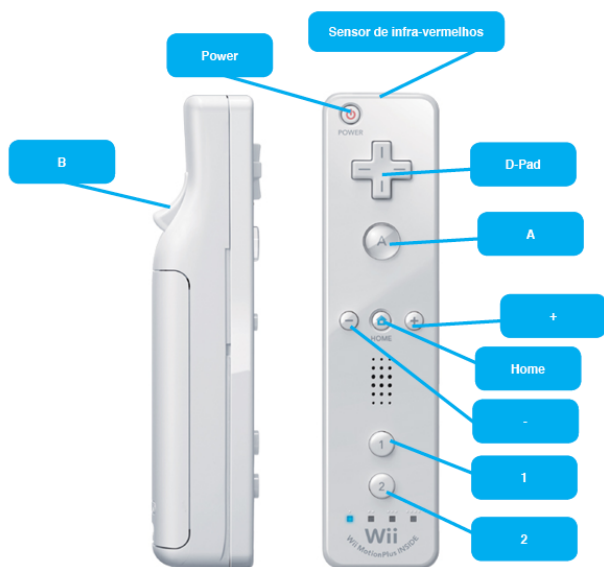


Figura 15 – Wii Remote Layout

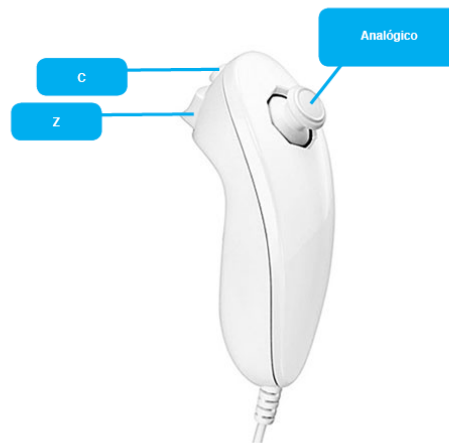


Figura 16 – Nunchuck Layout

O *Wii Remote* pode, à partida, não ser dos primeiros em que se pensa quando o assunto é a interação em realidade virtual, mas, apesar de nunca ser divulgado como tal pela *Nintendo* pode ser utilizado para aumentar a imersividade na interação com o mundo virtual.

As potencialidades do comando têm sido exploradas e *Johnny Chung Lee*, um doutorado em *Human-Computer Interaction* (Interação Pessoa-Máquina), desenvolveu alguns projetos nos quais explorou ao máximo as potencialidades do comando. Num desses projetos utilizou o sistema de detecção de infravermelhos da *Wii* invertendo-o, ou seja, utilizando o *Wii Remote* para captação de luzes infravermelhas e uns óculos com uma luz infravermelha em cada uma das laterais. Com isto conseguiu criar um sistema onde era possível alterar a perspectiva sobre um ambiente tridimensional através da movimentação da cabeça, o que permitia ter um vislumbre mais realista de um espaço 3D (Lee 2008).

Além deste sistema criou também outro para permitir a criação de um quadro interativo utilizando também o *Wii Remote*. Este sistema foi utilizado em algumas escolas pois os custos eram bem mais baixos do que um quadro interativo.

2.4.4 Perception Neuron

Este produto encontra-se neste momento a ser desenvolvido pela *Noitom Technology* sediada em Pequim, China.

O sistema inerente ao *Perception Neuron* (Figura 17) é idêntico aos utilizados em filmes e jogos para animação realista de modelos 3D, ou seja, é um sistema de captação de movimento corporal (Motion Caption, ou simplesmente mocap).

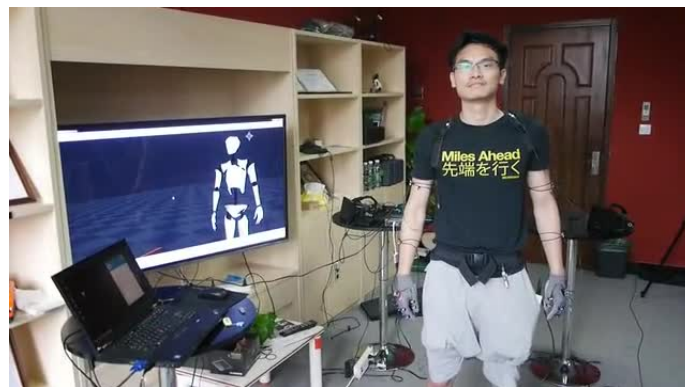


Figura 17 – *Perception Neuron*

Este utiliza um conjunto de sensores de inércia para detetar os mais subtis movimentos do corpo reproduzindo-os fielmente para um modelo 3D. E além de ser leve e mínimo, em comparação com os fatos utilizados normalmente em animação 3D, não tem fios, ou seja, permite uma maior liberdade na movimentação do utilizador. É apenas necessário ter ligação a um *router* para transmitir a informação entre o sistema e um computador.

O desenvolvimento do sistema começou em 24 de janeiro de 2013 e em 8 de Agosto de 2014 a Noitom Technologies iniciou uma campanha no site Kickstarter no qual conseguiu angariar mais do dobro dinheiro pedido, o que pode indicar uma possível grande adesão por parte dos *developers* (Noitom 2014).

Como o sistema é constituído por sensores de inércia independentes sendo possível detetar até o movimento completo de cada dedo da mão.

Existem três sistemas dependendo do número de sensores existentes, sendo eles o de 10, 20 e 30 sensores de inércia. Estes sensores não têm necessariamente de estar ligados ao corpo do utilizador podendo estar, por exemplo, num acessório que será o

acessório utilizado pelo personagem 3D que o utilizador estará a controlar, por exemplo uma arma se se tratar de um simulador de guerra.

Em comparação com outros sistemas de captação de movimento o produto é relativamente barato com o modelo de 10 sensores de inércia a 175 dólares (aproximadamente 136 euros) e o modelo de 30 sensores a 500 dólares (aproximadamente 388 euros).

2.5 Plataformas gráficas

As plataformas gráficas assumem também um papel de extrema importância no desenvolvimento de aplicações que usem o conceito de realidade virtual.

De modo a perceber o seu papel, serão seguidamente analisadas algumas plataformas gráficas existentes que permitem a integração com HMDs para criação de aplicações imersivas.

2.5.1 Unity

O *Unity* (Unity Technologies sem data) é um motor de jogo lançado para o mercado, em 2005, pela *Unity Technologies* que pode ser utilizado para a criação de videojogos ou qualquer tipo de aplicações interativas com conteúdo tridimensional e animações em tempo real.

Esta ferramenta permite o *deployment* para várias plataformas, entre elas, computadores, consolas, dispositivos móveis e *websites*.

Apesar desta ferramenta ter sido construída, maioritariamente em C++, uma interface de programação de aplicações (API) em .NET é disponibilizada de modo a que o programador se possa abstrair de uma implementação de mais baixo nível.

O programador não está restrito apenas a uma linguagem de programação para poder desenvolver utilizando esta ferramenta, tendo como opções o desenvolvimento em *JavaScript*, *C#* e *Boo*.

A interface com o utilizador (UI), encontra-se em C# usando a mesma API disponibilizada aos programadores e o motor de jogo usa Direct3D em *Windows*, OpenGL em *Mac* e *Windows*, OpenGL ES em *Android* e *iOS* e uma API proprietária em *Wii*.

Esta ferramenta encontra-se disponível sob duas licenças, *Unity* e *Unity Pro*, sendo a *Pro* a única paga.

Esta versão providencia algumas funcionalidades extra como *render-to-texture*, *occlusion culling*, iluminação global e efeitos pós-processamento. Outra grande vantagem é a criação de *asset bundles*, que são coleções de recursos externos. Estes ficheiros não se encontram juntamente com a aplicação estando normalmente, num servidor para acesso dinâmico.

Já na versão gratuita existem algumas das maiores desvantagens são a obrigatoriedade de uma tela de abertura e de uma marca de água que não pode ser alterada nem desativada.

Ambas as versões incluem um ambiente de desenvolvimento, tutoriais, projetos de exemplos de determinadas capacidades do motor de jogo e documentação.

As versões do motor para *iOS* e *Android* são complementos pagos apenas disponíveis na versão paga do mesmo.

Esta ferramenta pode ser usada para desenvolvimento de aplicações que possam ser percebidas através do *Oculus Rift*.

2.5.2 Unreal Engine

O *Unreal Engine* é um motor de jogo criado pela *Epic Games* que foi usado pela primeira vez em 1998 para desenvolvimento do jogo *Unreal*, um jogo em primeira pessoa (*Epic Games* sem data).

Desde então, esta ferramenta tem sido usada para desenvolver jogos de vários géneros.

O núcleo desta ferramenta encontra-se desenvolvido em C++, o que possibilita a sua portabilidade, sendo possível o desenvolvimento de aplicações para computadores, consolas e dispositivos móveis.

Apesar desta portabilidade cada aplicação tem de ser desenvolvida tendo em conta a plataforma que a irá executar, não podendo ser criada uma aplicação agnóstica do sistema alvo, como acontece com o *Unity*.

Esta ferramenta possibilita o desenvolvimento de aplicações apenas recorrendo à linguagem de programação C++.

2. Contexto

Uma das maiores vantagens, relativamente ao *Unity 3D*, é o facto desta ferramenta ser gratuita, sendo apenas obrigatório o pagamento de 5% dos lucros obtidos quando, após ter lançado o jogo/aplicação no mercado, esta tenha resultado num lucro bruto acima de três mil dólares (\$3,000).

Esta plataforma, assim como o *Unity*, pode ser utilizada para desenvolver aplicações que possam fazer uso das capacidades do HMD *Oculus Rift*.

3 Implementação

Por forma a poder ter um melhor entendimento sobre quais as interfaces que melhor se adequam num contexto de realidade virtual e em que situações estas interfaces podem ser utilizadas, foram arquitetadas e implementadas três interfaces, tendo cada uma como base diferentes tipos de interação.

Estas interfaces são definidas por três níveis de realismo, sendo este considerado mais elevado quanto mais semelhantes forem as ações tomadas pelo utilizador para execução de uma operação da sua execução num contexto real.

3.1 Requisitos do projeto

Neste subcapítulo serão delineados os requisitos funcionais dos sistemas implementados.

Como referido anteriormente um dos objetivos deste trabalho é o de criar três aplicações de realidade virtual com diferentes níveis de interação. Estas devem ter o mesmo tema base, a criação de uma aplicação de realidade virtual de simulação de espaço para o setor mobiliário.

Em cada sistema deve ser possível realizar um determinado conjunto de operações. Estas operações devem ser desenvolvidas de modo a que a sua execução seja intuitiva para o utilizador.

As operações identificadas foram as seguintes:

- Alterar a altura do personagem que representa o utilizador;

- Selecionar e adicionar uma peça de mobília;
- Movimentar uma peça de mobília;
- Eliminar uma peça de mobília previamente adicionada;
- Visualizar o orçamento tendo em conta a mobília já adicionada.

Cada aplicação deve ter um tipo de interação distinto, sendo a execução de uma tarefa mais semelhante à sua execução num contexto real quanto maior for o nível de realismo associado à aplicação.

Apesar de terem sido identificadas apenas as operações referidas em cima, poderiam vir a ser implementadas outras, contudo estas viriam a ter uma interação semelhante às analisadas.

3.2 Domínio comportamental

Para o desenvolvimento da interface com o utilizador é importante que, antes de ser desenvolvida a componente da interface do sistema seja, como já mencionado no subcapítulo 2.1, definida a componente de interação.

Como esta definição é dependente do dispositivo de interação utilizado, estas definições pressupõe a utilização do *Wii Remote* (dispositivo apontador) e da *Nunchuck* (dispositivo 2 – destinado a permitir deslocação e algumas ações adicionais), ambos desenvolvidos pela *Nintendo*, e do *Oculus Rift*, desenvolvido pela *Oculus VR*.

Neste subcapítulo serão definidos os modelos dos sistemas que suportam a definição da componente de interação que faz parte do domínio comportamental.

3.2.1 *Realismo Baixo*

Para a definição do nível de realismo baixo foram tidos como base os tipos de interação manipulação direta e seleção por menus, nos quais a manipulação direta é utilizada apenas para movimentação de objetos sendo as restantes ações disponibilizadas por menus, portanto, recorrendo ao tipo de interação seleção por menus. A interação do utilizador em menus é limitada às ações do menu não podendo este movimentar-se no ambiente de simulação enquanto um menu estiver ativo.

Quando um menu é ativado aparecerá defronte do utilizador a uma dada distância movendo-se com a orientação do HMD, e será opaco por forma a obrigar que o

utilizador se foque totalmente no mesmo diminuindo a distração dos objetos em seu redor.

Para simplificar a interação e torná-la coerente ao longo das operações possíveis do sistema foram atribuídos alguns botões para interações similares. Definiu-se, portanto, o seguinte mapeamento:

- o botão 1 do dispositivo apontador (botão A do *Wii Remote*) como o botão para selecionar opções em menus e interagir diretamente com objetos;
- os botões direcionais do dispositivo 2 para percorrer opções quando em menus;
- os botões direcionais do dispositivo 2 para movimentação do utilizador no mundo virtual.

Na operação de definição de uma preferência do utilizador, foi criado o cenário ilustrado na Tabela 1.

