

Daniel Pires de Sá Medeiros

**Uma ferramenta de interação 3D
para ambientes virtuais de
engenharia utilizando dispositivos
móveis**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA
Programa de Pós-graduação em Informática

Rio de Janeiro
Setembro de 2013

Daniel Pires de Sá Medeiros

**Uma ferramenta de interação 3D para
ambientes virtuais de engenharia utilizando
dispositivos móveis**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Informática.

Orientador: Prof. Alberto Barbosa Raposo

Rio de Janeiro
Setembro de 2013



Daniel Pires de Sá Medeiros

**Uma ferramenta de interação 3D para
ambientes virtuais de engenharia utilizando
dispositivos móveis**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Informática. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Alberto Barbosa Raposo

Orientador

Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. Simone Diniz Junqueira Barbosa

Departamento de Informática — PUC-Rio

Prof. Bruno Feijó

Departamento de Informática — PUC-Rio

Dr. Felipe Gomes de Carvalho

Tecgraf — PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico — PUC-Rio

Rio de Janeiro, 17 de Setembro de 2013

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Daniel Pires de Sá Medeiros

Graduou-se em Bacharelado em Ciência da Computação pela Universidade Federal da Paraíba. No mestrado se juntou ao grupo Tecgraf onde realizou projetos de desenvolvimento de ferramentas de Realidade Virtual.

Ficha Catalográfica

Medeiros, Daniel Pires de Sá

Uma ferramenta de interação 3d para ambientes virtuais de engenharia utilizando dispositivos móveis / Daniel Pires de Sá Medeiros; orientador: Alberto Barbosa Raposo. — Rio de Janeiro : PUC–Rio, Departamento de Informática, 2013.

v., 80 f: il. ; 29,7 cm

1. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática.

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Tese. 2. Interação 3D. 3. Realidade Virtual. 4. Dispositivos Móveis. 5. Ambientes Virtuais. I. Raposo, Alberto Barbosa. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Ao meu avô, Clarence Pires de Sá, que completa 80 anos no ano de 2013.

Agradecimentos

À minha família por todo o suporte e ajuda nesses mais de dois anos de mestrado.

A todos do grupo de Realidade Virtual e Interatividade Digital do Tecgraf/PUC-Rio: Felipe Carvalho, Lucas Teixeira, Manoel Loaiza, Daniel Trindade, Peter Dam, Pedro Boechat, Pedro Ponce, Priscilla Abreu, Paula Ceccon e Pedro Arantes. Obrigado pelas dicas importantes e por muito terem me ensinado (e continuam me ensinando) durante todo esse tempo.

Aos amigos novos e antigos que sempre me apoiaram.

Ao meu orientador Alberto Raposo, que desde o início mostrou-se muito solícito e sempre disposto a ajudar nas tarefas mais difíceis.

À Petrobras e à PUC-Rio, pelos auxílios concedidos, sem os quais este trabalho não poderia ter sido realizado.

Por fim, agradeço a todos que direta e indiretamente contribuíram de alguma forma para o desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

Medeiros, Daniel Pires de Sá; Raposo, Alberto Barbosa. **Uma ferramenta de interação 3D para ambientes virtuais de engenharia utilizando dispositivos móveis.** Rio de Janeiro, 2013. 80p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

A interação em ambientes virtuais de engenharia se caracteriza pelo alto grau de precisão necessário para a realização de tarefas típicas desse tipo de ambiente. Para isso, normalmente são utilizados dispositivos de interação específicos que possuem 4 graus de liberdade ou mais. As atuais aplicações envolvendo interação 3D utilizam dispositivos de interação para a modelagem de objetos ou para a implementação de técnicas de navegação, seleção e manipulação de objetos em um ambiente virtual. Um problema relacionado é a necessidade de controlar tarefas naturalmente não-imersivas, como a entrada de símbolos (e.g., texto, fotos). Outro problema é a grande curva de aprendizado necessária para manusear tais dispositivos não convencionais. A adição de sensores e a popularização dos *smartphones* e *tablets* possibilitaram a utilização desses dispositivos em ambientes virtuais de engenharia. Esses dispositivos se diferenciam, além da popularidade e presença de sensores, pela possibilidade de inclusão de informações adicionais e a realização de tarefas naturalmente não-imersivas. Neste trabalho é apresentada uma ferramenta de interação 3D para tablets, que permite agregar todas as principais técnicas de interação 3D como navegação, seleção, manipulação, controle de sistema e entrada simbólica. Para avaliar a ferramenta proposta foi utilizada aplicação SimUEP-Ambsim, um simulador de treinamento em plataformas de óleo e gás que tem a complexidade necessária e permite o uso de todas as técnicas implementadas.

Palavras-chave

Interação 3D; Realidade Virtual; Dispositivos Móveis; Ambientes Virtuais;

Abstract

Medeiros, Daniel Pires de Sá; Raposo, Alberto Barbosa (Advisor). **A 3D Interaction tool for engineering virtual environments using mobile devices**. Rio de Janeiro, 2013. 80p. MSc Dissertation — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Interaction in engineering virtual environments is characterized by the necessity of the high precision level needed for the execution of specific tasks for this kind of environment. Generally this kind of task uses specific interaction devices with 4 or more degrees of freedom (DOF). Current applications involving 3D interaction use interaction devices for object modelling or for the implementation of navigation, selection and manipulation techniques in a virtual environment. A related problem is the necessity of controlling tasks that are naturally non-immersive, such as symbolic input (e.g., text, photos). Another problem is the large learning curve to handle such non-conventional devices. The addition of sensors and the popularization of smartphones and tablets, allowed the use of such devices in virtual engineering environments. These devices, besides their popularity and sensors, differ by the possibility of including additional information and performing naturally non-immersive tasks. This work presents a 3D interaction tablet-based tool, which allows the aggregation of all major 3D interaction tasks, such as navigation, selection, manipulation, system control and symbolic input. To evaluate the proposed tool we used the SimUEP-Ambisim application, a training simulator for oil and gas platforms that has the complexity needed and allows the use of all techniques implemented.

Keywords

3D Interaction; Virtual Reality; Mobile Devices; Virtual Environments;

Sumário

1	Introdução	14
1.1	Objetivo	15
1.2	Organização da dissertação	15
2	Técnicas de interação 3D	16
2.1	Seleção e manipulação	16
2.2	Navegação	20
2.3	Controle de Sistema	23
2.4	Entrada Simbólica	24
3	Dispositivos móveis e interação 3D	26
4	Técnicas de interação e suas utilizações na ferramenta proposta	31
4.1	Seleção e manipulação	31
4.2	Navegação	33
4.3	Entrada Simbólica e Controle de Sistema	34
5	Desenvolvimento	36
5.1	Seleção e Manipulação	39
5.2	Envio de Imagens	42
5.3	Entrada Simbólica	43
5.4	Teste de desacoplamento da aplicação	43
6	Avaliação	48
6.1	Preparação da Avaliação	48
6.1.1	Escolha da aplicação gráfica utilizada	48
	Tarefa 1: Interação com válvulas	49
	Tarefa 2: Inspeção do Heliponto	49
6.1.2	Definição do Ambiente de Testes	50
6.1.3	Definição do Perfil dos Usuários	52
6.1.4	Preparação do Material para Avaliação com Usuários	52
6.1.5	Realização do Teste Piloto	53
6.2	Execução da Avaliação com Usuários	53
7	Análise dos Resultados	56
7.1	Confusão na Rotação/Translação	58
7.2	Confusão na Direção de Navegação e Seleção	58
7.3	Seleção de Objetos Próximos	58
7.4	Problemas Devidos à Falta de <i>Feedback</i> Tátil dos Direcionais	58
7.5	Oclusão de objetos pelo Frustum	59
7.6	Problemas no <i>Feedback</i> Textual	59
8	Conclusão e Trabalhos Futuros	60
8.1	Trabalhos Futuros	61
8.1.1	Realizar mais testes com usuários	61

8.1.2	Testar com Tablets Menores	61
8.1.3	Testar com mais aplicações	61
8.1.4	Corrigir Navegação	61
8.1.5	Melhorar <i>feedback</i> textual na ferramenta	62
9	Referências Bibliográficas	63
A	Apêndice	70
A.1	Documento de descrição da ferramenta	70
A.2	Descrição das Tarefas 1 e 2	73
A.3	Termo de Consentimento	75
A.4	Questionário Pré-uso	76
A.5	Questionário Pós-uso	78
A.6	Roteiro Entrevistas	80

Lista de figuras

2.1	<i>World in Miniature</i> [53].	17
2.2	<i>Raycasting</i> em um dispositivo do tipo <i>Flystick</i> .	18
2.3	<i>Flashlight</i> [30].	18
2.4	Seleção de objetos pela técnica <i>Image Plane</i> [39].	19
2.5	As duas fases do SQUAD : à esquerda, <i>sphere-casting</i> , à direita, o menu QUAD [25].	20
2.6	<i>Discrete Zoom Technique</i> [1].	20
2.7	<i>Go-Go technique</i> [42].	21
2.8	Utilização de gestos para navegação com o Microsoft Kinect [44].	23
2.9	<i>Pinch Gloves</i> [10].	24
2.10	<i>Tulip System</i> [10].	24
2.11	<i>KITTY</i> [27].	24
2.12	<i>Exemplo de utilização do KITTY</i> [27].	24
3.1	Dual Finger Interaction [56].	27
3.2	Sensor Fusion: <i>Walk In Place</i> usando <i>Smartphones</i> [24].	27
3.3	LOP-Cursor [15].	28
3.4	Nintendo Wii U.	29
3.5	AR Drone.	30
3.6	Interface da aplicação móvel do ARDrone.	30
4.1	Sistema de rastreamento ótico ARTracking.	31
4.2	Esquema da EiHCam proposto.	32
4.3	Gestos de manipulação/seleção. (a) Seleção simples (b) Escala (c) Rotação [21].	33
4.4	Navegação por controles direcionais.	34
5.1	Interface da aplicação móvel.	36
5.2	Arquitetura geral do sistema.	38
5.3	<i>Screenshot</i> do SimUEP- AmbSim.	39
5.4	Etapas de seleção/manipulação de uma válvula no SimUEP- AmbSim: na primeira figura, o usuário posiciona a câmera virtual de forma a conter a válvula; na segunda figura, ele seleciona o objeto já desenhado na interface do <i>tablet</i> ; na terceira, ele confirma a seleção e rotaciona a válvula.	40
5.5	Interface Touch.	41
5.6	Correção no sistema de coordenadas (a) Sistema de coordenadas do <i>Unity3D</i> (b) Sistema de Coordenadas do <i>Tracking</i> .	41
5.7	Máquina de Estados de Eventos de Seleção.	44
5.8	Entrada simbólica: criação de anotação.	45
5.9	Inserção de anotações ou <i>tags</i> em válvulas.	45
5.10	Passos para manipulação de um objeto e/ou criação de anotação.	46
5.11	Teste de desacoplamento da ferramenta móvel com a aplicação: utilização com outra aplicação, o SimUEP-Solar.	47

6.1	Luzes do heliponto.	50
6.2	Caixa de incêndio com extintor.	51
6.3	CAVE Tecgraf/PUC-Rio.	52
7.1	Média das respostas dos usuários.	56
7.2	Tempos dos usuários para a realização das tarefas.	57

Lista de tabelas

7.1	Eventos ocorridos durante a interação dos usuários.	58
-----	---	----

*Um passo à frente... e você não está mais no
mesmo lugar!*

Chico Science

1

Introdução

A interação em ambientes virtuais para inspeção e treinamento em modelos de engenharia se caracteriza pela grande complexidade dos cenários utilizados e pelo alto grau de precisão necessário. Outro problema relacionado é a necessidade de utilização de dispositivos específicos, já que os utilizados convencionalmente em jogos e ambientes do tipo WIMP (*Windows, Icons, Menu, Pointers*), como teclado e *mouse*, normalmente possuem dois graus de liberdade e não são adequados para este tipo de aplicação. Outro problema é que eles só podem ser usados sobre uma mesa, não podendo ser usados durante uma apresentação ou em ambientes imersivos de realidade virtual como uma CAVE [13] [36]. Os aplicativos de engenharia usam dispositivos não-convencionais como o 3DConnexionSpacePilot [16] com 6 graus de liberdade e 15 botões para as mais diversas funções. No entanto, esses dispositivos têm alguns problemas: são dispositivos caros e a sua utilidade está limitada a apenas aplicativos de engenharia e de modelagem 3D.

Com a popularização dos dispositivos sensíveis ao toque, como o iPhone e mais recentemente com tablets como o iPad, esses dispositivos se tornaram cada vez mais poderosos e se transformaram em computadores portáteis. Uma grande vantagem dos *tablets* é a sua portabilidade e a diversidade de sensores embutidos. Esses sensores capturam informações do aparelho e até mesmo do ambiente sendo, por exemplo, capazes de medir a pressão atmosférica, localização e aceleração. A utilização de tais sensores faz dos tablets uma alternativa interessante aos dispositivos de interação utilizados em ambientes virtuais (AVs). O relativo baixo custo e fácil acesso aos *tablets* com sensores e telas multitoque é um incentivo à sua utilização em técnicas de interação tridimensionais.

Os sensores, como acelerômetros e magnetômetros, podem informar a orientação do dispositivo espacialmente e possibilitam o rastreamento da posição do usuário. Já a tela sensível ao toque garante uma flexibilidade maior a este tipo de dispositivo, possibilitando a inclusão de controles adicionais de acordo com a aplicação utilizada e podendo ainda ser utilizado para mostrar informações adicionais.

As atuais aplicações utilizadas na área de interação 3D estão relacionadas à utilização de dispositivos para criação ou melhor utilização de técnicas de navegação, seleção e manipulação de objetos em um ambiente virtual. Um problema relacionado é a necessidade de controlar tarefas naturalmente não-imersivas, como a entrada de símbolos (por exemplo, texto, fotos). Outro problema é a grande curva de aprendizado necessária para manusear tais dispositivos.

1.1

Objetivo

Neste trabalho é apresentada uma ferramenta de realidade virtual para *tablets*, que permite agregar todas as principais tarefas de interação 3D, como navegação, seleção, manipulação, controle de sistema e entrada simbólica mostradas em Bowman et al. [8]. Outro objetivo específico do trabalho é melhorar a precisão necessária para a seleção e manipulação em ambientes virtuais tridimensionais. Para este fim foi implementada uma técnica de câmera virtual que utiliza o tablet rastreado para definir o volume de objetos a ser selecionados e uma segunda fase de seleção que consiste no envio da imagem renderizada dessa câmera virtual para posterior seleção dos objetivos. Um objetivo importante na implementação da ferramenta é o desacoplamento entre a aplicação desenvolvida para *tablets* e a aplicação gráfica desenvolvida. Além disso optou-se por validar a ferramenta proposta utilizando um sistema real e em funcionamento e que conseguisse utilizar todas as técnicas propostas, por isto foi utilizada a aplicação SimUEP-AmbSim, um simulador de treinamento em ambientes de plataforma de óleo e gás.

1.2

Organização da dissertação

A presente dissertação se divide da seguinte forma: no capítulo 2, serão mostradas as principais técnicas presentes na área de interação 3D e no capítulo 3 serão mostrados trabalhos relacionados que utilizam técnicas de interação 3D em dispositivos móveis. No capítulo 4 será feita a conceituação da ferramenta proposta, relacionando cada aspecto da ferramenta à taxonomia proposta por Bowman et al [8]. No capítulo 5 será mostrada uma descrição mais detalhada da ferramenta, tecnologias utilizadas no desenvolvimento e a aplicação utilizada como estudo de caso. No capítulo 6 será mostrado o processo de avaliação utilizado. No capítulo 7 será feita uma discussão e análise dos testes feitos no capítulo 6. No capítulo 8 serão feitas as conclusões e elencados possíveis trabalhos futuros.

2

Técnicas de interação 3D

Apesar do grande poder de representação dos dispositivos móveis em ambientes virtuais, não foi encontrada uma utilização na literatura que englobasse todas as técnicas de interação descritas em Bowman et al.[8]. Por esse motivo, foi idealizada uma forma de utilizar e expandir as ferramentas encontradas em procedimentos de treinamento em ambientes virtuais de engenharia. A proposta aborda o estudo da incorporação da maioria das tarefas de interação propostas em Bowman et al. [8] em ambientes virtuais imersivos. Tais tarefas serão apresentadas a seguir.

2.1

Seleção e manipulação

Técnicas de seleção são aquelas utilizadas pelo usuário para escolher um ou mais objetos do ambiente virtual. Já as técnicas de manipulação modificam as propriedades, frequentemente a posição e orientação, de um objeto selecionado. Algumas das técnicas de manipulação e seleção descritas em Bowman et al.[8] e Poupyrev et al. [41] mostram diferentes abordagens de acordo com o dispositivo utilizado pelo usuário e pela representação das mesmas no ambiente virtual. Essas abordagens são comumente classificadas como exocêntricas e egocêntricas. As técnicas exocêntricas por exemplo, como as encontradas na metáfora *World in Miniature* [53] (Figura 2.1), utilizam uma visão externa do ambiente virtual, que representam a posição e orientação do usuário nesta cena externa.

Já as técnicas egocêntricas são aquelas que utilizam metáforas de interação direta com o ambiente virtual. Uma técnica nessa categoria é o *Ray-casting* [33] (Figura 2.2), que pode ser utilizado por dispositivos apontadores como o *Flystick*. Nessa técnica o usuário utiliza tais dispositivos para apontar para um determinado objeto com um raio virtual que define a direção do apontamento para a seleção de um objeto, e após isso, permite o usuário realizar transformações em um determinado objeto, como a rotação e translação do mesmo. Um problema relacionado a essa técnica é a dificuldade causada pela grande sensibilidade de alguns dispositivos que dificultam a seleção de deter-



Figura 2.1: *World in Miniature*[53].

minados objetos na cena tridimensional. Variações da técnica *Raycasting* como as técnicas *Flashlight* [30] (Figura 2.3) e *Aperture* [18] resolvem esse problema ao utilizar a representação de um volume de um cone ao invés de um raio, e permitem escolher múltiplos objetos. A abertura deste cone é modificada interativamente para controlar a escolha dos objetos. Além disso, as técnicas de seleção pesquisadas normalmente se dividem em duas subetapas: a indicação do objeto a ser selecionado e a subetapa de confirmar a seleção.