Ações do utilizador	Feedback da interface
Premir o botão 1 do dispositivo 2 ;	Apresentação de um menu opaco com uma preferência e respetiva informação;
Deslocamento vertical através dos botões direcionais do dispositivo 2 ;	Alteração da preferência a ser apresentada;
Deslocamento horizontal usando os botões direcionais do dispositivo 2 ;	Alteração do valor da preferência;
Premir o botão 1 do dispositivo apontador ;	Alteração/aplicação da preferência, como, por exemplo, a altura do utilizador;
Premir o botão 1 do dispositivo 2 ;	Desaparecimento do menu;

Tabela 1 – Definir preferência - Realismo Baixo

Neste cenário as ações do utilizador passam apenas por abrir o menu, navegar até à opção que deseja alterar o valor, alterar o seu valor e fechar o menu.

Já para a operação de seleção de um novo objeto foi idealizado o cenário presente na Tabela 2.

3. Implementação

Ações do utilizador	Feedback da interface
Premir o botão 2 do dispositivo 2 ;	Menu opaco com a informação de um objeto (nome, preço, imagem identificativa do objeto);
Deslocamento horizontal usando os botões direcionais do dispositivo 2 ;	Atualização da informação apresentada para que corresponda a um novo objeto;

Tabela 2 – Selecionar novo objeto - Realismo Baixo

Este cenário tem ações similares ao de definição de uma preferência, requerendo inicialmente que o utilizador abra o menu e navegue até à opção pretendida.

Depois de navegar até à opção desejada o utilizador terá duas opções:

- selecionar o objeto pretendido, que terá como consequência o desaparecimento do menu e a materialização do objeto pretendido;
- fechar o menu, sendo esta ação possível através do botão 2 do dispositivo 2, ou seja, o mesmo botão utilizado para a abertura do menu.

Para a operação de deslocar um objeto foram estipulados os cenários identificados nas tabelas Tabela 3, Tabela 4 e Tabela 6.

Ações do utilizador	Feedback da interface
Direcionar dispositivo apontador para o objeto que pretende agarrar	Laser virtual direcionado para o objeto pretendido;
Premir o botão 1 do dispositivo apontador	Objeto fica acoplado à “mão” do utilizador no mundo virtual; Apresentado menu circular opaco com as diferentes ações passíveis de efetuar sobre o objeto agarrado;

Tabela 3 – Agarrar Objeto - Realismo baixo

Como pode ser analisado neste cenário o utilizador tem uma primeira ação obrigatória, direcionar o dispositivo apontador para o objeto pretendido e premir o botão 1 desse mesmo dispositivo apontador para o agarrar.

Em seguida são apresentadas ao utilizador três ações possíveis, sendo elas, mover o objeto, eliminá-lo ou cancelar a operação.

Na opção de mover o objeto este ficará acoplado à “mão” virtual do personagem que identifica o utilizador na aplicação deslocando-se o objeto para o ponto para o qual o dispositivo apontador está direcionado, estando esta interação salientada na Tabela 4.

Ações do utilizador	Feedback da interface
Agarrar objeto;	
Deslocamento horizontal/vertical usando os botões direcionais do dispositivo 2;	Foco visual sobre a propriedade pretendida, sendo, neste caso, mover o objeto;
Premir o botão 1 do dispositivo apontador;	Objeto fica acoplado à “mão” do utilizador no mundo virtual e a textura das paredes existentes muda para indicar que o utilizador as pode transpor;
Deslocar o dispositivo apontador;	Objeto desloca-se juntamente com o dispositivo apontador;

Tabela 4 – Mover objeto - Realismo Baixo

Já a ação de eliminar o objeto, quando selecionada, fará com que o objeto seja eliminado e desapareça do ambiente, Tabela 5.

Ações do utilizador	Feedback da interface
Agarrar objeto;	
Deslocamento horizontal/vertical usando os botões direcionais do dispositivo 2;	Foco visual sobre a propriedade pretendida, sendo, neste caso, eliminar o objeto;
Premir o botão 1 do dispositivo apontador;	Objeto é eliminado;

Tabela 5 – Eliminar objeto - Realismo Baixo

Por último a opção de cancelar a operação apenas fará com que o previamente selecionado seja largado, Tabela 6.

3. Implementação

Ação do utilizador	Feedback da interface
Agarrar objeto ou Mover Objeto;	
Premir o botão 1 do dispositivo apontador;	Objeto é largado sendo sujeito à gravidade ou ficando acoplado em outro objeto;

Tabela 6 – Largar Objeto - Realismo Baixo

Tendo identificado a interação do utilizador e as reações do sistema para cada ação/operação concluiu-se a conceção do modelo do sistema com nível de realismo baixo.

3.2.2 Realismo Intermédio

Para a definição do nível de realismo intermédio foi tido como base o tipo de interação por manipulação direta, no qual os menus “2D”, estipulados para o nível de realismo baixo, são substituídos por menus tridimensionais em que a interação é feita diretamente sobre objetos que representam ações em cada menu através do dispositivo apontador.

Estes menus, quando ativados, aparecerão defronte do utilizador a uma dada distância ficando fixo na sua posição inicial

Outra diferença entre a definição para este nível de realismo e o nível de realismo baixo é a operação de eliminação de objetos que deixa de estar disponível através de um menu, sendo de acesso mais imediato.

Ao contrário do que foi definido no nível de realismo baixo, neste nível de realismo é dada uma maior liberdade de navegação enquanto em menus podendo o utilizador movimentar-se mesmo estando um menu ativo.

Mais uma vez, por forma a tornar a interação coerente em todas as operações foi estipulado um conjunto de interações idêntico para ações similares tendo sido estipulado:

- o botão 1 do dispositivo apontador (botão A do *Wii Remote*) como o responsável, não só por realizar/despoletar ações sobre menus, mas também por interagir com objetos no ambiente virtual;

- os botões direcionais do dispositivo 2 para movimentação do utilizador no mundo virtual.

Para a operação de definição de uma preferência por parte do utilizador, foi criado o cenário ilustrado na Tabela 7.

Ações do utilizador	Feedback da interface
Premir o botão 1 do dispositivo 2 ;	Apresentação de um menu 3D com uma preferência e respetiva informação;
Direcionar o dispositivo apontador na direção de um dos botões do menu;	Alteração da preferência a ser apresentada;
Premir o botão 1 do dispositivo apontador ;	<i>Feedback</i> visual da alteração do valor e atualização da propriedade correspondente ao valor (por exemplo, alterando o valor da altura deve alterar a altura do personagem);
Premir o botão 1 do dispositivo 2 ;	Desaparecimento do menu;

Tabela 7 – Definir preferência - Realismo intermédio

Neste cenário, para a realização da operação de alteração de uma preferência, as ações do utilizador passam apenas por abrir o menu, navegar até à opção, através da movimentação do dispositivo apontador e interagindo com os objetos/ícones de seleção do menu premindo o botão 1 do mesmo.

Já para a operação de agarrar um objeto foi concebido o cenário presente na Tabela 8.

Ações do utilizador	Feedback da interface
Direcionar dispositivo apontador para o objeto que pretende agarrar;	Laser virtual direcionado para o objeto pretendido;
Premir o botão 1 do dispositivo apontador ;	Objeto fica acoplado à “mão” do utilizador no mundo virtual;

Tabela 8 – Agarrar Objeto - Realismo Intermédio

Neste cenário, similarmente ao que foi definido pelo modelo mental do nível de realismo baixo, as ações do utilizador passam por direcionar o dispositivo apontador para o objeto que pretende agarrar e premir o botão 1 desse mesmo dispositivo para o agarrar.

3. Implementação

Para a operação de seleção de um novo objeto foi concebido o cenário retratado na Tabela 9.

Ações do utilizador	Feedback da interface
Premir o botão 2 do dispositivo 2 ;	Menu tridimensional com o modelo do objeto e com a informação relativa ao mesmo;
Direcionar o dispositivo apontador para um ícone de deslocação (setas);	
Premir o botão 1 do dispositivo apontador ;	Alteração da informação apresentada (novo objeto);

Tabela 9 – Selecionar novo objeto - Realismo Intermédio

Este cenário é composto por duas operações distintas, sendo elas, abrir o menu de seleção e navegar pelas diferentes opções de objetos possíveis de adicionar ao ambiente.

Já para a operação de mover um objeto pelo ambiente foi estipulado o cenário identificado pela Tabela 10.

Ações do utilizador	Feedback da interface
Agarrar objeto;	
Deslocar o dispositivo apontador ;	Objeto desloca-se juntamente com o dispositivo apontador ;

Tabela 10 – Mover objeto - Realismo Intermédio

Como pode ser analisado, este cenário pressupõe que o objeto que se pretende deslocar seja previamente agarrado pelo utilizador. Estando o objeto agarrado foi identificado ser apenas necessário deslocar o dispositivo apontado para poder movimentar o objeto.

Uma vez que o objeto esteja na posição na qual o utilizador o deseja colocar é necessário que este o possa largar. Para tal foi definido o cenário correspondente à operação de largar um objeto, estando este identificado pela Tabela 11.

Ações do utilizador	Feedback da interface
Agarrar objeto ou Mover Objeto;	
Premir o botão 1 do dispositivo apontador ;	Objeto é largado sendo sujeito à gravidade;

Tabela 11 – Largar Objeto - Realismo Intermédio

Como pode ser visualizado na tabela, este cenário pressupõe que o utilizador agarre antes um objeto ou o desloque.

Uma vez agarrado o objeto foi determinado que o ato de largar o objeto seria possível utilizando o mesmo botão usado para o agarrar.

Por fim foi desenvolvido o cenário correspondente à operação de eliminação de um objeto previamente inserido no ambiente, Tabela 12.

Ações do utilizador	Feedback da interface
Agarrar objeto;	
Mover Objeto;	Objeto é deslocado e, tendo espaço, é apresentado um modelo tridimensional de um caixote do lixo na posição na qual o objeto foi agarrado;
Deslocar objeto para o caixote do lixo usando o dispositivo apontador ;	Objeto é deslocado para contentor de reciclagem (ecoponto), sendo eliminado juntamente com o caixote;

Tabela 12 – Eliminar objeto - Realismo Intermédio

Como é possível analisar, a operação de eliminação requer que o objeto que se pretende eliminar seja antes agarrado. Uma vez agarrado o objeto, foi definido que seria necessário deslocá-lo a uma distância tal, que fosse possível desenhar um modelo tridimensional de um caixote do lixo. Para concluir a operação de eliminação foi identificado que seria requerido mover o objeto para o caixote do lixo, o que iria eliminar o objeto agarrado, bem como o caixote do lixo.

Tendo concluído este cenário foi concluída a definição no modelo do sistema do nível de realismo intermédio.

3.2.3 Realismo Elevado

Para a definição do nível de realismo elevado foi tido como base o tipo de interação de manipulação direta, no qual, é retirada a necessidade de menus no seu conceito lato para a realização de ações, sendo estes representados por objetos no mundo virtual, ou seja, são representações fiéis ao que pode ser encontrado no mundo real.

De modo a simplificar o mais possível a interação com o sistema foi definida um conjunto reduzido de botões/padrões que pudesse ser utilizado para realizar todas as operações necessárias.

Através da movimentação do dispositivo apontador, do pressionar do botão 1 do mesmo dispositivo e dos botões direcionais do dispositivo 2 deve ser possível realizar todas as operações sobre o sistema.

Para a operação de definição de uma preferência foi desenvolvido o cenário presente na Tabela 13

Ações do utilizador	Feedback da interface
Usar os botões direcionais do dispositivo 2 para se deslocar até à “casa” das preferências;	Personagem deslocada até à “casa” das preferências;
Deslocar o personagem, utilizando os botões direcionais do dispositivo 2 , até à representação da preferência (por exemplo, espelho para definir a altura do personagem);	Deslocação do personagem até à representação da preferência;
Direcionar o dispositivo apontador para um objeto de alteração da preferência;	Foco sobre o ícone/objeto de alteração da preferência (como uma régua com um ponto a identificar a altura atual);
Premir o botão 1 do dispositivo apontador ;	Objeto de preferência é agarrado;
Deslocar o dispositivo apontador por forma a deslocar o objeto de alteração da preferência;	Alteração em tempo da preferência (por exemplo, altura do personagem);
Premir o botão 1 do dispositivo apontador ;	Objeto de preferência é largado;

Tabela 13 – Definir uma preferência - Realismo Elevado

Neste cenário, para a realização da operação de mudança/definição de uma preferência, as ações do utilizador consistem em deslocar-se até uma representação de uma casa (casa de preferências) na qual deverá apontar para um objeto

representativo de uma determinada preferência, como por exemplo um ponto presente numa régua que se encontra a assinalar a altura atual.

Uma vez focado o objeto deverá premir o botão 1 do dispositivo apontador, por forma a agarrar o objeto, e movimentá-lo para alterar o valor da preferência, como, por exemplo, um ponto numa régua que assinala a altura atual do utilizador e é alterada em tempo com a movimentação do dispositivo apontador.

O utilizador terá sempre um *feedback* visual do valor atual, sendo este apresentado textualmente.

Para concluir a operação apenas terá de pressionar, novamente, o botão 1 do dispositivo apontador.

Já para a operação de seleção de um novo objeto foi definido o cenário representado na Tabela 14.

Ações do utilizador	Feedback da interface
Deslocar o personagem no mundo virtual para a representação de uma máquina de controlo utilizado os botões direcionais do dispositivo 2 ;	Deslocação do personagem até à representação de uma máquina de controlo;
Direcionar o dispositivo apontador para um objeto de deslocação dos objetos presentes numa base.	Laser virtual apontado para o objeto de deslocação dos objetos presentes na base;
Premir o botão 1 do dispositivo apontador ;	Alteração do objeto visível sobre a base e alteração da informação respeitante ao objeto apresentada na frente da base;

Tabela 14 – Selecionar novo objeto - Realismo Elevado

Como pode ser deduzido após análise da tabela, a operação começa com a deslocação do utilizador para um modelo tridimensional de uma máquina de controlo com botões.

Estando próximo da máquina de controlo deverá direcionar o dispositivo apontador para um dos botões presentes nesta e premir o botão 1 do dispositivo apontador.

Com esta ação será não só alterado o objeto presente numa base utilizada como área específica para demonstração dos objetos, mas da informação do objeto presente nessa base, mais precisamente o seu nome e o seu preço.

3. Implementação

Já para operação de agarrar um objeto no ambiente o cenário definido foi o apresentado na Tabela 15.

Ações do utilizador	Feedback da interface
Opcional: Selecionar novo objeto;	
Direcionar o dispositivo apontador para o objeto que pretende agarrar;	Laser virtual direcionado para o objeto pretendido;
Premir o botão 1 do dispositivo apontador ;	Objeto fica acoplado à “mão” do utilizador no mundo virtual;

Tabela 15 – Agarrar Objeto - Realismo Elevado

Como se pode visualizar na tabela esta operação começa com algo opcional, a realização da operação de seleção de um novo objeto acima definida, seguido do direcionamento do dispositivo apontador para o objeto pretendido. Tendo o direcionado o dispositivo apontador para o objeto será apenas necessário premir o botão 1 do mesmo para agarrar o objeto.

Seguidamente foi identificado o cenário referente à operação de movimentação de um objeto, cenário esse apresentado na Tabela 16.

Ações do utilizador	Feedback da interface
Agarrar objeto;	
Deslocar o dispositivo apontador ;	Objeto desloca-se juntamente com o dispositivo apontador ;

Tabela 16 – Mover objeto - Realismo Elevado

Para esta operação é apenas preciso que o utilizador tenha executado a operação de agarrar o objeto pretendido tendo depois de movimentar o dispositivo apontador por forma a deslocá-lo.

Foi definido, posteriormente, o cenário da operação de largar um objeto, apresentado na Tabela 17.

Ações do utilizador	Feedback da interface
Agarrar objeto ou Mover Objeto;	
Premir o botão 1 do dispositivo apontador ;	Objeto é largado sendo sujeito à gravidade ou ficando acoplado em outro objeto;

Tabela 17 – Largar Objeto - Realismo Elevado

Para a realização da operação o utilizador precisa, inicialmente, de agarrar ou mover o objeto pretendido, tendo apenas de premir o botão 1 do dispositivo apontador, usado previamente para agarrar o objeto, para largar o objeto.

Por último, foi estipulado o cenário correspondente à operação de eliminação de um objeto Tabela 18

Ações do utilizador	Feedback da interface
Agarrar objeto;	
Deslocar objeto agarrado para uma representação de um objeto de destruição usando os botões direcionais do dispositivo 2 e o dispositivo apontador ;	Objeto é deslocado para o objeto de destruição e eliminado/destruído;

Tabela 18 – Eliminar objeto - Realismo Elevado

Para esta operação existe a condição prévia de o utilizador ter agarrado o objeto pretendido. Tendo este agarrado será apenas necessário movimentar o personagem utilizando os botões direcionais do dispositivo 2 para um modelo tridimensional de um caixote do lixo. Deverá, se necessário, movimentar o objeto para o caixote do lixo usando o dispositivo apontador por forma a eliminá-lo

Tendo concluído a definição do cenário da operação de eliminação de um objeto foi concluída a definição do modelo do sistema da aplicação com nível de realismo elevado.

3.3 Domínio da construção

Definida a componente de interação, foi definida a componente da interface de cada um dos sistemas estipulados. Esta componente enquadra-se, como mencionado no subcapítulo 2.1, no domínio de construção.

No âmbito desta dissertação, para implementar os sistemas arquitetados, foi necessário construir três aplicações gráficas onde fosse possível realizar as operações descritas na análise requisitos no subcapítulo 3.1, que é complementada pela definição dos modelos dos sistemas no subcapítulo 3.2.

Para que fosse possível implementar cada sistema foi necessário recorrer às seguintes ferramentas:

- *Unity 3D* para implementação da componente gráfica;
- *Osculator* para comunicação entre o *Wii Remote* e a *Nunchuck* e cada uma das aplicações;
- *Oculus Rift* para perceção do ambiente e rastreamento dos movimentos da cabeça do utilizador.

3.3.1 Mapeamento dos controlos

Para os sistemas mencionados, a interação do utilizador será feita, como já mencionado, através do HMD *Oculus Rift*, do *Wii Remote* e da *Nunchuck*. O primeiro dispositivo de interação (*Oculus Rift*) será meramente para visualização do espaço em 3D e para transmitir os dados de orientação/posicionamento da cabeça do utilizador.

Uma vez que, na análise dos modelos mentais, não se fará menção específica aos dispositivos de interação utilizados, sendo apenas referenciados um **dispositivo apontador** e um **dispositivo 2** (utilizado para movimentação do personagem e algumas ações adicionais), pretende-se nesta seção criar a ligação entre estes dispositivos abstratos e os dispositivos utilizados.

Para o dispositivo apontador estabeleceu-se a correspondência com o *Wii Remote*, uma vez que é possível identificar a sua orientação através da sua junção com a *Sensor Bar*.

Já para o dispositivo 2 definiu-se que seria a *Nunchuck*, como se encontra identificado na Tabela 19.

Controlo	Dispositivo utilizado
Dispositivo apontador	Wii remote
Dispositivo 2	Nunchuck

Tabela 19 - Identificação dos controles

De modo a poder identificar as interações com os botões também foi estabelecida uma correspondência, tanto para o dispositivo apontador (Tabela 20) como para o dispositivo 2 (Tabela 21).

Botão Dispositivo apontador	Botão no Wii remote
1	A
2	B
Botões direcionais	Botões direcionais (setas)

Tabela 20 – Mapeamento do dispositivo apontador

O *layout* de ambos os dispositivos pode ser visualizado nas Figura 15 e Figura 16 no subcapítulo 2.4.3.

Botão Dispositivo 2	Botão na nunchuck
1	Z
2	C
Botões direcionais	Analógico

Tabela 21 – Mapeamento do segundo dispositivo de interação

Com a definição dos *layouts* de cada um dos dispositivos utilizados efetuada é possível criar modelos mentais agnósticos do tipo de dispositivos utilizados.

3.3.2 Comunicação dos dispositivos com o sistema

Para conseguir mapear e receber a informação proveniente do comando da *Wii* e da *Nunchuck* foi utilizado o *Osculator* (Anón sem data).

No *Osculator* são captados os *inputs* do dispositivo (sendo no caso considerado o *Wii Remote* e a *Nunchuck*) e podem ser transmitidos de diferentes modos, sendo usado o *OSC Routing* que se limita a transmitir um conjunto mensagens para um IP e porta específicos (Figura 18).

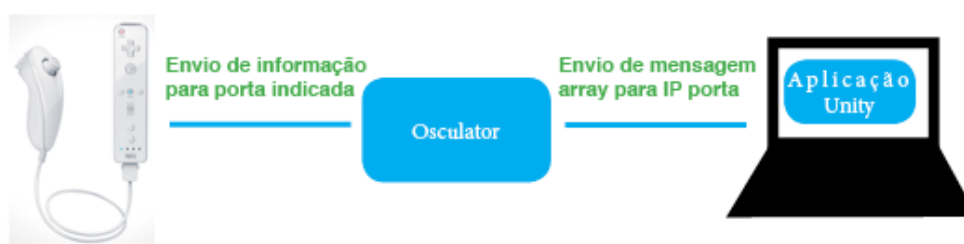


Figura 18 – Comunicação *Wii Remote* - *Osculator* - *Unity*

Estas mensagens são constituídas por um conjunto chave-valor, sendo a chave o nome da mensagem, e o valor sendo um conjunto de valores obtidos do comando da *Wii* ou da *Nunchuck*.

Na aplicação foi necessário criar um *socket* que estivesse à “escuta” das mensagens enviadas para a porta configurada no *Osculator* e mapear a informação recebida numa classe designada por *Wiimote*.

Para além do mapeamento foi também criado um mecanismo para que, ao pressionar um botão, a informação do botão premido fosse apenas transmitida uma vez por forma a melhorar a usabilidade do sistema.

3.3.3 Componentes comuns aos sistemas

Além do mapeamento foram ainda criados mais alguns componentes comuns aos três sistemas:

- Um gerenciador global, cuja função é simplesmente armazenar informação relevante sobre o ambiente da aplicação (definições do utilizador, orçamento, entre outras).

- Um sistema de que permitisse reconhecer a orientação do *Wii Remote*, ou seja, relacionar a informação recebida do *Osculator* com o comportamento pretendido na aplicação;
- Um controlo sobre a movimentação do personagem dependendo das ações sobre o analógico da *Nunchuck*.

3.3.4 Realismo Baixo

Para este nível de realismo foi previamente estipulado um pressuposto no qual os menus apareceriam sempre defronte do utilizador e seguiriam a orientação da sua cabeça, estando sempre centrados.

Primeiramente foi criado um gerenciador de menus, pois era necessário determinar se um menu estava ou não visível, por forma a não criar um potencial problema de menus sobrepostos.

Neste gerenciador foi apenas armazenada informação sobre quais os menus existentes na aplicação e qual o menu ativo em determinado instante (podendo não ter nenhum ativo).

Após a criação deste gerenciador, foi implementada a lógica sobre o menu de altura, definindo-se que o menu seria mostrado/escondido mediante o pressionar de um botão da *Nunchuck* (tendo sido definido o botão Z) e que a alteração do valor da altura seria controlada por um movimento horizontal do analógico da *Nunchuck* havendo um botão de confirmação (botão A do *Wii Remote*) para que o valor seja aplicado sobre a altura do personagem.

A criação deste menu permitiu reconhecer a complexidade de criação dos menus, pois, como foi criado um menu plano com perspetiva, se algum objeto estivesse entre o menu e o personagem a informação do menu não ficaria visível.

Para resolver este problema foi criado um *shader* para que o menu fosse renderizado em primeiro plano não sendo, portanto, afetada a sua visualização por nenhum objeto presente no ambiente.

O resultado final deste menu encontra-se demonstrado na Figura 19.

3. Implementação

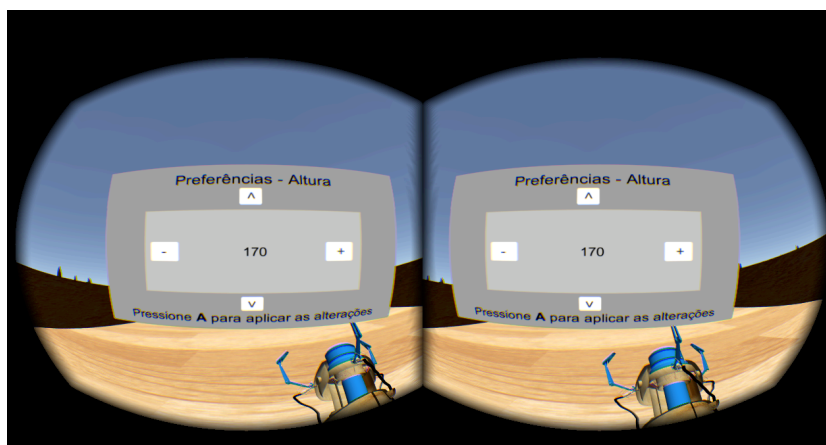


Figura 19 – Menu de altura [Realismo baixo]

Como pode ser verificado na figura, no dispositivo de saída são fornecidas duas imagens, uma para o olho esquerdo e outra para o olho direito, por forma a dar uma noção de profundidade no ambiente virtual.

O menu de seleção foi uma implementação mais simples já tinham sido ultrapassados alguns obstáculos encontrados na implementação do menu de altura, o que providenciou alguma experiência necessária à implementação deste menu.

Foi estipulado que neste estariam presentes informações sobre a peça de mobília selecionada (imagem da mobília, nome e preço), bem como a informação do orçamento.

A navegação entre as peças de mobília existentes, para ser coerente com o que tinha sido definido no menu de altura, foi implementada para que fosse efetuada com recurso a movimentos horizontais no analógico da *Nunchuck* e selecionando a peça usando o botão A do *Wii Remote*.

O resultado final deste menu encontra-se demonstrado na Figura 20.