Na técnica *Image Plane* [39] (Figura 2.4) o usuário seleciona e manipula objetos através de gestos em uma projeção 2D, normalmente em um plano de seleção localizado na frente do usuário no ambiente virtual. Uma utilização da técnica *Image Plane* encontrada na literatura é a *vGlove* [19], que utiliza um plano de toque virtual para mapear eventos de seleção e possui um sistema embarcado que garante retorno de força na luva ao selecionar objetos na cena virtual.

Um problema das técnicas baseadas em *Raycasting* é a seleção indesejada de vários objetos de uma só vez e por esse motivo podem necessitar de uma segunda etapa, que consiste na desambiguação dos objetos selecionados. Técnicas relacionadas recebem o nome de *Progressive Refinement Selection Techniques* ou técnicas de seleção por refinamento progressivo [25]. Neste tipo de técnica é utilizada uma maneira de reduzir gradualmente a quantidade de objetos selecionáveis de modo que a seleção necessite de menos precisão e podem contar com uma segunda etapa de desambiguação.



Figura 2.2: *Raycasting* em um dispositivo do tipo *Flystick*.

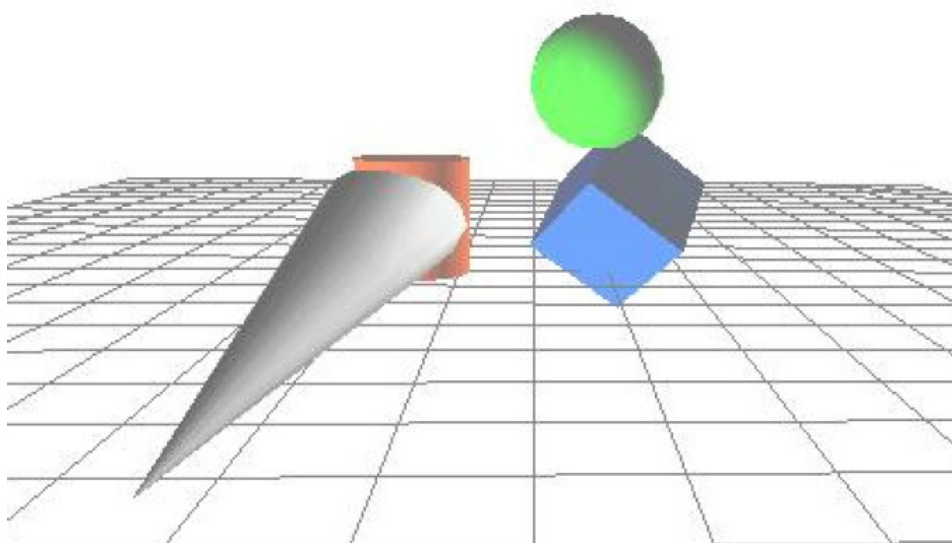


Figura 2.3: *Flashlight* [30].

Este processo de refinamento progressivo pode ser feito através de várias etapas discretas ou como um processo contínuo. Além disso, podem ser utilizadas várias maneiras para a seleção em um grupo de objetos. Uma possibilidade é a utilização de características dos objetos como cor, tamanho e forma; outra maneira é utilizar sólidos ou figuras planas para determinar áreas de seleção onde o alvo está. Um exemplo deste tipo de técnica é a seleção bolha [57] (*Bubble Selection*), que utiliza esferas redimensionáveis para refinar

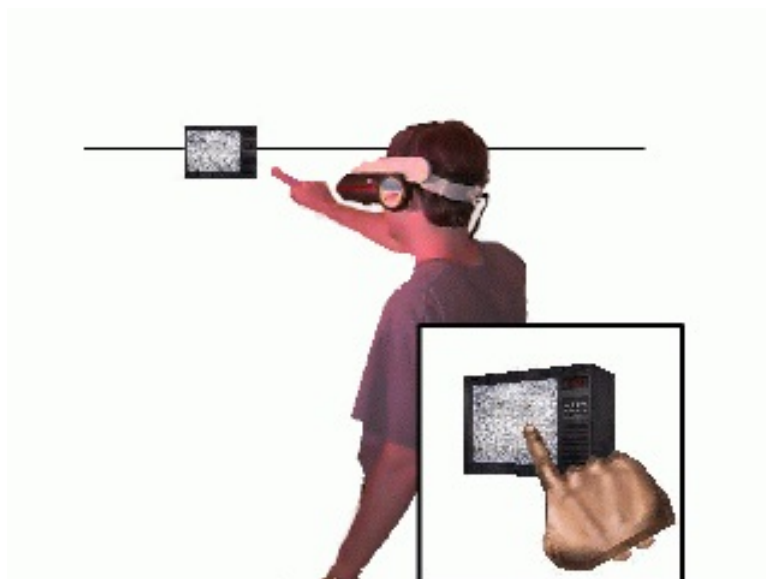


Figura 2.4: Seleção de objetos pela técnica *Image Plane* [39].

a seleção de objetos em ambientes virtuais.

Porém, em ambientes com muitos objetos, estas técnicas precisam ser manuseadas de forma bastante cuidadosa e podem resultar em uma seleção menos precisa comparada ao *Raycasting* em alguns casos. Por isso, algumas técnicas utilizam um segundo passo de *desambiguação* para refinar a seleção. Uma destas técnicas é o SQUAD, apresentado por Kopper et al. [25] (Figura 2.5). O SQUAD abrange uma primeira fase de seleção similar à de seleção bolha denominada *Spherecasting* e uma segunda etapa que mapeia os objetos na forma de um menu que distribui aleatoriamente os objetos envolvidos na primeira fase da seleção em quatro quadrantes e permite o usuário escolher entre esses itens. Outra opção na técnica é utilizar a seleção direta por *Raycasting*, caso não seja necessário um alto nível de precisão.

Ainda há outras formas de seleção progressiva como a *Discrete Zoom Technique* [1] (Figura 2.6). A principal característica desta técnica é dividir a tela em quatro quadrantes, semelhantes ao menu da técnica SQUAD. Assim, o usuário pode apontar para um dos quadrantes e sua visão é modificada para uma versão ampliada do quadrante escolhido, podendo realizar esta operação várias vezes até que o objeto desejado seja selecionado através de *Ray Casting*.

Outra categoria encontrada na literatura são aquelas técnicas denominadas de controle direto do usuário [49] (*Direct User Control*, em inglês). Nestas técnicas, o usuário seleciona e manipula objetos diretamente utilizando as mãos. Um exemplo clássico desta categoria é a *Virtual Hand*, onde a mão do usuário é rastreada e mapeada diretamente no ambiente virtual. Um problema relacionado a esta técnica é a impossibilidade de interagir com objetos que

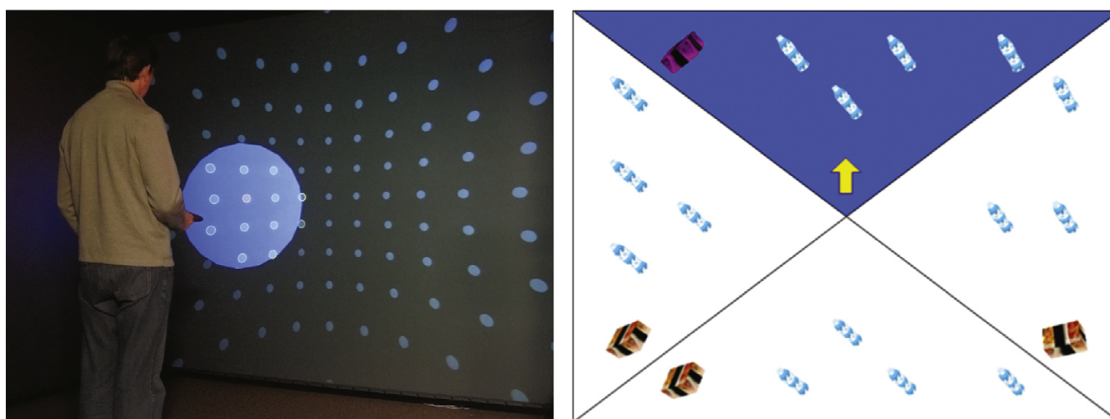


Figura 2.5: As duas fases do SQUAD : à esquerda, *sphere-casting*, à direita, o menu QUAD [25].

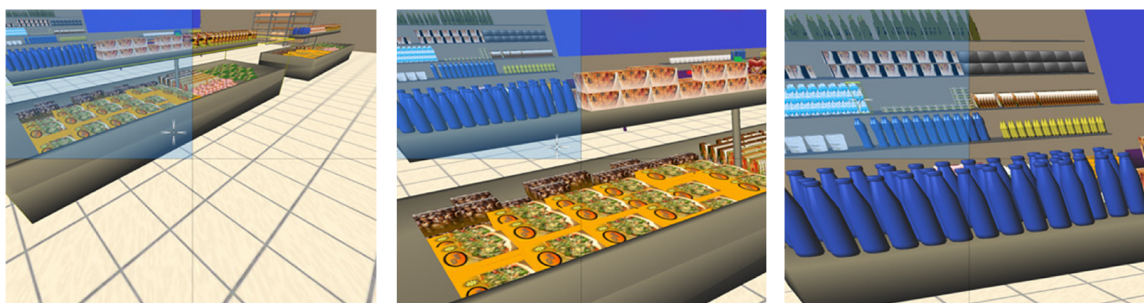
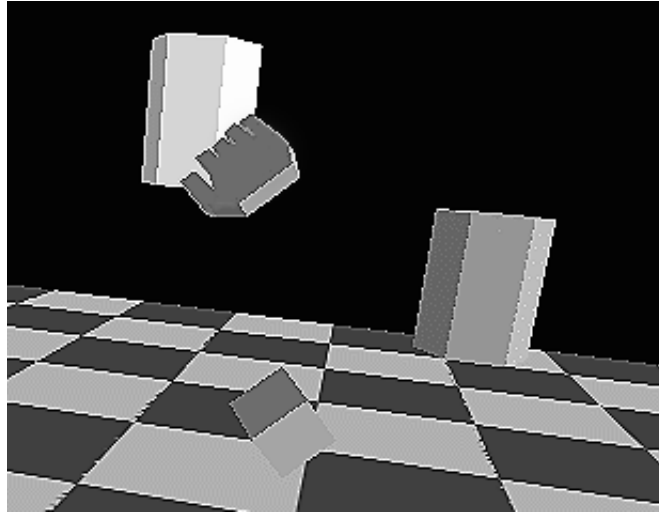


Figura 2.6: *Discrete Zoom Technique* [1].

estão distantes do usuário. Esta limitação foi contornada na técnica Go-go [42]. Nela, o alcance do braço virtual é interativamente modificado quando a mão real do usuário ultrapassa uma certa distância limiar, logo, o acesso, a seleção e a manipulação dos objetos distantes ficam permitidos (Figura 2.7). Outros trabalhos como o encontrado em Bowman et al. [7] apresentam técnicas que misturam técnicas baseadas em *Raycasting* e *Direct User Control* chamada HOMER (*Hand-centered Object Manipulation Extending Raycasting*). Esta técnica consiste em uma primeira fase de seleção por *Raycasting* e em seguida uma mão virtual é posicionada no objeto escolhido para iniciar a manipulação.

2.2 Navegação

Navegação é o ato de levar o usuário de um lugar para o outro em uma determinada direção no cenário virtual. Técnicas de navegação podem ser de Exploração, onde o usuário não possui nenhum objetivo específico ao navegar no ambiente e de Busca, onde o usuário possui um objetivo bem definido e

Figura 2.7: *Go-Go technique* [42].

pode ou não contar com informações adicionais (*wayfinding*) para auxiliá-lo a chegar ao seu objetivo [54]. A navegação também pode ser classificada como uma forma de manipulação, pois consiste na manipulação de uma câmera virtual ou de um ponto de vista do usuário dentro do ambiente virtual. Um exemplo disto é o *World in Miniature*, já mencionado anteriormente, onde o usuário navega e manipula objetos em uma versão reduzida do ambiente virtual. Outras técnicas de navegação consistem na indicação de um objeto no ambiente virtual, geralmente através de um apontamento. Em seguida, a técnica fica responsável por posicionar a câmera virtual a uma certa distância do objeto apontado. Por exemplo, na técnica *Zoomback* [60] esta distância são dois pés (*two feet*), enquanto na técnica *LaserGrab* [60] esta distância corresponde à distância relativa entre a cabeça e a mão do usuário. Além disso, algumas técnicas assumem a manipulação da câmera virtual baseando-se em metáforas, por exemplo, a “*Eyeball-in-Hand*”, “*Flying*” e “*Scene-in-Hand*” [58] [59].

Várias são as classificações para tarefas de navegação em ambientes imersivos encontradas na literatura [8] [2] [33]. Em uma dessas classificações, as técnicas são divididas em tarefas de navegação ativas, onde o usuário controla os movimentos de locomoção dentro do ambiente virtual; e passivas, onde a movimentação ocorre de forma automática pelo sistema. Nessa classificação alguns autores ainda incluem uma terceira categoria chamada de planejamento de rota [6] (*Route Planning*, em inglês), onde o usuário indica uma rota ou um objeto a ser buscado e o sistema realiza a movimentação necessária para chegar a um determinado objetivo como o proposto em Fang et al. [17]. Outra classificação encontrada divide as técnicas quanto à forma como ocorre a

navegação no AV [33], de forma física ou virtual. Nas tarefas de navegação física o usuário controla os movimentos de rotação e translação no AV utilizando movimentos com o próprio corpo, rastreado por um sistema de rastreamento dedicado com seis graus de liberdade; nas técnicas virtuais, o corpo do usuário permanece parado enquanto o movimento é realizado, normalmente por um dispositivo de interação específico. Como relatado em Bowman et al. [8], as duas classificações encontradas são complementares, por isso é possível combinar várias técnicas das diferentes categorias em um só sistema.

A categoria de navegação física pretende emular os movimentos naturais do ser humano. Uma das primeiras utilizações deste tipo de técnica foi a metáfora de caminhar. Embora seja a forma mais natural de navegação, ela apresenta alguns problemas, como a limitação do espaço físico, já que a maioria dos rastreadores utilizados não funcionam a uma grande distância do usuário. Por isso, uma das tendências encontradas na literatura é a utilização de técnicas de navegação físicas em ambientes de Realidade Aumentada (RA), como o encontrado em Höllerer et al. [22]. Neste trabalho é descrito um sistema móvel que utiliza óculos de RA, rastreado por um sistema GPS e permite que o usuário navegue pelo ambiente e visualize informações adicionais sobre ele. Porém, a maioria desses sistemas de rastreamento ainda são bastante imprecisos para ambientes muito grandes. Uma forma de resolver esse problema é o *Walk In Place* [51]. Nesta técnica o usuário emula o gesto de caminhar sem sair do lugar, diminuindo a limitação do espaço físico necessário, porém comprometendo o realismo da interação [8]. Uma utilização de técnicas de navegação físicas são aquelas que utilizam o dispositivo *Microsoft Kinect* (Figura 2.8). Este dispositivo é capaz de rastrear os movimentos do usuário e utilizá-los para realizar interações com o AV [44] [14].

Existem ainda estudos que pretendem misturar técnicas de navegação física e virtual em um ambiente virtual. Uma maneira muito comum de misturar as duas formas é a de utilizar os movimentos dos usuários para controlar seu ponto de vista no AV, deformando a matriz de projeção do ambiente de acordo com sua posição dentro do ambiente imersivo e utilizando dispositivos específicos, como o *Flystick* para tarefas de navegação, manipulação e seleção. Em um destes trabalhos, proposto em Cirio et al. [11] são mostradas três técnicas que permitem que o usuário navegue com uma técnica de *Real Walking* em um ambiente imersivo mantendo o usuário em uma posição segura em relação ao ambiente imersivo, onde pode ser então utilizado um dispositivo rastreado para realizar a navegação.



Figura 2.8: Utilização de gestos para navegação com o Microsoft Kinect [44].

2.3

Controle de Sistema

Além das técnicas de navegação, seleção e manipulação ainda é possível incorporar diferentes elementos na interface dos AVs utilizando elementos como botões, menus e *check boxes*. Tais elementos, quando utilizados para enviar comandos para a realização de uma determinada ação no ambiente virtual, são chamados de elementos de controle de sistema.

Uma das utilizações de técnicas de controle de sistema é o apresentado em Bowman et al. [9] [10]. Neste trabalho são utilizadas luvas de realidade virtual comerciais chamadas *Pinch Gloves* (Figura 2.9) em conjunto com *Head Mounted Displays*. No artigo é proposto um sistema chamado *TULIP menu system* que associa itens do menu aos dedos, que são selecionados através do pressionamento do dedo polegar com o dedo que contém o item correspondente (Figura 2.10). Em Mine et al. [34] é proposto um sistema de menus que é acionado através do movimento da cabeça do usuário e usa um dispositivo físico para confirmar a seleção de um item do menu. Outros trabalhos encontrados na literatura propõem a utilização de mapeamentos de elementos de interfaces WIMP em ambientes virtuais tridimensionais, entre eles: VEWL, que abstrai conceitos de janelas e botões [29]; Liang et al. apresenta o conceito de rings menus [30] e Gerber et al., spin menus [20].



Figura 2.9: *Pinch Gloves* [10].

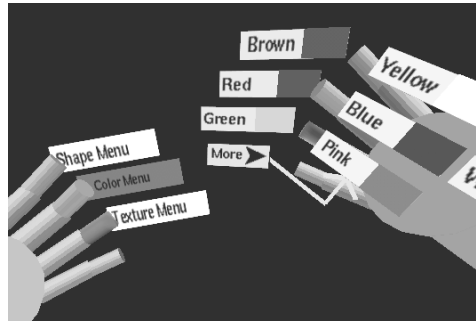


Figura 2.10: *Tulip System* [10].

2.4 Entrada Simbólica

Outra categoria de técnicas que também pode ser incorporada a um sistema de Realidade Virtual é a de entrada simbólica. Entrada simbólica permite ao usuário comunicar informação simbólica, como texto, números e outros símbolos. Tarefas deste tipo são comumente encontradas nas interfaces gráficas, também conhecidas como GUIs, através da utilização de aplicações para edição de texto, email, planilhas, entre outras. Como dito, tarefas do tipo Entrada Simbólica ainda são pouco exploradas no contexto dos ambientes virtuais. Uma destas utilizações é o encontrado em Kuester et al. [27]. O trabalho apresenta um dispositivo chamado KITTY (Figuras 2.11 e 2.12), similar a uma luva, desenvolvida para digitação independente do uso de teclados. A ideia básica é a associação de letras a uma combinação de posição dos dedos. Outra utilização semelhante é a encontrada em Bowman et al. [9] [5], onde são utilizadas luvas do tipo *Pinch Gloves* para tarefas de entrada simbólica.