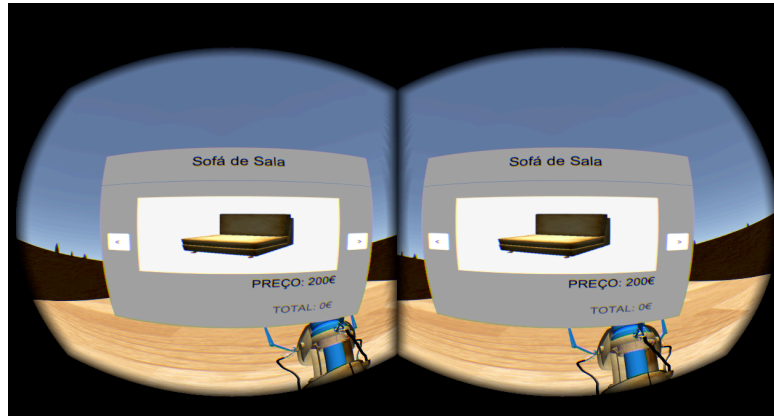


Figura 20 – Menu de seleção de mobília [Realismo baixo]

Por fim foi definido o menu de eliminação de uma peça de mobília do ambiente.

Esta operação ficou implementada de forma a que se o utilizador agarrar uma peça depois de a ter posicionado no ambiente um menu aparecerá tendo as opções: Mover, Eliminar e Cancelar.

A navegação entre as diferentes opções é, uma vez mais, feita recorrendo a movimentos horizontais no analógico da *Nunchuck*, sendo a seleção de uma opção feita com o botão A do *Wii Remote*.

Se for selecionada a opção de **mover**, o menu desaparecerá e a peça será agarrada.

Se for selecionada a opção de **eliminar**, a peça será eliminada e em seguida o menu desaparecerá.

Se for selecionada a opção de **cancelar**, o menu desaparecerá simplesmente não ficando a peça agarrada à “mão” do utilizador.

O resultado final deste menu encontra-se demonstrado na Figura 21.

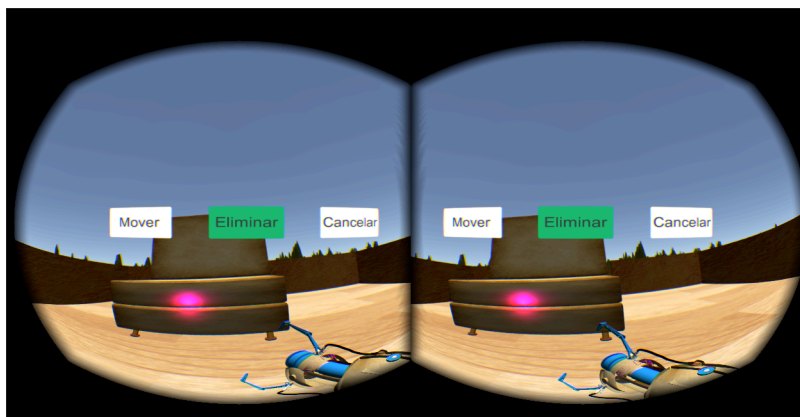


Figura 21 – Menu de eliminação de mobília [Realismo baixo]

Tendo concluído o menu de eliminação foi também concluído o desenvolvimento deste nível de realismo, estando este coerente com o que que foi definido na análise de requisitos.

3.3.5 Realismo Intermédio

Para este nível de realismo foi previamente estipulado um pressuposto no qual os menus apareceriam sempre defronte do utilizador, porém, ao contrário do nível de realismo baixo os menus não seguiriam a orientação da cabeça do utilizador ficando na posição espacial no qual apareceriam inicialmente.

A par da implementação do nível de realismo baixo foi criado um gerenciador de menus por não permitir que um menu fosse acessível se outro já estiver visível.

Neste gerenciador foi, mais uma vez, armazenada apenas informação sobre quais os menus existentes na aplicação e qual o menu ativo em determinado instante (podendo não ter nenhum ativo).

Depois da criação deste gerenciador, foi implementado um mecanismo que permitisse detetar se um menu poderia aparecer e não ficaria sobreposto a nenhum objeto já presente no ambiente, uma vez que os menus são 3D. Para tal foram utilizadas caixas de colisão (e removida a deteção de colisão com estas) e associado um bloco de código que indica se algum objeto se encontra dentro destas. Desta forma só é possível acionar um menu se este, ao ser renderizado, não se sobrepuser a nenhum objeto presente no ambiente.

Tendo terminado a implementação deste mecanismo foi iniciada a implementação do menu de altura constituído por três componentes. Dois objetos com imagens de setas verticais que representam botões por forma a poder aumentar ou diminuir a altura do personagem, e um texto 3D que indica a altura atual do personagem. De modo a poder alterar a altura foi adicionada lógica para que quando o *Wii Remote* estiver direcionado para um dos botões e se prima o botão A a altura do personagem seja alterada.

Para poder aceder a este menu foi estipulado o botão Z da Nunchuck.

O resultado final deste menu encontra-se demonstrado em Figura 22 e Figura 23.

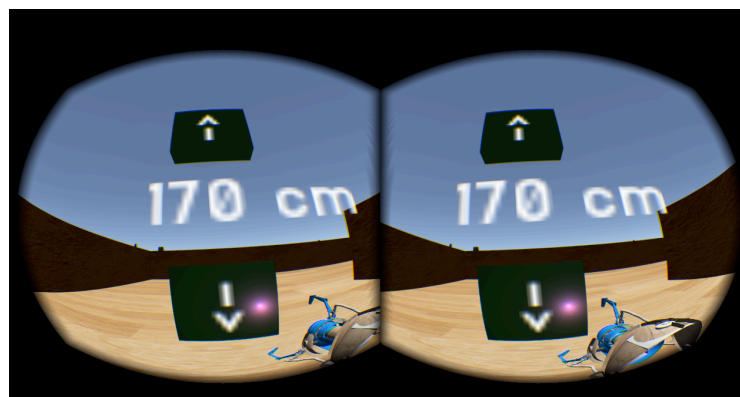


Figura 22 – Menu de altura – início de operação [Realismo intermédio]

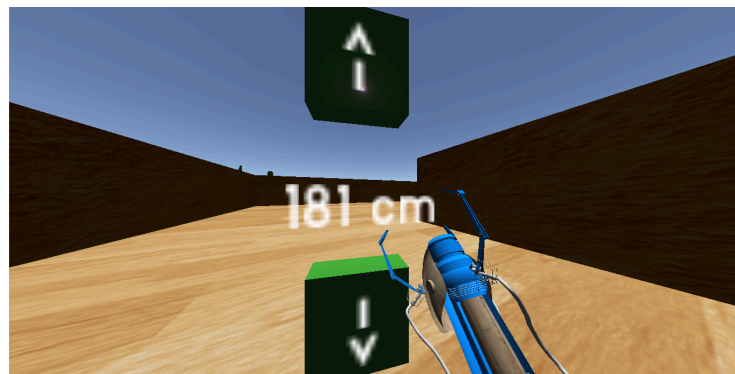


Figura 23 – Menu de altura- final de operação [Realismo intermédio]

Após ter sido concluída a implementação deste menu foi implementado o menu de seleção que em termos de lógica e complexidade foi muito similar ao menu de altura, sendo constituído por cinco elementos. Dois objetos com imagens de setas horizontais, que representam botões, o modelo 3D da peça de mobília correntemente selecionada, o seu nome e preço e o valor do orçamento que tem em conta as peças de mobília já adicionadas ao ambiente.

3. Implementação

Para poder aceder a este menu foi atribuído o botão C da *Nunchuck*.

A navegação por este menu pode ser feita direcionando o *Wii Remote* para um dos “botões” e premindo o botão A, percorrendo a lista de peças de mobília disponíveis e alterando o modelo 3D da peça apresentada (Figura 24).

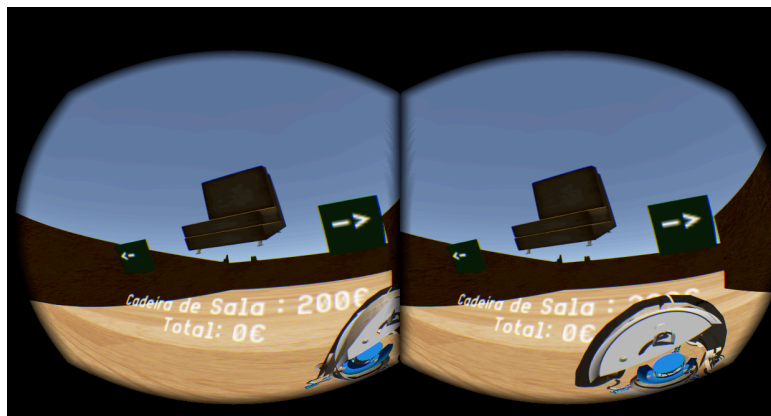


Figura 24 – Menu de seleção de mobília [Realismo intermédio]

Para criar uma transição mais fluída na seleção de um objeto foi implementada uma lógica na qual se o utilizador direcionar o *Wii Remote* para a peça de mobília apresentada no menu de seleção e premir o botão A do mesmo a mobília fique agarrada à mão do seu personagem desaparecendo toda a informação do menu.

Por fim foi criada a funcionalidade de eliminar uma peça de mobília do ambiente.

Para tal foi necessário desenvolver alguma lógica para que, uma vez que uma peça é selecionada através do menu de seleção e adicionada ao ambiente, se o utilizador a agarrar novamente e a movimentar, um modelo de um caixote do lixo aparecerá no sítio inicial onde a peça foi agarrada e, se o utilizador movimentar a peça para o caixote do lixo, esta desaparecerá juntamente com o caixote.

Pode ser visualizado na Figura 25 quando o caixote surge no ambiente por forma a poder eliminar a peça de mobília atualmente agarrada pelo utilizador.

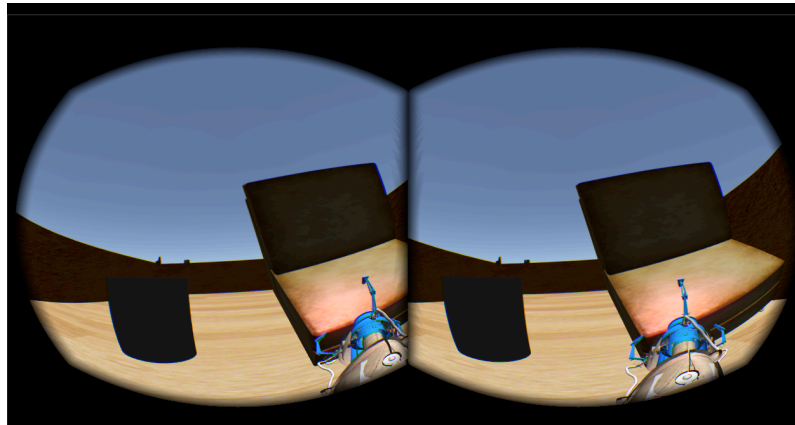


Figura 25 – Eliminar peça de mobília [Realismo Intermédio]

Tendo implementado a lógica das operações previamente definida nos requisitos do sistema, foi concluído o desenvolvimento deste sistema.

3.3.6 Realismo Elevado

Para o nível de realismo elevado foi previamente estipulado um pressuposto no qual a interação seria feita simplesmente usando o método de manipulação direta, ou seja, existindo apenas uma interação direta sobre os objetos presentes no ambiente por forma a realizar uma determinada ação/operação, sendo a aplicação desprovida de menus.

Inicialmente foi implementada a função/operação de alteração da altura do personagem.

Para esta operação foram adicionados alguns elementos ao ambiente por forma a torná-la o mais similar possível a um contexto real.

De entre os elementos consta um modelo de um espelho cujo centro apresenta a altura atual do personagem. À direita do mesmo foi criada uma escala com um ponto a assinalar, também, a altura atual do personagem.

Para poder alterar a altura o utilizador apenas tem de deslocar o seu personagem para a frente da representação do espelho e apontar o *Wii Remote* para o ponto presente na escala à direita do espelho e premir o botão A do mesmo. Depois apenas necessita de apontar o *Wii Remote* para cima ou para baixo dependendo se quer aumentar ou diminuir a altura do personagem. Com a alteração da altura é atualizada, em tempo,

3. Implementação

não só a altura do personagem, mas também a indicação da altura no espelho e a posição do ponto presente na escala.

Para concluir a alteração da altura apenas é necessário premir novamente o botão A do *Wii Remote*.

A maior dificuldade encontrada foi a criação do espelho que implicou, não só a implementação de um *shader*, mas também de um script de forma a que o espelho refletisse a imagem do ambiente envolvente.

Nas Figura 26 e Figura 27 é possível visualizar o resultado final desta funcionalidade.

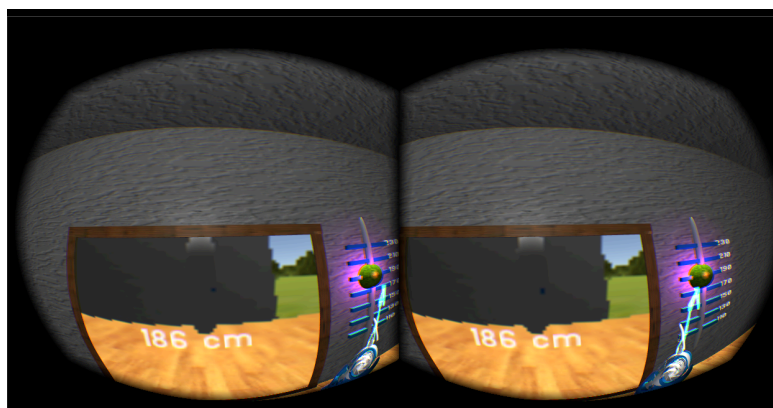


Figura 26 – Alterar altura – início de operação [Realismo Elevado]

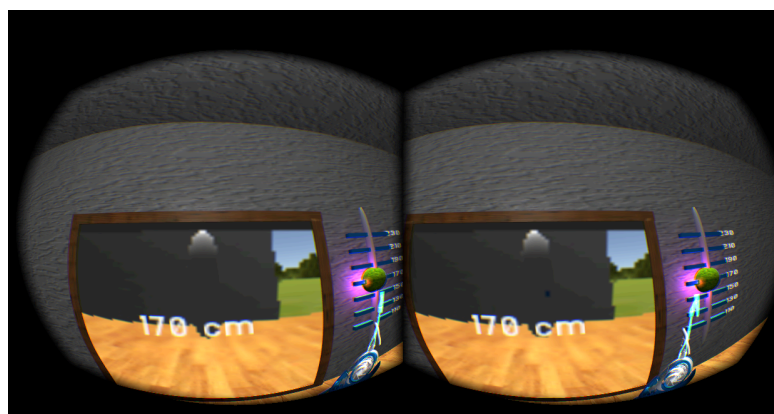


Figura 27 – Alterar altura – final de operação [Realismo Elevado]

Seguidamente, foi implementada a operação de seleção de uma peça de mobília.

Para esta funcionalidade foram necessários os seguintes componentes:

- Uma caixa de seleção com dois botões, para poder navegar pelas diferentes peças de mobília existentes;
- Uma base na qual é apresentada, no seu topo, a peça atualmente selecionada;
- Uma representação textual do nome e preço da peça, que se apresenta em frente à caixa de seleção.

A interação com todos os elementos é feita através do uso do *Wii Remote* de forma a poder apontar para os elementos presentes e interagir com o mesmo utilizando o botão A, também do *Wii Remote*.

Para que seja possível navegar pelas peças de mobília o utilizador apenas tem de apontar o *Wii Remote* para um dos botões presentes na caixa mencionada anteriormente e premir o botão A do mesmo.

Cada botão é acompanhado de uma descrição textual a indicar se a navegação irá ser feita para ou para o próximo elemento ou para o anterior ao correntemente apresentado.

Aquando da navegação pelas peças existentes a informação apresentada na caixa de seleção é atualizada para corresponder à peça de mobília apresentada.

O resultado final desta operação encontra-se apresentado na Figura 28.

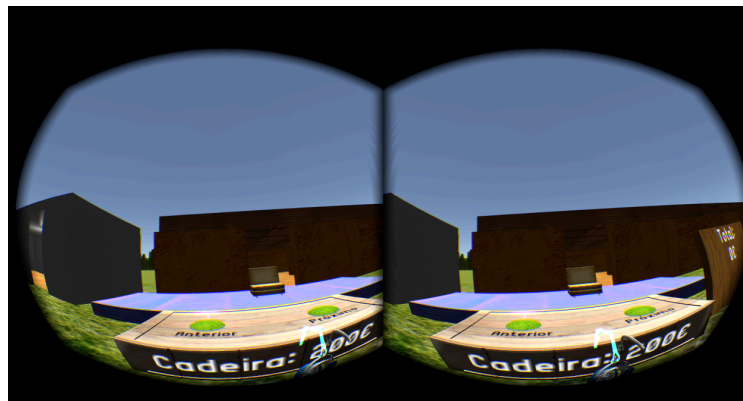


Figura 28 – Operação de seleção de mobília [Realismo elevado]

3. Implementação

Uma vez que uma das operações fulcrais do sistema era a adição de uma peça de mobília ao ambiente, foi necessário criar lógica por forma a poder agarrar/largar a mobília de modo a posicioná-la no ambiente (Figura 29).

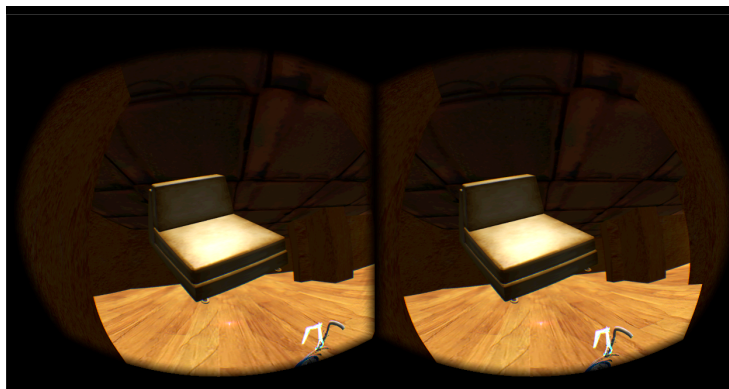


Figura 29 – Operação de agarrar uma peça de mobília [Realismo Elevado]

Esta lógica derivou da mesma implementada nos outros sistemas desenvolvidos, tendo apenas sido adicionado um comportamento. Quando uma peça é deslocada para uma área externa à área da base na qual se encontra, outra peça igual será adicionada no centro da base. Desta forma o utilizador terá alguma facilidade em adicionar várias peças iguais ao ambiente.

Seguidamente foi implementada a lógica necessária para que pudesse ser realizada a operação de eliminação de uma peça existente no ambiente. Para tal foram adicionados dois elementos ao ambiente:

- Um modelo 3D de um contentor do lixo;
- Uma descrição textual na face posterior deste com a indicação “Lixo” para contextualizar o utilizador da utilidade do objeto em questão.

Tendo estes elementos foi apenas adicionada uma caixa de colisão no interior do contexto do lixo juntamente com um *script*, por forma a que, se um objeto que seja uma peça de mobília interetar com essa caixa de colisão este seja imediatamente eliminado.

O resultado final desta implementação pode ser percecionado na Figura 30.

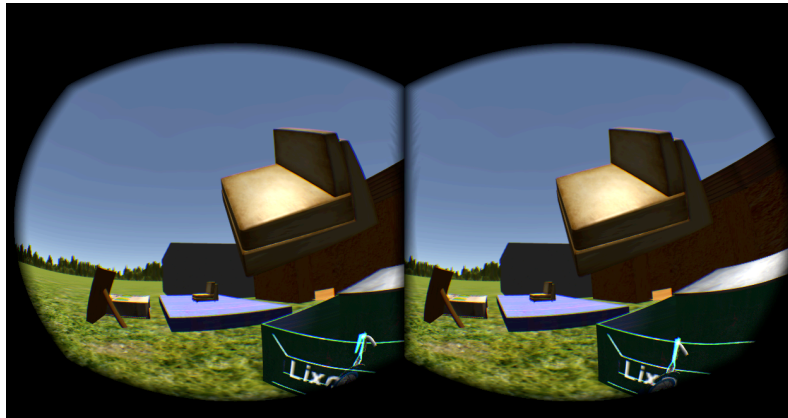


Figura 30 – Operação de eliminação de uma peça de mobília [Realismo Elevado]

Por fim, foi desenvolvida a operação de visualização do orçamento.

Para tal, foi estipulado que o orçamento seria apresentado num cavalete, mas ponderou-se a melhor localização por forma a ser visível no contexto apropriado para o utilizador.

Foi então determinado que este seria adicionado à direita da caixa de seleção usada para navegar na lista das peças de mobília existentes.

Esta operação de eliminação é, pois, constituída por dois elementos:

- Um cavalete;
- Uma descrição textual com a indicação do orçamento atual.

Para que o orçamento apresentado estivesse sempre atualizado foi criado um *script* para que, ao adicionar uma peça ao ambiente este seja incrementado com o valor da peça e para que, ao eliminar uma peça previamente adicionada o valor do mesmo seja decrementado segundo o valor desta.

A representação dos componentes adicionados para esta operação encontra-se demonstrada na Figura 31.

3. Implementação

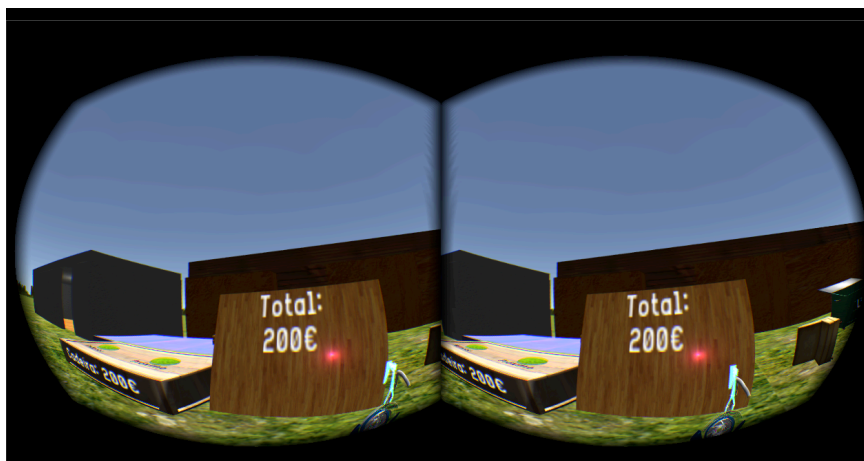


Figura 31 – Visualização do orçamento [Realismo Elevado]

Depois da implementado da lógica das operações definidas nos requisitos do sistema, foi concluído o seu desenvolvimento.

4 Avaliação

4.1 Planeamento

De forma a poder avaliar a viabilidade de cada um dos níveis de realismo e a sua adequação num contexto de realidade virtual foi tomado como base o esquema *DECIDE* (Preece et al. 2002) para ajudar no planeamento e realização da avaliação.

Os pontos relevantes que foram considerados foram os seguintes:

- (*Determine*) - Determinar os objetivos gerais da avaliação:
 - Quais os objetivos da avaliação;
- (*Explore*) - Explorar perguntas específicas a serem respondidas:
 - Decompor as perguntas gerais em perguntas específicas ao sistema avaliado;
- (*Choose*) - Escolher o paradigma e as técnicas de avaliação:
 - Escolher as técnicas de avaliação utilizadas (quantitativa, qualitativa, entre outras);
- (*Identify*) - Identificar questões práticas que devem ser tratadas:
 - Consideração de fatores como: o perfil e o número de utilizadores que participarão na avaliação, o ambiente no qual a avaliação será realizada, planeamento e preparação do material de avaliação e alocação de pessoal, recursos e equipamentos para a realização da avaliação;

4. Avaliação

- (*Decide*) - Decidir como lidar com questões éticas:
 - Quando uma avaliação pessoas para a realização de testes, os avaliadores devem certificar-se que os direitos dessas pessoas são respeitados;
- (*Evaluate*) - Avaliar, interpretar e apresentar os dados:
 - Os dados recolhidos numa avaliação podem variar bastante, sendo, portanto, importante considerar aspetos como a confiabilidade dos dados e a sua validade.

Estabeleceram-se os seguintes objetivos:

- Determinar as interações mais adequadas numa aplicação de realidade virtual para as diferentes funcionalidades;
- Determinar possíveis melhorias em cada uma das funcionalidades por cada nível de realismo;
- Criar um ponto de comparação entre os níveis de realismo por forma a entender qual o mais adequado para os utilizadores questionados;
- Determinar possíveis melhorias a implementar por forma a cada funcionalidade se adequar de uma melhor forma ao utilizador em questão, tentando encontrar um padrão.

De modo a conseguir responder aos objetivos traçados foram escolhidas duas técnicas de avaliação, uma quantitativa, sendo estruturada segundo a escala de classificação/avaliação de *Likert* (Likert 1932), e uma qualitativa, sendo estruturada por um conjunto de questões de resposta aberta com o intuito de fundamentar as respostas às questões da avaliação quantitativa e conseguir, se necessário, identificar possíveis classificações incoerentes.

Como amostra de utilizadores de teste foram estipuladas quatro pessoas, sendo que duas teriam maior experiência na interação com videojogos e na interação com o *Wii Remote*, a *Nunchuck* e o *Oculus Rift* e duas com pouca a nenhuma experiência.

A cada utilizador foi entregue, inicialmente, um formulário de informação pessoal, para preenchimento de nome, idade, experiência com videojogos e experiência com o *Wii Remote*, a *Nunchuck* e o *Oculus Rift*, uma vez que foram os dispositivos de interação utilizados nas aplicações.

Seguidamente foram dadas um conjunto de operações a realizar em cada nível de realismo, tendo sido dado apenas o contexto da aplicação (aplicação de simulação de espaço com peças de mobiliário).

As operações dadas foram as seguintes:

- Alterar a altura do personagem;
- Adicionar uma peça de mobília ao ambiente;
- Eliminar uma peça de mobília do ambiente;
- Visualizar o orçamento.

Após a execução das operações em cada nível de realismo foi dado um questionário visando avaliar a facilidade de execução das mesmas e dando a oportunidade de criticar cada nível de realismo. Estes inquéritos podem ser analisados nos anexos A, B e C.

Finalmente, foi dado um questionário de comparação entre os três níveis de realismo com questões de resposta aberta. Este inquérito encontra-se no anexo D.

4.2 Resultados

Nesta subsecção serão analisados os resultados obtidos através dos inquéritos recolhidos relativos à realização das operações previamente indicadas em cada nível de realismo.

Irão ser abordados os resultados de cada dimensão (operações passíveis de ser realizadas em cada sistema) em cada aplicação (nível de realismo) e os resultados do inquérito de comparação entre as aplicações com os diferentes níveis de realismo (modos de interação).