Figura 2.11: *KITTY* [27].



Figura 2.12: *Exemplo de utilização do KITTY* [27].

No próximo capítulo serão apresentados trabalhos relacionados à área de interação 3D que mapeiam as categorias de técnicas de interação descritas neste capítulo em dispositivos móveis com sensores e telas multi-toque.

3

Dispositivos móveis e interação 3D

Várias são as utilizações de *smartphones* e *tablets* encontrados na literatura. Ruiz et al. [47] apresentam diferentes técnicas de utilização dos sensores em tarefas corriqueiras como atender uma chamada ou realizar uma busca por contatos no telefone. Na área de interação 3D vários são os trabalhos que mapeiam tarefas de interação em ambientes virtuais tridimensionais usando dispositivos móveis. Esta interação pode ocorrer de forma direta, onde o usuário utiliza a própria tela do *tablet* ou *smartphone* para interagir com o ambiente virtual, e indireta, onde a interação feita com o dispositivo móvel é enviada para uma aplicação remota, onde é feita a interação.

Um problema da interação direta em dispositivos móveis é a oclusão causada pelos dedos do usuário ao interagir com o AV, muitas vezes escondendo o objeto com o qual se deseja interagir. O trabalho proposto por Telkernaroglu et al. [56] (Figura 3.1) resolve este problema propondo técnicas de seleção e manipulação utilizando um ou dois dedos para realizar transformações no objeto de forma que o objeto de interesse não seja ocluído. Este trabalho também propõe uma forma de navegação utilizando o gesto conhecido como *pinch*.

São também encontrados na literatura trabalhos que discutem a concepção e avaliação de técnicas de navegação em ambientes virtuais tridimensionais de forma indireta [37], [23],[43] e [3]. No *Sensor Fusion* [24], é proposto um esquema de navegação do tipo *Walk In Place*, porém utilizando os sensores acelerômetro e magnetômetro presentes em *smartphones*, que são acoplados às pernas do usuário (Figura 3.2). Estes sensores são capazes de capturar fielmente o caminhar do usuário e permitem a navegação do mesmo em ambientes complexos usando sistemas de visualização do tipo CAVE, por exemplo. No entanto como mostrado em Medeiros et al. [32] estes trabalhos não levam em conta testes de precisão dos aparelhos, característica considerada importante em ambientes virtuais de engenharia.

Além da navegação, os dispositivos móveis com sensores também são utilizados em tarefas de seleção em ambientes bidimensionais. O ARC Pad [31], por exemplo mapeia os toques do usuário no dispositivo móvel em um

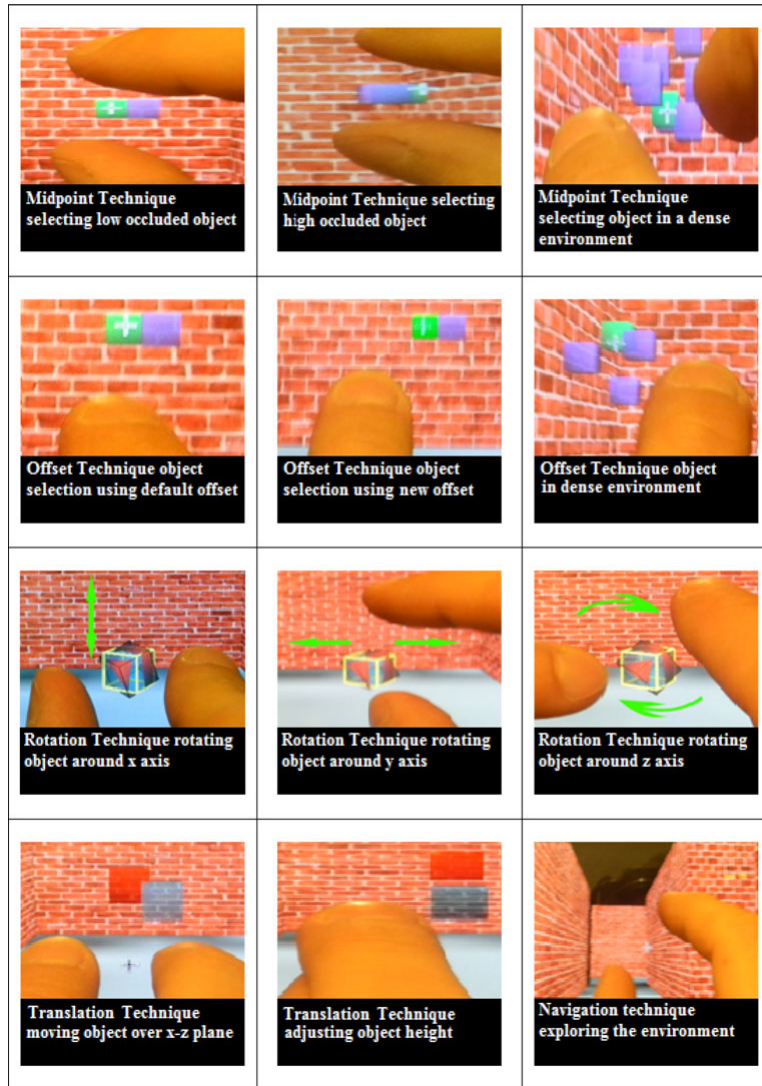


Figura 3.1: Dual Finger Interaction [56].

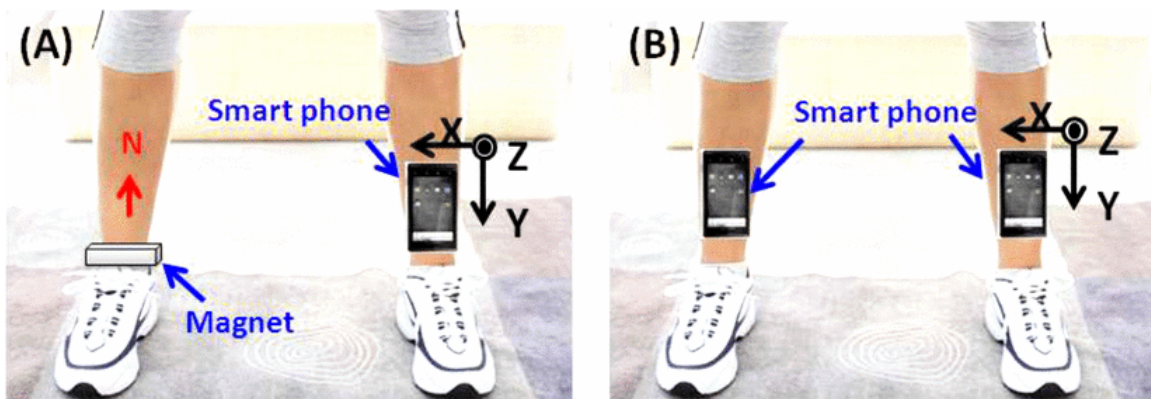


Figura 3.2: Sensor Fusion: *Walk In Place* usando *Smartphones* [24].

computador remoto, emulando os movimentos do *mouse* em um ambiente do tipo *WIMP*, já o trabalho proposto por Ruan et al. [46] expande esta ideia

e inclui, além do mapeamento dos toques, a utilização de um dispositivo móvel com teclado físico para a realização de tarefas diversas como a digitação de endereços em navegadores *web*, por exemplo. Boring et al.[4] tratam de seleção e manipulação de objetos 2D em *displays* situados distantes do aparelho através de técnicas de processamento de imagem do vídeo capturado pela câmera do dispositivo. Já Nancel et al. [35] expandem a ideia do ARC Pad, mapeando os toques do usuário para apontar e aplicar *zoom* em um sistema de multivisualização do tipo *Display Wall*. Porém, um problema relacionado é a falta de precisão no mapeamento destes toques no ambiente 3D, característica considerada importante para a interação com ambientes virtuais de engenharia.

Debarba et al. [15] propõem uma ferramenta chamada LOP-Cursor (*Level of Precision-Cursor* ou cursor de nível de precisão) que utiliza *smartphones* com sensores em ambientes de multi-resolução, utilizando a metáfora de janela virtual de forma similar à *Image Plane* [39]. Esta janela virtual é utilizada para melhorar a precisão de seleção de objetos neste tipo de ambiente (Figura 3.3). Porém, nota-se que os testes feitos ainda não foram conduzidos em ambientes virtuais mais complexos, além da impossibilidade de incluir funcionalidades adicionais pela própria dimensão do aparelho utilizado.



Figura 3.3: LOP-Cursor [15].

A utilização de dispositivos móveis em ambientes virtuais não se limita a tarefas de navegação e seleção. Recentemente, foram anunciadas plataformas como o Microsoft SmartGlass e Nintendo Wii U (Figura 3.4) [38] que trazem a chamada experiência de segunda tela. Nestes sistemas o tablet funciona como uma ferramenta complementar ao jogo, podendo conter informações adicionais relacionadas ao jogo como mapas e menus, além de servir de dispositivo de interação tridimensional. Além disso, é possível incorporar diferentes técnicas em um mesmo dispositivo como encontrado no sistema WTSFIWYF (*What you-*

see-is-what-you-feel) [52]. Esse sistema utiliza o acelerômetro e magnetômetro do dispositivo para controlar a posição e orientação de um plano de corte em um sistema de visualização volumétrica. Ao escolher esse plano o usuário pode anotar informações através de gestos que formam um desenho na superfície, que podem ser enviados para a projeção do modelo volumétrico no *display* localizado à frente do usuário.



Figura 3.4: Nintendo Wii U.

Outra utilização dos dispositivos móveis é o ARDrone [26]. O ARDrone (Figura 3.5) é um quadricóptero, ou seja, um aeromodelo com quatro hélices, capaz de planar no ar. O controle do aeromodelo é feito através de um dispositivo (celular/*tablet*) nas plataformas Android/iOS. Um aplicativo é instalado no dispositivo e com ele o usuário pode visualizar o conteúdo capturado pelas câmeras presentes no aeromodelo, uma localizada na parte frontal e outra na parte inferior, enviadas por uma rede wifi dedicada, criada entre o quadricóptero e o dispositivo.

Os controles básicos mapeados no aparelho são o de rotação em torno do eixo definido pela orientação dos sensores (Figura 3.6- item A) e translação (Figura 3.6- item B). Já o direcional no canto esquerdo (Figura 3.6- item C) da tela, ao ser pressionado, controla a orientação em que o aeromodelo irá navegar, dada pelos sensores de acelerômetro e magnetômetro, além de outros controles adicionais como o de ligar e desligar os motores do quadricóptero e mexer em configurações da aplicação e do próprio aeromodelo. O uso dos sensores do dispositivo em conjunto com os controles adicionais da interface



Figura 3.5: AR Drone.

servem de inspiração para a ferramenta proposta, como será visto no capítulo seguinte.



Figura 3.6: Interface da aplicação móvel do ARDrone.

No próximo capítulo será apresentada a proposta de ferramenta de interação que utiliza dispositivos móveis para tarefas de navegação, seleção, manipulação, entrada simbólica e controle de sistema. A ferramenta será apresentada e serão relacionadas cada uma das categorias propostas por Bowman et al [8] nas técnicas propostas.

4

Técnicas de interação e suas utilizações na ferramenta proposta

4.1

Seleção e manipulação

Como visto no capítulo anterior, várias são as utilizações dos dispositivos móveis com sensores para técnicas de navegação e seleção. Porém, poucas delas tratam do problema de mapear o grau de precisão necessário para utilização em ambientes virtuais de engenharia.

O presente trabalho propõe uma técnica de seleção por refinamento progressivo para dispositivos móveis que utiliza uma metáfora de *Eyeball in Hand* [58] [59]. Esta técnica utiliza um *tablet* rastreado que controla a posição e orientação da câmera virtual no ambiente imersivo. Para isso são utilizados rastreadores óticos como o ARTracker (Figura 4.1) e BraTracker [40], que garantem uma maior precisão à ferramenta.



Figura 4.1: Sistema de rastreamento ótico ARTracking.

Essa câmera virtual, chamada aqui de EiHCam (*Eyeball in Hand Camera*), é representada no ambiente virtual através de um tronco de pirâmide semi-transparente, renderizado juntamente com o cenário. A representação da câmera é utilizada de maneira semelhante às utilizadas no *Bubble Selection* [57] e *Cone Casting* [18], onde um sólido ou plano de seleção é usado para definir o grupo de objetos de interesse. A Figura 4.2 ilustra o conceito de câmera

virtual apresentado. Para uma melhor noção de profundidade foram utilizados retângulos que representam cortes do volume do tronco de pirâmide assim como o utilizado no sistema de Realidade Aumentada *Pick-by-Vision* [48].

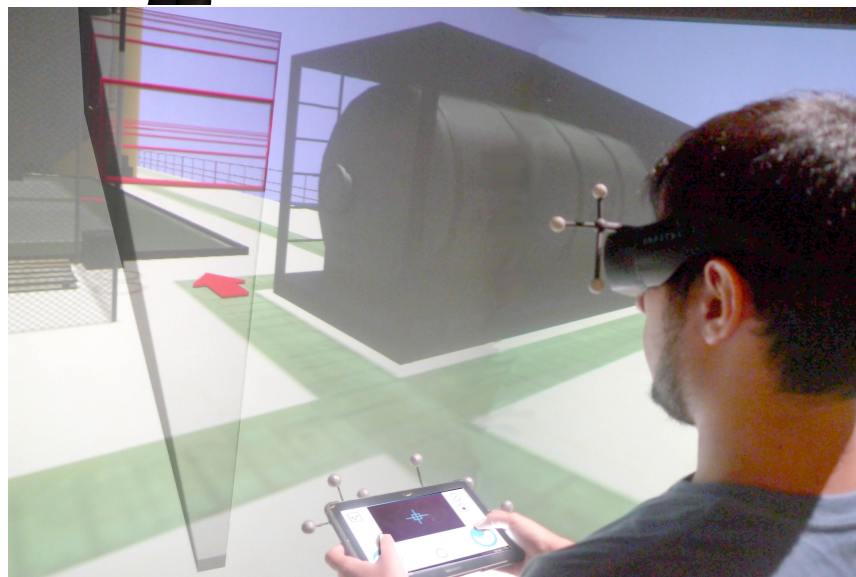
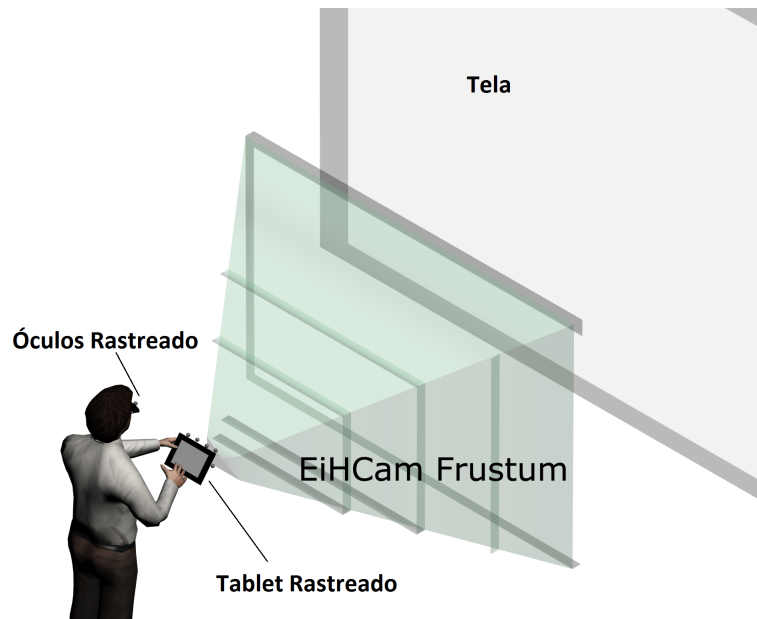


Figura 4.2: Esquema da EiHCam proposto.

Na segunda fase da técnica, chamada de etapa de desambiguação, a seleção e a manipulação são mapeadas na imagem renderizada por essa câmera virtual. Esta imagem é enviada para o *tablet*, que a desenha em uma superfície de toque na interface denominada *Touch Pad*. Todos os toques do usuário são normalizados e enviados para a aplicação gráfica que mapeia os toques realizados nesta superfície de acordo com a sua utilização, realizando todos os cálculos necessários.

Na representação da câmera virtual no *Touch Pad* o usuário pode selecionar o objeto de interesse com um toque (ou *tap*) sobre ele (Figura 4.3 - item A). Após a seleção, o objeto é marcado e o usuário pode confirmar sua seleção com um toque extra sobre o objeto no *Touch Pad*. Uma vez confirmada a seleção, o objeto pode então ser manipulado. A manipulação pode ser feita através de gestos já conhecidos como o *scale* e o *rotation* (Figura 4.3 - itens B e C, respectivamente). Para uma seleção ainda mais precisa foi também proposta a possibilidade de aumentar ou diminuir o *zoom* sobre a imagem utilizando o gesto *scale*.

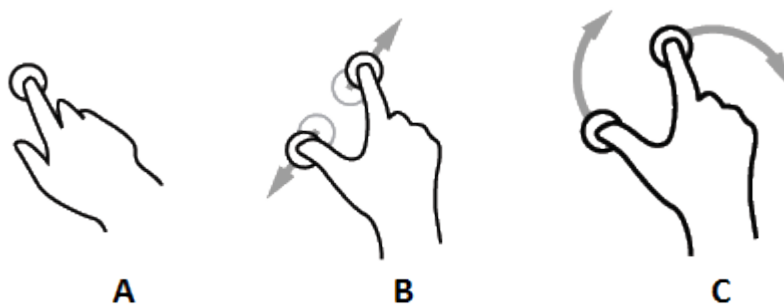


Figura 4.3: Gestos de manipulação/seleção. (a) Seleção simples (b) Escala (c) Rotação [21].

4.2 Navegação

Como visto nos trabalhos relacionados, são muitas as utilizações de dispositivos móveis em tarefas de navegação. Estes, em sua maioria utilizam os sensores do dispositivo para controlar um objeto no cenário virtual [32] [23]. Um problema dessa abordagem é a grande sensibilidade dos sensores presentes nos aparelhos, o que pode tornar a navegação uma tarefa difícil. Uma das aplicações estudadas, o ARDrone [26], resolve essa dificuldade incorporando controles adicionais na interface que auxiliam na navegação do usuário. Além disso, como a ferramenta utiliza rastreadores óticos para localizar o usuário de acordo com o ambiente imersivo não é necessária a utilização dos sensores do aparelho. Por isso, o mapeamento previsto utiliza direcionais na interface que controlam a movimentação e a rotação da câmera principal da aplicação gráfica. A Figura 4.4 ilustra um protótipo inicial que utiliza direcionais para o controle de navegação.

4.3

Entrada Simbólica e Controle de Sistema

Além da capacidade de utilização dos dispositivos móveis com sensores, há também a possibilidade de incorporar diferentes recursos na interface da ferramenta utilizando elementos como botões, menus e *check boxes*. Tais elementos, quando utilizados para enviar comandos para a realização de uma determinada ação na aplicação, como o abrir de uma porta ou a confirmação da seleção de um objeto, são chamados de elementos de controle de sistema. Esses elementos de controle de sistema são aplicados na ferramenta para confirmar ações do usuário, como a confirmação de seleção de um objeto da cena tridimensional, por exemplo.

Outra tarefa relacionada que também pode ser incorporada ao sistema é a de entrada simbólica. Entrada simbólica permite ao usuário comunicar informação simbólica, como texto, números e outros símbolos. Uma possibilidade de utilização deste tipo de técnica é a adição de anotações a um determinado objeto selecionado previamente, por exemplo. A integração de entrada simbólica na ferramenta proposta é possibilitada pela presença de um teclado virtual que pode ser acionado através de botões da interface.

Pela natureza da técnica de seleção e manipulação proposta neste trabalho vê-se a possibilidade de utilizar *widgets* 3D já citados anteriormente em tarefas de controle de sistema. Isso é possível pela possibilidade da técnica proposta mapear ambientes virtuais na interface bidimensional do *tablet*. Portanto, se a câmera virtual for posicionada na frente de um menu 3D e for feita a seleção da área correspondente, ela será posteriormente enviada para a inter-



Figura 4.4: Navegação por controles direcionais.

face do *tablet*, de modo que esse menu 3D é mapeado de forma bidimensional, o que facilita bastante a seleção desses elementos gráficos.

No próximo capítulo serão mostrados mais detalhes da ferramenta proposta, como arquitetura e detalhes mais técnicos sobre a implementação e considerações feitas durante esse processo. Além disso, será apresentada a aplicação utilizada como estudo de caso para a implementação das técnicas propostas, assim como o mapeamento das técnicas propostas em cada parte da aplicação.

5 Desenvolvimento

Definidas as técnicas de interação e suas aplicações em ambientes virtuais imersivos, foram então definidos os requisitos necessários para a construção da aplicação móvel utilizada na implementação das técnicas. Um dos principais requisitos definidos foi o de garantir o mínimo acoplamento entre a aplicação móvel e a aplicação gráfica utilizada, por isso a abordagem escolhida foi a utilização da rede para envio dos dados capturados pelo aparelho.

Na aplicação móvel foi utilizado o sistema operacional *open source* Android 4.0 [45], que provê todas as funcionalidades necessárias para a utilização dos sensores do *tablet*, além de possibilitar a utilização da plataforma de comunicação VRPN [54] utilizada no envio dos dados capturados por sensores como acelerômetro e tela multitoque. A aplicação foi desenvolvida utilizando as bibliotecas nativas do Android, em Java (para a aplicação como um todo) e em C++ (para a comunicação em VRPN).

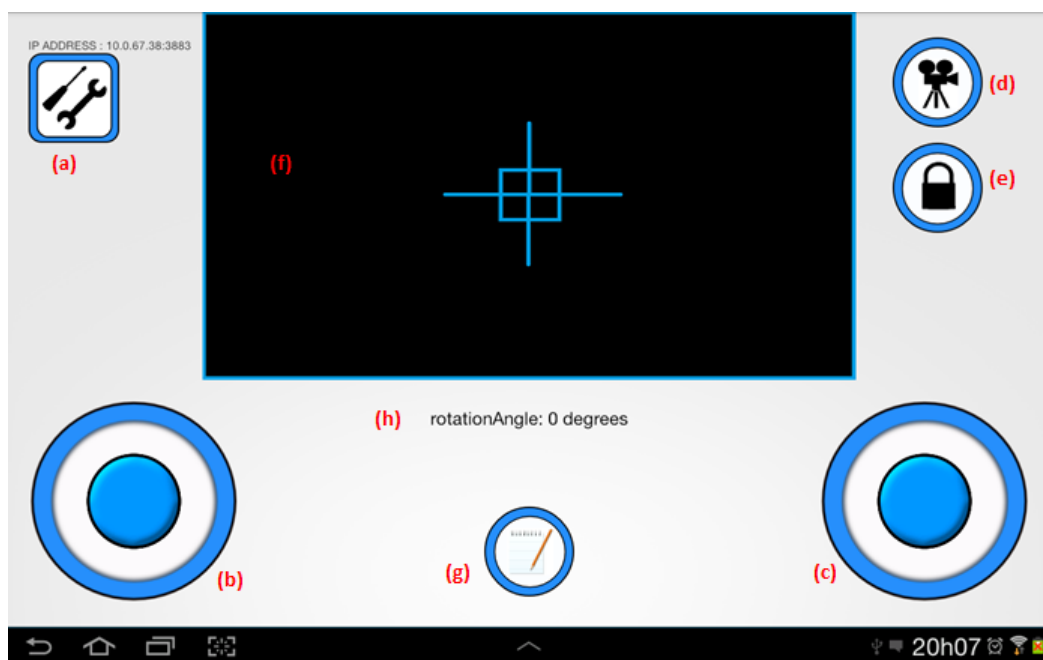


Figura 5.1: Interface da aplicação móvel.

Logo após, foi esboçada uma interface (Figura 5.1) que utilizasse essas

técnicas de forma adequada. Essa interface possui uma área de toque que recebe a imagem da câmera virtual e permite selecionar o objeto desejado (Figura 5.1 - item *f*) denominado *Touchpad*. Com isso, a posição (x,y) normalizada dos toques do usuário no *Touchpad* é enviada para a aplicação gráfica, que realiza os cálculos e, uma vez selecionados, permite ao usuário manipular os objetos. Esta manipulação é feita através de gestos capazes de realizar transformações de escala e rotação sobre eles utilizando os gestos já descritos (Figura 4.3). Além disso, o usuário ainda pode adicionar informações a estes objetos através do teclado virtual do aparelho.

Para a navegação, o usuário possui controles similares aos utilizados no ARDrone, que ao serem pressionados permitem movimentos de rotação e translação (Figura 5.1 - itens *b* e *c*, respectivamente) sobre o eixo da câmera. Para localizar espacialmente o *tablet* em relação à tela foi confeccionado um marcador que é utilizado como um ponto de rastreamento 3D formado por esferas retro-reflexivas conjuntamente com um sistema de rastreamento ótico do tipo ARTracker.

Nessa interface o usuário ainda possui controles que permitem adicionar uma anotação a um objeto selecionado (Figura 5.1 - item *g*), alternar o modo de seleção, de seleção por câmera ou *raycasting* (Figura 5.1 - item *d*), “travar” a câmera virtual para iniciar a seleção de objetos (ou destravá-la, para ativar o modo de navegação) (Figura 5.1 - item *e*), além de poder configurar características da aplicação como o IP da aplicação em que a ferramenta será conectada (Figura 5.1 - item *a*). Além disso ainda há um espaço textual para representar algum tipo de *feedback* da aplicação, como por exemplo o nome do objeto selecionado ou a rotação de um determinado objeto (Figura 5.1 - item *h*).

O desacoplamento entre a aplicação móvel e a aplicação gráfica é garantida através da utilização do módulo VRINPUT do *framework* de interação LVRL [55] na forma de um *plugin* que recebe os dados gerados pelo *tablet* e os transforma em eventos, que são então interpretados e utilizados pela aplicação gráfica escolhida. O VRINPUT é utilizado na aplicação através de uma biblioteca dinâmica (dll) para o recebimento dos dados enviados pelo *tracker* e o *tablet*.

Como o VRPN é uma ferramenta totalmente voltada para dispositivos de realidade virtual e estes tradicionalmente não são utilizados para realizar operações de entrada simbólica, ele não possui nenhuma mensagem específica para este tipo de informação. Para este fim foram utilizados *sockets* UDP que se comunicam independentemente da conexão VRPN. Além disso são utilizados *Sockets* UDP também para o recebimento da imagem renderizada da câmera

e para o *feedback* textual mencionado anteriormente. Um esquema geral do sistema desenvolvido é encontrado na Figura 5.2.

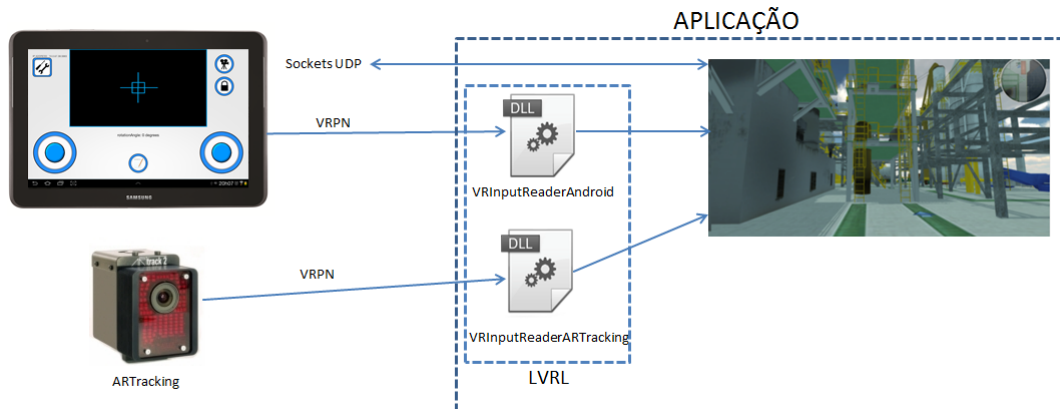


Figura 5.2: Arquitetura geral do sistema.

Para avaliar a ferramenta desenvolvida foi utilizada a aplicação SimUEP-AmbSim (Figura 5.3), um simulador de treinamento em ambientes de plataformas de petróleo desenvolvido com a *engine* Unity3D [12]. A aplicação possui a estrutura de um jogo, onde o usuário navega na plataforma em toda a sua extensão para cumprir objetivos pré-determinados. A escolha do SimUEP-AmbSim é justificada pela sua complexidade, além de possibilitar o uso de todas as funcionalidades propostas pela ferramenta desenvolvida.

Outro ponto importante na utilização do SimUEP-AmbSim é o suporte a diversos dispositivos de interação 3D e a sistemas de visualização complexos, como a CAVE [13]. Em alguns dos objetivos específicos da aplicação o usuário necessita manipular determinados objetos dentro da plataforma, como é o caso das válvulas que, ao selecionadas, podem ser rotacionadas de forma a abri-las ou fechá-las. No cumprimento dos objetivos há a possibilidade de marcar certos objetos, inserindo informações ou tags sobre os mesmos, auxiliando na realização das tarefas especificadas.

A integração com a ferramenta móvel desenvolvida foi feita utilizando a biblioteca dinâmica (dll) dos leitores desenvolvidos com a biblioteca VRINPUT, como já mencionado, e importados pela aplicação SimUEP-AmbSim. Esses dados são recebidos na forma de eventos à medida que ocorrem.

Após obtidos, tais dados são tratados e encaminhados para partes específicas da aplicação. Os controles direcionais são utilizados para navegação, os dados do rastreador são utilizados no posicionamento da janela virtual, os do *trackpad* para seleção (um toque do usuário) e manipulação de objetos (dois toques do usuário) em objetos selecionados. Já os eventos de teclado são tratados separadamente como descrito anteriormente, por meio de *sockets* UDP.

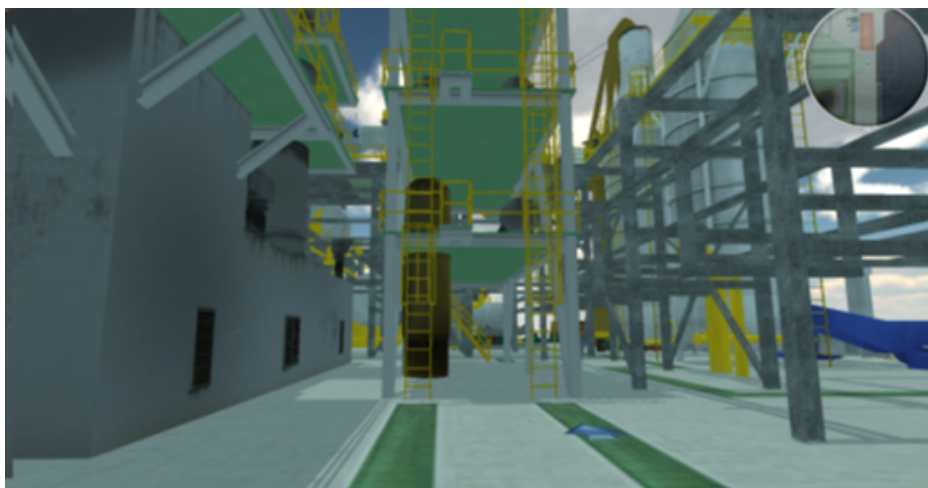


Figura 5.3: *Screenshot* do SimUEP- AmbSim.

Para a visualização da aplicação em um ambiente imersivo do tipo CAVE foi utilizada a biblioteca *vrFrustum* do *framework* de interação LVRL, que cuida da multiprojeção em várias telas, além de contar com funcionalidades que auxiliam na conversão do sistema de coordenadas do *tracking* para o sistema de coordenadas do ambiente virtual utilizado.

Para a tarefa de seleção e manipulação foram utilizados objetos selecionáveis já disponíveis no SimUEP-AmbSim. Existem objetos que são manipuláveis através de um simples toque, como é o caso das portas e válvulas automáticas. Já outros objetos precisam de gestos mais precisos, como é o caso das válvulas manuais. Mais detalhes sobre a implementação da ferramenta no SimUEP-AmbSim serão mostrados nas subseções a seguir.

5.1 Seleção e Manipulação

A seleção de objetos é realizada quando o usuário se aproxima de um objeto selecionável, posiciona a câmera virtual de forma que ela contenha aquele objeto. Logo após, o usuário pressiona um botão na interface (Figura 5.1 - item *d*) para que uma imagem renderizada seja enviada para a interface do *tablet*, e com o *touchpad* consiga realizar um toque diretamente causando a seleção do objeto desejado. Se o objeto for selecionado corretamente, este será marcado e após a confirmação com um toque adicional sobre ele, este objeto então poderá ser manipulado. A manipulação de uma válvula é possível utilizando o gesto de rotação (Figura 4.3-item B), que a rotaciona de acordo com o seu eixo em sentido horário ou anti-horário, dependendo do gesto feito pelo usuário. Na Figura 5.4 são mostradas as etapas de seleção de uma válvula no SimUEP-AmbSim.



Figura 5.4: Etapas de seleção/manipulação de uma válvula no SimUEP-AmbSim: na primeira figura, o usuário posiciona a câmera virtual de forma a conter a válvula; na segunda figura, ele seleciona o objeto já desenhado na interface do *tablet*; na terceira, ele confirma a seleção e rotaciona a válvula.

O mapeamento do toque do usuário nessa interface se dá da seguinte forma: quando o usuário realiza um toque na interface de toque (Figura 5.1 - item *f*) essa posição normalizada é enviada e é então mapeada no plano *near* da câmera virtual, que é transformado em coordenadas do mundo. Este ponto 3D é usado para traçar um raio de seleção (Figura 5.5), cuja direção é dada pela vetor que tem início no ponto 3D da posição da câmera virtual e passa por este ponto mapeado no plano *near* (Equação 5-1).

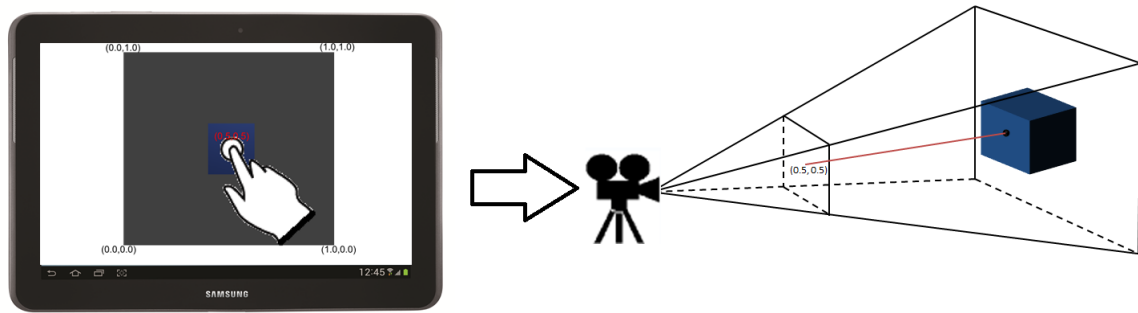


Figura 5.5: Interface Touch.

$$r_{dir} = \|p_{wc} - cam_{pos}\| \quad (5-1)$$

Já o posicionamento da câmera virtual é feito pela aplicação direta dos valores que são recebidos do sistema de *tracking* à transformação local da câmera virtual. De acordo com a aplicação pode haver diferenças entre o sistema de coordenadas da aplicação e o sistema de coordenadas do *tracking*. No SimUEP-AmbSim, por utilizar o *engine* Unity3D que utiliza um sistema de coordenadas diferentes da utilizada pelo *tracking*, foi feita uma correção no eixo Z da câmera, como mostrado na Figura 5.6.

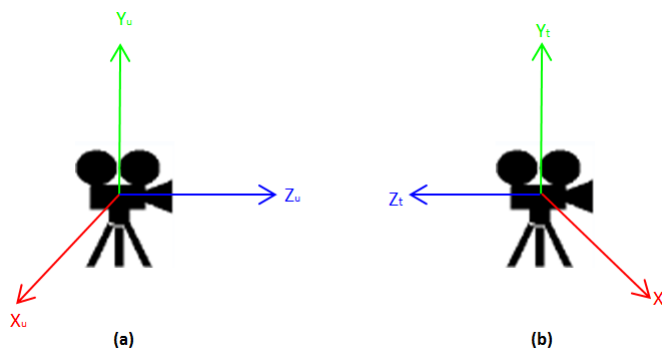


Figura 5.6: Correção no sistema de coordenadas (a) Sistema de coordenadas do *Unity3D* (b) Sistema de Coordenadas do *Tracking*.