Como mencionado anteriormente, cada sistema foi arquitetado de modo a potenciar as mesmas operações. Cada modo de interação desenvolvido para cada operação, em cada nível de realismo, foi avaliado por parte dos inquiridos.

4. Avaliação

Para potenciar uma análise quantitativa, do modo de interação em cada operação, foi criada a seguinte escala de classificação:

- 1 – Nada intuitivo;
- 2 – Pouco intuitivo;
- 3 – Algo intuitivo;
- 4 – Intuitivo;
- 5 – Muito intuitivo.

Os itens avaliados nos inquéritos foram os seguintes:

- Item 1 – Modo de acesso às operações disponíveis no sistema, definidas no subcapítulo 3.1. na análise dos requisitos do projeto;
- Item 2 - Modo de interação através do qual é possível alterar a altura do personagem;
- Item 3 – Modo de interação existente para adicionar uma peça de mobília;
- Item 4 – Modo de interação usado para movimentar uma peça de mobília;
- Item 5 – Modo de interação usado para eliminar uma peça de mobília;
- Item 6 – Modo de interação existente para visualizar orçamento.

O Gráfico 1 apresenta as médias das respostas dos inquiridos em cada item para cada nível de realismo.

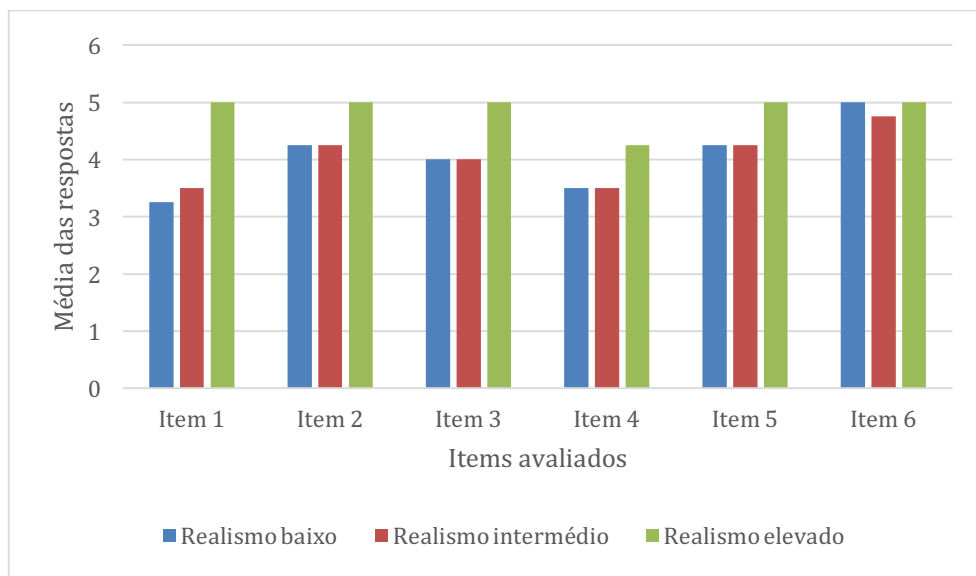


Gráfico 1 – Média de respostas para cada item avaliado

Porém estas médias não são suficientes para a avaliação dos resultados, uma vez que não apresentam a análise qualitativa realizada pelos utilizadores, nem a disparidade de respostas obtidas.

Para ter um entendimento mais profundo dos resultados obtidos serão seguidamente apresentadas as respostas dadas pelos utilizadores, tanto quantitativas como qualitativas, para cada item identificado em cada nível de realismo.

Relativamente ao modo de acesso às operações existentes (item 1), e tendo em conta a escala de classificação quantitativa definida, as respostas dadas pelos utilizadores foram as seguintes:

- Realismo baixo: Três dos quatro inquiridos classificou com 3, enquanto que apenas um inquirido classificou com quatro;
- Realismo intermédio: Dois dos quatro inquiridos classificou com 3, sendo que os restantes dois classificaram com 4;
- Realismo elevado: Quatro dos quatro inquiridos classificou com 5.

O Gráfico 2, abaixo apresentado, ilustra os resultados obtidos.

4. Avaliação

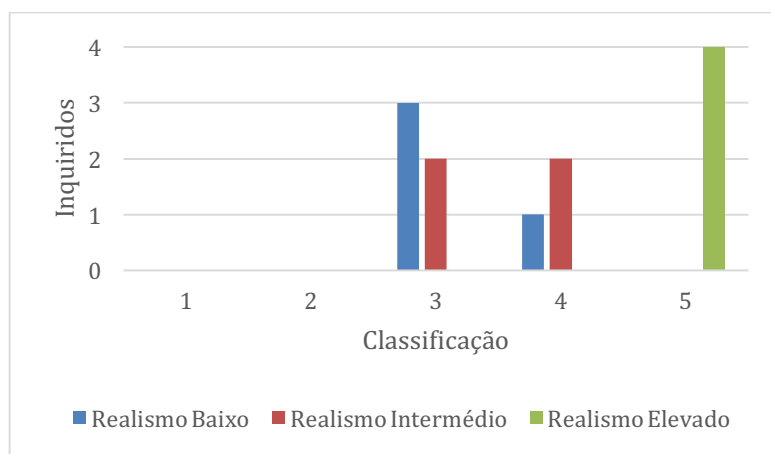


Gráfico 2 – Avaliação do modo de acesso às operações existentes

Na secção de sugestões (avaliação qualitativa) sobre o nível de realismo baixo, três dos quatro inquiridos indicaram que seria mais intuitivo se, para a alteração da altura do personagem não fosse necessário pressionar um botão de confirmação e se fosse possível aceder a um menu sem ter de, explicitamente, fechar o anterior.

Já em relação ao nível de realismo intermédio, dois dos inquiridos salientaram que o modo de acesso aos menus existentes podia ser facilitado se não implicasse ter de direccionar o *Wii Remote* para interagir com os mesmos. Porém os restantes dois não indicaram alterações que achassem pertinentes de efetuar.

Por fim, relativamente ao nível de realismo elevado, nenhum dos inquiridos apontou sugestões de melhoria ao modo de interação para as operações existentes.

Relativamente ao modo de interação utilizado para alteração de preferência, através do qual os utilizadores alteraram a altura do seu personagem na aplicação (item 2), as respostas foram as seguintes:

- Realismo Baixo – Três dos quatro inquiridos classificou com 4, enquanto que apenas um o classificou como sendo um 5;
- Realismo Intermédio – Três dos quatro inquiridos classificou com um 4, tendo os restantes dois classificado com um 5;
- Realismo Elevado – A totalidade dos inquiridos classificou com um 5.

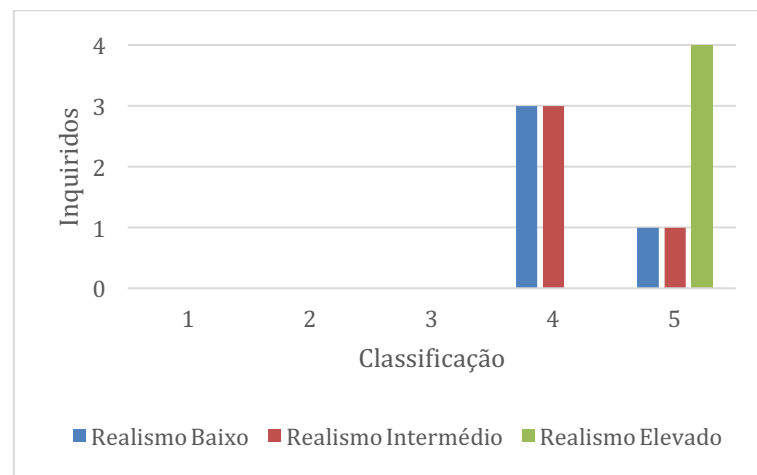


Gráfico 3 – Classificação do modo de interação com o menu de preferências

Na secção de sugestões, sobre o nível de realismo baixo, três dos quatro inquiridos indicaram que seria mais prático e intuitivo se, para a alteração da altura, não fosse necessário pressionar um botão de confirmação, sendo a altura alterada automaticamente.

Já relativamente ao nível de realismo intermédio, um dos inquiridos indicou que seria mais prático se o menu existente se movesse ao alterar a altura do personagem, uma vez que, com o que existe na aplicação este é obrigado a movimentar a cabeça para não perder o contexto do mesmo. Outro utilizador indicou que ter de, simultaneamente, direcionar o *Wii Remote* e pressionar um botão tornou a tarefa árdua e complexa.

Por último, em relação ao nível de realismo elevado, não foram dadas sugestões por parte dos inquiridos.

Relativamente ao modo de interação através do qual é possível adicionar uma peça de mobília ao ambiente (item 3), as respostas dadas pelos inquiridos foram as seguintes;

- Realismo Baixo: Quatro dos quatro classificou com 4;
- Realismo Intermédio: Quatro dos quatro classificou com 4;
- Realismo Elevado: Quatro dos quatro classificou com 5.

4. Avaliação

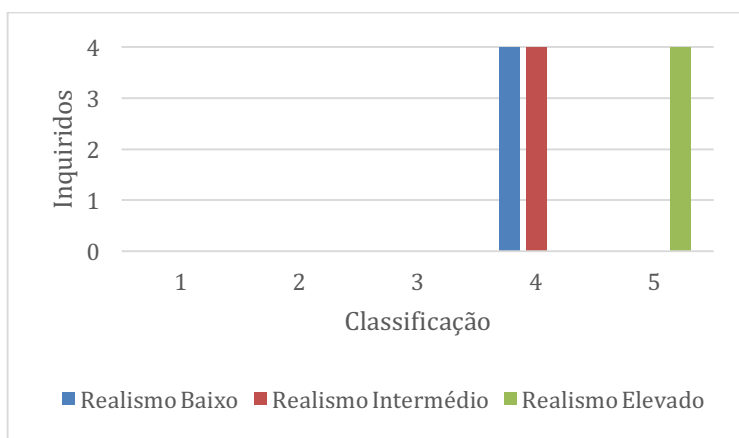


Gráfico 4 – Classificação do modo de interação usado para adicionar mobília

Na secção de sugestões, à qual corresponde a análise qualitativa, em todos os níveis de realismo baixo, nenhum dos utilizadores indicou alterações que achasse serem relevantes para melhorar a interação existente para a realização desta operação.

Em relação ao modo de interação usado para movimentar uma peça de mobília (item 4), as respostas dos utilizadores foram as seguintes:

- Realismo Baixo: Dois em quatro dos inquiridos classificou com 3, sendo que os restantes dois classificaram com 4;
- Realismo Intermédio: Dos quatro inquiridos, um classificou com 3, dois classificaram com 4 e um classificou com 5;
- Realismo Elevado: A totalidade dos quatro inquiridos classificou com 5.

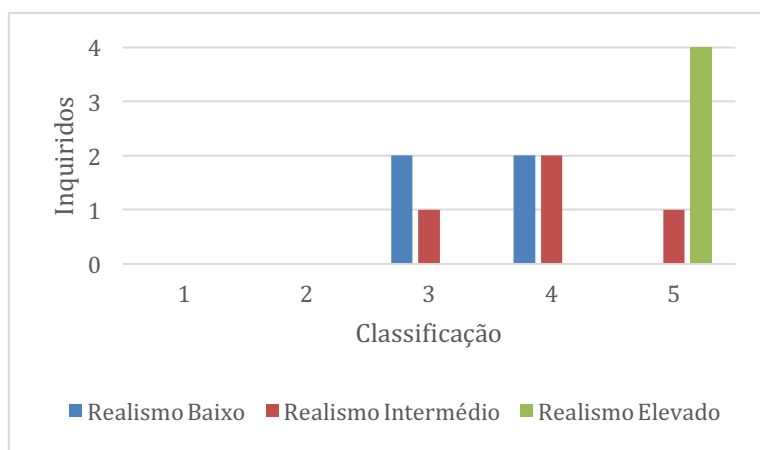


Gráfico 5 – Classificação do modo de interação usado para movimentar mobília

Na secção de sugestões, para todos os níveis de realismo, três dos quatro inquiridos indicou que a interação poderia ser melhorada se fosse possível que, ao movimentar o *Wii Remote* em profundidade, desse para deslocar também a mobília em profundidade, sendo que um dos inquiridos não evidenciou potenciais melhorias a efetuar.

Em relação ao modo de interação existente, em cada um dos sistemas, para eliminar uma peça de mobília (item 5), as respostas obtidas foram as seguintes:

- Realismo Baixo: Três dos quatro inquiridos classificou com 4, sendo que apenas um classificou com 5;
- Realismo Intermédio: Dos quatro inquiridos, um classificou com 2, dois classificaram com 3 e apenas um classificou com quatro;
- Realismo Elevado: Quatro dos quatro inquiridos classificou com 5.