Para uma maior precisão na seleção dos objetos dentro do SimUEP-AmbSim foi implementada a técnica de *zoom* sobre a imagem renderizada recebida da câmera virtual. Esse evento ocorre quando não há nenhum objeto selecionado e dois toques são detectados pelo sistema. Essa funcionalidade foi implementada utilizando o gesto de escala já mostrado anteriormente e o cálculo para detecção do gesto é feito através do cálculo da distância euclidiana entre esses dois dedos (Equação 5-2). Esse gesto foi então mapeado no campo de visão da câmera (*field of view* ou *fov*, em inglês). Essas duas grandezas são inversamente proporcionais, já que quanto maior a diferença entre a distância dos toques atuais e anteriores, menor o *fov* da câmera e quanto menor for essa distância, maior o *fov* da câmera (Equação 5-3).

$$dist = \sqrt{(x_1^2 - x_2^2) + (y_1^2 - y_2^2)} \quad (5-2)$$

$$Fov_{new} = Fov_{old} + (previousDist - dist) * Fov_{old} \quad (5-3)$$

Foi notado também que determinadas situações não requeriam um nível maior de precisão, como no caso da seleção de portas e válvulas automáticas, não justificando a utilização da técnica de câmera virtual. Por isso, foi disponibilizada também uma forma de seleção simples por meio de *Raycasting*, que pode ser escolhida através de um botão da interface (Figura 5.1 - item *d*). Ao ser interceptado pelo raio, o objeto selecionável é então marcado e através de um toque extra no *trackpad* o usuário então seleciona este objeto. Após a confirmação da seleção ele pode ser então manipulado, se for o caso, com os gestos mapeados na técnica anterior.

5.2

Envio de Imagens

Para envio das imagens renderizadas no Unity, a câmera virtual representada renderiza a cena e a salva em uma textura, que contém os *pixels* dessa imagem. Para aumentar o desempenho do envio da imagem e diminuir a banda necessária no envio das imagens foi utilizada a compressão JPEG para comprimir as texturas salvas pela câmera. Este formato foi escolhido pelo seu alto grau de compressão, que possibilita diminuir o tamanho do arquivo final preservando os detalhes importantes da imagem renderizada, além de ajustar o nível de compressão, o que afeta na qualidade final da imagem.

Outro aspecto importante a ser comentado no envio das imagens é que estas só são renderizadas e enviadas pela câmera virtual quando há alguma modificação no ambiente virtual, como por exemplo ao confirmar a seleção de um objeto. Isto se justifica pela grande quantidade de quadros gerados e um alto poder de processamento necessários para a compressão e envio das imagens

pela rede, sendo necessários procedimentos mais complexos de compressão e envio das imagens [50] [28]. Mais detalhes sobre a relação entre os eventos de seleção e manipulação com o envio das imagens renderizadas são mostrados no diagrama de estados da Figura 5.7.

5.3

Entrada Simbólica

Uma vez selecionado o objeto, o usuário também pode inserir anotações associadas a ele. Esse procedimento é feito utilizando a seta na parte inferior central, como visto na Figura 5.1. Feito isto, uma janela aparece na interface do *tablet* (Figura 5.8) e assim o usuário pode digitar a informação que deseja e apertar o botão “*Send*”. Então um objeto 3D contendo o texto digitado será posicionado no centro do objeto marcado (Figura 5.9). Na Figura 5.10 um esquema do processo de entrada simbólica e manipulação de uma válvula.

5.4

Teste de desacoplamento da aplicação

O SimUEP é um framework que tem muitas aplicações diferentes associadas a ele. Por isso, a ferramenta desenvolvida foi brevemente adaptada para outra aplicação, o SimUEP-Solar. O objetivo principal de tal uso foi validar o desacoplamento entre a aplicação *mobile* e a aplicação gráfica.

SimUEP-Solar é um visualizador em primeira pessoa de resultados de simuladores de plantas fotovoltaicas. O usuário pode: andar e voar; medir alguns resultados, como por exemplo, tensões e amperagens em fios e equipamentos elétricos, analisar o comportamento das sombras sobre as células solares e também utilizá-lo para treinar operações em uma planta. Os resultados do uso da ferramenta em SimUEP-Solar são mostrados na Figura 5.11.

No próximo capítulo será mostrado o processo de avaliação utilizado na ferramenta proposta. No capítulo 7 serão avaliados os resultados obtidos na seção de avaliação.

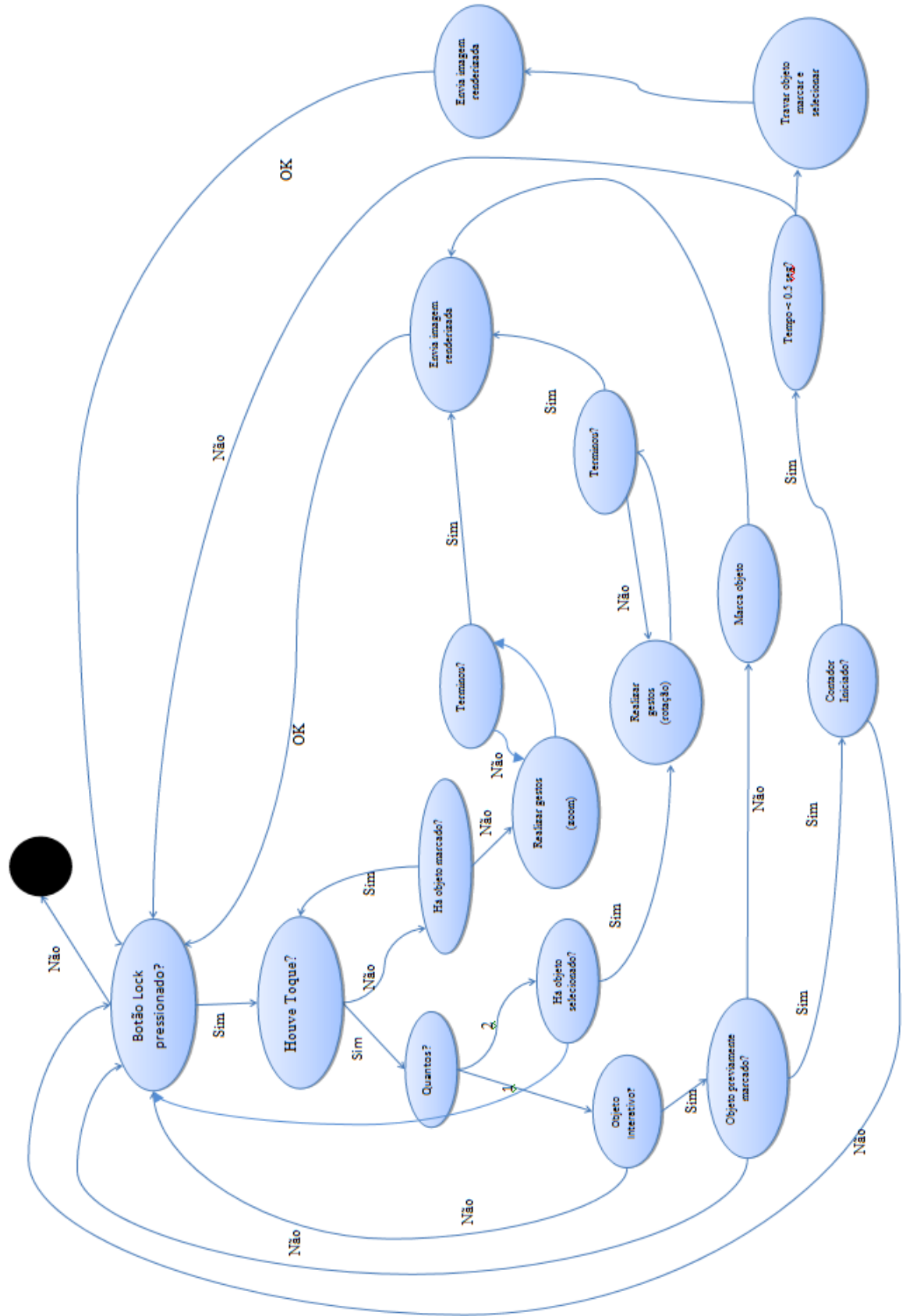


Figura 5.7: Máquina de Estados de Eventos de Seleção.

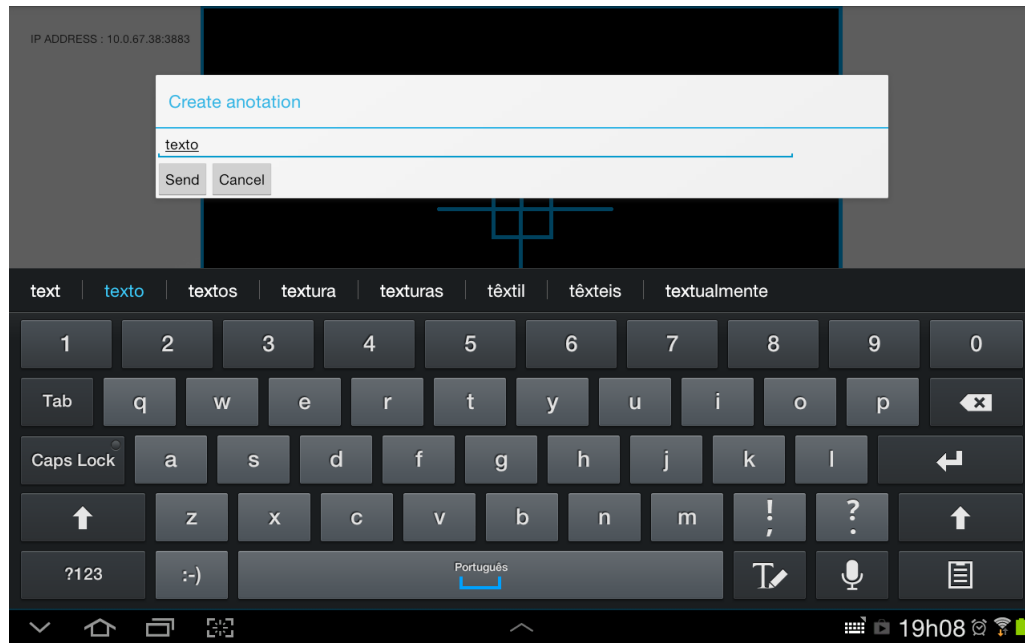


Figura 5.8: Entrada simbólica: criação de anotação.

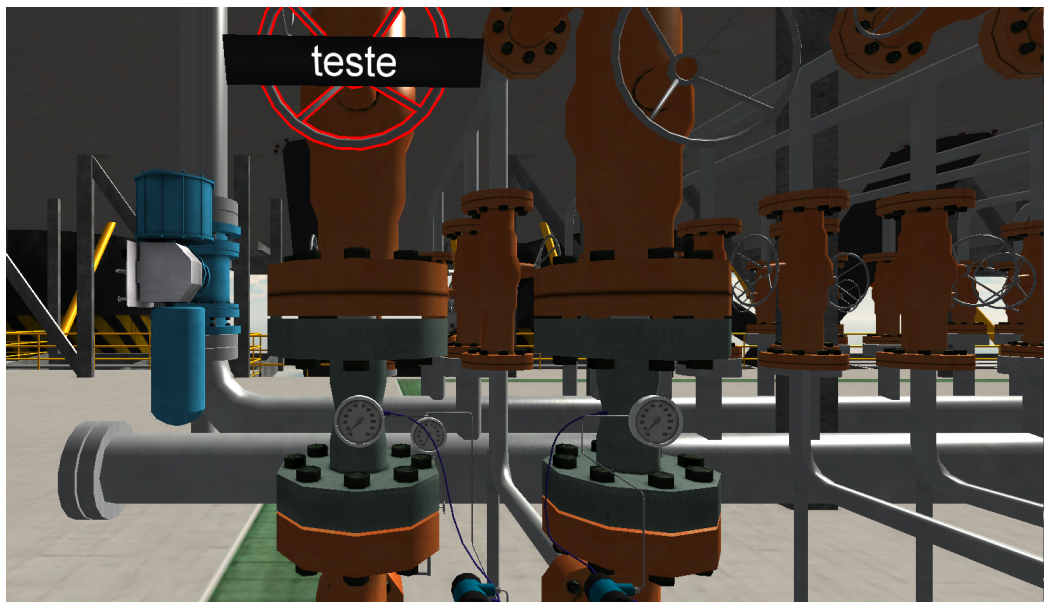


Figura 5.9: Inserção de anotações ou *tags* em válvulas.

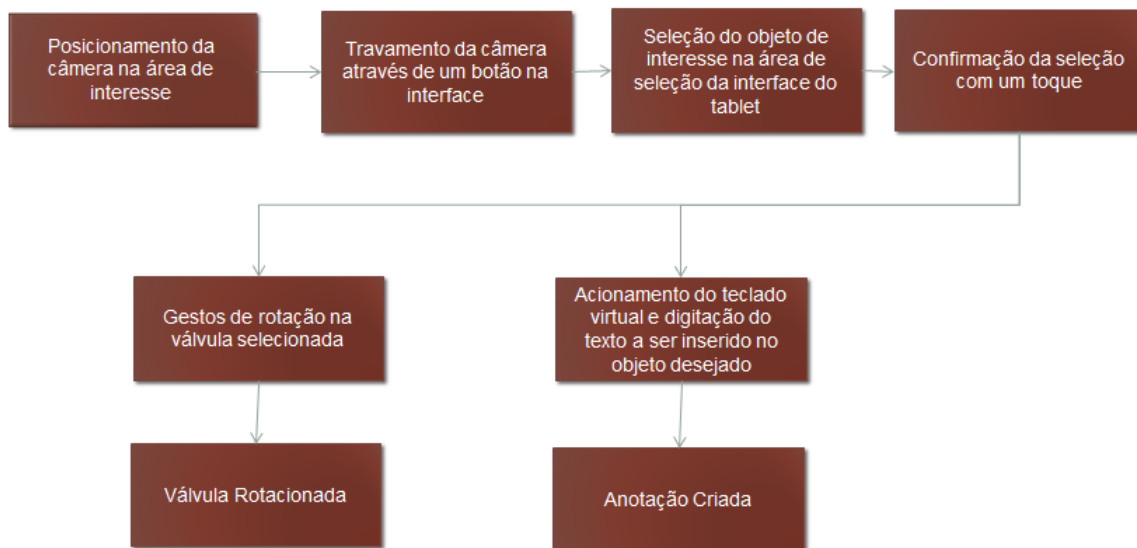


Figura 5.10: Passos para manipulação de um objeto e/ou criação de anotação.



Figura 5.11: Teste de desacoplamento da ferramenta móvel com a aplicação: utilização com outra aplicação, o SimUEP-Solar.

6 Avaliação

Foi conduzido um estudo com os usuários a partir dos testes feitos para investigar sua percepção da técnica de interação proposta para a ferramenta desenvolvida. Para isso, os usuários realizaram a sequência de tarefas em cenários específicos. Outra preocupação neste estudo foi identificar suas dificuldades, curva de aprendizado e sugestões para melhoramento da ferramenta.

A avaliação da interação com o dispositivo foi organizada em duas etapas: Preparação da Avaliação com Usuários e Análise dos Resultados, descritas a seguir.

6.1 Preparação da Avaliação

As atividades de preparação da avaliação foram as seguintes:

- Escolha da aplicação gráfica.
- Definição do ambiente de testes.
- Definição do perfil dos usuários.
- Preparação do material para avaliação com usuários.
- Realização do teste piloto.

Essas etapas serão descritas a seguir.

6.1.1 Escolha da aplicação gráfica utilizada

Para avaliar a ferramenta foi utilizada a aplicação SimUEP-AmbSim (Figura 5.3), um simulador de treinamento em plataformas de óleo e gás como mostrado na seção anterior. Esta aplicação foi escolhida pela complexidade da aplicação e pela possibilidade de utilizar todas as técnicas propostas no trabalho.

Por causa da extensão do cenário, foram colocados *waypoints* no formato de setas posicionadas no chão da plataforma para indicar ao usuário o caminho para o próximo objetivo. Além disso, foi utilizado o espaço de *feedback* textual do *tablet* para indicar ao usuário o seu próximo objetivo.

Pela complexidade da aplicação e para diminuir o tempo necessário dos testes com os usuários foram implementados procedimentos específicos. Além disso, os procedimentos específicos foram modelados de forma a testar as técnicas de forma conjunta e em separado. Outra preocupação na concepção destes procedimentos foi utilizar os objetos do cenário de maneira a simular uma situação mais realista possível. Para isso, foram desenvolvidas duas tarefas complementares, cada uma testando técnicas específicas. As tarefas propostas são descritas a seguir.

Tarefa 1: Interação com válvulas

A primeira tarefa pretendia testar as técnicas de navegação, seleção e manipulação. Nesta tarefa o usuário inicia na sala de controle e precisa interagir com objetos como portas e pegar um capacete para chegar até o local onde se localizam as válvulas, onde teria que selecionar e manipular a válvula indicada para assim avançar para a segunda tarefa.

As instruções dadas ao usuário para este cenário foram:

Nesta tarefa você inicia na sala de controle da plataforma e necessita navegar até um determinado local para interagir com uma válvula. Para isso você necessita seguir os seguintes passos:

- *Seguir os waypoints até o capacete.*
- *Selecionar o capacete.*
- *Seguir os waypoints até o local onde estão as válvulas.*
- *Neste cenário você necessita subir uma escada vertical. Para isso é necessário se posicionar em frente à escada e pressionar o direcional de translação direito para frente.*
- *Selecionar a válvula indicada com uma seta.*
- *Rotacionar a válvula no sentido horário.*

Tarefa 2: Inspeção do Heliponto

Esta segunda tarefa foi baseada em um procedimento real de reparos em plataformas de petróleo, onde um usuário inspeciona objetos para verificar se alguns deles possui algum defeito. Este procedimento foi modificado para possibilitar o teste das tarefas de seleção, navegação, entrada simbólica e controle de sistema.

As instruções dadas ao usuário para este cenário foram:

Esta tarefa consiste na inspeção por problemas na área do heliponto da plataforma, nesta tarefa você necessita verificar se alguma luz está queimada

e verificar se há algum extintor em falta. Para realizá-la é necessário seguir os seguintes passos:

- Seguir os waypoints que indicam o caminho para o heliponto.
- Ativar o botão indicado, que servirá para acender as luzes do heliponto (Figura 6.1).
- Com as luzes ligadas, identificar a luz com defeito e selecioná-la.
- Após a seleção da luz, criar uma tag indicando um defeito.
- Após isso, é necessário identificar a caixa de incêndio sem o extintor (Figura 6.2). Após achá-la é preciso selecioná-la e criar uma tag indicando o defeito.

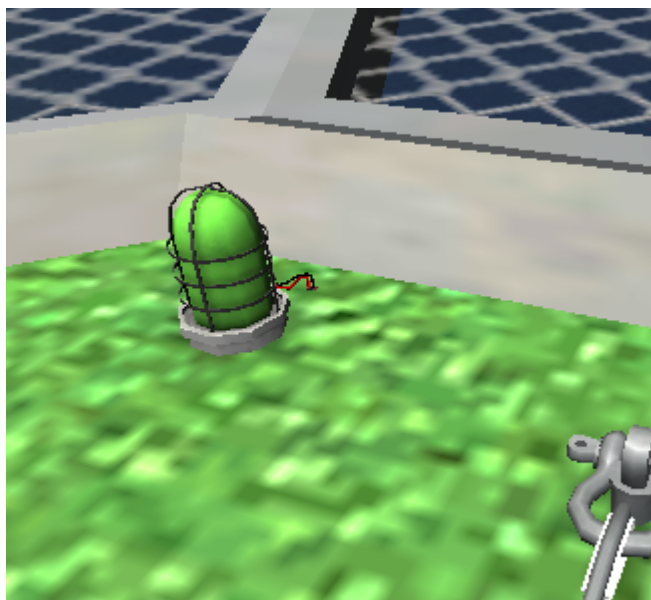


Figura 6.1: Luzes do heliponto.

6.1.2 Definição do Ambiente de Testes

Pela complexidade do dispositivo e das técnicas propostas os testes foram realizados em um sistema de visualização complexo do tipo CAVE (Figura 6.3). A CAVE utilizada nos testes foi a do Tecgraf/PUC-Rio. A CAVE utilizada possui quatro projetores com rastreadores óticos que rodeiam o usuário e provêm um alto grau de imersão. Para melhorar a precisão foi utilizado *headtracking*, através de um marcador extra posicionado em um óculos 3D que é utilizado para modificar a visão do usuário na CAVE de forma a “casar” a

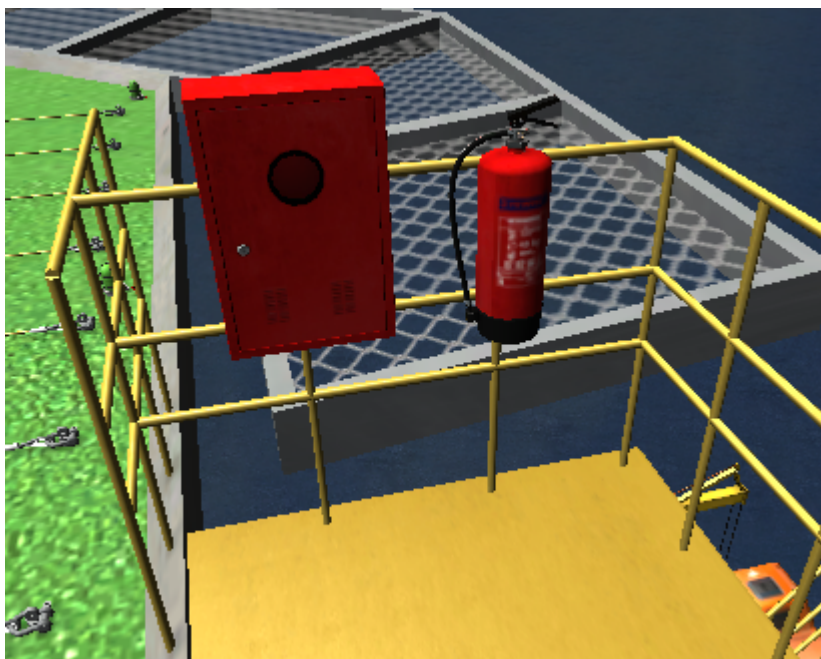


Figura 6.2: Caixa de incêndio com extintor.

visão do usuário com a técnica de seleção proposta. A execução das tarefas foi filmada e utilizada para ajudar na análise dos testes.

A configuração do ambiente da CAVE utilizado foi:

- Um computador com a seguinte configuração: CPU Intel Core i7 965 @) 3.20 GHz; RAM 12 GB; Sistema Operacional Windows 7 x64;
- Uma estação de trabalho gráfica NVIDIA Quadro Plex 2200;
- Quatro telas grandes de projeção;
- Quatro projetores;
- Quatro sensores de rastreamento;
- Computador responsável por gerenciar os sensores de rastreamento;
- *Tablet* Samsung Galaxy Tab 2 para realizar a interação com a aplicação;
- Uma câmera para gravar a interação dos usuários na CAVE durante a execução do teste.



Figura 6.3: CAVE Tecgraf/PUC-Rio.

6.1.3

Definição do Perfil dos Usuários

Para a realização dos testes foram recrutados usuários que preferencialmente possuíam familiaridade com computadores e mais especificamente com aplicações tridimensionais como jogos e modeladores 3D e que já possuíam alguma experiência com sistemas complexos e dispositivos de interação 3D.

Foram selecionados onze participantes, com idades entre 22 e 51 anos. A maioria destes usuários possuía experiência com dispositivos de interação 3D. Apenas um desses usuários não tinha experiência com tais dispositivos. Porém, ele já possuía experiência na utilização de *softwares* de visualização tridimensional e jogos. Todos os usuários possuíam graduação na área de computação e 90% deles tinham pós-graduação na área.

6.1.4

Preparação do Material para Avaliação com Usuários

Foram preparados os seguintes itens, mostrados no Apêndice A:

- Documento de Descrição da Ferramenta (Apêndice A.1)
- Descrição das Tarefas 1 e 2 (Apêndice A.2)
- Termo de Consentimento do Participante (Apêndice A.3)
- Questionário Pré-Uso (Apêndice A.4)
- Questionário Pós-Uso (Apêndice A.5)

- Roteiro da Entrevista Pós-Uso (Apêndice A.6)

6.1.5

Realização do Teste Piloto

Foram planejados dois testes piloto para validar o material produzido e os procedimentos das sessões de observação, visando identificar algum problema não antecipado. Os dados coletados com estes participantes não são considerados nos resultados.

Neste procedimento foram identificados alguns problemas e possíveis correções. Estes testes foram realizados por usuários avançados, com bastante experiência na área de interação 3D. Foi nesta etapa que decidiu-se por utilizar um ponto de rastreamento extra no óculos 3D. Isso ocorreu pois um dos usuários piloto relatou que a interação não estava coerente o suficiente e sugeriu esta melhoria.

6.2

Execução da Avaliação com Usuários

O teste foi dividido em sete estágios:

- Introdução ao estudo e aplicação do questionário pré-teste;
- Leitura e explicação sobre a aplicação e a forma de utilização do dispositivo;
- Treinamento com o dispositivo;
- Leitura do documento de descrição dos testes
- Execução do teste;
- Aplicação do questionário pós-teste;
- Entrevista semi-estruturada.

Antes da realização dos testes os usuários preencheram um termo de consentimento que, entre outros, explica o propósito dos testes e garante a confidencialidade dos dados coletados, além de preservar o anonimato dos participantes. Depois disso, os usuários completaram um questionário pré-teste, utilizado para levantar o perfil dos participantes em relação à sua experiência com dispositivos de interação além de dados essenciais, como gênero, idade e grau de escolaridade.

Logo após, foi mostrada uma breve descrição da aplicação e do dispositivo. Esta descrição estava disponível em versão impressa, onde os usuários tinham acesso à descrição da ferramenta e podiam tirar dúvidas após a leitura deste documento. Após isso, o condutor do teste mostrava ao usuário com mais

detalhes no ambiente de treinamento como eram realizados os procedimentos no ambiente virtual e logo após o usuário realizava o treinamento no ambiente de treinamento para se familiarizar com a ferramenta e com o ambiente de testes. Nesta etapa o usuário se movimentava livremente na plataforma e podia treinar as diferentes técnicas propostas, sem limite de tempo.

Após o procedimento de treinamento, era entregue aos usuários um documento que explicava os objetivos de cada um dos testes. Porém, estas instruções também eram mostradas na área de *feedback* textual do *tablet* (Figure 5.1 - item *h*), que informava o próximo objetivo a ser cumprido. Após a explicação de cada teste os usuários eram conduzidos para o ambiente de testes, que foi filmado de forma a coletar a experiência do usuário, nível de interação e ergonomia do usuário com o dispositivo. O vídeo foi utilizado para coletar esses dados, que serão analisados quantitativamente e qualitativamente no próximo capítulo.

Após o procedimento de teste, os usuários completavam um questionário de pós-uso para cada tarefa. Este questionário foi mais uma das ferramentas utilizadas para avaliar a experiência do usuário na utilização da ferramenta. Alguns aspectos levantados no questionário são: familiaridade com o dispositivo utilizado, facilidade de uso e eficiência das técnicas utilizadas para completar as tarefas especificadas, além da comparação com outros dispositivos utilizados. Este questionário consistia nas seguintes afirmações:

- S1: Estou satisfeito com o tempo que gastei na primeira tarefa
- S2: Foi fácil selecionar objetos na primeira tarefa
- S3: Estou satisfeito com o tempo que gastei na segunda tarefa
- S4: Foi fácil selecionar objetos na segunda tarefa
- S5: Foi fácil inserir anotações em objetos na segunda tarefa
- S6: Eu aprendi a utilizar a interface do tablet rapidamente
- S7: Foi fácil navegar no ambiente usando o tablet
- S8: Foi fácil manipular objetos usando o tablet
- S9: Me senti confortável utilizando o tablet
- S10: Esta ferramenta possui todos os requisitos necessários na interação em ambientes virtuais

- S11: Estou satisfeito com o uso do tablet na interação com ambientes virtuais

Abaixo dessas afirmações havia uma escala de Likert de 1 a 5, onde 1 significava que o usuário discordava completamente com a afirmação e 5 que ele concordava completamente com a afirmação.

Além dos questionários, foi conduzida uma entrevista semi-estruturada para capturar as percepções dos participantes sobre as tarefas realizadas, além de esclarecer suas respostas nos questionários pós-teste e dar espaço para os participantes para que eles pudessem dar sugestões de melhoria para a ferramenta.

7

Análise dos Resultados

Neste capítulo, serão apresentadas as principais observações feitas durante a fase de testes, assim como as dificuldades e sugestões dos usuários sobre o uso das técnicas propostas e do dispositivo utilizado.

Um ponto importante dos usuários é que, além dos usuários que participaram, como mostrado no capítulo anterior, um participante iniciou as tarefas porém não as completou. Isto ocorreu porque ele se sentiu mal usando o dispositivo na CAVE e interrompeu a tarefa. Por isso, os dados capturados neste teste não foram utilizados na análise dos resultados.

Na Figura 7.1 pode ser vista a média das respostas das perguntas S1 a S11 do questionário.

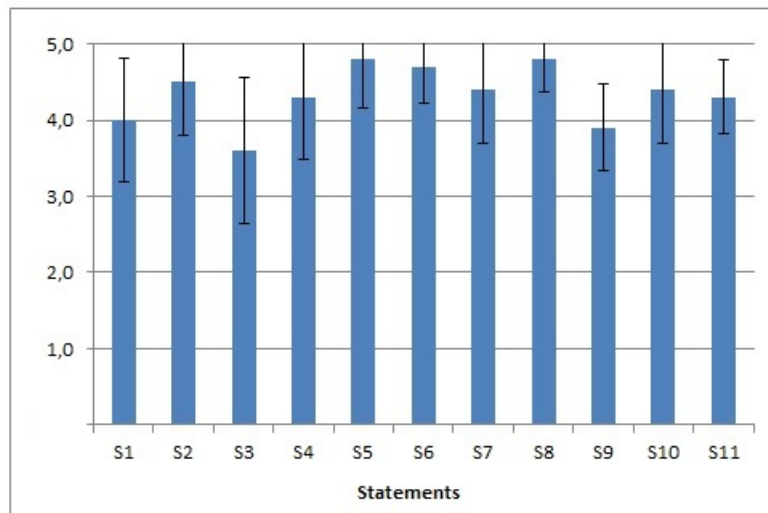


Figura 7.1: Média das respostas dos usuários.

Em geral, os usuários gostaram do *tablet* como dispositivo de interação 3D. Sobre a interface, alguns usuários enfatizaram que acharam-na simples, sem informações desnecessárias, o que facilitou a interação em ambientes imersivos. Sobre a utilização do dispositivo, os usuários concordam que foi fácil manipular objetos usando o *tablet*. Um ponto negativo levantado por alguns usuários foi o peso do *tablet*, que pode causar algum desconforto após um certo período de tempo utilizando-o em ambientes imersivos, sem apoio para ele.

Embora não tenha sido feita uma comparação direta com outros dispositivos de interação 3D, como se tratavam na sua maioria de usuários experientes, esta questão foi considerada na avaliação. Inclusive, um dos usuários comentou enfaticamente na entrevista que considerou a manipulação com o *Tablet* mais fácil que com o *Flystick*.

Embora o tempo de treinamento utilizado fosse limitado, pela análise dos vídeos percebeu-se que os usuários aprenderam facilmente a utilizar a interface do *tablet*, levando uma média de nove minutos e meio para completar as tarefas especificadas, como pode ser visto na figura 7.2.

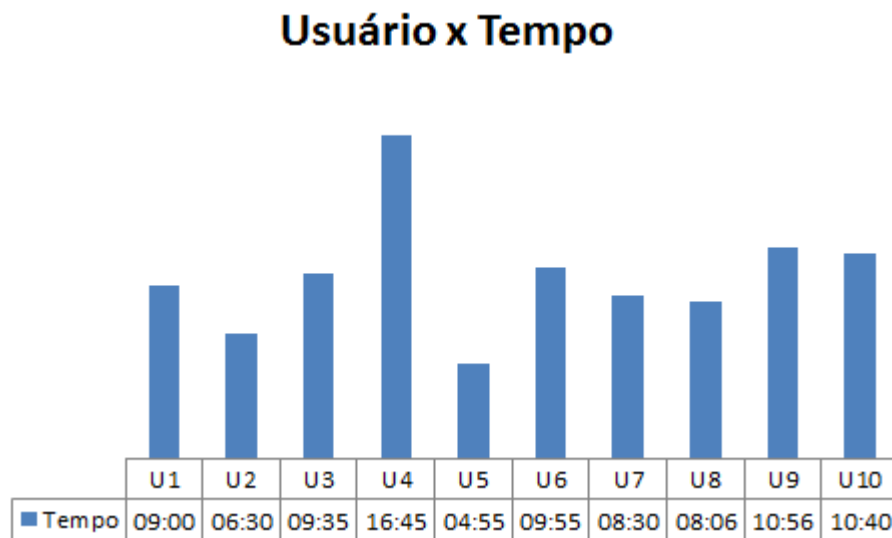


Figura 7.2: Tempos dos usuários para a realização das tarefas.

Outro ponto mencionado foi a impossibilidade do usuário de ligar/desligar o desenho do *frustum* da câmera, o que fazia com que (por causa de alguns fatores como iluminação) com que alguns dos objetos fossem ocluídos e até mesmo dificultando a navegação.

Outra questão importante elencada pelos usuários foi a questão da transição do ambiente 3D da CAVE para um ambiente 2D, no caso a interface do *tablet*. Sobre isso, um dos usuários considerou que isto atrapalhou um pouco a sua imersão com o ambiente virtual. Porém, como todos os outros usuários, ele achou que o uso do dispositivo tornou a seleção de objetos bem mais fácil.

Alguns eventos ocorridos no teste são descritos na Tabela 7.1 e detalhados nas seções seguintes.

Tabela 7.1: Eventos ocorridos durante a interação dos usuários.

Evento	Frequência
Problemas no <i>Feedback</i> Textual	5
Problemas Devidos à Falta de <i>Feedback</i> Tátil dos Direcionais	5
Confusão na Rotação/Translação	4
Confusão na Direção de Navegação e Seleção	3
Oclusão causada pelo frustum	3
Problema na Seleção de Objetos Próximos	1

7.1

Confusão na Rotação/Translação

Esse problema decorreu da confusão entre os direcionais de translação e rotação. Porém, mesmo que tenha acontecido com certa frequência os usuários que se confundiram nos direcionais rapidamente se adaptaram aos controles.

7.2

Confusão na Direção de Navegação e Seleção

Esse problema ocorreu pela diferença da direção entre a navegação e seleção. A navegação era definida pelos direcionais de rotação e a direção de seleção era definida pelo *frustum*. Essa diferença de coordenadas causou certa confusão nos usuários.

7.3

Seleção de Objetos Próximos

Um dos problemas ocorridos durante o teste foi a seleção de objetos próximos como era o caso das portas. Isso ocorria porque quando o usuário posicionava o frustum em frente à porta, a imagem que vinha para o *tablet* não dava pra identificar que objeto que era, e por isso causava uma certa confusão. Porém, depois de selecionar o primeiro objeto, o usuário se acostumava com isso e não tinha mais problemas quanto a isso.

7.4

Problemas Devidos à Falta de *Feedback* Tátil dos Direcionais

Entre as maiores dificuldades encontradas com o uso do *tablet*, pode ser enfatizada a falta de *feedback* tátil no uso do direcional. Esta falta de retorno tátil fez com que alguns usuários tivessem que olhar para o direcional na hora de navegar/rotacionar a câmera.

7.5

Oclusão de objetos pelo Frustum

Isso ocorreu principalmente por causa da iluminação no heliponto. Por causa da iluminação, o frustum adquiria um aspecto opaco, o que dificultava o usuário selecionar objetos. Porém, isso ocorria somente em alguns pontos do heliponto, o que não comprometeu a tarefa em si.

7.6

Problemas no Feedback Textual

Esse foi um dos principais problemas encontrados nos testes relacionados à aplicação. Isso acontecia quando o usuário completava um objetivo. No caso, o usuário completava o objetivo mas não prestava atenção que a mensagem tinha se modificado e, por isso, continuava a realizar a tarefa, como por exemplo, ao inserir uma *tag* em um objeto.

8

Conclusão e Trabalhos Futuros

Neste trabalho foi proposta e implementada uma ferramenta de interação 3D utilizando *tablets*. A principal característica proposta foi a de explorar as funcionalidades do *tablet* para todas as tarefas de interação 3D (navegação, seleção, manipulação, entrada simbólica e controle de sistema) em ambientes imersivos. Além disso, foi proposta uma técnica de seleção baseada na metáfora *Eyeball in hand* para facilitar a seleção de objetos em um ambiente tridimensional. Outra característica importante da ferramenta desenvolvida é o seu desacoplamento, podendo assim ser usada com qualquer aplicação gráfica.