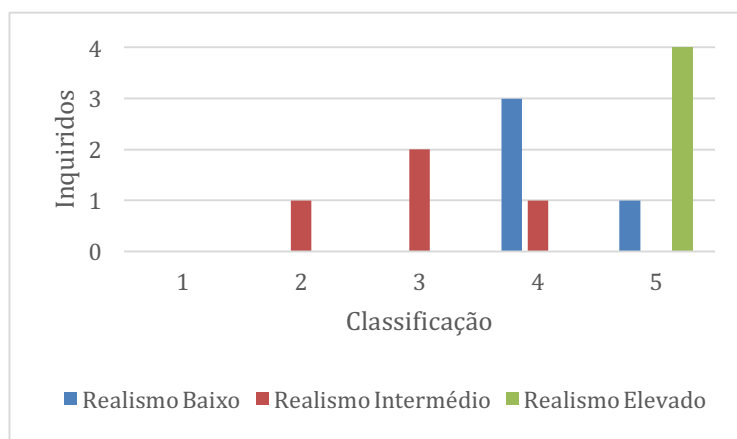


Gráfico 6 – Classificação do modo de interação usado para eliminar mobília

Na secção destinada à indicação de sugestões para melhorar a interação nesta operação, tanto no nível de realismo baixo como no nível de realismo elevado, não foram assinaladas quaisquer alterações.

Já no nível de realismo intermédio, foi levantada uma possível melhoria, que passava pela implementação de animações para quando é materializado o caixote do lixo e para quando a peça de mobília é eliminada.

Por fim, relativamente ao modo de interação usado para visualização do orçamento correspondente às peças de mobília adicionadas ao ambiente (item 6), as respostas registadas foram as seguintes:

- Realismo Baixo: A totalidade dos quatro inquiridos classificou com 5;

4. Avaliação

- Realismo Intermédio: Um em quatro classificou com 4, tendo os restantes três classificado com 5;
- Realismo Elevado: Quatro dos quatro inquiridos classificou com 5.

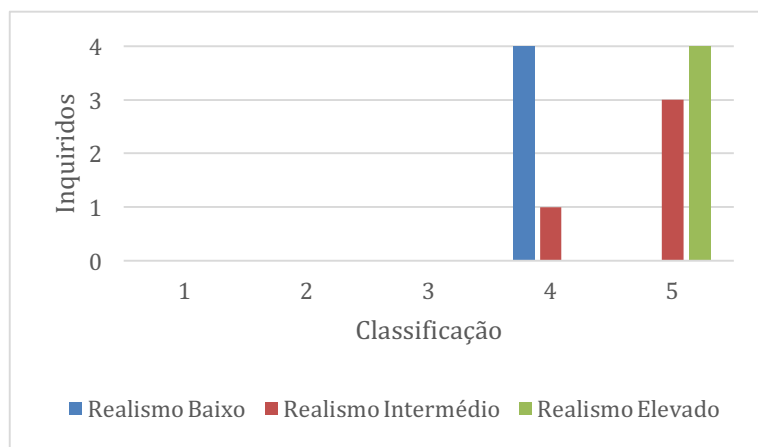


Gráfico 7 – Classificação do modo de interação usado para visualizar orçamento

Na área do inquérito destinada a sugestões, para todos os níveis de realismo, não foram indicadas possíveis melhorias ao modo de interação existente.

Para poder realizar uma análise comparativa dos três sistemas desenvolvidos, foi entregue um inquérito no qual os inquiridos indicaram qual o nível de realismo cuja interação lhes pareceu mais adequada, deixando um espaço para sugestões para cada dimensão.

Na funcionalidade de adicionar uma nova peça de mobília ao ambiente da aplicação, ou seja, seleccioná-la e adicioná-la, quatro dos quatro consideraram o nível de realismo elevado o mais adequado não tendo sugerido alterações ao modo de interação.

Em relação à operação de alteração de altura do personagem, a totalidade (quatro) dos utilizadores consideraram mais adequada a interação no nível de realismo elevado. Porém sugeriram que deveria ser melhorada a sensibilidade do *Wii Remote*, uma vez que se tornou complicado alterar a altura do personagem para um valor específico.

Na operação de movimentação de uma peça de mobília todos os utilizadores consideraram mais adequada a interação do nível de realismo elevado, tendo apenas indicado que seria necessário poder deslocar a mobília em profundidade.

Na funcionalidade de eliminação de uma peça de mobília quatro dos quatro inquiridos indicaram ser mais adequada a interação no nível de realismo baixo não tendo sugerido potenciais alterações.

Em relação à visualização do orçamento, quatro dos quatro inquiridos consideraram mais adequado o nível de realismo elevado, não tendo, mais uma vez, sugerido alterações que achassem ser necessárias para melhorar a interação existente.

Por fim foi pedida uma avaliação global qualitativa dos sistemas analisados, tendo sido pedidas sugestões para melhorar a interação providenciada pelos mesmos. Estes sugeriram as seguintes alterações:

- A operação de eliminação ser idêntica ao nível de realismo baixo;
- Melhorar a sensibilidade do *Wii Remote*;
- Poder movimentar a mobília em profundidade com o *Wii Remote*.

5 Conclusões

O objetivo principal deste trabalho consistiu na estratificação da interação com o utilizador em aplicações de realidade virtual.

Para ser possível identificar as camadas/estratos da interação foi estipulado um tema base, um sistema de simulação de espaço no setor mobiliário aplicando o conceito de realidade virtual.

A literatura evidencia as dificuldades na evolução deste conceito que é a realidade virtual e em como, apesar de não ser recente, só agora se encontra numa fase em que os equipamentos são viáveis e com um custo relativamente baixo por forma a estar disponível a um público mais abrangente.

As aplicações de realidade virtual diferem das aplicações convencionais no âmbito em que permitem uma maior imersividade do utilizador no ambiente virtual. Devido a esta imersividade é, portanto, de extrema importância que a interface do sistema seja bem concebida. Porém ainda não existe um estudo de como deve ser feita a análise da interação para este tipo de aplicações.

Para esta análise devem ser tidos em conta vários aspetos que passam pela análise dos tipos de interação existentes, para determinar quais se enquadram ao contexto que se pretende desenvolver, pela identificação dos dispositivos de interação que se pretende que sejam utilizados e pela escolha da ferramenta de desenvolvimento que vai ser utilizada no processo de implementação da interface do sistema.

Na análise da interação com o utilizador foram definidos três estratos. Cada estrato é identificado por um nível de realismo, tendo sido identificados o nível baixo, intermédio e elevado. O nível de realismo é considerado mais elevado quanto mais

semelhante for a interação necessária para realizar uma operação da interação necessária num contexto real.

Cada um dos sistemas foi previamente analisado e estudado com base em modelos mentais e, posteriormente, implementado, sendo que cada um teve em consideração tipos de interação distintas. Apesar desta diferença quanto à interação, todos disponibilizam o mesmo conjunto de operações, designadamente:

- Alterar a altura do personagem que representa o utilizador;
- Selecionar e adicionar uma peça de mobília ao ambiente virtual;
- Movimentar uma peça de mobília no ambiente virtual;
- Eliminar uma peça de mobília previamente adicionada ao ambiente;
- Visualizar o orçamento tendo em conta as peças de mobília já adicionadas ao ambiente.

Ainda para poder comparar a interação em cada nível de realismo, todos foram desenvolvidos por forma a que pudessem ser experienciados através dos mesmos dispositivos de interação, o *Wii Remote*, a *Nunchuck* e o *Oculus Rift*.

5.1 Objetivos alcançados

O ponto de partida para este trabalho foi o levantamento do estado da arte referente à área de Interação Pessoa-Máquina tendo sido abrangidos os tipos de interação existentes e os dispositivos de interação e as plataformas gráficas que podem potenciar o desenvolvimento de aplicações de realidade virtual.

Neste estudo da Interação Pessoa-Máquina analisou-se que, para o desenvolvimento da interface com o utilizador, devem ser definidas duas componentes, a interação e a interface do sistema, sendo a primeira do domínio comportamental e a segunda do domínio de construção.

Uma vez que o objetivo principal era a estratificação da interação com o utilizador, foi definido um tema base, bem como cada estrato que deveria ser desenvolvido.

O tema base foi estipulado como sendo um sistema de realidade virtual que permitisse simular espaço sendo focado no setor mobiliário.

Foram identificados três estratos por forma a, como já mencionado, poder analisar qual a interação mais adequada para uma determinada operação no âmbito de uma aplicação de realidade virtual.

A cada um destes estratos foi dada uma correspondência a um nível de realismo, sendo que este nível de realismo foi considerado mais elevado quanto maior a aproximação da execução da operação pretendida for do que seria necessário num contexto real.

Por fim foi realizada uma avaliação de cada um dos sistemas arquitetados de modo a conhecer a opinião e perceção de possíveis utilizadores quanto à interação com os mesmos. Esta avaliação revelou resultados interessantes e proporcionou uma base para um potencial processo de análise de interação em aplicações que usem o conceito de realidade virtual.

5.2 Análise de Resultados

Uma vez que um dos objetivos era a análise e comparação da interação em cada estrato (nível de realismo) para cada uma das operações definidas, foram realizados inquéritos a um determinado número de utilizadores por forma a evidenciar, em cada operação, qual o nível de interação considerado mais adequado.

Após a análise dos resultados conseguiu-se estabelecer um padrão no qual em todas as operações a interação mais adequada foi considerada a do nível de realismo elevado, sendo apenas mais adequada a interação do nível de realismo baixo para a operação de eliminação de uma peça de mobília. Isto poderá indicar a necessidade de confirmação por parte do utilizador em operações destrutivas por forma a ter mais controlo sobre estas. Nas restantes operações (seleção, criação, agarrar/largar e visualizar orçamento), parecem os utilizadores preferir uma interação mais direta na qual possam manipular diretamente os objetos presentes no ambiente de modo a não terem ações intermédias, como menus de confirmação.

5.3 Trabalho Futuro

Apesar do objetivo principal deste trabalho ter sido concretizado com sucesso, é possível concluir que, em todos os sistemas desenvolvidos, a falta de precisão do *Wii Remote*, a não deteção de movimentos em profundidade e o facto dos movimentos estarem restritos ao raio de ação da *Sensor Bar* tornaram mais complicadas as tarefas dadas aos utilizadores.

5. Conclusões

Um dos pontos de melhoria futura, em cada um dos sistemas, seria a utilização de um dispositivo de interação que providenciase uma maior liberdade de movimentos ao utilizador tornando mais intuitiva a forma de realizar uma determinada operação.

Para isso poderia ser utilizados alguns dispositivos como o *Perception Neuron*, referido na seção 2.4.4 aliado ao *Virtuix Omni*, referido na seção 2.4.2, providenciado ao utilizador não só uma movimentação, mas também uma interação realista com o ambiente virtual.

Também seria interessante a aplicação da estratificação determinada em aplicações de realidade virtual existentes por forma a tentar, se possível, melhorar a interação nas mesmas.

Referências Bibliográficas

ABC, 2013. Season 1, Episode 9 | Shark Tank - ABC.com. Available at: <http://abc.go.com/shows/shark-tank/news/entrepreneurs/entrepreneurs-season-1-episode-9> [Acedido Setembro 17, 2014].

Amazon, 2006. Amazon.com: Wii Nunchuk Controller - White: Nintendo Wii: Artist Not Provided: Video Games. Available at: <http://www.amazon.com/Wii-Nunchuk-Controller-White-nintendo/dp/B000IMYKQ0> [Acedido Setembro 5, 2015].

Anón, Home | OSCulator. Available at: <http://www.osculator.net/> [Acedido Novembro 18, 2014].

Anón, 2010. Russian inventors break new ground in virtual reality gaming.

Anón, 2011. Wii - talkConsoles. Available at: <http://www.talkconsoles.co.uk/guides/wii.html> [Acedido Setembro 5, 2015].

Anón, 2007. Wii.Nintendo.com - In-Depth Regional Wii Coverage. Available at: <http://web.archive.org/web/20080212080618/http://wii.nintendo.com/controller.jsp> [Acedido Setembro 18, 2014].

Anón, 2006. Wiiの概要 [コントローラ]: E3 2006: Nintendo. Available at: http://www.nintendo.co.jp/event/e3_2006/wii/controller.html [Acedido Setembro 5, 2015].

Baumann, J., Military applications of virtual reality. Available at: http://www.hitl.washington.edu/projects/knowledge_base/virtual-worlds/EVE/II.G.Military.html [Acedido Setembro 8, 2014].