Para demonstrar o uso da ferramenta foram usadas duas aplicações de engenharia: o SimUEP-AmbSIM e o SimUEP-Solar, o primeiro é uma ferramenta de treinamento para plataformas de petróleo e o segundo, um visualizador em primeira pessoa de resultados de simuladores de plantas fotovoltaicas. Foram feitos testes de usuário utilizando o SimUEP-AmbSim para avaliar o comportamento do *tablet* em uma aplicação real de engenharia. Este estudo reuniu em sua maioria usuários experientes, que relataram sua experiência com a ferramenta.

Como resultado desse trabalho pode-se ver que a utilização de dispositivos móveis se mostrou uma opção com grande potencial para a utilização em ambientes virtuais de engenharia. Pode-se enfatizar que a ferramenta proposta cumpriu o papel de agregar os principais elementos de interação tridimensional em um único dispositivo, tornando-a uma ferramenta considerada completa para ambientes virtuais.

O uso de simuladores de realidade virtual de plataformas de petróleo se mostra uma forma eficiente de diminuir custos no treinamento de pessoal. Porém, mesmo com a possibilidade de utilização de ambientes de multivisualização do tipo *CAVE* juntamente com dispositivos não-convencionais como o *flystick*, ainda há uma certa resistência pela utilização de tais recursos. Por isso, a familiaridade encontrada pelos usuários com os dispositivos móveis pode diminuir a resistência destes com ambientes imersivos de realidade virtual.

8.1 Trabalhos Futuros

8.1.1 Realizar mais testes com usuários

Pretendem-se realizar mais testes com usuários para testar com mais detalhes alguns tópicos específicos do dispositivo desenvolvido como a precisão da técnica de seleção e comparações com outras técnicas como o *Raycasting* e a técnica proposta por Debarba et al. [15].

8.1.2 Testar com Tablets Menores

Como mencionado, um dos problemas relatados pelos usuários foi o peso do *tablet*. Um trabalho futuro é fazer a adaptação da interface e da aplicação em si para *tablets* menores e mais leves para diminuir esse problema.

8.1.3 Testar com mais aplicações

Estão propostas também integrações com mais aplicações, sobretudo na área de engenharia, para testar o desacoplamento da ferramenta desenvolvida e aplicações gráficas.

8.1.4 Corrigir Navegação

Um dos problemas frequentes relatados pelos usuários foi o problema da confusão entre a posição que o tablet estava apontando e a posição de navegação. Isso ocorreu pelo fato que a seleção e a navegação são coisas separadas, a navegação é sempre guiada pela tela da frente, porém a seleção pode ocorrer livremente. Então um trabalho futuro seria adaptar a aplicação desenvolvida para utilizar apenas um sistema de coordenadas para a seleção e para a navegação.

Outro problema que ocorreu na navegação dos usuários foi a de confusão nos direcionais de rotação e translação no ambiente. Isso ocorreu pela semelhança dos direcionais, por isso um próximo passo é o desenho de direcionais diferentes entre si para uma melhor compreensão do usuário.

8.1.5 Melhorar feedback textual na ferramenta

Como visto no capítulo anterior, um problema recorrente no teste com usuários foi a falta de atenção dos usuários com as mensagens mostradas na área de *feedback* textual do *tablet*. Uma forma sugerida de resolver este problema é o de utilizar diferentes cores para o texto quando o usuário completar algum objetivo nesta área de *feedback*, utilização de alarmes sonoros ou alguma indicação de tarefa na própria tela do ambiente virtual.

9

Referências Bibliográficas

- [1] Felipe Bacim, Regis Kopper, and Doug A. Bowman. Design and evaluation of 3d selection techniques based on progressive refinement. *International Journal of Human-Computer Studies*, 71(78):785 – 802, 2013. (document), 2.1, 2.6
- [2] Robert Ball, Chris North, and Doug A. Bowman. Move to improve: promoting physical navigation to increase user performance with large displays. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '07, pages 191–200, New York, NY, USA, 2007. ACM. 2.2
- [3] Amal Benzina, Marcus Toennis, Gudrun Klinker, and Mohamed Ashry. Phone-based motion control in vr: analysis of degrees of freedom. In *Proceedings of the 2011 annual conference extended abstracts on Human factors in computing systems*, CHI Extended Abstracts (CHI EA) '11, pages 1519–1524, New York, NY, USA, 2011. ACM. 3
- [4] Sebastian Boring, Dominikus Baur, Andreas Butz, Sean Gustafson, and Patrick Baudisch. Touch projector: mobile interaction through video. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '10, pages 2287–2296, New York, NY, USA, 2010. ACM. 3
- [5] Doug Bowman, Chadwick Wingrave, Joshua Campbell, and Vinh Ly. Using pinch gloves (tm) for both natural and abstract interaction techniques in virtual environments. 2001. 2.4
- [6] Doug A Bowman, Elizabeth T Davis, Larry F Hodges, and Albert N Badre. Maintaining spatial orientation during travel in an immersive virtual environment. *Presence*, 8(6):618–631, 1999. 2.2
- [7] Doug A. Bowman and Larry F. Hodges. An evaluation of techniques for grabbing and manipulating remote objects in immersive virtual environments. In *Proceedings of the 1997 symposium on Interactive 3D graphics*, I3D '97, pages 35–ff., New York, NY, USA, 1997. ACM. 2.1

- [8] Doug A. Bowman, Ernst Kruijff, Joseph J. LaViola, and Ivan Poupyrev. *3D User Interfaces: Theory and Practice*. Addison Wesley Longman Publishing Co., Inc., Redwood City, CA, USA, 2004. 1.1, 1.2, 2, 2.1, 2.2, 3
- [9] Doug A Bowman, Christopher J Rhoton, and Marcio S Pinho. Text input techniques for immersive virtual environments: An empirical comparison. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, volume 46, pages 2154–2158. SAGE Publications, 2002. 2.3, 2.4
- [10] Doug A Bowman, Christopher J Rhoton, and Marcio S Pinho. Text input techniques for immersive virtual environments: An empirical comparison. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, volume 46, pages 2154–2158. SAGE Publications, 2002. (document), 2.3, 2.9, 2.10
- [11] G. Cirio, P. Vangorp, E. Chapoulie, M. Marchal, A. Lecuyer, and G. Dretakis. Walking in a cube: Novel metaphors for safely navigating large virtual environments in restricted real workspaces. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 18(4):546–554, 2012. 2.2
- [12] Ryan Henson Creighton. *Unity 3D Game Development by Example Beginner's Guide*. Packt Publishing, 2010. 5
- [13] Carolina Cruz-Neira, Daniel J. Sandin, Thomas A. DeFanti, Robert V. Kenyon, and John C. Hart. The cave: audio visual experience automatic virtual environment. *Commun. ACM*, 35(6):64–72, June 1992. 1, 5
- [14] Peter Dam, Priscilla Braz, and Alberto Raposo. A study of navigation and selection techniques in virtual environments using microsoft kinect®. In Randall Shumaker, editor, *Virtual Augmented and Mixed Reality. Designing and Developing Augmented and Virtual Environments*, volume 8021 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 139–148. Springer Berlin Heidelberg, 2013. 2.2
- [15] H. Debarba, L. Nedel, and A. Maciel. Lop-cursor: Fast and precise interaction with tiled displays using one hand and levels of precision. In *3D User Interfaces (3DUI), 2012 IEEE Symposium on*, pages 125 –132, march 2012. (document), 3, 3.3, 8.1.1
- [16] C. Dias, O. Fernandes, A. Cunha, and L. Morgado. Planning of a usability test for 3d controllers in second life / opensimulator virtual worlds. In

- Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, 2011 IEEE 1st International Conference on, pages 1–4, 2011. 1
- [17] H.C. Fang, S.K. Ong, and A.Y.C. Nee. Interactive robot trajectory planning and simulation using augmented reality. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 28(2):227 – 237, 2012. 2.2
- [18] Andrew Forsberg, Kenneth Herndon, and Robert Zeleznik. Aperture based selection for immersive virtual environments. In *UIST '96: Proceedings of the 9th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 95–96, New York, NY, USA, 1996. ACM. 2.1, 4.1
- [19] P. Gallotti, A. Raposo, and L. Soares. v-glove: A 3d virtual touch interface. In *Virtual Reality (SVR), 2011 XIII Symposium on*, pages 242–251, 2011. 2.1
- [20] Dominique Gerber and Dominique Bechmann. The spin menu: a menu system for virtual environments. In *Proceedings of the 2005 IEEE Conference 2005 on Virtual Reality*, pages 271–272. IEEE Computer Society, 2005. 2.3
- [21] Gesture markup language — <http://gestureworks.com/pages/core-features-gestures>, 2013. (document), 4.3
- [22] Tobias Höllerer, Steven Feiner, Tachio Terauchi, Gus Rashid, and Drexel Hallaway. Exploring mars: developing indoor and outdoor user interfaces to a mobile augmented reality system. *Computers & Graphics*, 23(6):779–785, 1999. 2.2
- [23] Nicholas Katzakis, Masashiro Hori, Kiyoshi Kiyokawa, and Haruo Take-mura. Smartphone game controller. In *Proceedings of the 74th HIS SigVR Workshop*, Tokyo, Japan, 2011. 3, 4.2
- [24] J. Kim, D. Gracanin, and F. Quek. Sensor-fusion walking-in-place interaction technique using mobile devices. In *Virtual Reality Short Papers and Posters (VRW), 2012 IEEE*, pages 39–42, 2012. (document), 3, 3.2
- [25] R. Kopper, F. Bacim, and D.A. Bowman. Rapid and accurate 3d selection by progressive refinement. In *3D User Interfaces (3DUI), 2011 IEEE Symposium on*, pages 67–74, 2011. (document), 2.1, 2.5
- [26] Tomáš Krajník, Vojtěch Vonásek, Daniel Fišer, and Jan Faigl. Ar-drone as a platform for robotic research and education. In *Research and Education in Robotics-EUROBOT 2011*, pages 172–186. Springer, 2011. 3, 4.2

- [27] Falko Kuester, Michelle Chen, Mark E Phair, and Carsten Mehring. Towards keyboard independent touch typing in vr. In *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology*, pages 86–95. ACM, 2005. (document), 2.4, 2.11, 2.12
- [28] Fabrizio Lamberti and Andrea Sanna. A streaming-based solution for remote visualization of 3d graphics on mobile devices. *Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on*, 13(2):247–260, 2007. 5.2
- [29] Daniel Larimer and Doug A. Bowman. Vewl: A framework for building a windowing interface in a virtual environment. In *in Proc. of IFIP TC13 International Conference on Human Computer Interaction - Interact 2003*, pages 1–5. IOS Press, 2003. 2.3
- [30] Jiandong Liang and Mark Green. Jdcad: A highly interactive 3d modeling system. *Computers and Graphics*, 18(4):499–506, 1994. (document), 2.1, 2.3, 2.3
- [31] David C. McCallum and Pourang Irani. Arc-pad: absolute+relative cursor positioning for large displays with a mobile touchscreen. In *Proceedings of the 22nd annual ACM symposium on User interface software and technology*, UIST '09, pages 153–156, New York, NY, USA, 2009. ACM. 3
- [32] D. P. S. Medeiros, L. Teixeira, and A.B. Raposo. Navigation methods in engineering models using mobile devices. In *Proceedings of the 13th Symposium on Virtual and Augmented Reality 2012*, Niteroi-RJ/Brazil, 2012. 3, 4.2
- [33] Mark Mine et al. Virtual environment interaction techniques. *UNC Chapel Hill computer science technical report TR95-018*, pages 507248–2, 1995. 2.1, 2.2
- [34] Mark R. Mine, Frederick P. Brooks, Jr., and Carlo H. Sequin. Moving objects in space: exploiting proprioception in virtual-environment interaction. In *Proceedings of the 24th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, SIGGRAPH '97, pages 19–26, New York, NY, USA, 1997. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co. 2.3
- [35] Mathieu Nancel, Julie Wagner, Emmanuel Pietriga, Olivier Chapuis, and Wendy Mackay. Mid-air pan-and-zoom on wall-sized displays. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '11, pages 177–186, New York, NY, USA, 2011. ACM. 3

- [36] Antonio Valerio Netto, Liliane dos Santos Machado, and Maria Cristina Ferreira de Oliveira. Realidade virtual: Definições, dispositivos e aplicações. *Tutorial. Revista Eletrônica de Iniciação Científica da SBC, II*, 2, 2002. 1
- [37] H. Noronha, P. Campos, J. Jorge, B. de Araujo, L. Soares, and A. Raposo. Designing a mobile collaborative system for navigating and reviewing oil industry cad models. In *Proceedings of NordiCHI 2012*. ACM, 2012. 3
- [38] J. Pace. The ways we play, part 2: Mobile game changers. *Computer*, 46(4):97–99, 2013. 3
- [39] Jeffrey S. Pierce, Andrew S. Forsberg, Matthew J. Conway, Seung Hong, Robert C. Zeleznik, and Mark R. Mine. Image plane interaction techniques in 3d immersive environments. In *Proceedings of the 1997 symposium on Interactive 3D graphics, I3D '97*, pages 39–ff., New York, NY, USA, 1997. ACM. (document), 2.1, 2.4, 3
- [40] Francisco Pinto, MAMS Tecnologia, Alexandre Buaes, Diego Francio, Alecio Binotto, and Pedro Santos. Bratrack: a low-cost marker-based optical stereo tracking system. *SIGGRAPH 08: ACM SIGGRAPH 2008 posters*, 2008. 4.1
- [41] I. Poupyrev, T. Ichikawa, S. Weghorst, and M. Billinghurst. Egocentric object manipulation in virtual environments: Empirical evaluation of interaction techniques. *Computer Graphics Forum*, 17(3):41–52, 1998. 2.1
- [42] Ivan Poupyrev, Mark Billinghurst, Suzanne Weghorst, and Tadao Ichikawa. The go-go interaction technique: non-linear mapping for direct manipulation in vr. In *Proceedings of the 9th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 79–80. ACM, 1996. (document), 2.1, 2.7
- [43] Srinivasan Radhakrishnan, Yingzi Lin, Ibrahim Zeid, and Sagar Kamarthi. Finger-based multitouch interface for performing 3d {CAD} operations. *International Journal of Human-Computer Studies*, 71(3):261 – 275, 2013. 3
- [44] Gang Ren, Chuan Li, Eamonn O’Neill, and Phil Willis. 3d freehand gestural navigation for interactive public displays. *Computer Graphics and Applications, IEEE*, 33(2):47–55, 2013. (document), 2.2, 2.8

- [45] Rick Rogers, John Lombardo, Zigurd Mednieks, and Blake Meike. *Android Application Development: Programming with the Google SDK*. O'Reilly Media, Inc., 1st edition, 2009. 5
- [46] Hanqing Ruan, Yi Qian, Yong Zhang, and Min Zhou. Touchinteract: An interaction technique with large displays using touchscreen-phone. In *Ubiquitous Intelligence Computing and 7th International Conference on Autonomic Trusted Computing (UIC/ATC), 2010 7th International Conference on*, pages 262–265, 2010. 3
- [47] Jaime Ruiz, Yang Li, and Edward Lank. User-defined motion gestures for mobile interaction. In *Proceedings of the 2011 annual conference on Human factors in computing systems, CHI '11*, pages 197–206, New York, NY, USA, 2011. ACM. 3
- [48] B. Schwerdtfeger, R. Reif, W.A. Gunthner, Gudrun Klinker, D. Hamacher, L. Schega, I. Böckelmann, F. Doil, and J. Tumler. Pick-by-vision: A first stress test. In *Mixed and Augmented Reality, 2009. ISMAR 2009. 8th IEEE International Symposium on*, pages 115–124, 2009. 4.1
- [49] William R Sherman and Alan B Craig. Understanding virtual reality-interface, application, and design. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 12(4):441–442, 2003. 2.1
- [50] Shu Shi. Building low-latency remote rendering systems for interactive 3d graphics rendering on mobile devices. In *Proceedings of the 19th ACM international conference on Multimedia*, pages 859–860. ACM, 2011. 5.2
- [51] Mel Slater, Martin Usoh, and Anthony Steed. Taking steps: the influence of a walking technique on presence in virtual reality. *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, 2(3):201–219, September 1995. 2.2
- [52] Peng Song, Wooi Boon Goh, Chi-Wing Fu, Qiang Meng, and Pheng-Ann Heng. Wysiwyf: exploring and annotating volume data with a tangible handheld device. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '11*, pages 1333–1342, New York, NY, USA, 2011. ACM. 3
- [53] Richard Stoakley, Matthew J. Conway, and Randy Pausch. Virtual reality on a wim: interactive worlds in miniature. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '95*, pages 265–272, New York, NY, USA, 1995. ACM Press/Addison-Wesley Publishing Co. (document), 2.1, 2.1

- [54] Russell M. Taylor, II, Thomas C. Hudson, Adam Seeger, Hans Weber, Jeffrey Juliano, and Aron T. Helser. Vrpn: a device-independent, network-transparent vr peripheral system. In *Proceedings of the ACM symposium on Virtual reality software and technology, VRST '01*, pages 55–61, New York, NY, USA, 2001. ACM. 2.2, 5
- [55] Lucas Teixeira, Daniel Trindade, Manuel Loaiza, Felipe G. de Carvalho, Alberto Raposo, and Ismael Santos. A vr framework for desktop applications. In *Proceedings of the 2012 14th Symposium on Virtual and Augmented Reality, SVR '12*, pages 10–17, Washington, DC, USA, 2012. IEEE Computer Society. 5
- [56] Can Telkenaroglu and Tolga Capin. Dual-finger 3d interaction techniques for mobile devices. *Personal and Ubiquitous Computing*, pages 1–22, 2012. (document), 3, 3.1
- [57] Lode Vanackén, T. Grossman, and Karin Coninx. Exploring the effects of environment density and target visibility on object selection in 3d virtual environments. In *3D User Interfaces, 2007. 3DUI '07. IEEE Symposium on*, pages –, 2007. 2.1, 4.1
- [58] Colin Ware and Danny R. Jessome. Using the bat: A six-dimensional mouse for object placement. *IEEE Comput. Graph. Appl.*, 8(6):65–70, 1988. 2.2, 4.1
- [59] Colin Ware and Steven Osborne. Exploration and virtual camera control in virtual three dimensional environments. In *SI3D '90: Proceedings of the 1990 symposium on Interactive 3D graphics*, pages 175–183, New York, NY, USA, 1990. ACM. 2.2, 4.1
- [60] Robert Zeleznik, Joseph LaViola, Daniel Acevedo, and Daniel Keefe. Pop through buttons for virtual environment navigation and interaction. In *Proceedings of Virtual Reality 2002*, pages 127–134, March 2002. 2.2

A Apêndice

A.1

Documento de descrição da ferramenta

Uma ferramenta de interação para ambientes imersivos utilizando dispositivos móveis

Daniel Pires de Sá Medeiros – Departamento de Informática – PUC/RIO

Mestrado em Informática

O trabalho consiste na utilização de todas as categorias de interação (seleção, manipulação, entrada simbólica, navegação e controle de sistema) em um único dispositivo, nesse caso o tablet.

Para a navegação foram previstos botões direcionais, que são usados para controlar os movimentos de translação e rotação da câmera em modo primeira pessoa. O direcional esquerdo controla a rotação da câmera e o direito, a translação.

Na categoria de técnicas de seleção o usuário utiliza técnicas que possibilita o usuário escolher entre um determinado objeto na cena 3D. A técnica mais comum é o *raycasting*, onde o usuário rastreado controla um raio (segmento de reta orientado) apontando para este objeto de forma que ele seja selecionado. Esta técnica foi implementada no trabalho em conjunto com a técnica de câmera virtual.

Na técnica de câmera virtual é utilizado um tablet rastreado para indicar a posição do usuário em relação à tela.

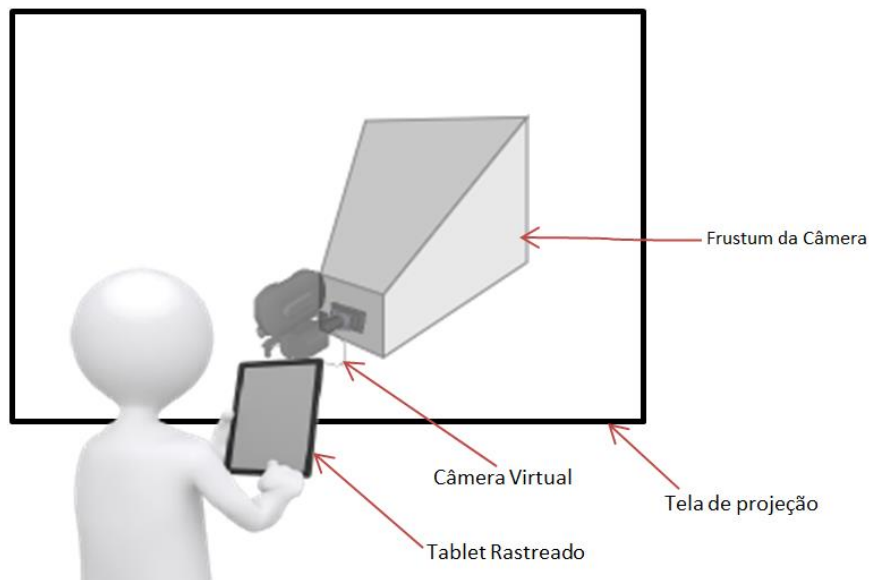


Figura 1 – Esquema da técnica de câmera virtual

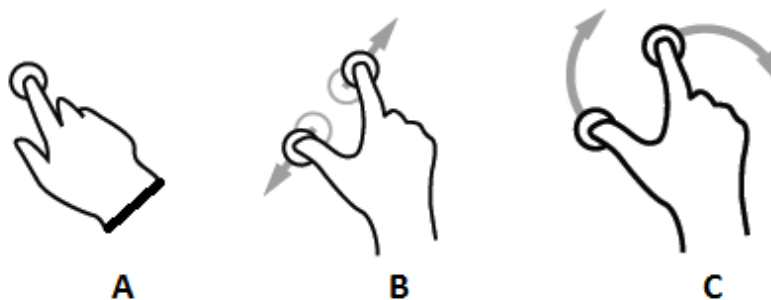




Figura 2 – Gestos utilizados

Essa câmera é representada no ambiente virtual através de uma representação do seu frustum (também chamado de cone de projeção), que é utilizado para definir a área onde o objeto desejado está. Logo em seguida, o usuário pressiona um botão  e então uma imagem renderizada dessa câmera é enviada para a interface do tablet. Nesta interface o usuário pode selecionar o objeto de interesse com um simples toque. Esse toque é mapeado no ambiente virtual no formato de um raio (raycasting) para possibilitar a seleção do objeto. Para voltar para o modo de navegação o usuário pressiona o botão .

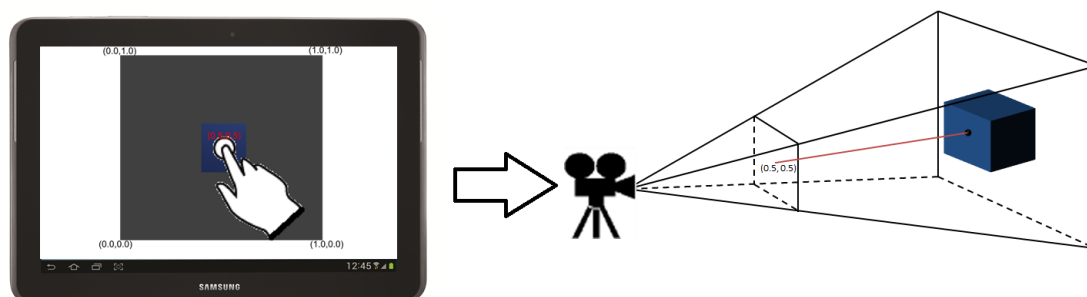



Figura 3 – Seleção por câmera virtual

Logo após a seleção este objeto é então marcado em amarelo e com um toque extra sobre o objeto o usuário pode confirmar sua seleção, sendo marcado em vermelho. Após a seleção, o usuário pode manipular alguns destes objetos (como válvulas) através de gestos de rotação. (Figure 3- C).

Outra possibilidade é realizar gestos de *zoom in* e *zoom out* (Figura 2-B) para aumentar ou diminuir o zoom da imagem da câmera virtual, que interferem diretamente no ângulo de visão da câmera.

Além disso, o usuário após a confirmação de seleção pode ativar o teclado virtual do aparelho e criar uma anotação através do botão , que será então associada a este objeto e posicionada no meio deste.

Também há a possibilidade de usar a ferramenta proposta para tarefas de controle de sistema. Estas tarefas consistem por exemplo na seleção de menus e botões. Pelo mapeamento

previsto é possível simplificar a interação com widgets 3D, já que estes serão mapeados na interface 2D do tablet, o que facilita a seleção desses elementos. Além, é claro de ser possível a incorporação de elementos de controle de sistema na própria interface do tablet.

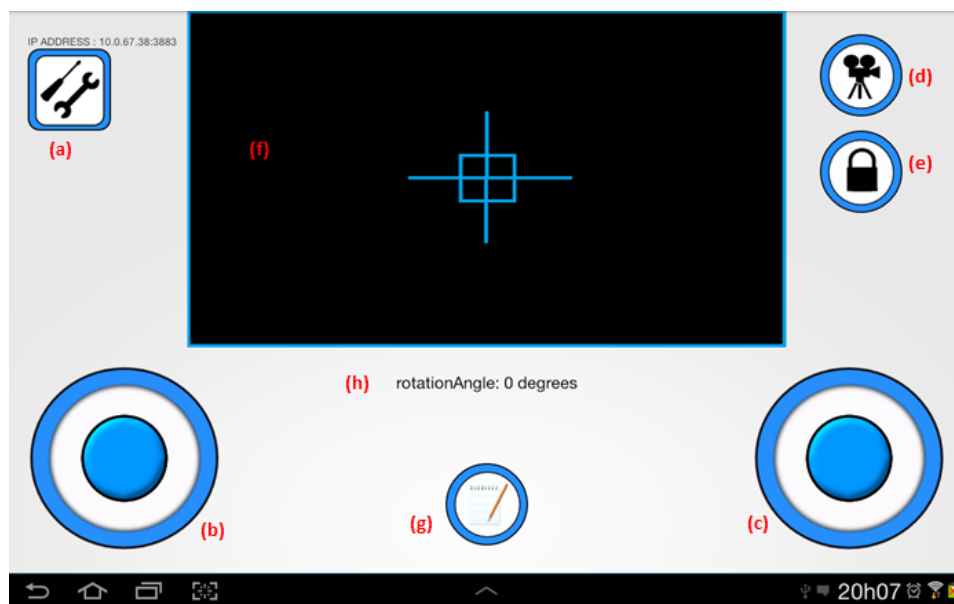


Figura 4 - Interface

A aplicação utilizada, o SimUEP-AmbSim se trata de um simulador de treinamento em plataformas de petróleo. Nele, o usuário possui um cenário complexo de plataforma, onde ele pode navegar pelo ambiente e manipular alguns objetos neste cenário. Os objetos que o usuário pode manipular são portas e válvulas. Estes objetos quando selecionados são marcados na cor amarela, com a confirmação estes podem então ser manipulados. No caso das portas, basta a confirmação da seleção para estas serem abertas, já as válvulas podem ser manipuladas com o gesto de rotação já descrito.

A idéia nos testes é testar todas as técnicas propostas como um todo e comparar as técnicas de seleção e manipulação em separado. Nelas, o usuário navega pela plataforma seguindo o caminho indicado.

A.2

Descrição das Tarefas 1 e 2

Tarefa 1: Interação com válvulas

Nesta tarefa você inicia na sala de controle da plataforma e necessita navegar até um determinado local para interagir com uma válvula. Para isso você necessita seguir os seguintes passos:

- Seguir os waypoints até o capacete.
- Selecionar o capacete.
- Seguir os waypoints até o local onde estão as válvulas.
- Neste cenário o usuário necessita subir uma escada vertical. Para isso é necessário se posicionar em frente à escada e pressionar o direcional de translação direito para frente.
- Selecionar a válvula indicada com uma seta.
- Rotacionar a válvula no sentido horário.

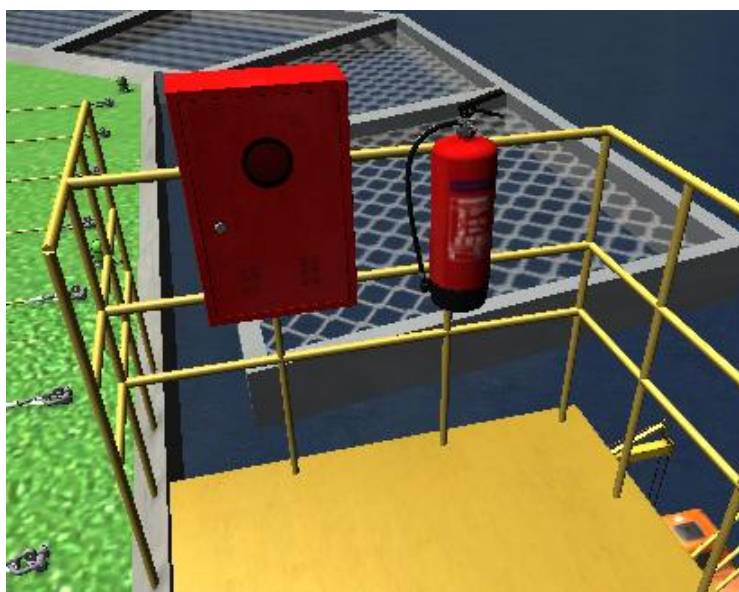
Tarefa 2: Inspeção do Heliponto

Esta tarefa consiste na inspeção por problemas na área do heliponto da plataforma, nesta tarefa você necessita verificar se alguma luz está queimada e verificar se há algum extintor em falta. Para realizá-la é necessário seguir os seguintes passos:

- Seguir os waypoints que indicam o caminho para o heliponto.
- Ativar o botão indicado, que servirá para acender as luzes do heliponto.
- Com as luzes ligadas, identificar a luz com defeito e selecioná-la.



- Após a seleção da luz, criar uma *tag* indicando um defeito.
- Após isso, é necessário identificar a caixa de incêndio sem o extintor. Após achá-la é preciso selecioná-la e criar uma *tag* indicando o defeito.



A.3**Termo de Consentimento****Termo de Consentimento para Avaliação de Dispositivo em Ambientes 3D**

Você foi convidado (a) para participar da pesquisa de dissertação de mestrado em Informática de Daniel Pires (PUC-Rio) com o objetivo de avaliar o uso do Tablet como dispositivo para interação em ambientes 3D. Neste estudo, buscamos verificar aspectos da usabilidade da interação do usuário com o dispositivo durante a realização de uma tarefa em um ambiente virtual.

Por esta razão, solicitamos seu consentimento para a realização deste estudo, que utilizará três técnicas de coleta de dados: questionários, registro em vídeo e entrevistas. Para isso, é importante que você tenha algumas informações:

1. Os dados coletados durante o estudo destinam-se **estritamente** a atividades de pesquisa e desenvolvimento.
2. A equipe desta pesquisa tem o compromisso de divulgar os resultados de suas pesquisas somente para fins acadêmicos. A divulgação destes resultados pauta-se no **respeito a sua privacidade** e o **anonimato** dos mesmos é preservado em quaisquer documentos que elaborarmos.
3. O consentimento para o estudo é uma escolha livre, feita mediante a prestação de todos os esclarecimentos necessários sobre a pesquisa.
4. Nossa equipe encontra-se disponível para prestar esclarecimentos e tirar quaisquer dúvidas sobre os procedimentos da pesquisa durante todo o período de sua execução. Para isto, entre em contato pelo email danielps@tecgraf.puc-rio.br.

Por favor, marque um X para indicar a sua decisão com relação à participação do estudo:

() Concordo em participar da pesquisa.

() Não desejo participar da pesquisa.

Pesquisador responsável	
Nome: _____	
Assinatura: _____	Data: _____
Participante	
Nome: _____	
Assinatura: _____	Data: _____

Caso você tenha optado por participar, por favor, responda ao breve questionário na próxima folha.

Obrigado!

A.4**Questionário Pré-uso****Questionário Pré-uso**

Participante # _____

Nome: _____

Data: ____/____/____

Dados Pessoais

1. Idade: _____
2. Sexo: _____
3. Formação: _____

Experiência com Ambientes Virtuais

4. Com que frequência você...?

Responda os itens a seguir com uma das seguintes pontuações:

- | | |
|--|---|
| <i>5 – Pelo menos uma vez por dia;</i> | <i>2 – Pelo menos uma vez a cada 15 dias;</i> |
| <i>4 – Pelo menos três vezes por semana;</i> | <i>1 – Raramente</i> |
| <i>3 – Pelo menos uma vez por semana;</i> | <i>0 – Nunca</i> |

- a) Navega em ambientes 3D: _____
- b) Seleciona objetos em ambientes 3D: _____
- c) Manipula objetos (move, altera tamanho, etc.) em ambientes 3D: _____
- d) Usa dispositivos de rastreamento (ARTracker, Kinect): _____

5. Qual(s) tipo(s) de aplicação 3D você utiliza?

- () *Modelagem 3D*
 () *Visualização 3D*
 () *Jogos 3D*
 () *Outro(s): _____*
 () *N/A*

6. Qual(s) dispositivo(s) você já utilizou em aplicações 3D?

- () *Mouse e teclado*
 () *Wiimote*
 () *Flystick*
 () *Joystick*
 () *Kinect*
 () *Tablet*
 () *Outro(s): _____*

7. Com que frequência você utiliza jogos em computador, com teclado e mouse?

- () *Pelo menos uma vez por dia;*
 () *Pelo menos três vezes por semana*
 () *Pelo menos uma vez por semana*
 () *Pelo menos uma vez a cada 15 dias*
 () *Raramente*

Nunca

8. Com que frequência você utiliza jogos com controle tipo gamepad (PlayStation3, Xbox 360, ...)?

- Pelo menos uma vez por dia;
- Pelo menos três vezes por semana
- Pelo menos uma vez por semana
- Pelo menos uma vez a cada 15 dias
- Raramente
- Nunca

9. Com que frequência você utiliza jogos em Nintendo Wii ou Playstation Move?

- Pelo menos uma vez por dia;
- Pelo menos três vezes por semana
- Pelo menos uma vez por semana
- Pelo menos uma vez a cada 15 dias
- Raramente
- Nunca

10. Qual é a sua experiência com jogos do tipo "First Person Shooter"?

- Profunda
- Boa
- Média
- Pouca
- Nenhuma

A.5

Questionário Pós-uso

Questionário Pós-uso

Participante # _____

Por favor, responda ao questionário a seguir sobre a sua interação no último cenário.

Nas questões 1 a 11 marque um X de acordo com a escala que representa o seu grau de concordância com a afirmação.

1) Estou satisfeito com o tempo que gastei para completar a primeira tarefa.

Discordo		Concordo
Completamente	1 2 3 4 5	Completamente

2) Foi fácil selecionar objetos na primeira tarefa.

Discordo		Concordo
Completamente	1 2 3 4 5	Completamente

3) Estou satisfeito com o tempo que gastei para completar a segunda tarefa.

Discordo		Concordo
Completamente	1 2 3 4 5	Completamente

4) Foi fácil selecionar objetos na segunda tarefa.

Discordo		Concordo
Completamente	1 2 3 4 5	Completamente

5) Foi fácil inserir tags nos objetos na segunda tarefa.

Discordo		Concordo
Completamente	1 2 3 4 5	Completamente

6) Eu aprendi a utilizar a interface no Tablet rapidamente.

Discordo		Concordo
Completamente	1 2 3 4 5	Completamente

7) Foi fácil navegar no ambiente utilizando o Tablet.

Discordo		Concordo
Completamente	1 2 3 4 5	Completamente

8) Foi fácil manipular objetos utilizando o Tablet.

Discordo		Concordo
Completamente	1 2 3 4 5	Completamente

9) Eu me senti confortável utilizando o Tablet.

Discordo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Concordo
Completamente	1	2	3	4	5	Completamente

10) Esta ferramenta tem todas as funções e recursos necessários para interação em ambientes virtuais.

Discordo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Concordo
Completamente	1	2	3	4	5	Completamente

11) Eu estou satisfeito com o uso do Tablet na interação em ambientes virtuais.

Discordo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Concordo
Completamente	1	2	3	4	5	Completamente

A.6

Roteiro Entrevistas

Entrevista Semiestruturada

Tópicos a serem abordados:

- 1) De uma forma geral, o que o participante achou da ferramenta?
- 2) Pedir que o participante esclareça as pontuações negativas, caso existam, no questionário pós-uso.
- 3) Perguntar ao participante se ele possui sugestões de melhoria para os fatores negativos.
- 4) Perguntar ao participante se em algum momento o dispositivo afetou sua imersão no ambiente.