Ben, 2013. @benguild | How to play Nintendo Wii games on your [Retina] MacBook Pro! Available at: <http://benguild.com/2013/07/18/how-to-play-nintendo-wii->

- games-on-your-retina-macbook/ [Acedido Setembro 5, 2015].
- Boyer, S., 2009. A Virtual Failure: Evaluating the Success of Nintendo's Virtual Boy. *The Velvet Light Trap*, 64(1), pp.23–33. Available at: http://muse.jhu.edu/journals/the_velvet_light_trap/v064/64.boyer.html.
- Coates, G., 1992. *Program from Invisible Site - a Virtual Show, a Multimedia Performance Work Presented by George Coates*, San Francisco.
- Davies, C., 2014. Virtuix Omni eyes-on: Oculus Rift's virtual best friend gets an upgrade - SlashGear. *Slash Gear*. Available at: <http://www.slashgear.com/virtuix-omni-eyes-on-oculus-rifts-virtual-best-friend-gets-an-upgrade-09312577/> [Acedido Setembro 17, 2014].
- Davies, H., 1993. The Hunter Davies Interview: Dr Waldern's dream machines: Arcade thrills for spotty youths today, but revolutionary tools for surgeons and architects tomorrow, says the pioneer of virtual reality - Life and Style - The Independent. Available at: <http://www.independent.co.uk/life-style/the-hunter-davies-interview-dr-walderns-dream-machines-arcade-thrills-for-spotty-youths-today-but-revolutionary-tools-for-surgeons-and-architects-tomorrow-says-the-pioneer-of-virtual-reality-1506176.html> [Acedido Setembro 9, 2014].
- Dingman, H., 2013. Hands-on with the Virtuix Omni gaming treadmill | TechHive. *June 13st*. Available at: <http://www.techhive.com/article/2041722/hands-on-with-the-virtuix-omni-gaming-treadmill.html> [Acedido Setembro 5, 2015].
- Encyclopedia Britannica, Link Trainer (flight simulator) -- Encyclopedia Britannica. Available at: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/342473/Link-Trainer> [Acedido Setembro 9, 2014].
- Epic Games, Unreal Engine Technology | Home. Available at: <https://www.unrealengine.com/blog> [Acedido Outubro 13, 2015].
- Greenbaum, P., 1992. *The lawnmower man.*,
- Hanlon, M., 2015. The VirtuSphere: full body immersion Virtual reality at last. Available at: <http://www.gizmag.com/go/4833/> [Acedido Setembro 16, 2014].
- Hix, D. & Hartson, H.R., 1993. Developing user interfaces: ensuring usability through product & process. Available at: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=126701> [Acedido Setembro 5, 2015].
- Knight, S., 2014. Oculus VR acquires hand-tracking startup Nimble VR. *December 12nd*. Available at: <http://www.techspot.com/news/59149-oculus-vr-acquires-hand-tracking-startup-nimble-vr.html> [Acedido Setembro 5, 2015].

- Kovach, S., 2014. Facebook Buys Oculus VR For \$2 Billion. *March 25*. Available at: <http://www.businessinsider.com/facebook-to-buy-oculus-rift-for-2-billion-2014-3> [Acedido Setembro 5, 2015].
- Lee, J., 2008. Johnny Chung Lee - Projects - Wii. Available at: <http://johnnylee.net/projects/wii/> [Acedido Setembro 18, 2014].
- Likert, R., 1932. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, 22, p.140.
- Luckey, P., 2012. Kickstarter >> Oculus Rift: Step Into the Game by Oculus. Available at: <https://www.kickstarter.com/projects/1523379957/oculus-rift-step-into-the-game> [Acedido Setembro 9, 2014].
- Microsoft, Mover e copiar ficheiros através da operação de arrastar e largar. Available at: <http://windows.microsoft.com/pt-pt/windows7/move-and-copy-files-using-drag-and-drop> [Acedido Setembro 6, 2015].
- Noitom, 2014. Kickstarter >> Project PERCEPTION NEURON: Motion Capture, VR and VFX by Team PERCEPTION / NEURON. Available at: <https://www.kickstarter.com/projects/1663270989/project-perception-neuron> [Acedido Setembro 18, 2014].
- Norman, D. & Draper, S., 1986. No Title. *User Centered System Design*.
- Oculus VR, 2013. John Carmack Joins Oculus as CTO. *August 7*. Available at: <https://www.oculus.com/en-us/blog/john-carmack-joins-oculus-as-cto/>.
- Omni, 2013. Kickstarter >> Omni: Move Naturally in Your Favorite Game by Virtuix. Available at: <https://www.kickstarter.com/projects/1944625487/omni-move-naturally-in-your-favorite-game> [Acedido Setembro 17, 2014].
- Preece, J., Rogers, Y. & Sharp, H., 2002. *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*, New York: Wiley.
- Retro-VR, 2014. Retro VR - History. Available at: <http://www.retro-vr.co.uk/test/vr1000sd.html> [Acedido Setembro 5, 2015].
- Roberson Museum & Science Center, 2000. *The Link Flight Trainer: A Historic Mechanical Engineering Landmark*, Available at: <https://www.asme.org/getmedia/d75b81fd-83e8-4458-aba7-166a87d35811/210-Link-C-3-Flight-Trainer.aspx>.
- School Of Digital Photography, 2013. School Of Digital Photography: Camera Lens Correction – Distortion. *July 31st*. Available at: <http://www.school-of-digital-photography.com/2013/07/camera-lens-correction-distortion.html> [Acedido

Setembro 5, 2015].

Shneiderman, B., 1992. *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction* Vol. 3.,

Shneiderman, B., 1982. The future of interactive systems and the emergence of direct manipulation†. *Behaviour & Information Technology*, 1(3), pp.237–256. Available at: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01449298208914450#.Vew3-LRWISE> [Acedido Agosto 30, 2015].

Soegaard, M., 2015. Interaction Styles. Available at: https://www.interaction-design.org/encyclopedia/interaction_styles.html [Acedido Maio 4, 2015].

Stevens, T., 2011. Nintendo Virtual Boy review. *March 21st*. Available at: <http://www.engadget.com/2011/03/21/nintendo-virtual-boy-review/> [Acedido Setembro 5, 2015].

Unity Technologies, Unity - Game Engine. Available at: <http://unity3d.com/pt/> [Acedido Setembro 20, 2015].

Virtuix Team, 2014. Crouching Functionality R&D < Virtuix Omni. Available at: <http://www.virtuix.com/crouching-functionality-r-d/> [Acedido Setembro 17, 2014].

Virtusphere, 2013. Support. Available at: <http://www.virtusphere.com/Support.html> [Acedido Setembro 17, 2014].

VPL Research, 2009. VPL Research Jaron Lanier | Virtual Reality Site. Available at: <http://www.vrs.org.uk/virtual-reality-profiles/vpl-research.html> [Acedido Setembro 9, 2014].

Anexo A

Nível de Realismo Baixo

Coloque uma cruz sobre o número que melhor representa a sua opinião relativamente à questão apresentada.

As questões de resposta aberta são de preenchimento opcional.

Como classificaria o modo de acesso às operações existentes (seleção, eliminação e definir preferências/altura)?

1

2

3

4

5

Nada intuitivo

Pouco intuitivo

Algo intuitivo

Intuitivo

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como poderia este modo de acesso ser alterado de forma a tornar-se mais intuitivo?

Como classificaria o modo de interação através do qual foi possível alterar a altura do seu personagem na aplicação?

1

2

3

4

5

Nada intuitivo

Pouco intuitivo

Algo intuitivo

Intuitivo

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como deveria ser esta interação por forma a melhorar a sua experiência de utilização desta funcionalidade?

Como classificaria o modo de interação através do qual foi possível adicionar uma peça de mobília ao ambiente da aplicação?

1

Nada intuitivo

2

Pouco intuitivo

3

Algo intuitivo

4

Intuitivo

5

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como deveria ser esta interação por forma a melhorar a sua experiência de utilização desta funcionalidade?

Como classificaria o modo de interação utilizado para movimentar as peças de mobília no ambiente da aplicação?

1

Nada intuitivo

2

Pouco intuitivo

3

Algo intuitivo

4

Intuitivo

5

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como deveria ser este modo de interação por forma a melhorar a sua experiência de utilização do mesmo?

Como classificaria o modo de interação utilizado para eliminar uma peça de mobília do ambiente?

1

Nada intuitivo

2

Pouco intuitivo

3

Algo intuitivo

4

Intuitivo

5

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como deveria ser esta interação por forma a melhorar a sua experiência de utilização desta funcionalidade?

Como classificaria o modo de interação usado para aceder à informação do orçamento?

1

Nada intuitivo

2

Pouco intuitivo

3

Algo intuitivo

4

Intuitivo

5

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como deveria ser este modo de interação por forma a melhorar a sua experiência de utilização do mesmo?

Anexo B

Nível de Realismo Intermédio

Coloque uma cruz sobre o número que melhor representa a sua opinião relativamente à questão apresentada.

As questões de resposta aberta são de preenchimento opcional.

Como classificaria o modo de acesso às operações existentes (seleção, eliminação e definir preferências/altura)?

1

2

3

4

5

Nada intuitivo

Pouco intuitivo

Algo intuitivo

Intuitivo

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como poderia este modo de acesso ser alterado de forma a tornar-se mais intuitivo?

Como classificaria o modo de interação através do qual foi possível alterar a altura do seu personagem na aplicação?

1

2

3

4

5

Nada intuitivo

Pouco intuitivo

Algo intuitivo

Intuitivo

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como deveria ser esta interação por forma a melhorar a sua experiência de utilização desta funcionalidade?

Como classificaria o modo de interação através do qual foi possível adicionar uma peça de mobília ao ambiente da aplicação?

1

Nada intuitivo

2

Pouco intuitivo

3

Algo intuitivo

4

Intuitivo

5

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como deveria ser esta interação por forma a melhorar a sua experiência de utilização desta funcionalidade?

Como classificaria o modo de interação utilizado para movimentar as peças de mobília no ambiente da aplicação?

1

Nada intuitivo

2

Pouco intuitivo

3

Algo intuitivo

4

Intuitivo

5

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como deveria ser este modo de interação por forma a melhorar a sua experiência de utilização do mesmo?

Como classificaria o modo de interação utilizado para eliminar uma peça de mobília do ambiente?

1

Nada intuitivo

2

Pouco intuitivo

3

Algo intuitivo

4

Intuitivo

5

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como deveria ser esta interação por forma a melhorar a sua experiência de utilização desta funcionalidade?

Como classificaria o modo de interação usado para aceder à informação do orçamento?

1

Nada intuitivo

2

Pouco intuitivo

3

Algo intuitivo

4

Intuitivo

5

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como deveria ser este modo de interação por forma a melhorar a sua experiência de utilização do mesmo?

Anexo C

Nível de Realismo Elevado

Coloque uma cruz sobre o número que melhor representa a sua opinião relativamente à questão apresentada.

As questões de resposta aberta são de preenchimento opcional.

Como classificaria o modo de acesso às operações existentes (seleção, eliminação e definir preferências/altura)?

1

2

3

4

5

Nada intuitivo

Pouco intuitivo

Algo intuitivo

Intuitivo

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como poderia este modo de acesso ser alterado de forma a tornar-se mais intuitivo?

Como classificaria o modo de interação através do qual foi possível alterar a altura do seu personagem na aplicação?

1

2

3

4

5

Nada intuitivo

Pouco intuitivo

Algo intuitivo

Intuitivo

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como deveria ser esta interação por forma a melhorar a sua experiência de utilização desta funcionalidade?

Como classificaria o modo de interação através do qual foi possível adicionar uma peça de mobília ao ambiente da aplicação?

1

Nada intuitivo

2

Pouco intuitivo

3

Algo intuitivo

4

Intuitivo

5

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como deveria ser esta interação por forma a melhorar a sua experiência de utilização desta funcionalidade?

Como classificaria o modo de interação utilizado para movimentar as peças de mobília no ambiente da aplicação?

1

Nada intuitivo

2

Pouco intuitivo

3

Algo intuitivo

4

Intuitivo

5

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como deveria ser este modo de interação por forma a melhorar a sua experiência de utilização do mesmo?

Como classificaria o modo de interação utilizado para eliminar uma peça de mobília do ambiente?

1

Nada intuitivo

2

Pouco intuitivo

3

Algo intuitivo

4

Intuitivo

5

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como deveria ser esta interação por forma a melhorar a sua experiência de utilização desta funcionalidade?

Como classificaria o modo de interação usado para aceder à informação do orçamento?

1

Nada intuitivo

2

Pouco intuitivo

3

Algo Intuitivo

4

Intuitivo

5

Muito intuitivo

No seu ponto de vista, como deveria ser este modo de interação por forma a melhorar a sua experiência de utilização do mesmo?

Anexo D

Comparação entre os níveis de realismo

Coloque uma cruz sobre o número que melhor representa a sua opinião relativamente à questão apresentada.

As questões de resposta aberta são de preenchimento opcional.

Na sua opinião, qual foi o nível de realismo no qual considera mais intuitiva a funcionalidade de adicionar uma nova peça de mobiliário ao ambiente?

1

Realismo baixo

2

Realismo
Intermédio

3

Realismo Elevado

Indique, na sua opinião, qual a interação que consideraria mais adequada para esta funcionalidade:

Na sua opinião, qual foi o nível de realismo no qual considera mais intuitiva a funcionalidade de alterar a altura do personagem na aplicação?

1

Realismo baixo

2

Realismo
Intermédio

3

Realismo Elevado

Indique, na sua opinião, qual a interação que consideraria mais adequada para esta funcionalidade:

Na sua opinião, qual foi o nível de realismo no qual considera mais intuitiva a funcionalidade de movimentar uma peça de mobília no ambiente?

1

Realismo baixo

2

Realismo
Intermédio

3

Realismo Elevado

Indique, na sua opinião, qual a interação que consideraria mais adequada para esta funcionalidade:

Na sua opinião, qual foi o nível de realismo no qual considera mais intuitiva a funcionalidade de eliminar uma peça de mobília no ambiente?

1

Realismo baixo

2

Realismo
Intermédio

3

Realismo Elevado

Indique, na sua opinião, qual a interação que consideraria mais adequada para esta funcionalidade:

Na sua opinião, qual foi o nível de realismo no qual considera mais intuitivo o acesso à informação de orçamento?

1

Realismo baixo

2

Realismo
Intermédio

3

Realismo Elevado

Indique, na sua opinião, qual a interação que consideraria mais adequada para aceder a esta informação:

Indique possíveis melhorias que acha que poderiam melhorar a sua experiência de utilização da aplicação:
