



Marcus Franco Costa de Alencar

**Composição de Métodos de
Avaliação de IHC para
Ambientes Virtuais Híbridos:
Um Estudo de Caso com a
HybridDesk**

Dissertação de Mestrado

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

Professora orientadora: Simone Diniz Junqueira Barbosa

Professor co-orientador: Alberto Barbosa Raposo

Rio de Janeiro
Agosto de 2009



Marcus Franco Costa de Alencar

**Composição de Métodos de
Avaliação de IHC para
Ambientes Virtuais Híbridos:
Um Estudo de Caso com a
HybridDesk**

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

Profa. Simone Diniz Junqueira Barbosa

Orientadora
PUC-Rio

Prof. Alberto Barbosa Raposo

Co-Orientador
PUC-Rio

Profa. Clarisse Sieckenius de Souza

PUC-Rio

Prof. Hugo Fuks

PUC-Rio

Profa. Karin Koogan Breitman

PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro
Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 21 de agosto de 2009

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

Marcus Franco Costa de Alencar

Graduou-se em Engenharia Eletrônica no ITA em dezembro/1976. Completou o curso de pósgraduação lato sensu MBA em Marketing em abril/2000 na FGV-RJ. Sua área de pesquisa atual é a Interação Humano-Computador aplicada a ambientes virtuais. Sua experiência profissional inclui mais de 30 anos atuando como consultor, gerente de marketing, gerente de desenvolvimento e gerente de operações nas áreas espacial, telecomunicações e informática.

Ficha Catalográfica

Alencar, Marcus Franco Costa de

Composição de métodos de avaliação de IHC para ambientes virtuais híbridos : um estudo de caso com a HybridDesk / Marcus Franco Costa de Alencar ; orientador: Simone Diniz Junqueira Barbosa ; co-orientador: Alberto Barbosa Raposo. – 2009.

196 f. : il.(color.) ; 30 cm

Dissertação (Mestrado em Informática)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

Inclui bibliografia

1. Informática – Teses. 2. Interação humano-computador. 3. IHC. 4. Interface de usuário. 5. Avaliação de comunicabilidade. 6. MAC. 7. Usabilidade. 8. Avaliação qualitativa. 9. Ambiente virtual. I. Barbosa, Simone Diniz Junqueira. II. Raposo, Alberto Barbosa. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. IV. Título.

CDD: 004

Agradecimentos

À minha esposa e meus filhos, pelo apoio e compreensão ao longo desta jornada, mesmo nos momentos mais difíceis.

Aos meus familiares e meus amigos, por acreditarem em mim e me incentivarem.

Aos meus orientadores, Simone e Alberto, pelos conhecimentos transmitidos, pela orientação recebida, e por terem acreditado no meu trabalho.

Ao Felipe, designer da HybridDesk e que esteve sempre disponível para me dar o suporte necessário, sem o qual este trabalho não seria possível.

À Luciana, que foi uma ajuda fundamental na realização do MAC, com seus conhecimentos, sua ajuda e disposição em participar, mesmo quando não tinha tempo para seus próprios afazeres.

Aos meus colegas do Tecgraf, em particular o Manuel e o Peter Hohl, que me ajudaram a viabilizar este trabalho na prática.

Aos participantes das sessões de observação, pela disposição em me ajudar voluntariamente, sem a qual esta avaliação não seria possível.

Aos meus colegas de mestrado, pelo apoio nos grupos de estudo, pelas dificuldades que vencemos juntos, que permitiu a chegada a esse momento.

Ao Tecgraf, por todo o apoio recebido, oferecendo a infraestrutura e disponibilizando os recursos necessários para a realização deste trabalho.

Finalmente, agradeço à PUC-Rio e ao CNPq pelo auxílio financeiro concedido durante o mestrado.

Resumo

Alencar, Marcus Franco Costa de; Barbosa, Simone Diniz Junqueira; Raposo, Alberto Barbosa. **Composição de Métodos de Avaliação de IHC para Ambientes Virtuais Híbridos: Um Estudo de Caso com a HybridDesk**. Rio de Janeiro, 2009. 196p. Dissertação de Mestrado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

O design da interação vem sendo finalmente reconhecido como um fator fundamental para a maior aceitação e utilização eficaz de aplicações e sistemas computacionais. Aplicações que fazem uso de ambientes virtuais (AV) vêm sendo desenvolvidas em número crescente e com finalidades cada vez mais diversas e inovadoras. Entretanto, o conhecimento sobre design e avaliação da interação com aplicações em AVs ainda é recente e carente de métodos e técnicas bem estabelecidas. O foco deste estudo é a avaliação da comunicabilidade e da usabilidade da HybridDesk, um equipamento projetado para interação com AVs e que possui três ambientes de interação distintos. O método de avaliação de comunicabilidade (MAC), desenvolvido com base na engenharia semiótica, é um método recente e inovador, fazendo uma avaliação qualitativa com foco na recepção pelo usuário, em tempo de interação, da mensagem de metacomunicação do designer, buscando identificar questões de comunicabilidade e elaborar o perfil semiótico da metacomunicação. Existem diversos métodos para avaliação de usabilidade, tanto qualitativos como quantitativos, alguns inclusive já aplicados na avaliação de AVs. Este estudo aplica alguns desses métodos, privilegiando uma avaliação qualitativa, embora inclua também resultados quantitativos. Inclui uma avaliação heurística bem como sessões de observação de uso com foco na percepção da interação pelos usuários, buscando identificar questões de IHC em ambientes virtuais híbridos. Este estudo faz também uma comparação dos resultados da aplicação dos diversos métodos, mostrando que todos contribuíram de alguma forma distinta para o resultado da avaliação da HybridDesk. Os resultados também destacam e reforçam a importância de alguns aspectos da interação, como a compatibilidade dos diversos sistemas de significação envolvidos na interação, e a necessidade de se buscar a integração das tarefas 1D, 2D e 3D de forma imperceptível para o usuário.

Palavras-chave

Interação humano-computador; IHC; interface de usuário; avaliação de comunicabilidade; MAC; usabilidade; avaliação qualitativa; ambiente virtual.

Abstract

Alencar, Marcus Franco Costa de; Barbosa, Simone Diniz Junqueira (Advisor); Raposo, Alberto Barbosa (Co-advisor). **Composition of HCI Evaluation Methods for Hybrid Virtual Environments: A Case Study with the HybridDesk**. Rio de Janeiro, 2009. 196p. MSc. Dissertation - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Interaction design has been finally recognized as a key factor for a broader acceptance and the effective utilization of applications and systems. Virtual environment (VE) applications are being developed in growing numbers and aiming to fulfill even more diverse and innovative needs. But the knowledge about interaction design and evaluation of VE applications is still recent and lacks well established methods and techniques. The focus of this study is the communicability and usability evaluation of the HybridDesk, an equipment designed for the interaction with VEs that includes three different interaction environments. The communicability evaluation method (CEM), based on the semiotic engineering, is an innovative and recent method, performing a qualitative evaluation focused in the reception by the user of the designer metacommunication message, at user interaction time, aiming to identify communicability issues and to produce the semiotic profiling of the metacommunication. There are several usability evaluation methods, both qualitative and quantitative, including some already applied to VEs. This study has applied some of these methods, favoring a qualitative evaluation, although also providing some quantitative results. It includes an heuristic evaluation as well as usage observation sessions with a focus on the user perception of the interaction, aiming to identify HCI issues in hybrid virtual environments. This study also produces a comparison of the evaluation results of the various methods applied, demonstrating that they all contribute in a distinct way to the evaluation results of the HybridDesk. The results also highlight and reinforce the importance of some interaction aspects, like the compatibility among the various signification systems involved during user interaction, and the need to look for the seamless integration of 1D, 2D and 3D tasks from the user perspective.

Keywords

Human-computer interaction; HCI; user interface; communicability evaluation; CEM; usability; qualitative evaluation; virtual environment.

Sumário

1 Introdução	14
1.1. Cenário Atual	14
1.2. Motivação	14
1.3. Objetivo	15
2 Fundamentação Metodológica	16
2.1. Avaliação de IHC	16
2.2. O Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC)	17
2.2.1 Preparação do Teste	17
2.2.2 Aplicação do Teste	18
2.2.3 Etiquetagem da Interação	19
2.2.4 Interpretação dos Dados	21
2.2.5 Elaboração do Perfil Semiótico	22
2.3. Métodos de Avaliação de Usabilidade	23
2.4. Avaliação de IHC em Ambientes Virtuais	28
3 Metodologia de Avaliação	32
3.1. Plano de Avaliação Consolidado	32
3.1.1 Preparação da Avaliação	35
3.1.2 Plano de Execução da Observação de Uso (Aplicação do Teste)	39
3.1.3 Plano de Etiquetagem da Interação [Comunicabilidade]	42
3.1.4 Plano de Interpretação dos Dados [Comunicabilidade]	42
3.1.5 Plano de Elaboração do Perfil Semiótico [Comunicabilidade]	43
3.1.6 Plano de Tabulação e Interpretação dos Dados [Usabilidade]	43
3.2. Ambiente de Avaliação	44
3.2.1 Componentes	44
3.2.2 Ambientes de Interação	46
3.2.3 Tarefas de Interação e Transição	48
4 Preparação e Execução da Avaliação	53
4.1. Preparação da Avaliação	53

4.1.1 Identificação das Tarefas	53
4.1.2 Inspeção informal com Base na Engenharia Semiótica	54
4.1.3 Definição do Perfil dos Avaliadores	58
4.1.4 Definição do Perfil dos Participantes	59
4.1.5 Definição dos Cenários de Uso	59
4.1.6 Preparação do Material para Observação de Uso	62
4.1.7 Configuração e Ajustes do Ambiente de Avaliação	62
4.1.8 Seleção e Recrutamento dos Participantes	63
4.1.9 Execução do Teste Piloto	63
4.2. Execução da Avaliação Heurística	65
4.3. Execução das Observações de Uso	66
4.3.1 Dados de Perfil e Experiência dos Participantes	66
4.3.2 Dados Coletados nas Observações de Uso	67
5 Resultados da Avaliação	69
5.1. Resultados do MAC	69
5.1.1 Etiquetagem da Interação	69
5.1.2 Interpretação dos Dados	71
5.1.3 Elaboração do Perfil Semiótico	80
5.2. Resultados da Avaliação de Usabilidade	82
5.2.1 Resultado da Avaliação Heurística	83
5.2.2 Tabulação e Interpretação das Observações de Uso	87
5.2.2 Questionário e Entrevista de Usabilidade	95
5.2.3 Questionário de Senso de Presença (IPQ)	101
6 Discussões	105
6.1. Comparação dos Resultados das Avaliações	105
6.2. Impacto do Perfil do Usuário e Treinamento na Avaliação	109
6.3. Avaliação de Senso de Presença	110
6.4. Interação com Múltiplos Designers	111
6.5. Questões Relacionadas ao Dispositivo de Entrada	112
7 Conclusão	114
8 Referências	118
Apêndice A – Diretrizes para a Avaliação Heurística	122

A.1 Usuários de AV e Tarefas de Usuários de AV	122
A.2 Interface do Usuário de AV – Mecanismos de Entrada	127
A.3 O Modelo Virtual	132
A.4 Interface do Usuário de AV – Componentes de Apresentação	135
 Apêndice B - Material para Observação de Uso	 139
B.1 Termo de Consentimento para Avaliação da HybridDesk	139
B.2 Questionário Pré-Uso - Perfil e Experiência Participante	141
B.3 Instruções de Uso	144
B.4 Instruções de Treinamento	145
B.5 Cenário de Uso 1	146
B.6 Instruções em Arquivo no Cenário 3D para o Cenário de Uso 1	147
B.7 Formulário para Observação do Cenário de Uso 1	148
B.8 Questionário Pós-Uso do Cenário de Uso 1	150
B.9 Entrevista Pós-Uso do Cenário de Uso 1	153
B.10 Cenário de Uso 2	155
B.11 Questionário Pós-Uso do Cenário de Uso 2	156
 Apêndice C – Dados de Observação de Uso	 158
C.1 Dados de Observação do Participante 2	159
C.1.1 Anotações de Observação de Uso	159
C.1.2 Sumário Dados de Usabilidade	164
C.1.3 Etiquetagem da Interação	167
C.2 Dados de Observação do Participante 3	169
C.2.1 Anotações de Observação de Uso	169
C.2.2 Sumário Dados de Usabilidade	171
C.2.3 Etiquetagem da Interação	174
C.3 Dados de Observação do Participante 4	175
C.3.1 Anotações de Observação de Uso	175
C.3.2 Sumário Dados de Usabilidade	177
C.4 Dados de Observação do Participante 5	180
C.4.1 Anotações de Observação de Uso	180
C.4.2 Sumário Dados de Usabilidade	183
C.5 Dados de Observação do Participante 6	186
C.5.1 Anotações de Observação de Uso	186
C.5.2 Sumário Dados de Usabilidade	188
C.6 Dados de Observação do Participante 7	191

C.6.1 Anotações de Observação de Uso	191
C.6.2 Sumário Dados de Usabilidade	193
C.6.3 Etiquetagem da Interação	196

Lista de Figuras

Figura 1 - <i>Framework</i> de Características de Usabilidade em AV [Gabbard 1997]	31
Figura 2 – Etapas do Plano de Avaliação Consolidado	35
Figura 3 – Fluxo Consolidado de Atividades da Preparação da Avaliação	36
Figura 4 – Fluxo Consolidado de Atividades da Observação de Uso	40
Figura 5 – Mini-Cave com Monitor LCD ao Centro [Carvalho 2009]	45
Figura 6 – Óculos Estéreo com Rastreamento Ótico [Carvalho 2009]	45
Figura 7 – <i>Wand</i> do <i>Wii</i> com Rastreamento Ótico [Carvalho 2009]	45
Figura 8 – Ambiente VR-Navegação [Carvalho 2009]	46
Figura 9 – Ambiente VR-Manipulação [Carvalho 2009]	47
Figura 10 – Ambiente WIMP [Carvalho 2009]	47
Figura 11 – Seleção de um Objeto com <i>Ray casting</i> [Carvalho 2009]	48
Figura 12 – Seleção de um Ícone 3D com Anotação [Carvalho 2009]	49
Figura 13 – Ícone 3D Preso à <i>Wand</i> para Anexação ao Objeto (Escada) [Carvalho 2009]	49
Figura 14 – Comandos para Transição entre Ambientes de Interação [Carvalho 2009]	50
Figura 15 – Transições de Dispositivos de Interação na HybridDesk [Carvalho 2009]	51
Figura 16 – Animação para Indicar o Movimento do LCD para o Lado da MiniCAVE [Carvalho 2009]	52
Figura 17 – Animação para Indicar o Movimento do LCD para o Centro da MiniCAVE [Carvalho 2009]	52
Figura 18 – Gráfico das Respostas ao Questionário de Usabilidade – Tarefas	96
Figura 19 – Gráfico das Respostas ao Questionário de Usabilidade – Fatores	98
Figura 20 – Gráfico das Respostas ao Questionário IPQ	102
Figura 21 – Gráfico com os Valores Consolidados do IPQ por Subescala e Aplicação	103

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Etiquetas Usadas na Avaliação de Comunicabilidade [Salgado 2007, pp.40-45]	20
Tabela 2 – Alinhamento das Categorias Conversacionais com Problemas Interativos de Alto Nível e de Usabilidade [de Souza et al. 1999, Salgado 2007]	22
Tabela 3 – Perfil dos Participantes	66
Tabela 4 – Experiência dos Participantes (Legenda na Tabela 7)	67
Tabela 5 – Legenda das Respostas de Experiência dos Participantes	67
Tabela 6 – Distribuição das Etiquetas por Participante	71
Tabela 7 - Caracterização das expressões de comunicabilidade para etiquetagem apresentada em de Souza (2005, p.138), com revisões [Salgado 2007]	75
Tabela 8 – Distribuição das Etiquetas por Tarefa de Interação	77
Tabela 9 – Mapeamento das Etiquetas para Categorias de Problemas Típicos de IHC	78
Tabela 10 – Ocorrências de Questões de Comunicabilidade por Etiqueta e Categoria IHC	79
Tabela 11 – Sumário do Resultado da Avaliação Heurística	83
Tabela 12 – Questões de Usabilidade Levantadas pela Avaliação Heurística	87
Tabela 13 – Duração de cada Tarefa de Interação para cada Participante (em segundos)	88
Tabela 14 – Tempo Médio, Mínimo, Máximo e Desvio Padrão das Tarefas de Interação (em segundos)	88
Tabela 15 – Erros de Interação no Cenário de Uso 1 por Tarefa de Interação	90
Tabela 16 – Consolidação das Questões de Usabilidade Identificadas	92
Tabela 17 – Respostas ao Questionário de Usabilidade - Tarefas	96
Tabela 18 – Respostas ao Questionário de Usabilidade - Fatores	97
Tabela 19 – Questões de Usabilidade do Questionário e Entrevista	100
Tabela 20 – Respostas ao Questionário IPQ	101
Tabela 21 – Respostas Consolidadas do IPQ por Subescala e Aplicação	102
Tabela 22 – Comparação dos Valores de IPQ da HybridDesk com outras Aplicações	103

Tabela 23 – Consolidação das Questões de IHC por Método (parte 1)	106
Tabela 24 – Consolidação das Questões de IHC por Método (parte 2)	107
Tabela 25 – Consolidação das Questões de IHC por Método (parte 3)	108
Tabela A.1 – Usuários de AV	123
Tabela A.2 – Tarefas de Usuários de AV	123
Tabela A.3 – Navegação e Locomoção	125
Tabela A.4 – Seleção de Objeto	126
Tabela A.5 – Manipulação de Objeto	127
Tabela A.6 – Mecanismos de Entrada em Geral da Interface de Usuário de AV	129
Tabela A.7 – Rastreamento da Localização e Orientação do Usuário	130
Tabela A.8 – Wands Mágicas, Mouses Voadores, SpaceBalls e Massas Reais	132
Tabela A.9 – Apresentação e Representação do Usuário	133
Tabela A.10 – Vizinhança e Ambientação Virtual	134
Tabela A.11 – Informação de Sistema e Aplicação em AV	135
Tabela A.12 – Feedback Visual – Representação Gráfica	138

1

Introdução

Este capítulo apresenta o cenário atual, a motivação para a escolha do tema proposto e o objetivo da dissertação.

1.1. Cenário Atual

Uma das principais evoluções recentes da computação vem sendo a introdução de novos dispositivos e modos de interação, como telas multitoque (*iPhone*, *Surface*, *MediaWall*), apontadores espaciais (*Wiimote*), *CAVEs*, *Head-Mounted Displays* (HMD) e outros, que utilizam novos tipos de sensores e atuadores, viabilizando novas formas de interação com aplicações, em particular ambientes virtuais (AVs) em 3D.

Outra grande evolução contínua vem ocorrendo na capacidade de processamento dos chips, a ponto de se poder interagir em tempo real com AVs em 3D, mesmo em *desktops* e *notebooks*, o que era impossível há poucos anos.

Este cenário vem estimulando e viabilizando o desenvolvimento de novas aplicações e sistemas computacionais que fazem uso de AVs.

1.2. Motivação

Se por um lado este cenário vem viabilizando aplicações inovadoras e novos modos de interação, por outro lado o uso de interação 3D, em particular com AVs, é ainda nascente, sem massa crítica e muito longe de uma padronização, havendo relativamente pouco conhecimento sobre as melhores técnicas para se implementar essa interação.

Nesse contexto de uso cada vez mais comum de aplicações cada vez mais complexas e diversas, é lógico antever que o design da interação, que é um fator determinante na experiência do usuário, terá um papel cada vez mais preponderante na aceitação e correta utilização das aplicações e sistemas computacionais. Como exemplo, o grande sucesso comercial do *Wii* e do *iPhone*

pode ser atribuído em grande parte à inovação em termos de experiência do usuário.

O ambiente escolhido para a avaliação da interação humano-computador foi a HybridDesk, que é um protótipo de um sistema de computador desenvolvido no Tecgraf da PUC-Rio no contexto de uma Tese de Doutorado [Carvalho 2009], que inclui dois ambientes virtuais de interação, um para navegação no cenário 3D e outro para manipulação de objetos, além de um terceiro ambiente de interação do tipo WIMP, ou seja, o desktop padrão, para criação e leitura de anotações.

Considerando-se a originalidade e a diversidade das interações na HybridDesk, optou-se pela aplicação do método de avaliação de comunicabilidade (MAC) [Prates et al. 2000], baseado na engenharia semiótica, além de métodos de usabilidade tradicionais. O MAC, um método inovador desenvolvido pela área de IHC da PUC-Rio, tem como característica principal analisar a qualidade da recepção da mensagem de metacomunicação do designer da aplicação/sistema para o usuário.

1.3. Objetivo

O principal objetivo deste estudo é propor e analisar uma composição de métodos de avaliação de IHC para ambientes virtuais híbridos, aplicada a um estudo de caso com o ambiente da HybridDesk, buscando identificar questões de IHC no contexto da execução de cenários típicos para os quais ela foi projetada. O foco principal é de uma avaliação qualitativa da interação, embora o estudo inclua também alguns resultados quantitativos.

O estudo tem também como objetivo enriquecer o conhecimento sobre a interação com AVs e as transições entre os ambientes de interação.

2 Fundamentação Metodológica

Este capítulo descreve os fundamentos metodológicos utilizados neste estudo, bem como trabalhos de avaliação de IHC relacionados a este estudo, mais especificamente os que utilizam o método de avaliação de comunicabilidade (MAC) e métodos de avaliação de usabilidade aplicados a ambientes virtuais.

2.1. Avaliação de IHC

Para que se obtenha melhores resultados, a avaliação de IHC deve ser realizada ao longo de todas as fases de desenvolvimento de um sistema de computador.

Como mencionado anteriormente, este estudo trata da avaliação da HybridDesk [Carvalho 2009], cuja avaliação de IHC traz uma questão desafiadora de qual método, ou métodos, deveriam ser utilizados.

Se considerarmos que as funcionalidades de um sistema são implementadas pelos desenvolvedores, que são em geral os próprios designers do sistema, a compreensão da intenção do designer torna-se de suma importância para uma avaliação correta da interação do usuário com o sistema. Essa mensagem de metacomunicação emitida pelo designer é exatamente o foco principal da avaliação de comunicabilidade.

Portanto, usabilidade e comunicabilidade são fatores distintos que contribuem para a qualidade da experiência do usuário. Em função disso, a avaliação da HybridDesk foi realizada aplicando-se o método de avaliação de comunicabilidade (MAC) e diversos métodos de avaliação de usabilidade, que no nosso caso foram: avaliação heurística, observação de uso com *talk-aloud*, e questionário e entrevista pós-uso.

O principal foco das avaliações foi a identificação de questões de comunicabilidade e usabilidade que afetam a interação na HybridDesk. Tullis & Albert (2008) definem questões de usabilidade como:

- Qualquer coisa que impede a finalização da tarefa;
- Qualquer coisa que leva o usuário a um caminho errado;

- Qualquer coisa que cria algum nível de confusão;
- Qualquer coisa que produz um erro;
- Não ver alguma coisa que deveria ser vista;
- Assumir que alguma coisa está correta quando não está;
- Assumir que uma tarefa está completa quando não está;
- Executar a ação errada;
- Interpretar errado alguma parte do conteúdo;
- Não entender a navegação.

2.2.

O Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC)

O método de avaliação de comunicabilidade (MAC) é baseado na teoria de engenharia semiótica [de Souza 2005], trazendo para o mesmo contexto comunicativo os designers, usuários e sistemas. Esta teoria caracteriza IHC como um tipo específico de metacomunicação mediada por computador [de Souza 2005, Salgado 2007].

O MAC foi proposto por Prates e coautoras (2000a) e utilizado para avaliação de editores HTML pelas autoras (2000b). Foi também documentado em livro por de Souza (2005), na dissertação de Salgado (2007) e em livro de de Souza & Leitão (2009), além de citado por Sharp e coautoras (2007).

O método pode ser aplicado em diferentes fases do design. Neste estudo aplicaremos o MAC na avaliação de um protótipo em fase final de desenvolvimento.

Salgado (2007) explica em sua dissertação que “o MAC é realizado através de cinco passos: preparação do teste, aplicação do teste, etiquetagem, interpretação e elaboração do perfil semiótico.”

As seções a seguir apresentam uma descrição sumarizada das etapas para a realização do MAC, com base na descrição detalhada apresentada na dissertação de Salgado (2007).

2.2.1 Preparação do Teste

Esta etapa tem como objetivo definir todos os parâmetros gerais do teste e preparar todo o conteúdo do teste. Ela envolve as seguintes atividades [Salgado 2007, pp. 30-36]:

- a. Estudo da documentação disponível para a aplicação. Uma entrevista com o designer pode suprir a falta de documentação;
- b. Realização de uma inspeção informal do design do software, especialmente dos signos estáticos e dinâmicos com enfoque nos aspectos da comunicação, anotando os problemas potenciais. Se disponível, confirmar as intenções de design com o próprio designer;
- c. Elaboração de uma versão consolidada da metacomunicação e das questões de comunicação identificadas individualmente pelos avaliadores;
- d. “Definição do perfil dos participantes do teste. O perfil deverá ser compatível com a metacomunicação designer-usuário identificada pelos avaliadores na atividade de inspeção. De Souza (2005) recomenda que os participantes (usualmente de 3 a 10) representem o ‘usuário típico’ da aplicação”.
- e. Elaboração de cenários de uso relevantes para a fase de observação de uso. A seleção dos cenários e atividades devem ser compatíveis com as questões de design identificadas na inspeção informal;
- f. Definição dos avaliadores de acordo com as recomendações sobre o perfil necessário;
- g. Análise das questões éticas envolvidas no teste;
- h. Elaboração dos roteiros das entrevistas e/ou questionários pré-testes;
- i. Elaboração do roteiro das entrevistas pós-uso;
- j. Elaboração do roteiro da observação de uso;
- k. Preparação do Termo de Consentimento para os participantes;
- l. Preparação do material para a observação de uso;
- m. Configuração do equipamento e da aplicação;
- n. Realização de um teste piloto.

2.2.2 Aplicação do Teste

Esta etapa corresponde à observação de uso em outros métodos de avaliação de IHC. “Esta etapa tem como objetivo a captura de evidências de uso da aplicação para posterior análise na fase de etiquetagem” [Salgado 2007].

É recomendado que esta fase tenha a participação de dois avaliadores que tenham conhecimento do MAC [Salgado 2007].

Esta fase envolve as seguintes atividades [Salgado 2007, pp.36-40]:

- a. Recepção do participante;
- b. Encaminhamento do participante ao sistema onde ocorrerá a observação de uso;
- c. Preparação dos equipamentos para a observação de uso;
- d. Apresentação do cenário de teste e início da gravação;
- e. Anotações dos avaliadores durante a observação de uso;
- f. Finalização da observação de uso;
- g. Finalização da fase de aplicação da avaliação.

2.2.3 Etiquetagem da Interação

A etiquetagem é a primeira etapa analítica do método, onde os avaliadores utilizam os produtos das etapas anteriores para a geração da interpretação [Salgado 2007].

Na etapa de etiquetagem o avaliador examina as quebras de comunicação designer-usuário e, a partir daí, infere certos aspectos de comunicabilidade. “O comportamento do usuário durante a interação é analisado e expressões de comunicabilidade, também chamadas de etiquetas, são usadas para representar a reação do usuário ao que acontece durante a interação” [Salgado 2007].

A etiquetagem das quebras de comunicação pode ser entendida como se o avaliador estivesse “colocando palavras na boca do usuário” por meio das expressões de comunicabilidade [de Souza 2005, Prates et al. 2000b].

O MAC utiliza atualmente 13 expressões básicas de comunicabilidade, apresentadas na Tabela 1 [Salgado 2007, pp.40-51].

Etiqueta	Descrição
“Cadê?”	“Esta etiqueta é usada quando o usuário conhece a operação que deseja executar, mas não a encontra de imediato na interface. Isto é equivalente a saber o que dizer, mas não encontrar palavras para dizê-lo.”
“Para mim está bom.”	“Esta etiqueta é tipicamente usada quando o usuário está convencido de que alcançou o seu objetivo. Esta etiqueta também pode ocorrer como uma espécie de “modalizador” (problemático, por certo) da forma de atingir o objetivo, sinalizando que o usuário entendeu errado (ou não entendeu) uma mensagem do designer ao longo da interação, e o problema persistiu até o final da sessão.”
“Assim não dá.”	“Esta etiqueta é usada onde o usuário abandona o caminho de interação composto de vários passos, porque ele pensa que esta opção não o está levando para seu objetivo. Isto é equivalente a constatar que o interlocutor não está entendendo nada do que está sendo dito, e assim tomar uma outra linha de comunicação. O sintoma típico é quando o usuário de repente interrompe uma atividade e segue uma direção totalmente diferente.”

“Ué, o que houve?”	“Esta etiqueta é usada quando o usuário repete uma operação porque não pôde ver o resultado dela. O sintoma típico é o usuário repetir a ativação de uma função a qual o feedback não existe ou não foi percebido pelo usuário.”
“Por que não funciona?”	“Esta etiqueta é usada quando o usuário não entende ou não se conforma com o fato de a operação efetuada não produzir o resultado esperado. O sintoma típico é o usuário repetir a ação. O uso desta expressão normalmente acontece porque o usuário acredita que o que está fazendo deveria causar os efeitos desejados. Por isso o usuário insiste na mesma ação tentando descobrir se uma pequena mudança de parâmetros ou contexto é possível ou necessária para fazer a ação funcionar.”
“O que é isto?”	“Esta etiqueta é usada quando o usuário espera ver alguma dica explicativa ou algum outro tipo de indicação sobre o significado de um signo da interface. O sintoma típico é quando o usuário posiciona o cursor do mouse em algum signo da interface, esperando que uma dica seja apresentada. Também envolve a exploração de menus, listas de <i>pull-down</i> e caixas de diálogos para ver o que “dizem”.”
“Socorro!”	“Esta etiqueta é usada quando o usuário não consegue realizar sua tarefa através da exploração da interface. O sintoma típico é quando o usuário ativa a função de help, procura por documentação on-line ou off-line ou pede explicações a alguma pessoa.”
“Epa!”	“Esta etiqueta é usada quando o usuário executa uma ação indesejada e, percebendo imediatamente que isto ocorreu, desfaz a ação. O sintoma típico é quando o usuário imediatamente aciona o <i>undo</i> ou cancela um quadro de diálogo aberto indevidamente.”
“Onde estou?”	“Esta etiqueta é usada onde o usuário está interpretando (e potencialmente usando) signos em um contexto errado da aplicação. É como se o usuário estivesse dizendo uma coisa que faz parte do sistema de significação da interface, mas está dizendo na hora ou no local errado. O sintoma típico é quando o usuário tenta executar operações ou busca por signos em um modo, enquanto está em outro.”
“E agora?”	“Esta etiqueta é usada quando o usuário não sabe o que fazer e procura descobrir qual o seu próximo passo. Por isso ele sequer consegue formular uma intenção de comunicação. O sintoma típico é vagar com o cursor sobre a interface e inspecionar os menus de forma aleatória ou sequencial.”
“Vai de outro jeito.”	“Esta etiqueta é usada quando o usuário não consegue realizar a tarefa da forma como o projetista idealizou, e resolve seguir outro caminho, geralmente mais longo ou complicado. O sintoma típico é quando o usuário atinge o seu objetivo de uma maneira não ótima.”
“Não, obrigado.”	“Esta etiqueta é usada onde o usuário conhece a solução preferencial do designer, mas opta explicitamente por uma outra forma de interação. O sintoma típico consiste da ocorrência da ação preferencial disponibilizada pelo designer, seguida de uma ou mais formas alternativas de se alcançar o mesmo resultado.”
“Desisto.”	“Esta etiqueta é usada onde o usuário explicitamente admite sua incapacidade em alcançar seu objetivo. Ela pode ocorrer durante a interação, quando o usuário desiste de alguma atividade, mas continua executando os próximos passos. Assim como pode ocorrer no final da interação quando o usuário desiste da tarefa como um todo. O sintoma típico é a desistência de tarefas intermediárias ou a interrupção prematura da tarefa.”

Tabela 1 – Etiquetas Usadas na Avaliação de Comunicabilidade [Salgado 2007, pp.40-

2.2.4 Interpretação dos Dados

Esta etapa deve ser realizada por um avaliador, ou avaliadores, com especialização em IHC, de preferência com bons conhecimentos de engenharia semiótica, uma vez que os resultados obtidos são dependentes das habilidades e conhecimentos dos avaliadores [Salgado 2007].

Salgado (2007) explica que “a análise das ‘falas’ de comunicabilidade permite ao avaliador algumas indicações das causas e provavelmente possíveis soluções para o problema identificado.”

O avaliador deve analisar e organizar (ou classificar) as evidências coletadas pela fase de etiquetagem de acordo com quatro diferentes perspectivas, que gradualmente o levam a níveis mais abstratos de interpretação dos dados empíricos [de Souza 2005, de Souza & Leitão 2009]:

- a. A frequência e contexto da ocorrência de cada tipo de etiqueta;
- b. A existência de padrões de sequências de tipos de etiquetas;
- c. O nível de problemas indicados pela ocorrência de tipos de etiquetas e sequência; e
- d. As questões de comunicabilidade que causaram as rupturas de comunicação observadas.

A interpretação pode ser ainda enriquecida através de mapeamentos específicos, como por exemplo, uma classificação de problemas de interação: execução, navegação, atribuição de significado e percepção (vide Tabela 2) [Salgado 2007].

Expressões de Comunicabilidade (Etiqueta)	Execução	Navegação	Atribuição de Significado	Percepção
“Cadê?”		X		
“Para mim está bom.”			X	X
“Assim não dá.”		X	X	X
“Ué, o que houve?”			X	X
“Por que não funciona?”			X	X
“O que é isto?”			X	
“Socorro!”	X	X	X	X
“Epa!”		X	X	
“Onde estou?”		X	X	X
“E agora?”		X	X	X
“Vai de outro jeito.”	Incompreensão/desconhecimento da solução preferencial do designer			
“Não, obrigado.”	Recusa de usar a solução preferencial do designer			
“Desisto.”	X			

Tabela 2 – Alinhamento das Categorias Conversacionais com Problemas Interativos de Alto Nível e de Usabilidade [de Souza et al. 1999, Salgado 2007]

2.2.5 Elaboração do Perfil Semiótico

Esta é a última etapa do MAC, com a geração de um relatório que procura recuperar o significado da metacomunicação designer-usuário.

O perfil semiótico "ajuda o avaliador a identificar, explicar e informar as sugestões de redesign das interações problemáticas" [Salgado 2007, pp. 55-56]. Ele vai além das rupturas de comunicabilidade e problemas de interação identificados e cuida de um nível mais abstrato, a linguagem da interface [Prates et al. 2000a, Salgado 2007].

O especialista em engenharia semiótica revê os resultados e problemas identificados na fase anterior e emite um diagnóstico sobre a qualidade da recepção da metacomunicação. Esta importante atividade de revisão guiada pelos resultados das fases anteriores é o que diferencia o MAC de um teste de

usabilidade, por exemplo. Nesta revisão, o avaliador deve ir além das ocorrências identificadas no teste, e investigar possibilidades de problemas de comunicabilidade relacionados com essas ocorrências. [Salgado 2007].

A mensagem do designer poderá ser então explicitada pelo avaliador, que será capaz de assumir a primeira pessoa e responder às seguintes questões [de Souza 2005], conforme traduzido por Salgado (2007):

- a. “No meu entendimento, quem são (ou serão) os usuários do produto do meu design?”
- b. “O que eu aprendi sobre as necessidades e desejos destes usuários?”
- c. “No meu entendimento, quais são as preferências destes usuários com respeito a seus desejos e necessidades, e por quê?”
- d. “Portanto, qual sistema eu desenhei para estes usuários, e como eles podem ou devem usá-lo?”
- e. “Qual é a minha visão de design?”

2.3. Métodos de Avaliação de Usabilidade

Pesquisou-se diversas fontes de referência para identificar os métodos de avaliação mais adequados para aplicação neste estudo, levando em consideração o sistema a ser avaliado, a HybridDesk, e seu estágio de seu desenvolvimento, um protótipo em estágio avançado. Vale notar que alternativas de design para a interação foram avaliadas no desenvolvimento inicial da HybridDesk, no contexto de uma Tese de Doutorado [Carvalho 2009].

Portanto, este estudo assumiu que o designer já havia concluído o design do sistema, levando em conta outros atributos para a aceitação do sistema, como é o caso da utilidade do sistema [Nielsen 1993] para a tarefa pretendida. Por isso, além do MAC, o estudo focou a realização da avaliação de usabilidade através da aplicação de uma combinação de métodos, visando uma avaliação mais abrangente da interação com a HybridDesk, que produzisse resultados para o ajuste do design.

A Engenharia de Usabilidade foi proposta por Nielsen (1993) em seu livro que se tornou referência para diversos estudos e publicações. Segundo ele, a usabilidade tem múltiplos componentes e está tradicionalmente associada com cinco atributos:

- Facilidade de aprendizado: o sistema deve ser fácil de aprender para que o usuário possa rapidamente começar a produzir;

- Eficiência: o sistema deve ser eficiente de se usar, tal que uma vez o usuário tenha aprendido a usar o sistema, consiga atingir alta produtividade;
- Facilidade de memorizar: o sistema deve ser fácil de se lembrar, tal que o usuário casual possa retornar ao sistema um tempo depois sem ter de aprender tudo novamente;
- Poucos Erros: o sistema deve ter uma baixa taxa de erros, tal que os usuários cometam poucos erros ao usar o sistema;
- Satisfação: o sistema deve ser agradável ao uso, tal que os usuários fiquem subjetivamente satisfeitos ao usar o sistema.

Ele também identifica diversos métodos de avaliação de usabilidade:

- Avaliação Heurística;
- Medidas de Desempenho;
- *Thinking aloud*;
- Observação;
- Questionários;
- Entrevistas;
- *Focus Groups*;
- *Log* da utilização;
- *Feedback* do usuário.

Com o argumento de que “o melhor é o inimigo do bom”, Nielsen (1993) propõe uma metodologia que chamou de *Discount Usability Engineering*, visando reduzir ao máximo o custo da aplicação da avaliação de usabilidade. Esta metodologia se baseia nos seguintes métodos e técnicas:

- Observação do usuário e tarefas;
- Cenários;
- *Thinking-aloud* simplificado;
- Avaliação Heurística.

A “Observação do usuário e tarefas” envolve a visita aos usuários em seu ambiente de trabalho e a observação de como fazem uso do sistema, sem interferências. Sharp e coautoras (2007) denominam este método de “Estudos de campo”.

“Cenários” são usados para reduzir o nível de funcionalidade e o número de características do sistema sendo avaliadas. Eles podem ser implementados tanto como *mock-ups* de papel quanto como ambientes de prototipação.

De acordo com Nielsen (1993), o método de *thinking aloud* “envolve termos pelo menos um usuário de cada vez utilizando o sistema, para execução

de um dado conjunto de tarefas, ao mesmo tempo em que é solicitado a pensar alto”.

Nielsen (1993) propõe a utilização de um método simples de *think aloud*, onde a análise dos dados é feita com base em anotações feitas pelo avaliador, dispensando a necessidade de gravação da sessão em vídeo, como requerida pelo método tradicional de *think-aloud*.

Em seu livro, Nielsen (1993) escreve ainda que “a avaliação heurística é feita olhando-se para uma interface e tentando-se emitir uma opinião sobre o que é bom ou ruim nesta interface”.

O método de *think-aloud* foi proposto por Ericsson & Simon (1993), que fornecem uma explicação detalhada sobre o uso de “relatos verbais como dados”, produzindo a base para a aplicação do método de usabilidade *think-aloud* durante uma sessão de observação de uso.

Vale notar que eles identificaram e definiram três níveis diferentes de verbalização:

- Nível 1: “é simplesmente a vocalização de codificações verbais, como requerido pelas tarefas. (...) Nesse nível, não existem processos intermediários, e o usuário não precisa fazer qualquer esforço especial para comunicar seus pensamentos.” (p.79)
- Nível 2: “envolve a descrição, ou melhor, a explicação do conteúdo do pensamento. (...) [Inclui] “verbalizações que não trazem novas informações para o foco de atenção do usuário.” (p.79) Uma vez que exige um certo tempo de processamento, é esperado que vá introduzir algum atraso, mas não muda a estrutura do processo para executar a tarefa principal.
- Nível 3: “requer que o usuário explique seus processos de pensamento ou pensamentos.” (p.79) Isto não apenas adiciona um atraso, como pode também alterar a estrutura para execução da tarefa principal.

Sharp e coautoras (2007) dedicaram alguns capítulos de seu livro à avaliação de sistemas interativos, incluindo a descrição de “Teste de Usabilidade” e “Estudos de Campo”. “Teste de Usabilidade” trata da observação do usuário em ambiente controlado, na maior parte das vezes num laboratório para realização de avaliações de desempenho. Nielsen (1993) chama este método de “Medidas de Desempenho”. Já “Estudos de Campo” trata da observação do usuário em seu ambiente de trabalho, como é o caso do método de “Observação do Usuário e Tarefas” descrito por Nielsen (1993).

Sharp e coautoras (2007) também tratam de métodos e técnicas de coleta de dados, incluindo:

- Gravação de dados;
- Entrevistas;
- *Focus groups*;
- Questionários;
- Observação (no campo, no laboratório e indireta).

Kuniavsky (2003) trata de aspectos da avaliação qualitativa da experiência do usuário, incluindo aspectos de usabilidade.

Para a realização de uma avaliação rápida e de baixo custo, ele propõe o que chama de teste de usabilidade "com amigos e família", o qual seria uma versão ainda mais simplificada do método *discount usability engineering* proposto por Nielsen (1993), pois não inclui uma avaliação heurística nem o uso do *think-aloud* durante a observação.

O método envolve os seguintes passos:

- Defina a audiência e seus objetivos;
- Crie tarefas que endereçam esses objetivos;
- Recrute as pessoas certas;
- Observe essas pessoas tentando executar as tarefas.

Tullis & Albert (2008) descrevem em detalhes as diversas métricas para se fazer uma avaliação de usabilidade:

- Métricas de desempenho;
- Métricas baseadas em Questões (*Issues*);
- Métricas de autorrelato;
- Métricas de comportamento e fisiológicas;
- Métricas combinadas e comparativas.

Entretanto, os diversos métodos citados até agora foram criados para avaliação genérica de usabilidade, sem uma preocupação específica em avaliar ambientes virtuais.

Nesse sentido, Bowman e coautores (2002) produziram um artigo que fez um levantamento abrangente de vários métodos para a avaliação de usabilidade em ambientes virtuais, listados a seguir:

- Percurso cognitivo;
- Avaliação Formativa;
- Avaliação heurística ou avaliação baseada em diretrizes realizada por especialista;
- Questionário pós-uso;

- Entrevista;
- Avaliação Somativa.

Este artigo compara duas abordagens distintas para a avaliação de usabilidade: a avaliação sequencial e a avaliação com *testbed*. A avaliação sequencial é feita no contexto de uma aplicação particular e fornece resultados tanto qualitativos como quantitativos. A avaliação com *testbed* é feita num contexto de avaliação genérico, e em geral busca resultados quantitativos.

Bowman e coautores (2005) produziram um livro onde consolidam os diversos métodos propostos para a avaliação de interfaces 3D. Eles destacam que um dos aspectos particulares de ambientes virtuais que deve ser avaliado é o senso de presença.

Nesse sentido, identificou-se na literatura o questionário IPQ, produzido pelo *igroup presence questionnaire* (<http://www.igroup.org/pq/ipq/index.php>), desenvolvido especificamente para avaliação de senso de presença.

O *Igroup Presence Questionnaire* (IPQ) é uma escala para medir o senso de presença experimentado num ambiente virtual. Ele foi construído usando-se uma grande quantidade de itens e dois levantamentos com aproximadamente 500 participantes. Ele foi originalmente desenvolvido em alemão, mas está também disponível em inglês e holandês.

A versão atual do IPQ tem três subescalas e um item geral que não pertence a uma subescala. As três escalas emergiram das análises dos principais componentes e podem ser vistas como fatores razoavelmente independentes. As subescalas são:

- Presença Espacial: o senso de estar fisicamente presente no ambiente virtual;
- Envolvimento: medindo a atenção devotada ao ambiente virtual e o envolvimento experimentado;
- Realismo Experimentado: medindo a experiência subjetiva de realismo no ambiente virtual.

A Avaliação Heurística foi um dos métodos para avaliação de usabilidade aplicados nesta dissertação. Ela é descrita por Nielsen (1993) como uma inspeção sistemática do design da interface do usuário, verificando o atendimento a princípios ou diretrizes de usabilidade.

De acordo com Nielsen (1993 p. 19), existem milhares de diretrizes para usabilidade, mas Nielsen (1993 p. 20) faz questão de destacar apenas 10 (dez):

- Diálogo simples e natural: não devem conter informações que sejam irrelevantes ou raramente necessárias;

- Falar a linguagem dos usuários: o diálogo deve ser expresso de forma clara, com palavras, frases e conceitos familiares aos usuários, ao invés do uso de termos do sistema;
- Minimizar a carga de memorização dos usuários: o usuário não deve ter de lembrar informação de uma parte do diálogo para outra;
- Consistência: usuários não devem ficar em dúvida se diferentes palavras, situações ou ações significam a mesma coisa;
- *Feedback*: o sistema deve sempre manter os usuários informados sobre o que está ocorrendo;
- Saídas claramente marcadas: usuários escolhem funções erradas com frequência e precisam uma “saída de emergência” claramente indicada, para poder sair com rapidez do estado indesejado;
- Atalhos: aceleradores, que não sejam percebidos pelo usuário novato, podem acelerar a interação do usuário avançado;
- Boas mensagens de erro: devem ser expressas em uma linguagem clara, indicar precisamente o problema e sugerir soluções;
- Prevenir erros: o design da interação deve ser cuidadoso para evitar o tanto quanto possível a ocorrência de erros;
- Sistema de ajuda e documentação: deve ser fácil de encontrar a informação procurada, focada na tarefa do usuário listar passos concretos a serem seguidos e não deve ser muito grande.

Essas 10 (dez) heurísticas de usabilidade propostas por Nielsen (1993) são intencionalmente genéricas, não abordando questões específicas de usabilidade voltadas para a avaliação de ambientes virtuais.

2.4.

Avaliação de IHC em Ambientes Virtuais

Considerando que o foco deste estudo foi principalmente uma avaliação qualitativa de usabilidade de ambientes virtuais, foi escolhida uma abordagem de avaliação sequencial, na qual diversos métodos de avaliação são aplicados em sequência.

A abordagem de avaliação sequencial foi descrita por Gabbard e coautores (1999) num artigo que propõe uma metodologia para a avaliação de ambientes

virtuais (AVs) centrada no usuário (*User-Centered*), baseada na execução sequencial das seguintes etapas:

- Análise das tarefas do usuário;
- Avaliação baseada em diretrizes por um especialista (Avaliação Heurística);
- Avaliação formativa centrada no usuário;
- Avaliações somativas.

Este mesmo artigo detalha a sequência de métodos proposta:

- Análise das tarefas do usuário;
- Avaliação Heurística;
- Cenários de uso baseados em tarefas do usuário;
- Observação de uso com protocolo “Think-aloud”;
- Avaliadores sugerem melhorias para a interação;
- Avaliadores refinam os cenários de uso;
- Comparação do desempenho do usuário em designs alternativos.

Além de propor uma sequência de métodos, o artigo de Gabbard e coautores (1999) faz também a avaliação de usabilidade da aplicação *Dragon*, que se trata de um simulador de campo de batalha que faz uso de ambientes virtuais.

A avaliação de usabilidade desta dissertação foi desenvolvida com base nessa sequência de métodos proposta por Gabbard e coautores (1999), mas com modificações explicadas na seção 3.1, uma vez que esta sequência foi proposta para ser aplicada ao longo de todo o ciclo de desenvolvimento de um sistema. No nosso caso, o sistema avaliado era de um protótipo em estágio avançado de desenvolvimento, portanto não caberia a aplicação de todos os métodos.

Para realização de uma avaliação heurística, Bowman (2005) propôs diretrizes para o design de ambientes virtuais, mas elas de uma maneira geral são recomendações de alto nível no que se refere a usabilidade, dificultando a sua aplicação prática como diretrizes de avaliação. Por exemplo, como diretriz de design para locomoção (*travel*) ele recomenda “casar a técnica de locomoção com a aplicação” e “use uma combinação apropriada de técnica de locomoção, tela e dispositivos de entrada”. Para orientação (*wayfinding*), ele recomenda “casar a dica (*cue*) às habilidades do usuário” e “integre a locomoção com a orientação”. Para avaliação de interfaces 3D, ele recomenda “escolha uma abordagem de avaliação que atenda seus requisitos” e “use um largo espectro

de métricas”. Embora sejam diretrizes válidas, elas não oferecem muita informação para aplicá-las na prática.

Por outro lado, Gabbard (1997) produziu uma dissertação de Mestrado que propôs uma taxonomia e fez sugestões de usabilidade que podem ser usadas como diretrizes para uma Avaliação Heurística de AVs.

Em sua tese Gabbard coletou e sintetizou sugestões de usabilidade de várias fontes, incluindo de trabalhos de Nielsen e Bowman.

Gabbard propôs o que chama de um *framework* com quatro áreas principais:

- Usuário de AV e Tarefas de Usuário de AV;
- Interface do Usuário de AV – Mecanismos de Entrada;
- O Modelo Virtual;
- Interface do Usuário de AV – Componentes de Apresentação.

Além disso, ele subdividiu essas quatro áreas em sub-áreas, como ilustrado na Figura 1.

Segundo o próprio Gabbard (1997), a segmentação proposta na Figura 1, em quatro áreas principais, bem como o fluxo proposto, foram fortemente influenciados pela "teoria da ação" proposta por Norman (1990) e seus componentes correspondentes:

- Objetivos (*Goals*): Usuário de AV e Tarefas de Usuário de AV (*VE and User Tasks*);
- Execução: Interface do Usuário de AV - Mecanismos de Entrada (*VE User Interface Input Mechanisms*);
- O Mundo: O Modelo Virtual (*The Virtual Model*);
- Avaliação: Interface do Usuário de AV - Componentes de Apresentação (*VE User Interface Presentation Components*).

As mais de uma centena de sugestões, ou diretrizes de usabilidade, propostas em sua tese foram agrupadas nessas sub-áreas.

A Avaliação Heurística executada nesta dissertação foi aplicada com base nessas diretrizes propostas por Gabbard (1997).

No que se refere à avaliação de senso de presença em ambientes virtuais, Gentil (2008) produziu uma dissertação de Mestrado que faz uma avaliação de usabilidade da aplicação Second Life, aplicando o questionário de satisfação QUIS [Sharp et al. 2007], criado pelo laboratório de IHC da Universidade de Maryland, e o questionário IPQ (*igroup presence questionnaire*), para avaliação de senso de presença. Esta dissertação também aplicou o IPQ como método complementar ao proposto por Gabbard e coautores (1999).

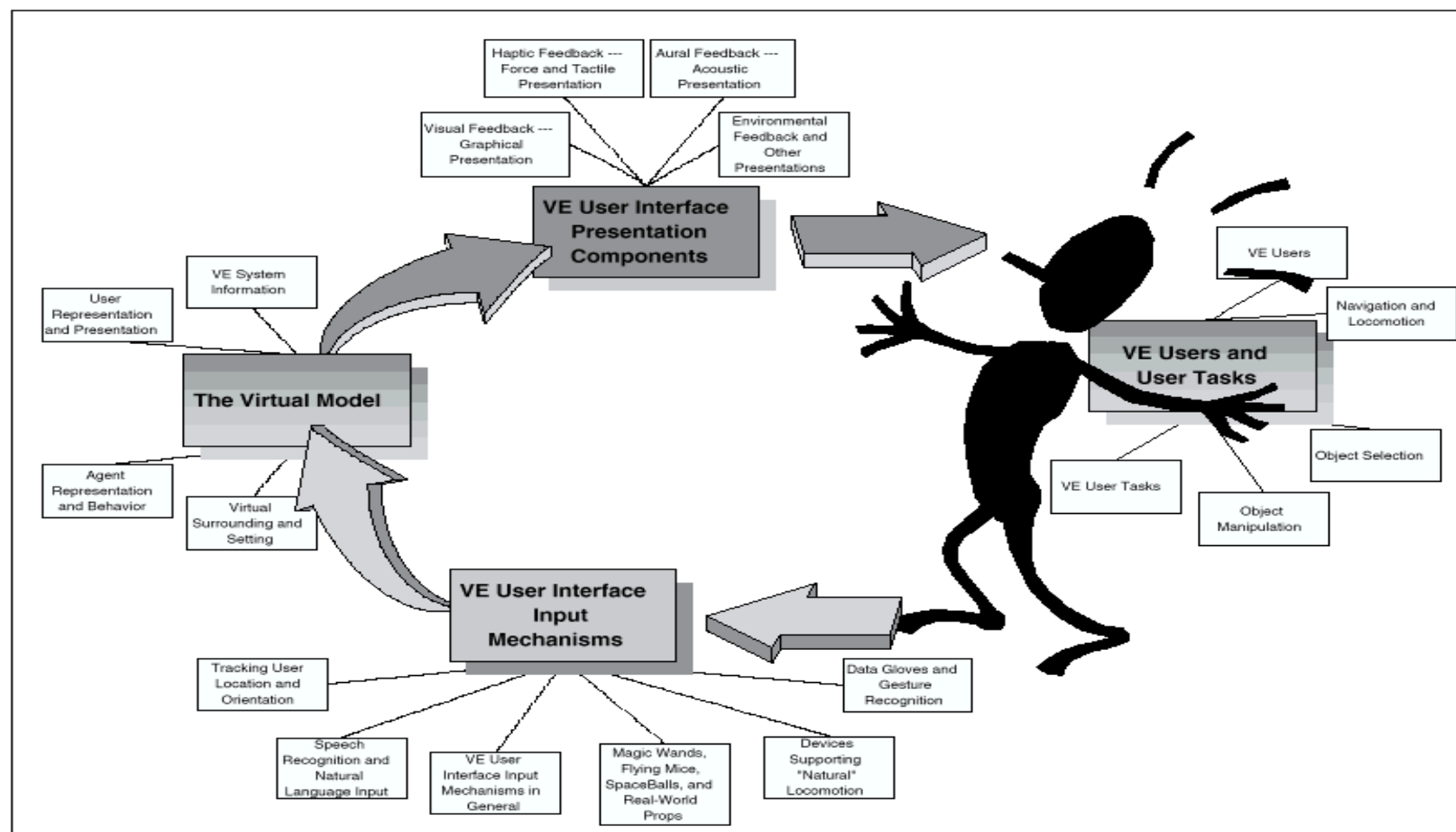


Figura 1 - *Framework* de Características de Usabilidade em AV [Gabbard 1997]

3

Metodologia de Avaliação

Este capítulo descreve a metodologia para aplicação do método de avaliação de comunicabilidade e a aplicação sequencial dos métodos de avaliação de usabilidade, visando avaliar a interação humano-computador em ambientes virtuais na HybridDesk, cuja descrição também se encontra neste capítulo.

3.1.

Plano de Avaliação Consolidado

Considerando que um dos principais objetivos deste estudo foi aplicar tanto o MAC como métodos de avaliação de usabilidade, foi desenvolvido um plano consolidado, que busca executar em conjunto os passos comuns, para maior eficiência, mas ao mesmo tempo procura preservar ao máximo a integridade de cada plano de avaliação.

O método de comunicabilidade foi executado de acordo com as cinco etapas definidas no capítulo 2:

1. Preparação do Teste;
2. Aplicação do Teste;
3. Etiquetagem da Interação;
4. Interpretação dos Dados;
5. Elaboração do Perfil Semiótico.

Já o plano para avaliação de usabilidade foi baseado na sequência de métodos proposta por Gabbard e coautores (1999):

- Análise das Tarefas do Usuário;
- Avaliação baseada em diretrizes feita por especialista (Avaliação Heurística);
- Cenários de uso baseados em tarefas do usuário;
- Observação de uso com protocolo de “*Think-aloud*”;
- Avaliadores sugerem melhorias para a interação;
- Avaliadores refinam os cenários de uso;
- Comparação do desempenho do usuário em *designs* alternativos.

Entretanto, considerando-se o tempo limitado para a realização de todo o processo de avaliação, que a HybridDesk ainda não é um produto final, e a inexistência nessa fase de design alternativo, os três últimos passos foram retirados da sequência acima.

Por outro lado, considerando-se a diversidade e inovação dos ambientes de interação da HybridDesk, o seu estágio de desenvolvimento, e o tempo limitado para a avaliação, foram adicionados mais três métodos para coleta de dados de usabilidade, que ocorreram juntamente com a sessão de observação de uso.

Esses métodos adicionais foram:

- Questionário de Satisfação e outros fatores de Usabilidade (Tullis & Albert 2008, Sharp et al. 2007, Nielsen 1993, Kuniavsky 2003);
- Entrevista (Sharp et al. 2007, Nielsen 1993, Kuniavsky 2003);
- Questionário de Senso de Presença (IPQ - *igroup presence questionnaire*, Gentil 2008).

Os questionários permitem capturar quantitativamente a percepção da interação pelo usuário no que se refere às questões colocadas, e as entrevistas permitem avaliar melhor a percepção qualitativa da interação pelo usuário, identificando questões específicas, nem sempre evidenciadas nos questionários ou observações de uso.

A Avaliação Heurística foi realizada com base no trabalho de Gabbard (1997), que fez sugestões de usabilidade que podem ser usadas como diretrizes para uma Avaliação Heurística de AVs.

Sendo assim, o plano aplicado para avaliação de usabilidade da HybridDesk englobou as seguintes etapas e sequência de métodos, como a seguir:

1. Preparação da Avaliação

- Análise das Tarefas do Usuário;
- Cenários de Uso.

2. Execução da Avaliação Heurística

3. Observação de Uso

- Observação de Uso com "Talk-aloud";
- Questionário Pós-uso para avaliação de usabilidade;
- Entrevista pós-uso;
- Observação de Uso para avaliação de senso de presença;
- Questionário Pós-uso para avaliação de senso de presença (IPQ).

4. Análise dos Resultados

- Tabulação, interpretação e avaliação dos dados pelos avaliadores.

Embora durante a avaliação de usabilidade sejam coletados dados qualitativos e quantitativos, o principal enfoque foi qualitativo, buscando-se identificar as principais Questões de Usabilidade, também chamadas de incidentes críticos no mesmo artigo de Gabbard e coautores (1999) que propõe a sequência de métodos.

Exatamente pelo enfoque mais qualitativo desta avaliação, optou-se por chamar a sessão de observação do usuário por avaliadores de “Observação de Uso” em vez de “Teste com Usuário” uma vez que a segunda nomenclatura tem a conotação de “Teste” e “Medida de Desempenho”, levando à interpretação de que o enfoque principal seria medir valores de desempenho, o que não é o caso.

A abordagem utilizada para o plano de avaliação consolidado foi a de executar em conjunto algumas das atividades das duas primeiras etapas de cada plano:

- Preparação da Avaliação (Usabilidade) e Preparação do Teste (MAC);
- Execução da Observação de Uso (Usabilidade) e Aplicação do Teste (MAC).

Desta forma, foi possível coletar dados simultaneamente para ambas as avaliações, em sessões de observação comuns, com os mesmos participantes executando as mesmas tarefas.

A Figura 2 ilustra como foi feita a consolidação das etapas das duas avaliações no plano de avaliação consolidado, destacando as etapas conjuntas e as exclusivas de comunicabilidade e usabilidade.

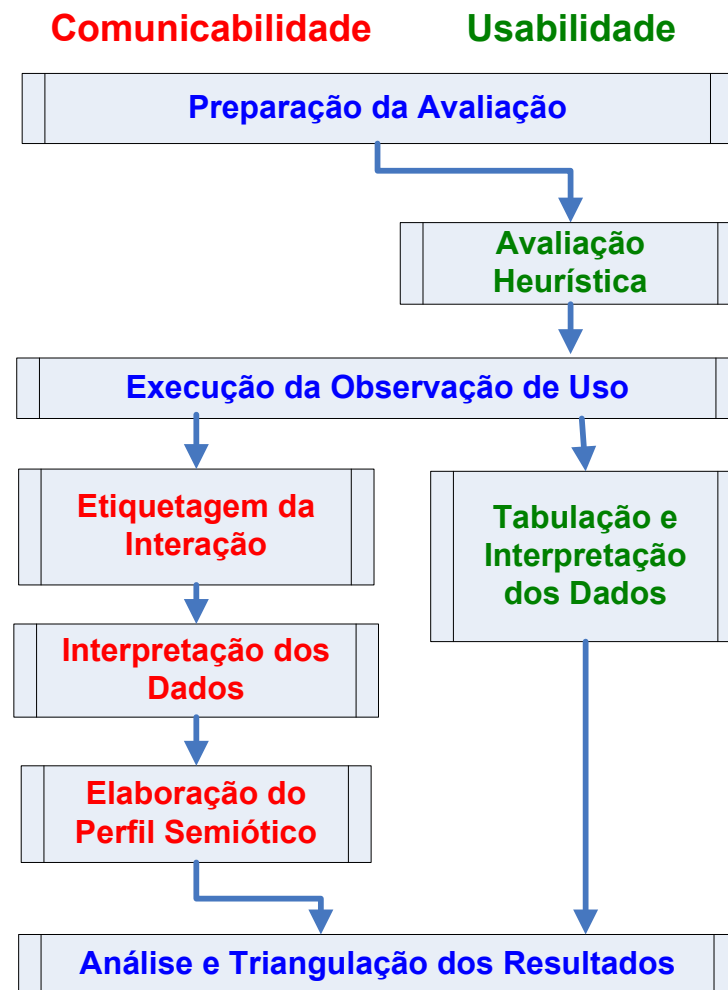


Figura 2 – Etapas do Plano de Avaliação Consolidado

Considerando que o MAC é um método de avaliação qualitativo, confirmou-se que o foco da avaliação de usabilidade deveria ser também qualitativo, sob pena de inviabilizar a execução conjunta de atividades.

Uma vez coletados os dados, as atividades das demais etapas de cada plano seguem fluxos próprios e independentes. Apenas após a obtenção dos resultados de cada método pôde-se fazer comparações e triangulações.

3.1.1 Preparação da Avaliação

Na primeira etapa, de Preparação da Avaliação, as atividades executadas em conjunto foram:

- Definição do Perfil e Seleção dos Participantes;
- Definição dos Cenários de Uso;
- Definição dos Avaliadores;
- Análise das Questões Éticas;

- Preparação do Material para Observação de Uso;
- Configuração e Ajustes do Ambiente de Avaliação;
- Realização do Teste Piloto.

A figura 3 a seguir ilustra o fluxo das atividades da etapa Preparação da Avaliação no plano consolidado, indicando as atividades conjuntas, as exclusivas de comunicabilidade e as exclusivas de usabilidade.

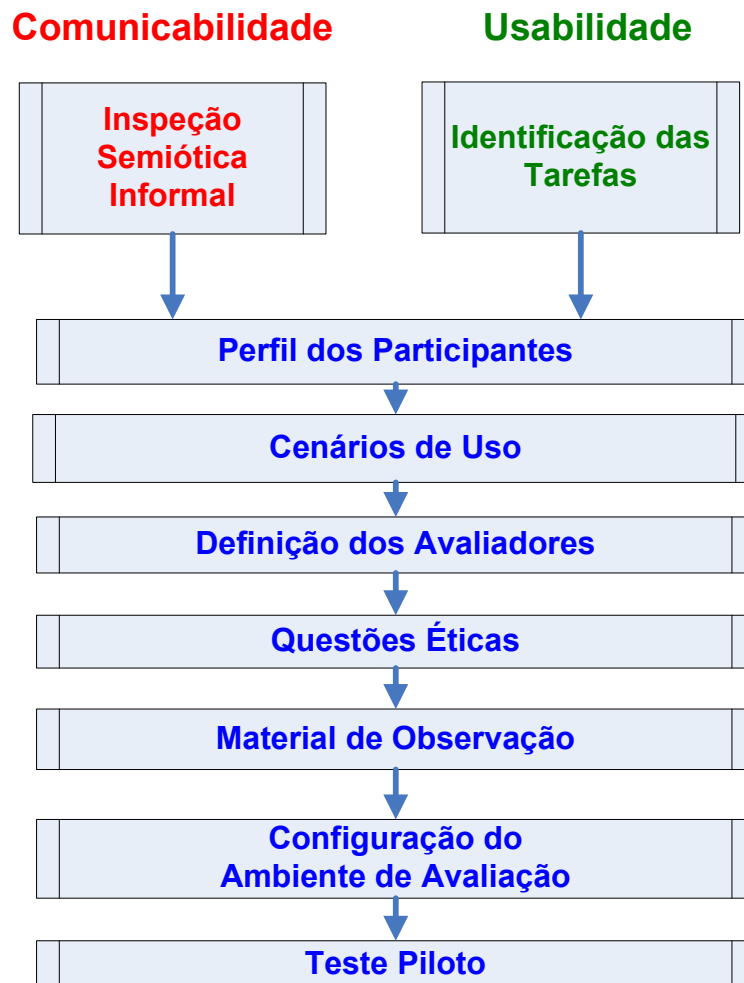


Figura 3 – Fluxo Consolidado de Atividades da Preparação da Avaliação

a. Identificação das Tarefas [Usabilidade]

A sequência de métodos proposta por Gabbard e coautores (1999) se inicia pela realização de uma análise das tarefas do usuário.

Entretanto, no caso desta avaliação, as tarefas a serem executadas pela HybridDesk foram concebidas pelo designer em sua Tese de Doutorado [Carvalho

2009], e definidas em discussões do designer com o avaliador, uma vez que não existe ainda um ambiente de utilização real do sistema que pudesse ser analisado. Em outras palavras, a implementação da HybridDesk permite apenas a realização de um conjunto limitado de tarefas, utilizado neste trabalho.

Por isso, consideramos este um passo de identificação das tarefas, e não de propriamente de análise das tarefas como proposto por Gabbard.

b. *Inspeção Informal com Base na Engenharia Semiótica [Comunicabilidade]*

Trata-se de uma inspeção semiótica informal realizada com base na engenharia semiótica, em preparação para a avaliação de comunicabilidade, executando os seguintes passos:

- Estudo da documentação *on-line* e *off-line* da HybridDesk: no caso, não existe um sistema de ajuda *on-line* e a única documentação disponível é a Tese de Doutorado de Carvalho (2009);
- Inspeção do design do software: executada pelos avaliadores, fazendo uso o protótipo da HybridDesk na execução das tarefas de interação típicas definidas pelo designer (navegação, seleção, manipulação e anotação), e buscando a identificação dos signos estáticos e dinâmicos da interface, uma vez que não existe documentação específica de design do software, apenas a Tese de Doutorado [Carvalho 2009] que documenta alguns conceitos de design da HybridDesk e alguns dos signos utilizados na interação;
- Entrevistas com o designer para complementar a documentação e esclarecer os principais aspectos do design da interação;
- Produção de uma versão consolidada da mensagem de metacomunicação pretendida pelo designer, e das questões de comunicação identificadas pelos avaliadores.

c. *Definição do Perfil e Seleção dos Participantes [Ambos]*

O perfil dos participantes que representem o “usuário típico” foi definido de acordo com o concebido pelo Designer, uma vez que a HybridDesk vai desempenhar um papel inexistente.

A seleção dos participantes para o MAC foi feita de acordo o perfil do “usuário típico”, em quantidade de 3-10 [de Souza 2005]. No nosso caso, selecionamos 4 pessoas.

A seleção dos participantes para usabilidade foi feita de acordo como o perfil, em quantidade de 6-8. Tullis & Albert (2008) indicam que diversos autores, inclusive Nielsen, defendem que em geral 5 seriam suficientes. Outros autores defendem que seriam necessários mais que 5 participantes para lidar com os diferentes perfis de usuário e um escopo maior de cenários de uso. No nosso caso, como o perfil dos participantes tem grandes similaridades, e os cenários de uso são simples e limitados, 5 (cinco) participantes seriam suficientes. Mesmo assim, convocamos 8 (oito) pessoas, deixando margem para algum imprevisto.

d. Definição dos Cenários de Uso [Ambos]

Produção de cenários de uso representativos, que foram utilizados para avaliação da interação durante as sessões de observação, visando avaliar os aspectos mais críticos da interação.

e. Definição dos Avaliadores [Ambos]

Para o MAC, foram utilizados 2 (dois) avaliadores com conhecimentos de engenharia semiótica, como requerido pelo método.

No que se refere à avaliação de usabilidade, a gravação de áudio e vídeo, o log das atividades pelo sistema e a aplicação de questionários pós-uso fornecem informações adicionais que viabilizam o uso de apenas 1 (um) avaliador durante a sessão de observação.

f. Análise das Questões Éticas [Ambos]

Verificar os cuidados que devem ser tomados para evitar a exposição dos participantes a estresse físico ou psicológico, bem como preservar o anonimato e a privacidade dos participantes.

g. Preparação do Material para Observação de Uso [Ambos]

Como material para a observação de uso, foram preparados os seguintes itens:

- i. Termo de Consentimento do participante (Apêndice B.1) [ambos];
- ii. Questionário de Perfil e Experiência (Apêndice B.2) [ambos];

- iii. Roteiro da observação para orientar os participantes, com Instruções de Uso, Instruções de Treinamento e Cenário de Uso 1 (Apêndice B.3, B.4 e B.5) [ambos];
- iv. Instruções em Arquivo no Cenário 3D (Apêndice B.6) [ambos];
- v. Roteiro da observação para orientar as anotações dos avaliadores (Apêndice B.7) [ambos];
- vi. Questionário Pós-uso de Usabilidade (Apêndice B.8);
- vii. Roteiro da Entrevista pós-uso (Apêndice B.9) [ambos];
- viii. Roteiro da observação para orientar os participantes, com Cenário de Uso 2 (Apêndice B.10);
- ix. Questionário Pós-uso de Senso de Presença (IPQ) (Apêndice B.11).

h. Configuração e Ajustes do Ambiente de Avaliação [Ambos]

Configurar e ajustar, se necessário, o ambiente de avaliação para as sessões de observação, incluindo:

- i. Posicionamento físico da HybridDesk.
- ii. Calibração da HybridDesk e seus componentes;
- iii. Gravação de vídeo e áudio com a câmera;
- iv. *Log* dos eventos de interação;
- v. Sincronização dos relógios do sistema e da câmera;
- vi. Iluminação ambiente.

i. Realização do Teste Piloto [Ambos]

Realização de um teste piloto com um participante extra, para “exercitar” o material produzido e os procedimentos das sessões de observação, visando identificar algum problema não antecipado pelo avaliador. Os dados coletados com este participante não são considerados nos resultados.

3.1.2 Plano de Execução da Observação de Uso (Aplicação do Teste)

Na segunda etapa, de Observação de Uso, as atividades executadas em conjunto foram:

- Recepção dos Participantes;
- Acomodação dos Participantes;

- Execução do Cenário de Uso 1;
- Entrevista Pós-Uso.

A figura 4 a seguir ilustra o fluxo das atividades da etapa Observação de Uso no plano consolidado, indicando as atividades conjuntas e as exclusivas de usabilidade.

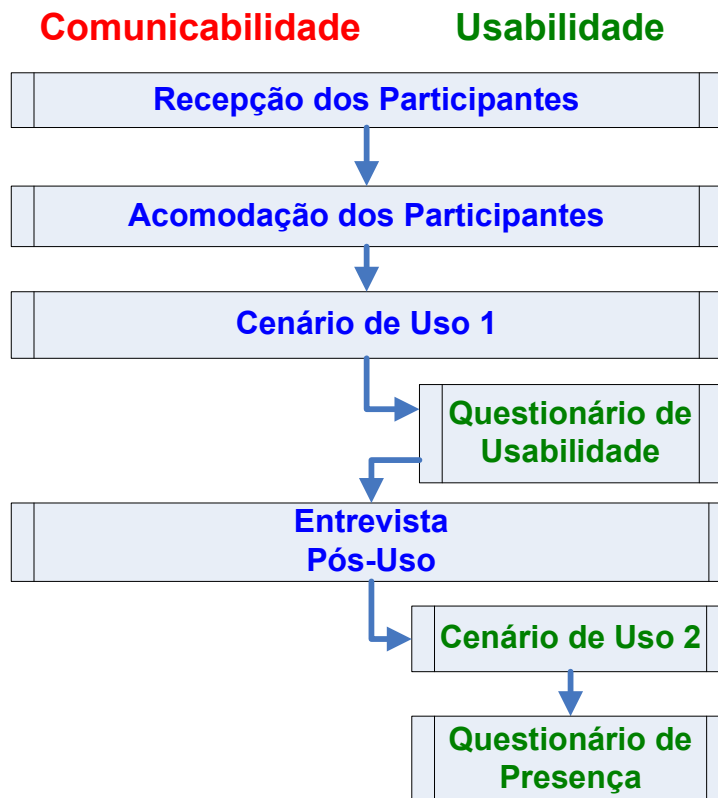


Figura 4 – Fluxo Consolidado de Atividades da Observação de Uso

A execução da observação de uso foi feita por 2 (dois) avaliadores no caso de comunicabilidade e 1 (um) avaliador no caso de usabilidade.

A execução da observação de uso envolve as seguintes atividades:

a. *Recepção dos Participantes [Ambos]*

- Boas-vindas ao participante;
- Apresentação dos avaliadores;
- Breve descrição da HybridDesk;
- Breve descrição do ambiente de observação;
- Leitura e assinatura Termo de Consentimento;
- Resposta ao questionário de perfil e experiência;

- Demonstração de uso da HybridDesk pelo avaliador.

b. Acomodação dos Participantes [Ambos]

- Encaminha o participante à HybridDesk;
- Entrega as Instruções de Uso, enfatizando em particular a importância de “FALAR-ALTO”;
- Orienta o participante para iniciar a tarefa de treinamento;
- O participante realiza treinamento das funcionalidades do sistema, em cenário 3D distinto do cenário de uso, com tempo limitado a 10 minutos.

c. Execução do Cenário de Uso 1 [Ambos]

- Entrega a tarefa do cenário de uso para execução pelo participante;
- Deixa claro que avaliadores não poderão ajudar nas tarefas;
- Inicia gravação de vídeo e áudio (FALAR-ALTO);
- Orienta o participante para iniciar cenário de uso;
- Avaliadores fazem anotações das rupturas de comunicabilidade;
- Ao fim da sessão de observação, a aplicação é terminada, a gravação de vídeo e áudio é encerrada, e o *log* do sistema é salvo.

Na impossibilidade de gravação das 6 telas de vídeo durante a interação pela HybridDesk, foi importante pedir aos participantes que praticassem o protocolo de “Relato em Voz Alta”, ou *talk-aloud*, que corresponde ao *think-aloud* de nível 1 [Ericsson & Simon 1993], que é mais fácil de aprender e no qual não é solicitado ao participante qualquer explicação ou “tradução” do que estava pensando, para que esse protocolo causasse o mínimo de impacto na interação.

d. Questionário Pós-Uso de Usabilidade [Usabilidade]

O participante é solicitado a preencher um questionário de usabilidade com 28 afirmações com as quais deve concordar ou não, numa escala Likert de 1 a 5, sendo 13 afirmações referentes às tarefas de interação e transição, e 15 referentes a fatores de usabilidade.

e. Entrevista Pós-Uso [Ambos]

O participante é entrevistado para opinar sobre a experiência de interação e esclarecer algumas dúvidas dos avaliadores. As respostas ao questionário pós-uso de usabilidade são usadas para orientar a entrevista de usabilidade. A entrevista foi gravada em áudio para facilitar anotações.

f. Execução do Cenário de Uso 2 [Usabilidade]

O avaliador entrega a tarefa do cenário de uso para execução pelo participante e orienta o participante que não precisa “FALAR-ALTO” neste cenário.

Ao final da leitura da tarefa pelo participante, o avaliador orienta o participante para iniciar a execução do cenário de uso.

g. Questionário Pós-Uso de Senso de Presença (IPQ) [Usabilidade]

O participante é solicitado a preencher um questionário de senso de presença com 14 questões, definidas pelo *igroup presence questionnaire* em inglês e traduzidas para o português como parte deste trabalho. Elas também foram traduzidas e utilizadas por Gentil (2008) em sua avaliação de usabilidade da aplicação Second Life.

3.1.3 Plano de Etiquetagem da Interação [Comunicabilidade]

A etiquetagem da interação foi realizada de acordo com o descrito na seção 2.2.3, fazendo uso das anotações dos avaliadores, da gravação de vídeo, do áudio *talk-aloud* do participante e, eventualmente, do áudio da entrevista e do *log* do sistema.

3.1.4 Plano de Interpretação dos Dados [Comunicabilidade]

A interpretação dos dados foi realizada de acordo com o descrito na seção 2.2.4, usando os dados produzidos nas fases anteriores.

As questões de comunicabilidade foram mapeadas para outras classificações de problemas de interação, o que irá facilitar uma comparação com as questões de usabilidade.

3.1.5 Plano de Elaboração do Perfil Semiótico [Comunicabilidade]

O perfil semiótico foi produzido de acordo com o descrito na seção 2.2.5, com base na interpretação dos dados de comunicabilidade, e produziu relatório do significado da metacomunicação designer-usuário [Salgado 2007].

3.1.6 Plano de Tabulação e Interpretação dos Dados [Usabilidade]

A tabulação e interpretação dos dados de usabilidade envolveu os seguintes passos:

- Captura dos dados coletados durante a observação de uso de cada participante (vídeo, áudio, *log* do sistema e anotações) em um formato adequado para a realização da etapa de tabulação e interpretação dos dados;
- Produção de uma folha de observação por participante, com os tempos de início e fim de cada tarefa, as questões ocorridas e os principais depoimentos, por tarefa de interação do cenário de uso 1;
- Produção de tabelas com os seguintes dados, tabulados por tarefa de interação [Tullis e Albert 2008]:
 - i. Número de questões de usabilidade por tarefa de interação e de transição;
 - ii. Número de erros: leve, médio e grave, por tarefa;
 - iii. Número de iterações, ou tentativas, de cada tarefa;
 - iv. Tempo de execução de cada tarefa;
- Interpretação dos dados tabulados nas observações de uso de acordo com sugestões de Tullis e Albert (2008);
- Tabulação e interpretação das respostas ao questionário de usabilidade feitas de acordo com sugestões de Tullis e Albert (2008) e Sharp e coautoras (2007);
- Tabulação e interpretação das respostas ao questionário de senso de presença feitas de acordo com o *igroup presence questionnaire* e Gentil (2008);
- As questões de usabilidade identificadas tanto na observação de uso como na avaliação heurística são também mapeadas para outras classificações de problemas de interação, o que facilita uma comparação com as questões de comunicabilidade.

3.2. Ambiente de Avaliação

Esta avaliação foi produzida com base na observação da execução de tarefas típicas em ambientes virtuais produzidos na HybridDesk, desenvolvida no Tecgraf da PUC-Rio no contexto de uma Tese de Doutorado [Carvalho 2009].

3.2.1 Componentes

O protótipo atual da HybridDesk é composto dos seguintes equipamentos e tecnologias [Carvalho 2009]:

- a. **MiniCAVE (Figura 5)**: um sistema de visualização baseado em projeções em quatro lados (Frontal, Lateral direita, Lateral esquerda e Inferior);
- b. **Monitor LCD (Figura 5)**: monitor do tipo LCD;
- c. **Tracker Ótico**: um sistema de rastreamento ótico composto por duas câmeras;
- d. **Mouse e Teclado**;
- e. **Óculos Estéreo (Figura 6)**: óculos estéreo adaptado para rastreamento ótico (*head-tracking*).
- f. **Wand do Wii (Figura 7)**: apontador 3D adaptado para rastreamento ótico;



Figura 5 – Mini-Cave com Monitor LCD ao Centro [Carvalho 2009]

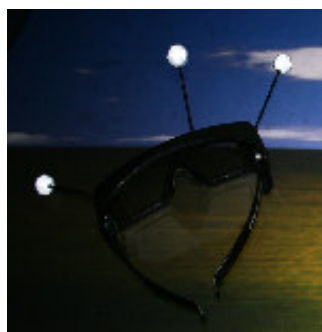


Figura 6 – Óculos Estéreo com Rastreamento Ótico [Carvalho 2009]



Figura 7 – *Wand* do *Wii* com Rastreamento Ótico [Carvalho 2009]

3.2.2 Ambientes de Interação

A HybridDesk possui os três ambientes de interação seguintes:

1. VR-Nav (Figura 8): ambiente semi-imersivo, utiliza as quatro telas de projeção. Os óculos estéreo são utilizados para visualização com o *head-tracking* habilitado. O dispositivo de entrada é a *Wand*;



Figura 8 – Ambiente VR-Navegação [Carvalho 2009]

2. VR-Manip (Figura 9): ambiente inspirado na idéia de *reach-in displays*, para permitir a manipulação de objetos ao alcance das mãos. O objeto é visualizado no monitor LCD com óculos estéreo com o *head-tracking* habilitado. O dispositivo de entrada é a *Wand*, que manipula o objeto atrás do monitor LCD.

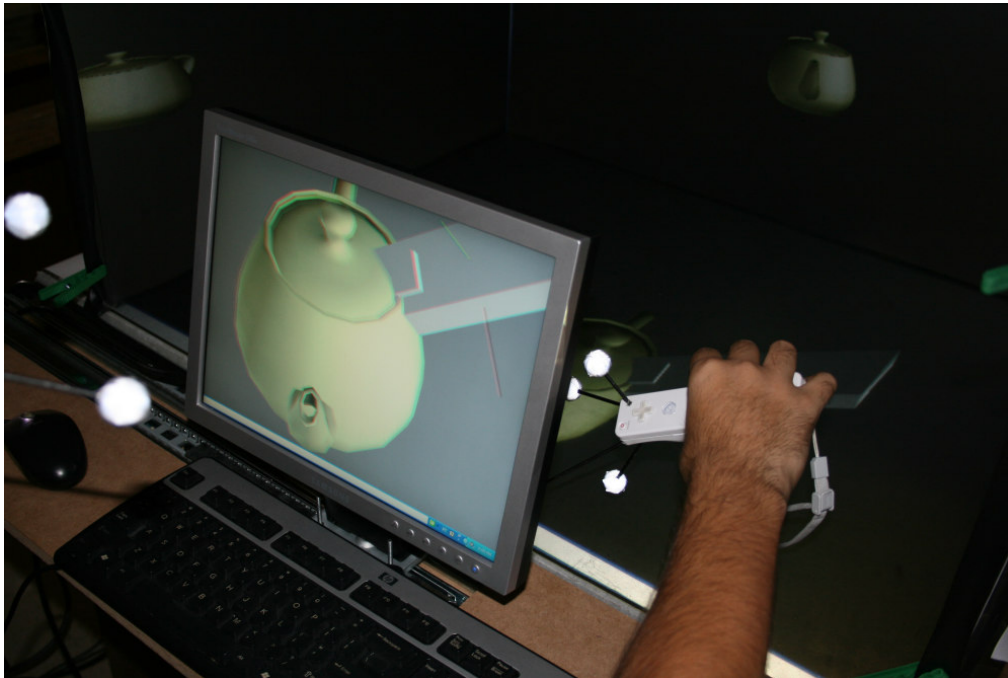


Figura 9 – Ambiente VR-Manipulação [Carvalho 2009]

3. WIMP (Figura 10): ambiente de desktop clássico com janelas, ícones, mouse e ponteiro. Utiliza para visualização todos os quatro lados da HybridDesk, além da tela do monitor LCD. A projeção frontal é a tela inicial. Os dispositivos de entrada são o teclado e o mouse;



Figura 10 – Ambiente WIMP [Carvalho 2009]

3.2.3 Tarefas de Interação e Transição

Bowman e coautores (2005) definiram uma taxonomia para as tarefas de interação em ambientes virtuais: Navegação, Seleção, Manipulação, Controle do Sistema e Comunicação Simbólica, descritas na seção 3.1.

Considerando esta taxonomia, foram identificadas as seguintes principais tarefas de interação na HybridDesk:

1. Navegação (Ambiente de Interação VR-Nav)
 - a. Navegação no cenário 3D procurando um objeto 3D;
 - b. Navegação no cenário 3D procurando uma anotação.
2. Seleção (Ambiente de Interação VR-Nav)
 - a. Seleção de um objeto 3D (vide Figura 11);
 - b. Seleção de um ícone 3D com anotação (vide Figura 12).
3. Manipulação (Ambiente de Interação VR-Manip)
 - a. Manipulação de um objeto 3D para verificação;
 - b. Manipulação do ícone 3D de uma anotação para anexação ao objeto 3D (vide Figura 13).
4. Comunicação Simbólica (Ambiente de Interação WIMP)
 - a. Leitura de uma anotação;
 - b. Atualização de uma anotação;
 - c. Criação de uma anotação.

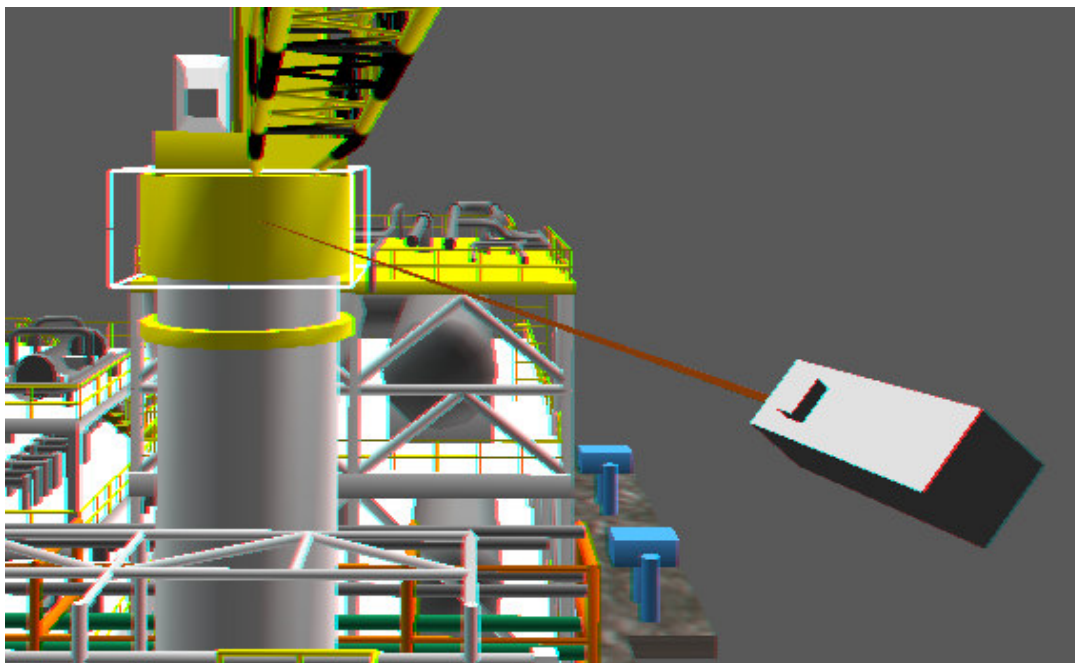


Figura 11 – Seleção de um Objeto com *Ray casting* [Carvalho 2009]

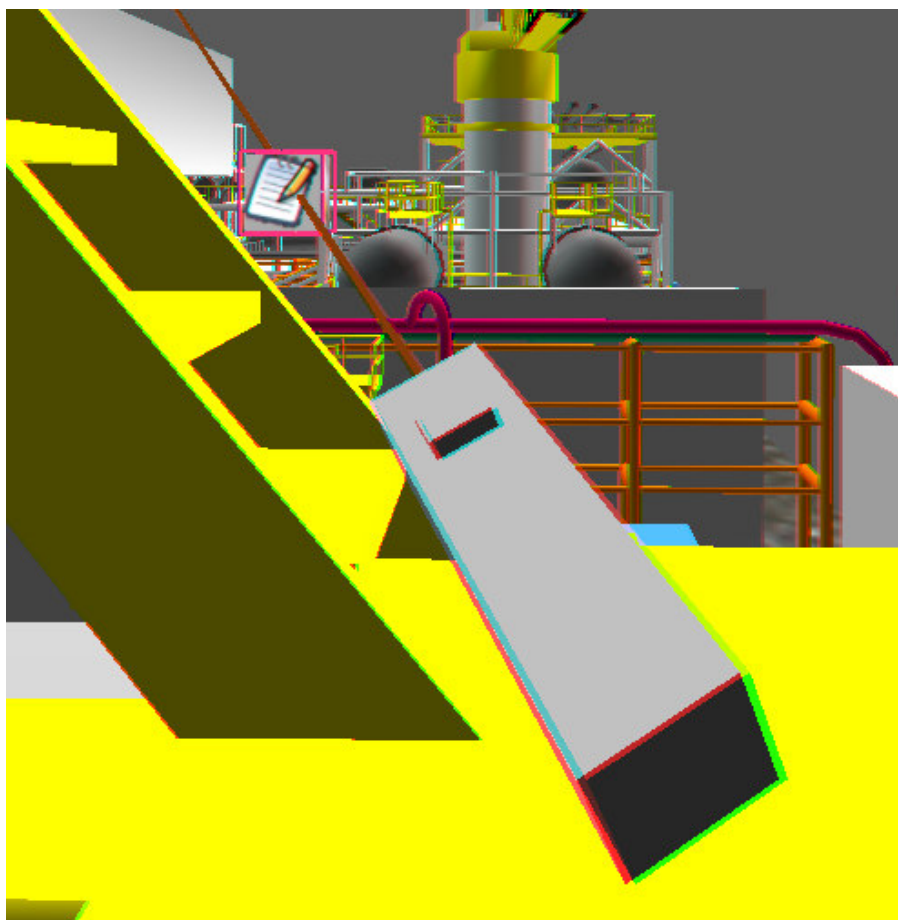


Figura 12 – Seleção de um Ícone 3D com Anotação [Carvalho 2009]

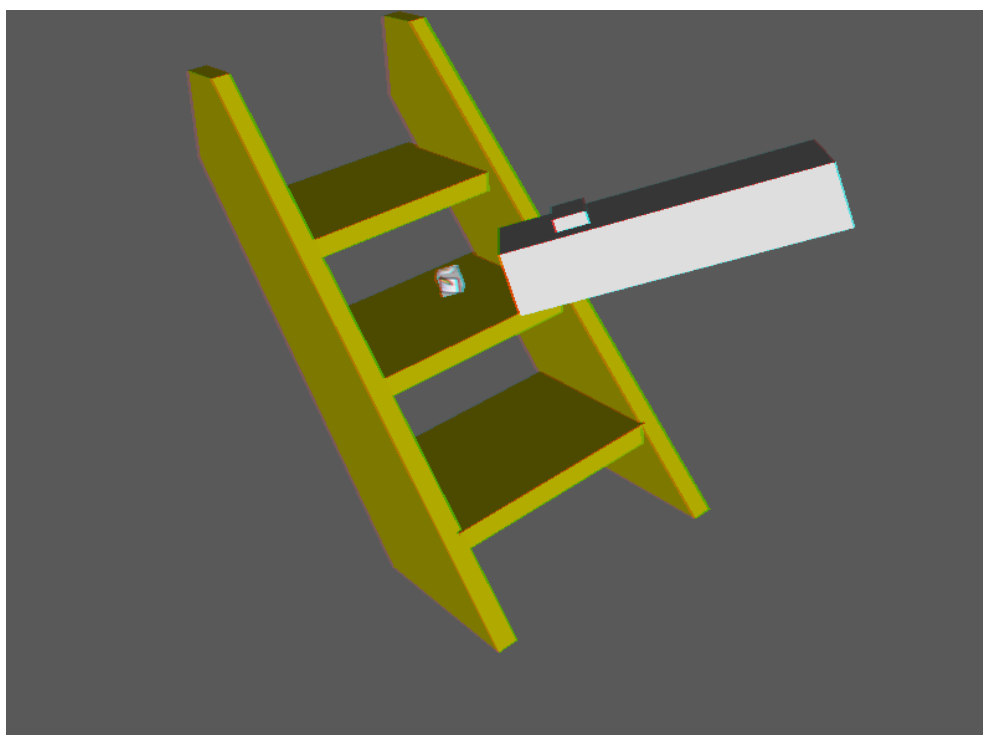


Figura 13 – Ícone 3D Preso à *Wand* para Anexação ao Objeto (Escada) [Carvalho 2009]

Considerando as possibilidades de transição entre os três ambientes de interação, existem seis possíveis tarefas de transição, ilustradas na Figura 14 (Comandos para Transição) e na Figura 15 (Transições entre Dispositivos):

- a. VR-Nav para VR-Manip;
- b. VR-Manip para VR-Nav;
- c. VR-Nav para WIMP;
- d. WIMP para VR-Nav;
- e. VR-Manip para WIMP;
- f. WIMP para VR-Manip.

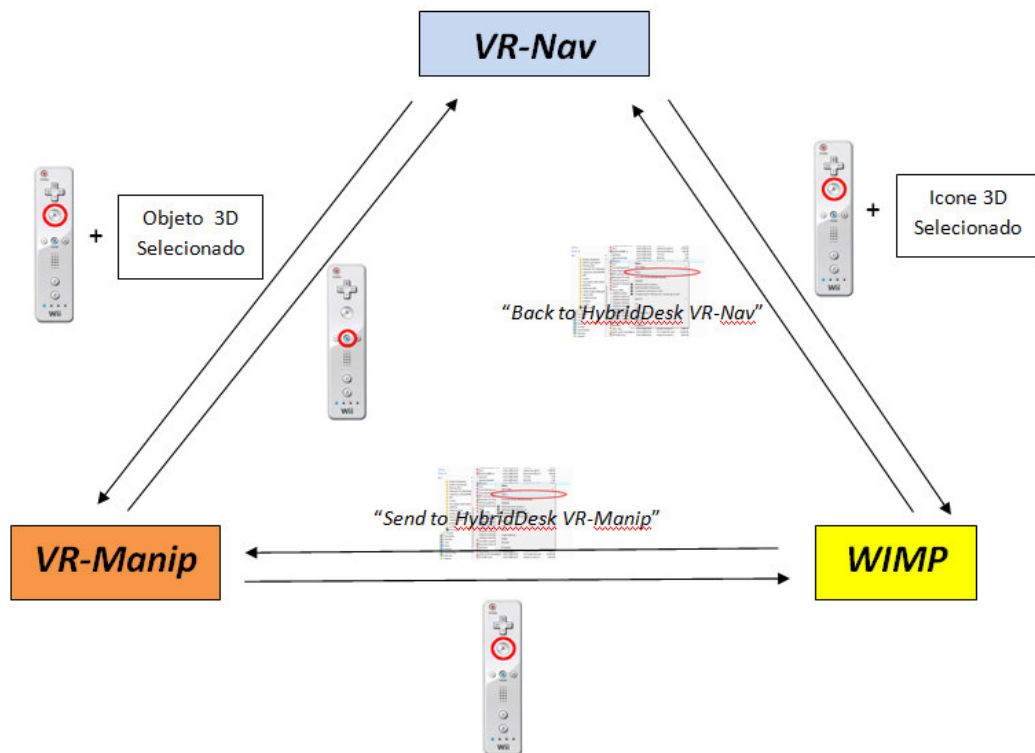


Figura 14 – Comandos para Transição entre Ambientes de Interação [Carvalho 2009]

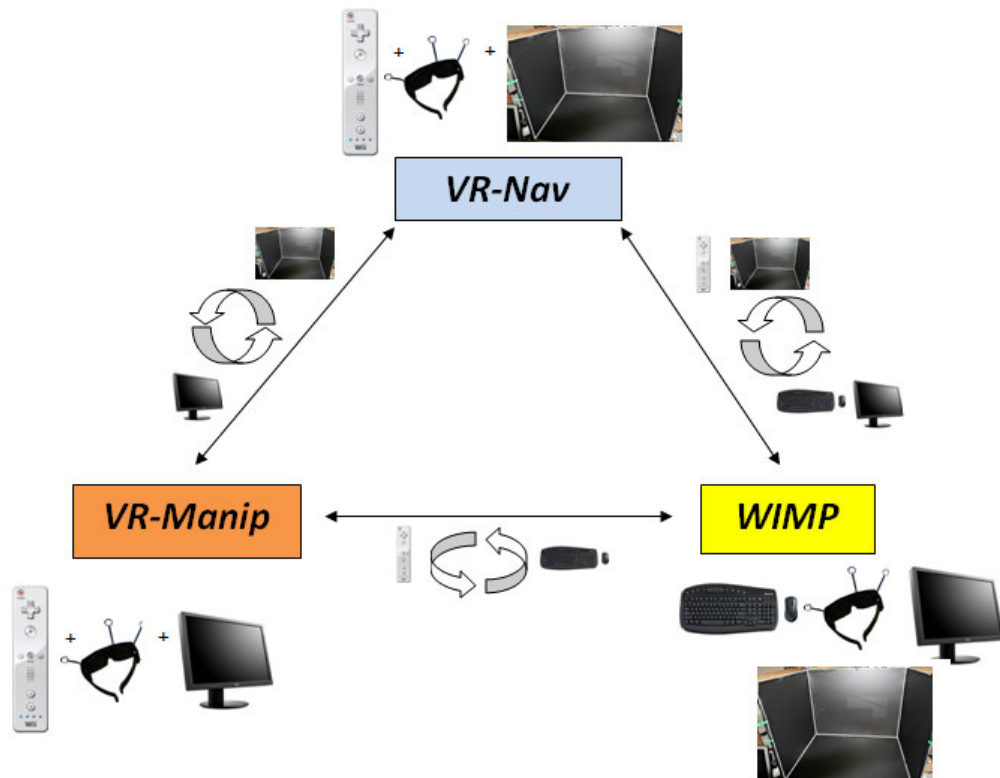


Figura 15 – Transições de Dispositivos de Interação na HybridDesk [Carvalho 2009]

Visando orientar os usuários com relação ao que fazer quando ocorre uma transição de ambiente, a HybridDesk mostra algumas animações na tela ao fundo da MiniCAVE indicando como movimentar o LCD.

A Figura 16 ilustra a movimentação do LCD para o centro quando da transição para o ambiente de manipulação. A Figura 17 ilustra a movimentação para o lado quando da transição para navegação.

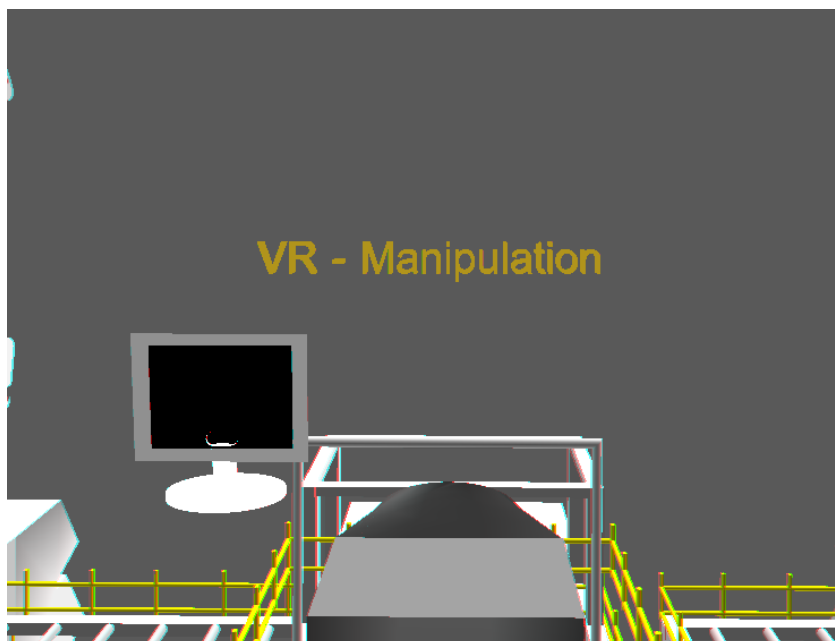


Figura 16 – Animação para Indicar o Movimento do LCD para o Lado da MiniCAVE
[Carvalho 2009]



Figura 17 – Animação para Indicar o Movimento do LCD para o Centro da MiniCAVE
[Carvalho 2009]

4

Preparação e Execução da Avaliação

Este capítulo descreve as atividades realizadas nas fases de preparação e execução das avaliações de comunicabilidade e usabilidade, de acordo com o plano consolidado descrito na seção 3.1.

4.1.

Preparação da Avaliação

4.1.1 Identificação das Tarefas

A HybridDesk foi projetada e desenvolvida para executar tarefas de anotação bem específicas em ambientes virtuais híbridos.

Consultando a Tese de Doutorado de Carvalho (2009) e através de discussões com o próprio designer da HybridDesk, identificamos dois objetivos de uso do sistema e as tarefas do usuário correspondentes:

1. Objetivo: Deixar anotação com parecer no cenário 3D sobre a modelagem de um objeto, seguindo instruções deixadas pelo gerente no próprio cenário 3D.

Sequência de tarefas do usuário:

- a. Ler instruções deixadas pelo gerente no cenário 3D;
- b. Verificar a correta modelagem de objetos 3D;
- c. Deixar anotação sobre a modelagem dos objetos 3D.

2. Objetivo: Deixar anotação com parecer no Cenário 3D sobre as características de objetos 3D.

Sequência de tarefas do usuário:

- a. Verificar as características de objetos 3D;
- b. Deixar anotação sobre as características dos objetos 3D.

4.1.2 Inspeção informal com Base na Engenharia Semiótica

Nesta etapa foi realizada uma inspeção semiótica informal, como descrita anteriormente no item 3.1.1b.

O estudo da documentação *off-line* da HybridDesk, no caso a Tese de Doutorado de Carvalho (2009), em conjunto com entrevistas com o designer, produziu a seguinte mensagem de metacomunicação preliminar pretendida pelo designer:

“Na minha interpretação você é um usuário com conhecimentos de modelagem 3D, que tem o papel de inspecionar a modelagem realizada por outras pessoas. Eu entendi que para isso você precisa de uma ferramenta para visualizar e navegar no cenário 3D. Precisa ainda selecionar e manipular os objetos deste cenário para verificar a modelagem dos mesmos, de preferência num ambiente separado, apropriado para esta manipulação. Finalmente, precisa ter a possibilidade de deixar anotações anexas aos objetos, contendo o seu parecer sobre a modelagem, preferencialmente num ambiente familiar para anotações de texto, como um desktop Windows. A HybridDesk foi a ferramenta que eu projetei para você, com três ambientes de interação, onde no primeiro ambiente (VR-Nav) você poderá navegar até o objeto a ser verificado, selecioná-lo e, num segundo ambiente (VR-Manip), manipulá-lo a fim de fazer a verificação desejada. Um terceiro ambiente (WIMP) foi concebido para você criar um arquivo com uma anotação contendo o seu parecer, que pode ser anexado ao objeto verificado na volta ao ambiente VR-Manip, e que será representado no cenário 3D por um ícone cúbico 3D. Além de verificar a modelagem 3D e deixar seu parecer em anotações anexadas aos objetos, com esta ferramenta você também poderá ler as anotações ou instruções deixadas por outras pessoas anexadas a objetos do cenário 3D.”

Foi feita uma inspeção do design do software através do uso, pelos avaliadores, do protótipo da HybridDesk, executando as tarefas de interação típicas definidas pelo designer (navegação, seleção, manipulação e anotação).

A inspeção dos signos estáticos foi muito limitada, uma vez que a HybridDesk apresenta nas suas telas apenas o cenário 3D como interface estática, com a única exceção da representação virtual da *Wand* e seu raio de

apontamento (*ray-casting*), que são superpostos ao cenário 3D para indicar sua direção de apontamento e objeto apontado.

Vale notar que a inspeção dos signos estáticos do dispositivo de entrada, no caso a *Wand*, é interessante neste caso, uma vez que o designer atribuiu significados a quatro dos botões da *Wand*, mas não a todos, além de esperar que sejam feitos gestos pelo usuário para movimentar o cenário e os objetos 3D. Olhando-se apenas para a *Wand*, sem um sistema de ajuda ou treinamento, não é possível ao usuário inferir as funcionalidades atribuídas à *Wand*, o que se constitui num problema de comunicabilidade.

A inspeção dos signos estáticos identificou as seguintes questões de comunicabilidade:

- a. Inexistência de um sistema de ajuda: tanto para as funcionalidades da *Wand* como para transmitir instruções de como usar o sistema;
- b. Inexistência de “menu de opções”: não existe um “menu principal” nem signos que levem a um “menu principal”, nem um “menu de opções” contextual do que se pode fazer com o sistema ou objetos. O usuário tem de estar ciente a cada instante do estado do sistema e o que ele pode ou não fazer, e como;
- c. Ícone 3D que representa a anotação fica muito pequeno quando à distância, sendo de difícil localização no cenário 3D, exigindo grande aproximação para ser percebido pelo usuário.

Na inspeção dos signos dinâmicos, vale destacar alguns dos signos dinâmicos identificados que facilitam a comunicação com o usuário:

- Todo o cenário 3D se movimenta, mudando o ponto de vista de acordo com o movimento da cabeça do usuário, comunicando ao usuário que ele pode mudar seu ponto de vista do cenário com movimento da cabeça;
- A representação da *Wand* no cenário 3D e seu raio de apontamento se mantêm alinhados e acompanham o movimento da *Wand* real nas mãos do usuário, comunicando ao usuário que devem ser observados para ver para onde estão apontando;
- O objeto sendo apontado pela *Wand* é destacado através de um *bounding box*, propiciando *feedback visual dinâmico para o usuário de qual objeto foi apontado e será selecionado*;
- As transições de ambiente de interação de VR-Nav para VR-Manip, e vice-versa, bem como de WIMP para VR-Nav, apresentam animações nas telas da

mini-CAVE para orientar o usuário quanto à transição entre ambientes que está ocorrendo;

- O arquivo de anotação a ser anexado ao objeto aparece na ponta da *Wand* representado por um ícone 3D, o que ajuda a compreender a tarefa a ser executada, que é a de anexação deste ícone 3D (anotação) ao objeto 3D também presente na tela de manipulação.

A inspeção dos signos dinâmicos propiciou a descoberta das seguintes questões de comunicabilidade:

- a. Objeto selecionado à distância fica invisível para manipulação: ao selecionar a ponta de um dos guindastes a uma grande distância da *Wand*, a ponta do guindaste não aparece na tela do LCD no ambiente VR-Manip. É preciso usar a *Wand* para arrastar o objeto para a área visível do LCD. Isto dificulta o entendimento pelo usuário de que a transição de ambiente foi realmente feita de VR-Nav para VR-Manip. Vale notar que usuários desacostumados a navegar em ambientes virtuais não têm o hábito de se aproximar de um objeto para fazer a seleção, apenas colocam o cursor do mouse em cima do objeto e clicam;
- b. Duplo clique casual leva a uma condição desconhecida: ao selecionar um objeto, clicou-se casualmente duas vezes no botão A, ao invés de apenas uma vez, causando a transição quase que direta do ambiente VR-Nav para o ambiente WIMP (desejado era o VR-Manip). Isto deixou um dos avaliadores perdido em relação ao que havia ocorrido, tendo a impressão que o sistema havia congelado. Não percebeu que o sistema havia transicionado para o ambiente WIMP e aberto uma janela no monitor LCD que estava ao lado esquerdo, até porque o monitor estava fora do campo de visão;
- c. Transição para WIMP não percebida: ao clicar no ícone 3D que representava o arquivo com as instruções, não se percebeu que o sistema havia mudado para o ambiente WIMP, onde ele deveria ser lido. Intuitivamente, esperava-se que as instruções textuais fossem de alguma forma apresentadas na tela do cenário 3D, ou pelo menos alguma mensagem textual na tela avisaria o que fazer ou o que ocorreu;
- d. Anexação do ícone 3D não percebida: no ambiente VR-Manip, ao se anexar o ícone 3D ao objeto sendo manipulado, o sistema não dá *feedback* na tela do LCD, que é onde está ocorrendo a interação (ambiente VR-Manip), mas dá o *feedback* nas telas da mini-CAVE

(ativas apenas em VR-Nav), que permanecem visíveis, apesar de não estarem habilitadas para interação durante VR-Manip. Isto confunde o usuário, tanto do ponto de vista se houve a anexação do ícone 3D ou não, como em qual ambiente ele está realmente interagindo;

- e. Mensagem do Windows em tela oclusa: ao fechar a janela do arquivo de texto que foi atualizado com a anotação, o programa *Notepad* abriu uma janela para confirmar a atualização na tela projetada na tela do tampo da HybridDesk, cuja visão fica obstruída pelo LCD, e não no próprio LCD, onde estava ocorrendo a interação e estava a janela do arquivo que se tentava fechar. Isto confunde o usuário sobre o que fazer e onde.

Durante a inspeção, foi detectado um *bug* grave no sistema:

- a. O arquivo de anotação não pode ser criado dentro da pasta "*documents and settings*", pois a aplicação não consegue enviá-lo para os outros ambientes e "congela" o sistema. Para contornar este problema foi criada uma pasta para cada participante, onde deverá ser colocado o arquivo de anotação.

Após a inspeção dos signos estáticos e dinâmicos e discussão com o designer da HybridDesk, esta etapa de inspeção semiótica informal foi finalizada pela produção da versão consolidada da mensagem de metacomunicação pretendida pelo designer, já adequada para um cenário típico pretendido:

"Na minha interpretação você é um usuário com conhecimentos de modelagem 3D e experiência na navegação em ambientes virtuais 3D, que está começando a trabalhar numa empresa que faz a modelagem de cenários 3D, na função de verificador da modelagem 3D. Eu entendi que para isso você precisa de uma ferramenta para visualizar e navegar no cenário 3D, selecionar e manipular os objetos deste cenário para verificar a modelagem e/ou as características dos mesmos num ambiente apropriado para esta manipulação, e ter a possibilidade de deixar anotações anexas aos objetos contendo o seu parecer sobre a modelagem e/ou características, preferencialmente num ambiente familiar para as anotações de texto, como um desktop Windows. A HybridDesk foi a ferramenta que eu projetei para você, com três ambientes de interação, onde no primeiro ambiente (VR-Nav) você poderá navegar até o objeto a ser verificado,

selecioná-lo e, num segundo ambiente (VR-Manip), manipulá-lo a fim de fazer a verificação desejada. Um terceiro ambiente (WIMP) foi concebido para você criar um arquivo com uma anotação contendo o seu parecer, que pode ser anexado ao objeto verificado na volta ao ambiente VR-Manip, e que será representado no cenário 3D por um ícone cúbico 3D. Além de verificar a modelagem 3D e deixar seu parecer em anotações anexadas aos objetos, com esta ferramenta você também poderá ler as anotações ou instruções deixadas por outras pessoas anexadas a objetos do cenário 3D.”

Esta mensagem consolidada introduziu 3 novidades em relação à mensagem de metacomunicação preliminar:

- Verificou-se pelo uso do avaliador, e confirmou-se com o designer, que o usuário deve ter experiência prévia na navegação em ambientes virtuais 3D, sob pena de ter uma experiência problemática na interação com a HybridDesk;
- Caracterizou-se um cenário típico, adequado para a avaliação pretendida, onde o usuário tem conhecimentos de modelagem 3D, mas seria iniciante no uso da HybridDesk, para que se pudesse avaliar o caso típico do usuário que conhece e utiliza aplicações 3D, mas que ainda não teve treinamento na HybridDesk, mas que iria passar a utilizá-la para o exercício de suas funções no dia a dia;
- Outra novidade foi a identificação de que a HybridDesk poderia ser usada também para uma tarefa de verificação das características dos objetos, como contar os degraus em uma escada, o que inicialmente não tinha ficado claro pela documentação e conversas com o designer. Esta constatação permitiu a identificação de um segundo cenário de uso típico, como descrito na seção 4.1.5 a seguir.

4.1.3 Definição do Perfil dos Avaliadores

Para a avaliação de comunicabilidade foram utilizados dois avaliadores, um com experiência anterior na aplicação do MAC, mas com pouca experiência em sistemas de ambientes virtuais, e outro com experiência em sistemas de ambientes virtuais, em particular com a HybridDesk, além de conhecimentos de engenharia semiótica e experiência na aplicação do método de inspeção semiótica (MIS), mas sem experiência na aplicação do MAC. A combinação das experiências e conhecimento dos dois avaliadores permitiu cobrir um amplo espectro de questões na execução do MAC da HybridDesk.

Para a avaliação de usabilidade foi utilizado apenas um avaliador com conhecimentos de métodos de avaliação de usabilidade e de sistemas de ambientes virtuais, particularmente da HybridDesk.

4.1.4 Definição do Perfil dos Participantes

A literatura [Nielsen 1993, de Souza 2005] deixa claro, e a fase de preparação confirmou, que é de extrema importância a definição do perfil correto dos participantes e a sua seleção de acordo com o “perfil típico” dos usuários.

O perfil definido foi compatível com a metacomunicação designer-usuário identificada pelos avaliadores na atividade de inspeção e com os cenários de uso concebidos em discussões com o designer.

Ficou definido que o participante deveria ter o seguinte perfil:

- Experiência em pelo menos dois tipos de aplicação de ambientes virtuais 3D com uma frequência mínima de 1 vez por mês (“perfil típico” inicial);
- Conhecimentos de modelagem 3D;
- Nunca ter usado a HybridDesk, o ambiente de avaliação, para evitar qualquer preconceito ou vício proveniente de experiência anterior;
- Se já usou uma CAVE, deveria ser com muito pouca frequência, devido a uma certa similaridade da experiência.

4.1.5 Definição dos Cenários de Uso

Considerando que a HybridDesk ainda é um protótipo e não possui usuários que realizam tarefas no seu dia a dia, foram definidos dois cenários de uso típicos a partir de discussões com o Designer e dos objetivos da avaliação. A seguir são apresentados esses cenários, tal como foram entregues aos participantes do teste (vide Apêndices B.5 e B.10).

Cenário de Uso 1

"Você tem experiência na visualização gráfica de modelos 3D, mas nunca usou a HybridDesk."

Você foi contratado por uma empresa de petróleo para verificar a modelagem de objetos 3D que está sendo realizada por outro grupo da sua empresa.

Você usa a HybridDesk no seu dia a dia para fazer essas verificações e deixar anotações, contendo o seu parecer, junto ao objeto verificado.

O seu gerente deixou as instruções sobre sua tarefa no próprio cenário 3D da plataforma de petróleo, em arquivo anexado acima da escada à direita do Heliporto.

Você deve acessar a plataforma de petróleo com a HybridDesk, encontrar o arquivo e seguir as instruções deixadas pelo seu gerente neste arquivo, executando as tarefas solicitadas.”

A realização deste cenário de uso envolve a execução das seguintes tarefas do usuário:

- Ler instruções deixadas pelo gerente no cenário 3D;
- Verificar a correta modelagem de objetos 3D;
- Deixar anotação com parecer sobre a modelagem dos objetos 3D.

Segundo a intenção do avaliador, a realização destas tarefas do usuário, no Cenário de Uso 1, envolve a execução das seguintes tarefas de interação, nos ambientes indicados entre parênteses:

- TI-1: Navegação no cenário 3D até encontrar a instrução (VR-Nav);
- TI-2: Seleção do ícone 3D com a instrução (VR-Nav);
- TI-3: Leitura da anotação com a instrução (WIMP);
- TI-4: Navegação no cenário 3D até encontrar um dos objetos procurados (VR-Nav);
- TI-5: Seleção do objeto primeiro procurado (VR-Nav);
- TI-6: Manipulação do primeiro objeto procurado para verificação da modelagem (VR-Manip);
- TI-7: Criação da anotação com o parecer sobre o primeiro objeto (WIMP);

- TI-8: Manipulação do ícone da anotação para anexação ao primeiro objeto (VR-Manip);
- TI-9: Manipulação do primeiro objeto (VR-Manip);
- TI-10: Retorno ao ambiente de Navegação e procura pelo segundo objeto (VR-Nav);
- TI-11: Seleção do segundo objeto procurado (VR-Nav);
- TI-12: Manipulação do segundo objeto procurado para verificação da modelagem (VR-Manip);
- TI-13: Criação da anotação com o parecer sobre o segundo objeto (WIMP);
- TI-14: Manipulação do ícone da anotação para anexação ao segundo objeto (VR-Manip);
- TI-15: Manipulação do segundo objeto (VR-Manip);
- TI-16: Retorno ao ambiente de Navegação e término da sessão (VR-Nav).

Cenário de Uso 2

“Você é o mesmo usuário descrito na tarefa anterior, só que desta vez seu gerente pediu para que contasse o número de degraus de uma escada.

A escada está localizada junto à base do guindaste que fica à direita da plataforma de petróleo, e ela faz a ligação do primeiro subsolo com o piso superior.

Você deve acessar a plataforma de petróleo com a HybridDesk, navegar até a base do guindaste à direita, encontrar a escada mais próxima da base e contar o número de degraus da mesma.”.

A realização deste cenário de uso envolve a execução das seguintes tarefas do usuário:

- Verificar as características de objetos 3D;
- Reportar verbalmente as características de objetos 3D.

Segundo a intenção do avaliador, a realização destas tarefas do usuário, no contexto do Cenário de Uso 2, envolve a execução das seguintes tarefas de interação, nos ambientes indicados entre parentesis:

- TI-1: Navegação no cenário 3D até o local do objeto procurado (VR-Nav);
- TI-2: Verificação das características do objeto procurado, no caso o número de degraus de uma escada (VR-Nav);
- TI-3: Relato verbal das características do objeto (Fora do contexto da HybridDesk).

4.1.6 Preparação do Material para Observação de Uso

A preparação do material para observação de uso envolveu:

- Preparação do Material para Observação de Uso para o MAC, como descrito no item 3.1.1 f, e incluído no Apêndice B;
- Preparação do Material para Observação de Uso para a avaliação de usabilidade, como descrito no item 3.1.1 g, e incluído no Apêndice B;

Durante a Preparação do Material para Observação de Uso foi identificado que o uso do *talk-aloud* no Cenário de Uso 1 iria prejudicar a avaliação do senso de presença (IPQ). Em função disso, foi criado um segundo cenário de uso, focado apenas na avaliação do senso de presença.

4.1.7 Configuração e Ajustes do Ambiente de Avaliação

Foi feita a configuração e ajustes do ambiente de avaliação para o MAC, como descrito no item 3.1.1 g, bem como para a avaliação de usabilidade, como descrito no item 3.1.1 h.

Durante a configuração e ajustes do ambiente de avaliação foi descoberto o seguinte:

- A HybridDesk tinha alguns defeitos de implementação que causavam a paralisação do sistema ou a total desorientação do usuário, levando à interrupção da sessão. Foi solicitado ao designer que corrigisse, ou pelo menos mitigasse, os *bugs* desse tipo;
- O *log* do sistema não gravava a hora de início e fim das tarefas de interação, apenas a duração em cada ambiente de interação. Foi solicitado ao designer que incluísse essas informações no *log* do sistema para permitir a medida de tempo de cada tarefa de interação e a sincronização dos eventos com o áudio e o vídeo gravados.

Também foram corrigidos ou mitigados pelo designer os *bugs* mais graves, que tinham sido identificados durante a Inspeção Semiótica ou a Avaliação Heurística, com o mesmo propósito de evitar a interrupção da sessão de observação em função de um problema já identificado.

4.1.8 Seleção e Recrutamento dos Participantes

Com relação ao número de participantes, de acordo com a literatura precisaríamos de no mínimo cinco para usabilidade [Nielsen 1993, Tullis & Albert 2008] e no mínimo três para comunicabilidade [de Souza 2005, Salgado 2007].

Além do participante piloto (P0), foram recrutados oito participantes (P1 a P8) para responderem ao questionário de perfil e experiência (Apêndice B.2) e participarem das sessões de observação de uso, sendo que todos os oito participaram da avaliação de usabilidade, mas apenas quatro (P1, P2, P3 e P7) participaram do MAC.

4.1.9 Execução do Teste Piloto

O teste piloto foi realizado para verificar se os procedimentos e o material para observação de uso produziam os dados esperados.

Foram identificados as seguintes questões pelo participante piloto:

- As alternativas de resposta para o grau de experiência não eram as melhores, faltando algumas alternativas mais adequadas;
- A descrição do segundo cenário de uso não estava clara, dando margem a interpretações diversas;
- Faltava numeração da escala no questionário IPQ, o que dificultava a atribuição dos graus.

Os avaliadores também identificaram algumas questões (*issues*) no teste piloto:

- As questões do questionário de experiência não estavam claramente explicitadas;
- O treinamento dado ao participante aparentemente foi exagerado, pois os erros de interação do participante piloto foram mínimos. O participante praticou a interação por quase 30 minutos no próprio cenário 3D em que iria realizar as tarefas.

Em função do teste piloto, os questionários foram ajustados e o segundo cenário de uso foi reescrito para ficar mais claro.

Com relação ao treinamento, como o principal objetivo da avaliação era identificar e analisar questões de interação (qualitativo), e não tanto o desempenho na execução das tarefas (quantitativo), se fazia necessário dosar corretamente o treinamento para que questões interessantes fossem identificadas. Por outro lado, o treinamento não deveria ser reduzido a ponto de causar muitos erros graves de interação, com a consequente interrupção da avaliação e a impossibilidade de se coletar dados.

Em função dessas considerações, o treinamento foi dividido em duas partes: um demo das funcionalidades pelo avaliador, seguido de prática do participante, limitada a 10 minutos. Além disso, o cenário 3D utilizado para o treinamento passou a ser bem diferente do cenário 3D do cenário de uso.

As observações de uso mostraram que essas modificações do treinamento trouxeram o resultado esperado, com a identificação de diversas questões de interação, mas com poucos casos de interrupções da observação. Apenas em dois casos a observação foi interrompida, mas em ambos devido a uma paralisação do sistema, não por erro direto do participante por falta de aprendizado.

Esta atividade nos permitiu confirmar o seguinte:

- É extremamente importante realizar um teste piloto para ajustar os procedimentos e material de observação;
- O treinamento pré-uso tem grande efeito nos resultados de desempenho do participante durante a observação e na identificação de questões.

Se o principal objetivo desta avaliação fosse a medida do desempenho nas tarefas, então o treinamento deveria ser mais extenso para tentar eliminar questões devidas a problemas de aprendizado e memorização. Só que tal treinamento eliminaria também diversas questões de comunicabilidade e até de usabilidade, prejudicando a avaliação desses fatores de qualidade. Como nosso foco principal era a identificação de questões de interação por usuários com pouca experiência, a limitação do treinamento foi a alternativa escolhida.

4.2.

Execução da Avaliação Heurística

A avaliação heurística foi realizada por apenas um avaliador seguindo as diretrizes de usabilidade propostas por Gabbard (1997) especificamente para AVs.

Nielsen (1993) sugere que diversos avaliadores façam essa avaliação. Entretanto, ele também propõe que a verificação seja de apenas 10 heurísticas gerais, já descritas anteriormente na seção 2.3.

Considerando as características inovadoras e específicas de AVs da HybridDesk, optou-se pela utilização de diretrizes específicas de AVs, como definidas por Gabbard (1997).

Entretanto, a lista proposta por Gabbard (1997) contém mais de uma centena de diretrizes, o que dificultaria muito a sua aplicação por muitos avaliadores.

Considerando-se que a HybridDesk já passou por algumas avaliações de usabilidade durante o seu desenvolvimento pelo Designer, que diversos outros métodos de avaliação de usabilidade foram aplicados nesta avaliação, e que a avaliação heurística tem um papel complementar nesta avaliação, optou-se por utilizar apenas um avaliador para a avaliação heurística, apesar de se ter consciência de que um número maior de avaliadores especialistas certamente poderia identificar uma quantidade maior de questões de usabilidade, mas como o próprio Nielsen (1993) argumentou ao propor a *Discount Usability Engineering*, "o ótimo é inimigo do bom".

Como o próprio Gabbard (1997) reconhece, nem toda sugestão ou diretriz se aplica em todos os casos, por isso algumas tabelas inteiras e/ou diretrizes foram desconsideradas na avaliação da HybridDesk, pois não se aplicavam.

Das mais de 180 diretrizes propostas por Gabbard (1997), apenas 126 foram consideradas nesta Avaliação Heurística, pois as diretrizes de subáreas que não se aplicavam à HybridDesk não foram incluídas, como por exemplo, "reconhecimento de fala e entrada por linguagem natural" e "feedback auditivo", que tratam de interfaces inexistentes na HybridDesk.

O Apêndice A contém as 126 diretrizes propostas por Gabbard que foram consideradas nesta avaliação.

4.3. Execução das Observações de Uso

Esta seção descreve a execução das etapas de preparação da observação, seleção dos participantes, teste piloto e sessões de observação de uso, comuns tanto ao MAC quanto à avaliação de usabilidade.

4.3.1 Dados de Perfil e Experiência dos Participantes

Dos oito participantes recrutados, o participante P8 informou no questionário de perfil que não tinha qualquer experiência recente na utilização de aplicações 3D, não tendo feito qualquer pontuação no quesito experiência 3D.

O primeiro cenário de uso chegou a ser realizado com este participante, mas decidiu-se por desconsiderar os dados coletados do participante P8 para que fosse mantida a coerência com o critério de perfil estabelecido previamente.

Considerando que este participante era apenas para avaliação de usabilidade, e que ainda restavam sete participantes, portanto ainda acima do limite inferior de cinco, não se julgou necessário recrutar novo participante.

As Tabelas 3 e 4 a seguir apresentam um sumário com as respostas ao questionário de perfil e experiência dos sete participantes qualificados.

Questões sobre Perfil	Sumário
Dados Pessoais	
Idade	23 a 45 (Média 29)
Sexo	5 Masc + 2 Fem
Mão Preferida	6 Dir + 1 Esq
Mão de Uso da "Wand"	6 Dir + 1 Esq
Uso de Óculos	5 Sim + 2 Não
Educação	4 MsC + 2 PhD + 1 Eng Comp

Tabela 3 – Perfil dos Participantes

Experiência	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média
2.1 Visualização de modelos 3D em Desktop	5	2	5	5	3	5	5	4,3
2.2 Visualização de modelos 3D de Plataforma de Petróleo	5	0	5	5	2	5	0	3,1
2.3 Visualização de modelos 3D em CAVE	0	0	0	0	1	0	1	0,3
2.4 Utilização da Aplicação Second Life	0	2	1	0	0	0	5	1,1
2.5 Videogames em AVs com mouse e teclado do PC	5	0	3	1	5	5	4	3,3
2.5 Videogames em AVs com Joystick num console	4	0	3	1	3	2	1	2,0
2.5 Videogames em AVs com Wand no Wii	1	1	1	0	1	1	1	0,9
2.8 Videogames do tipo "First Person Shooter"	5	0	2	1	4	4	1	2,4
Médias por participante	3,1	0,6	2,5	1,6	2,4	2,8	2,3	2,2

Tabela 4 – Experiência dos Participantes (Legenda na Tabela 7)

Legenda da Experiência do Participante	Grau
Usa pelo menos 4 vezes por semana	5
Usa pelo menos 2 vezes por semana	4
Usa pelo menos 1 vez por semana	3
Usa pelo menos 1 vez por mês	2
Usou pelo menos uma vez no último ano	1
Não usa	0

Tabela 5 – Legenda das Respostas de Experiência dos Participantes

O participante P1, apesar de ter o perfil qualificado e cumprir todas as etapas da avaliação, teve sua sessão de observação interrompida durante a execução das tarefas, devido a um defeito no sistema, exigindo a intervenção do avaliador e a reinicialização da aplicação.

Considerando que esta interrupção teve um impacto significativo na experiência do usuário, tanto do ponto de vista de desempenho como subjetivo, optou-se por desconsiderar os dados coletados sobre a experiência deste participante (P1).

Considerando que o participante P1 tinha participado de ambas as avaliações, restaram dados de seis participantes cujos dados foram considerados, sendo seis de avaliações de usabilidade (P2 a P7) e três do MAC (P2, P3 e P7).

4.3.2 Dados Coletados nas Observações de Uso

As sessões de observação de uso seguiram o planejamento apresentado no capítulo 3.

Foram coletados diversos dados nas seis sessões de observação de uso:

- Anotações da observação pelos avaliadores;

- Anotações da entrevista pelos avaliadores;
- Questionários sobre os dois cenários de uso;
- Log das tarefas realizado pelo sistema;
- Vídeo e áudio da execução dos cenários de uso, como *talk-aloud*;
- Áudio das entrevistas de comunicabilidade.

O Apêndice C contém a tabulação dos dados de usabilidade produzidos nas sessões de observação de uso:

- Consolidação das anotações da observação de uso e depoimentos de cada participante (C.1.1, C.2.1, C.3.1, C.4.1, C.5.1 e C.6.1);
- Sumário dos dados coletados de usabilidade de cada participante (C.1.2, C.2.2, C.3.2, C.4.2, C.5.2 e C.6.2).

5 Resultados da Avaliação

5.1. Resultados do MAC

Esta seção apresenta os resultados da aplicação do MAC.

5.1.1 Etiquetagem da Interação

O Apêndice C contém, nas seções C.1.3, C.2.3 e C.6.3, o resultado da etiquetagem das observações de uso para cada um dos participantes 2, 3 e 7, respectivamente.

Na avaliação de sistemas convencionais utiliza-se normalmente apenas a filmagem da interação e as anotações dos avaliadores durante a observação de uso e na entrevista pós-uso. No caso da avaliação do HybridDesk, além dos dados citados acima, os avaliadores integraram à análise o *log* da interação produzido pelo sistema e o áudio gravado durante a interação. Este último foi possível porque foi utilizada a técnica de *talk-aloud*. O método foi necessário porque os sintomas de algumas etiquetas numa aplicação deste tipo são diferentes, requerendo a inclusão de outras ferramentas para capturar a interação durante o uso (áudio, vídeo).

Durante a etiquetagem do vídeo do P2, por exemplo, foram identificadas algumas etiquetas “E Agora?” graças ao uso desta técnica, caso contrário o avaliador teria muita dificuldade para percebê-la, pois foram causadas por perda de orientação momentânea, com impacto pouco perceptível na execução das tarefas de interação. Na entrevista pós-uso, P2 disse que muitos dos “E agora?” foram de surpresa e não negativos. Um exemplo de fala foi “O que que eu fiz! Hum, eu entrei algum lugar! Tô perdido!”, mas esta desorientação durou apenas alguns segundos, que sem a fala poderia ser interpretada como um tempo normal para planejamento de ações.

Também durante a etiquetagem do P2 foi percebido um “Cadê?” que possui diferenças com o “Cadê?” típico. Os sintomas desta etiqueta são, geralmente, abrir e fechar menus, *drop down lists*, etc. Mas no caso desta aplicação 3D não existem estes elementos, por isso esta avaliação levou em consideração as

palavras do usuário (áudio *talk-aloud*) e o vídeo. Ao visualizar diversos ícones 3D no cenário, o usuário emitiu a expressão “Ah, agora sim. Eu só não sei se é esse o objeto, mas pelo menos agora eu sei achar...”, indicando que tinha diversas opções de ícones para selecionar, como num menu de opções, mas não tinha certeza qual deles era o correto, como se dissesse “Cadê o objeto que estou procurando?”, num comportamento similar ao de um “Cadê?” típico.

O “O que é isto?” também foi possível de ser percebido graças ao *talk-aloud*, mas também poderia ter sido eventualmente identificado na entrevista pós-uso.

O áudio foi essencial na etiquetagem, mas tivemos dificuldade para perceber o que estava acontecendo nos ambientes de manipulação e WIMP, pois ficaram fora da filmagem, uma vez que o participante preferiu deixar o LCD parado todo à esquerda, em vez de trazê-lo para sua frente no momento da utilização, como era a intenção do designer.

Algumas rupturas não foram observadas ou identificadas nas falas nos vídeos de interação, mas os participantes comentaram sobre algumas dificuldades na entrevista pós-uso.

Por exemplo, P3 disse na entrevista que teve dificuldades com a *Wand* e precisaria de um treinamento maior para usá-la com mais destreza.

P3 também comentou na entrevista sobre a anexação do ícone ao objeto. Ele não conseguia ver bem o ícone no ambiente de manipulação, mas não demonstrou que isso foi um problema durante a observação, pois executou a tarefa sem problema. A etiqueta “Ué, o que houve?” de P3 só foi possível de ser identificada pela entrevista pós-uso.

Apesar de não ter tido ruptura, P3 reclamou da falta do *feedback* no ambiente WIMP para voltar para manipulação ou navegação. P3 também reclamou de como voltar para a navegação com o botão *Home*. Mas não apresentou rupturas na interação, pois segundo informações dele decorou bem os comandos durante o treinamento.

No caso do P7, que é canhoto, a etiquetagem novamente não seria possível sem o áudio, pois nem o software (e seus dispositivos) nem os equipamentos para registro da avaliação estavam bem preparados para esta particularidade do participante.

A etiquetagem do P7 teve poucas etiquetas, mas vale lembrar que ele não completou toda a tarefa, pois faltou inspecionar um dos guindastes. Além disso, na entrevista pós-uso, P7 disse que teve dificuldade de decorar as funções dos

comandos e sugeriu que fosse disponibilizado algo para ajudar o usuário durante a interação.

A Tabela 6 a seguir apresenta um sumário da distribuição das etiquetas por participante, além dos totais gerais por etiqueta e participante. Podemos ver que foram identificadas um total de 35 (trinta e cinco) rupturas de comunicação, sendo as maiores ocorrências das etiquetas “Epa!” (9 ocorrências) e “O que é isso?” (7 ocorrências). “Ué, o que houve?”, “Por que não funciona?” e “E agora?” aparecem logo a seguir, com 4 ocorrências cada.

Etiqueta / Participante	P2	P3	P7	Total
Cadê?	1			1
Para mim está bom.	1		1	2
Assim não dá.				0
Ué, o que houve?	3	1		4
Por que não funciona?	2	1	1	4
O que é isto?	3	4		7
Socorro!				0
Epa!	3	1	5	9
Onde estou?	2	1		3
E agora?	4			4
Vai de outro jeito.	1			1
Não, obrigado.				0
Desisto.				0
Total Rupturas	20	8	7	35

Tabela 6 – Distribuição das Etiquetas por Participante

5.1.2 Interpretação dos Dados

Pode-se notar na Tabela 6 que o participante P2 foi o que apresentou o maior número de etiquetas, o que seria de certa forma esperado pela sua menor média de 0,6 em experiência com interação 3D (Tabela 4), enquanto os outros dois participantes, P3 e P7, tinham médias 2,5 e 2,3, respectivamente. Seu alto índice de quatro ocorrências da etiqueta “E Agora?”, enquanto os demais não tiveram nenhuma, indica que ele não interpretou os signos da interface, no caso o próprio cenário 3D, da mesma forma que o designer intencionava, ou seja, indica sua menor familiaridade com ambientes de interação 3D. Este resultado reforça a definição do perfil do usuário típico que requer experiência em interação 3D.

Embora três das ocorrências do “E agora?” tenham sido momentâneas e causaram um impacto mínimo na execução da tarefa de navegação, uma dessas ocorrências foi bastante séria, na qual o participante P2 entrou em um *loop* entre ambientes, no qual ocorreram diversas iterações da sequência “E agora?” e

“Epa!”, com diversas tentativas sem sucesso de retornar ao ambiente de navegação, mas eventualmente conseguindo, sem chegar ao ponto de desistir. No caso deste *loop*, o problema era o fato do usuário não perceber a intenção do designer de como ele deveria proceder para sair desta situação.

Como o sistema não oferece um sistema de ajuda e o participante havia esquecido o que foi explicado no treinamento, a única forma de perceber essa intenção era através de tentativas e erros, que foi o que ocorreu a cada *loop* e o participante acabou aprendendo.

O maior número de ocorrências de “Ué, o que houve?” deste participante, três, também é um indicador de sua menor experiência com este tipo de aplicação. Uma dessas ocorrências também foi séria e provocou um novo *loop*, no qual novamente o participante teve de recorrer a tentativas e erros para perceber a intenção do designer.

O participante P3, apesar de ter tido um grande número de ocorrências de “O Que é isto?”, na realidade teve de dúvidas em relação ao modelo do guindaste, como indica a expressão “o que é a ponta do guindaste?”, explicitando a dúvida entre a ponta do guindaste, como intencionada pelo gerente (no caso o avaliador), e o gancho do guindaste, que é uma dúvida de caráter cognitivo, e está ligada à terminologia usada pelo gerente para definir o objeto.

Outra dúvida que suscitou esta mesma etiqueta deste participante foi a expressão “onde está a direita e esquerda? depende por onde está olhando”. Parecia ser óbvio para o gerente ao definir a tarefa textualmente como “...na escada à direita do heliporto”, que “à direita” seria em relação ao momento do início da interação, mas isto foi considerado dubio pelo participante, uma vez que à medida que se interage com o cenário 3D e muda-se a orientação de todo o cenário, outras escadas junto ao heliporto, que não estavam inicialmente à direita, podem passar a ficar à direita.

Ficou evidente que o sistema precisava oferecer algum tipo de representação (rosa dos ventos, mini-mapa, etc) para servir de orientação para a navegação dos participantes no cenário 3D.

Além disso, ficou claro mais uma vez que a terminologia usada pelo gerente do usuário tinha influência no sucesso da tarefa.

A ocorrência dessa etiqueta com este participante suscitou o questionamento do avaliador sobre qual mensagem de metacomunicação, de qual designer, estaria sendo mal interpretada pelo participante.

O problema seria da mensagem do designer do sistema, que deveria fornecer “dicas” ao usuário do que são os objetos, e de como se orientar no

cenário 3D? Deveria haver um sistema de ajuda on-line que evitasse este tipo de erro do usuário?

O problema seria da mensagem do gerente ou “designer da tarefa”, no caso o próprio avaliador, que escreveu a mensagem textual de forma pouco clara? Note-se aqui a dificuldade para se mapear uma mensagem textual (a tarefa) para um ambiente virtual (o cenário 3D), que usam sistemas de significação distintos.

O problema seria da mensagem do “designer do cenário 3D”, cuja modelagem da ponta do guindaste e do gancho não foram fidedignas o suficiente para serem corretamente interpretadas pelo usuário?

Ou seria o caso deste participante não estar familiarizado com a visualização de modelos de plataformas de petróleo? Sabemos que este não é o caso, pois como podemos ver na Tabela 6 este participante tem grau de familiarização máximo com a visualização de modelos 3D de plataformas de petróleo, pois faz isso no seu dia a dia num desktop.

Voltando à interpretação da etiquetagem, a etiqueta “Por que não funciona?” ocorreu para os três participantes, e para o mesmo problema, que foi a tentativa de se aproximar do cenário sem conseguir. Os participantes buscaram formas de se aproximar mais rapidamente sem terem tido sucesso. Eles esperavam que o designer oferecesse uma forma para se fazer isso, mas não puderam perceber isso através da interface. Na verdade esta é de fato uma questão na interação com o sistema.

As ocorrências da etiqueta “Epa!” nos três participantes apontaram em grande parte o mesmo problema, que foi o fato de apertarem o botão A duas vezes sem querer. O designer esperava que o usuário apertasse apenas uma vez, mas a sensibilidade do sistema é tal que isto ocorreu pelo menos seis vezes no total. Quando isso ocorreu, o sistema executou uma transição de ambiente, em alguns casos confundindo o participante e causando outras etiquetas do tipo “E agora?” ou “Ué, o que houve?”, e em outros casos apenas causando outros “Epa!”, indicando que o usuário não estava conseguindo sair da situação em que entrou sem querer. Nesse caso o participante não estava percebendo a mensagem do designer do que deveria fazer para se recuperar do erro.

O participante 7, por ser o único canhoto, propiciou descobertas únicas. Alguns dos seus “Epa!” foram causados por uma certa inadequação do sistema para canhotos, o que não chega a ser uma surpresa considerando-se que o LCD fica posicionado do lado esquerdo, o mesmo lado do braço com que este participante manipulava a *Wand*.

Uma das etiquetas “Para mim está bom.” foi causada pela interpretação da tarefa, expressa pela mensagem deixada pelo gerente no cenário. O participante 2 entendeu que não era necessário deixar uma anotação com parecer no caso da ponta do guindaste não ter rachaduras, apenas se as tivesse. Ele até fez a inspeção na ponta do guindaste sem rachadura, mas não deixou mensagem. E confirmou esse entendimento na entrevista. O texto da tarefa dizia o seguinte: “Verificar as possíveis rachaduras nas pontas dos guindastes. Anexar ao guindaste uma mensagem de notificação para o responsável, informando se a ponta do guindaste tem rachadura ou não.”

A tarefa não pôde ser considerada completa, e neste caso por falha na comunicação com o gerente, ou “designer da tarefa”. O participante não percebeu o real significado da tarefa definida pelo gerente, ou seja, a sua intenção.

A etiqueta “Para mim está bom.” no caso do participante P7 teve um motivo diferente, pois nesse caso ele não percebeu a existência de um segundo guindaste no cenário. A tarefa também falhou, mas neste caso o participante não percebeu a mensagem do designer do conteúdo, que foi quem produziu o cenário 3D, inclusive os guindastes. Considerando que o cenário 3D é praticamente o único elemento apresentado nas telas, torna-se um desafio identificar o que o designer do sistema poderia ter feito para ajudar o usuário na sua navegação no cenário 3D para perceber a existência do guindaste ou qualquer outro objeto em particular.

Os dois casos acima da etiqueta “Para mim está bom.” indicam mais uma vez que falhas de comunicação com outros designers, que não o designer do sistema, podem levar à falha de uma tarefa, como já ocorre nos sistemas usuais, mas que aparentemente têm seus efeitos ampliados no caso de ambientes virtuais.

Para facilitar a análise e interpretação dos resultados, a Tabela 7 a seguir apresenta a categoria e característica distintiva de cada tipo de expressão, no caso rupturas de comunicação [de Souza 2005] e o número de ocorrências de cada uma, extraídos da Tabela 6.

Pode-se notar que ocorreram apenas duas falhas completas, mas que nenhum desses dois casos se deveu a falha na mensagem do designer do sistema, como comentamos anteriormente.

Houve apenas uma falha parcial, em que o usuário não entende, no caso não se lembra, da solução do designer e escolhe outro caminho, mesmo sabendo que não era a solução intencionada pelo designer, mas era o único modo que sabia de como prosseguir com a interação.

As demais 32 rupturas de comunicação foram falhas temporárias e têm distribuição equilibrada entre os três tipos, sendo nove em que a semiose do usuário foi temporariamente interrompida, 12 em que o usuário percebe que sua locução está errada, e 11 em que o usuário procura esclarecer a locução do preposto do designer.

Categoria	Característica Distintiva	Expressão	Nº
Falha Completa	(a) O usuário está consciente da falha.	"Desisto."	0
	(b) O usuário está inconsciente da falha.	"Para mim está bom."	2
Falha Parcial	(a) O usuário não entende a solução do designer.	"Vai de outro jeito."	1
	(b) O usuário entende a solução do designer.	"Não, obrigado!"	0
Falha Temporária 1. A semiose do usuário está temporariamente interrompida.	(a) porque ele não encontra a expressão apropriada para sua locução.	"Cadê?"	1
	(b) porque ele não percebe ou entende a locução do preposto do designer.	"Ué, o que houve?"	4
	(c) porque ele não encontra uma intenção apropriada para sua locução.	"E agora?"	4
Falha Temporária 2. O usuário percebe que sua locução está errada.	(a) porque ele se expressou no contexto errado.	"Onde estou?"	3
	(b) porque a expressão usada na locução está errada.	"Epa!"	9
	(c) porque uma conversação de muitos passos não causou os efeitos desejados.	"Assim não dá."	0
Falha Temporária 3. O usuário procura esclarecer a locução do preposto do designer.	(a) através de metacomunicação implícita.	"O que é isto?"	7
	(b) através de metacomunicação explícita.	"Socorro!"	0
	(c) através do próprio <i>sense making</i> .	"Por que não funciona?"	4

Tabela 7 - Caracterização das expressões de comunicabilidade para etiquetagem apresentada em de Souza (2005, p.138), com revisões [Salgado 2007]

As duas falhas mais graves apresentadas na Tabela 7 foram as de falha completa, identificadas pela expressão “Para mim está bom.” Mas essas duas falhas foram causadas pela interpretação equivocada da tarefa pelos participantes, não tendo sido causada por falhas no sistema, aplicação ou conteúdo.

A única falha parcial, identificada pela expressão “Vai de outro jeito.”, foi causada pelo esquecimento do participante sobre como executar uma função, tendo optado por seguir um outro caminho não previsto pelo designer.

As demais falhas foram temporárias, e foram causadas, de uma maneira geral, pela pouca familiaridade do participante com a HybridDesk, seja utilizando a Wand de forma equivocada (expressão “Epa!”), seja não conseguindo interpretar corretamente o *feedback* do sistema (expressões “Ué, o que houve?”, “E agora?”, “Onde estou?”, “O que é isto?”, “Porque não funciona?”). Essas são áreas onde o sistema precisaria melhorar sua comunicação com o usuário para reduzir as falhas de interação.

Outra forma interessante de mapearmos as rupturas de comunicação é de acordo com as tarefas de interação em que elas ocorreram (vide Tabela 8), como definidas por Bowman e coautores (2005):

- Navegação: se refere tanto à tarefa de locomoção (*travel*) como procura do caminho (*way-finding*);
- Seleção: se refere à tarefa de escolha de um objeto;
- Manipulação: se refere às tarefas de inspeção e manipulação do objeto;
- Anotação: se refere à tarefa de comunicação simbólica, ou seja, de entrada e leitura de texto;
- Controle: se refere às tarefas de controle do sistema (HybridDesk).

Etiqueta / Tarefa Interação	Navegação	Seleção	Manipulação	Anotação	Controle	Total
Cadê?		1				1
Para mim está bom.	1			1		2
Assim não dá.						0
Ué, o que houve?			3		1	4
Por que não funciona?	2				2	4
O que é isto?	3	3	1			7
Socorro!						0
Epa!		1	2		6	9
Onde estou?			3			3
E agora?	3		1			4
Vai de outro jeito.					1	1
Não, obrigado.						0
Desisto.						0
Total Rupturas	9	5	10	1	10	35

Tabela 8 – Distribuição das Etiquetas por Tarefa de Interação

O mapeamento da Tabela 8 mostrou que a maior quantidade de ocorrências foi de etiquetas de navegação (9), manipulação (10) e controle (10).

O único problema na tarefa de anotação se deveu na realidade à interpretação de qual era a tarefa pelo participante, não sendo na verdade um problema do sistema.

Para facilitar a comparação com os resultados da avaliação de usabilidade, foi feito também o mapeamento das etiquetas das rupturas de comunicação para categorias de problemas de IHC típicos, apresentadas na Tabela 9, e definidas como a seguir:

- Execução: se refere a problemas na execução de uma ação de interação, incluindo os aspectos de locomoção da tarefa de navegação;
- Navegação: se refere ao planejamento da execução, uma navegação de mais alto nível, como a procura do caminho (*way-finding*) e o processo de escolha (seleção) de um objeto, mas não inclui os aspectos de locomoção da tarefa de navegação;
- Significado: se refere a problemas de atribuição de significado a elementos da interface, bem como o significado da tarefa;
- Percepção: se refere a problemas de percepção do usuário do estado corrente do sistema.

Vale destacar que apesar do termo Navegação ser usado tanto para definir um tipo de tarefa de interação, como uma categoria de problemas de IHC, ele possui significados bastante distintos em cada contexto.

Etiqueta / Categoria IHC	Execução	Navegação	Significado	Percepção	Total
Cadê?		1			1
Para mim está bom.		1	1		2
Assim não dá.					0
Ué, o que houve?				4	4
Por que não funciona?	3			1	4
O que é isto?			7		7
Socorro!					0
Epa!	7		1	1	9
Onde estou?				3	3
E agora?		4			4
Vai de outro jeito.		1			1
Não, obrigado.					0
Desisto.					0
Total Rupturas	10	7	9	9	35

Tabela 9 – Mapeamento das Etiquetas para Categorias de Problemas Típicos de IHC

Pode-se notar na Tabela 9 que grande parte das etiquetas foram atribuídas a problemas de execução das tarefas, indicando dificuldades na manipulação e na memorização dos comandos no dispositivo de entrada. A segunda maior incidência foi a das etiquetas mapeadas para significado, indicando as dúvidas dos participantes com o significado dos controles da *Wand* e os signos no cenário 3D, e das etiquetas mapeadas para percepção, indicando carência de *feedback* do sistema.

No	Etiqueta	Questões de Comunicabilidade	Categoria IHC	P2	P3	P7	Total
1	Epa!	Apertou o botão A duas vezes sem querer, em manipulação, voltando para WIMP.	Execução	2		1	3
2	Epa!	Apertou o botão A duas vezes sem querer, em navegação, e foi para manipulação.	Execução		1	1	2
3	Epa!	Selecionou objeto errado diversas vezes por engano apertando o botão A duas vezes ao ativar o raio da Wand, em navegação.	Execução	1			1
4	Epa!	Apertou o botão Back e como não aconteceu nada tentou o Send.	Significado			1	1
5	Epa!	Pelo fato de ser canhoto, usuário esbarrou no LCD e apertou botão errado ao manipular a Wand por trás do LCD.	Execução			1	1
6	Epa!	Ícone da Wand não aparecia na tela de manipulação até usuário posicionar mão com Wand em posição rastreável. Problema causado por ser canhoto.	Percepção			1	1
7	O que é isto?	Ficou em dúvida entre ponta e gancho do guindaste, qual seria a ponta, e inspecionou os dois.	Significado	1	1		2
8	O que é isto?	Ficou momentaneamente em dúvida se era mesmo o ícone 3D, e era.	Significado	1			1
9	O que é isto?	Fez algumas operações com os botões para verificar como funcionam, em navegação.	Significado	1			1
10	O que é isto?	Ficou em dúvida qual lado é a direita ou esquerda.	Significado		2		2
11	O que é isto?	Estranhou o fato da Wand tremer ao encostar no objeto.	Significado		1		1
12	E agora?	Levou susto ao navegar através do modelo do guindaste, se perdendo momentaneamente.	Navegação	1			1
13	E agora?	Apertou o botão Home intencionalmente mas se surpreendeu ao voltar ao ponto de vista original, se perdendo momentaneamente.	Navegação	1			1
14	E agora?	Se perdeu momentaneamente navegando no cenário.	Navegação	1			1
15	E agora?	Não sabia como voltar para ambiente de navegação quando no ambiente de manipulação.	Navegação	1			1
16	Por que não funciona?	Achou muito lenta a aproximação do cenário 3D na navegação.	Execução	1	1		2
17	Por que não funciona?	Tentou interagir com a Wand como se estivesse no ambiente de navegação, mas estava em manipulação, pois o ambiente de navegação mostrava o cenário 3D apesar de inativo para interação.	Percepção			1	1
18	Por que não funciona?	Começou a repetir ações e observar porque algumas funcionam e outras não.	Execução	1			1
19	Ué, o que houve?	Ficou desorientado ao anexar ícone 3D ao objeto em manipulação e ele sumir sem dar feedback.	Percepção	2	1		3
20	Ué, o que houve?	Ficou confuso pois não sabe direito em que estado está, então não sabe o que tem de fazer para retornar para navegação a partir de manipulação.	Percepção	1			1
21	Onde estou?	Fez inspeção na ponta do guindaste no cenário de navegação.	Percepção	2	1		3
22	Cadê?	Ficou em dúvida qual é o ícone com a tarefa, uma vez que existem vários ícones no cenário que ele anexou sem querer.	Navegação	1			1
23	Para mim está bom.	Achou que não precisava e não deixa anotação pois guindaste não tem rachadura.	Significado	1			1
24	Para mim está bom.	Considerou a tarefa terminada ao inspecionar apenas uma ponta de guindaste, Não percebeu existência de um segundo guindaste no cenário.	Navegação			1	1
25	Vai de outro jeito.	Foi para WIMP intencionalmente para tentar voltar depois para navegação.	Navegação	1			1
TOTAL				20	8	7	35

Tabela 10 – Ocorrências de Questões de Comunicabilidade por Etiqueta e Categoria IHC

Finalizando a interpretação da etiquetagem, a Tabela 10 apresenta um sumário das questões de comunicabilidade identificadas pela aplicação do MAC, com o número de ocorrências, a etiqueta e a categoria de problema de IHC correspondente a cada uma. Pode-se notar na Tabela 10 que do total de 35 rupturas de comunicação identificadas, 25 representaram questões de comunicabilidade distintas.

5.1.3 Elaboração do Perfil Semiótico

Nesta seção foi produzida a mensagem de metacomunicação designer-usuário com base no que foi percebido pelos participantes da avaliação de comunicabilidade.

Nesta mensagem foram destacados em negrito os principais pontos levantados na etapa anterior de análise e interpretação dos dados. A mensagem produzida foi:

“Na minha interpretação você é um usuário com conhecimentos de modelagem 3D, **tem bastante experiência na navegação em ambientes virtuais** ⁽¹⁾ e trabalha na inspeção da modelagem de cenários 3D. Acredito que você vai interagir com o sistema **utilizando a mão direita** ⁽²⁾.

Aprendi que você quer navegar em cenários 3D em um ambiente próprio para isso, quer também selecionar os objetos a serem manipulados neste ambiente, mas você quer manipular esses objetos em outro ambiente específico para manipulação, onde você quer fazer a inspeção da modelagem e das características dos objetos. Você quer fazer toda a navegação, a seleção de objetos, mudança de ambiente (navegação para manipulação) e a manipulação para inspeção, com uma *Wand*. Você quer também criar e ler textos, mas quer trabalhar com estes tipos de documentos num ambiente de desktop Windows. Você quer fazer tudo isto porque precisa navegar em ambientes virtuais 3D, inspecionar objetos e associar anotações, com o seu parecer, a objetos específicos.

Eis, portanto, o sistema que conseqüentemente concebi para você, um sistema composto por três ambientes: navegação, manipulação e WIMP. O ambiente de navegação é usado em uma mini-cave e controlado por uma *Wand*, o ambiente de navegação usa um monitor LCD e a mesma *Wand*. Já o ambiente WIMP requer o uso do monitor, do teclado e do mouse.

Você pode usá-lo assim: enquanto segura uma das teclas da *Wand*, se você movimentar a *Wand* todo o cenário 3D acompanha os seus movimentos. Nesta *Wand* existem algumas teclas, mas **eu acho que você irá aprender a usar as teclas com a prática, porque não disponibilizei nenhum sistema de ajuda on-line** ⁽³⁾ sobre como usá-las. Existem teclas para você se movimentar no cenário 3D, mas **quando você estiver longe do objeto a aproximação vai parecer muito lenta** ⁽⁴⁾.

No ambiente de navegação você pode percorrer todo o cenário 3D, e para isso terá que **usar as funções da Wand que você aprendeu com o uso** ⁽⁵⁾. Se você quiser **poderá inspecionar os objetos neste ambiente, embora eu tenha concebido o ambiente de manipulação para este fim** ⁽⁶⁾. As instruções do gerente serão colocadas em uma anotação que será representada por um ícone próximo a algum objeto. Você poderá selecioná-lo e então acontecerá uma troca automática do ambiente de interação para o *WIMP*, onde você poderá ler esta anotação.

Ao interagir com a *Wand* você descobrirá que **se acionar a tecla A muito forte ou duas vezes** ⁽⁷⁾, e estiver apontando para um objeto, você irá selecioná-lo e sair do ambiente de navegação. Neste caso eu te avisarei com uma breve mensagem com animação na tela da mini-CAVE, **então preste atenção para perceber este aviso** ⁽⁸⁾.

Quando você estiver no ambiente *WIMP*, você poderá retornar para o ambiente de navegação ou de manipulação, mas **você terá que se lembrar de onde veio e usar os comandos específicos para cada caso** ⁽⁹⁾.

No ambiente de manipulação, você poderá manipular o objeto e também adicionar uma anotação de texto, caso tenha vindo do ambiente *WIMP* onde ela foi criada. A anotação vai aparecer na tela do LCD como um ícone 3D anexado à ponta da *Wand*. Neste caso eu te avisarei quando a *Wand* “encostar” no objeto, através da vibração na própria *Wand*, mas **nem sempre o ícone 3D anexado ao objeto ficará visível no ambiente de manipulação** ⁽¹⁰⁾. Se você quiser **ir para o ambiente de navegação você terá que se lembrar de que há um comando específico** ⁽¹¹⁾ para isso.

Com este sistema você realizará uma série de objetivos: navegação em ambientes virtuais 3D, inspeção de objetos 3D e associação de anotações a objetos 3D.”

A origem dos pontos inseridos na metacomunicação está descrita abaixo:

1. dificuldade dos participantes com pouca experiência em navegar pelo ambiente;
2. dificuldade do participante canhoto em manipular a *Wand* e o monitor no ambiente;
3. inexistência de sistema de ajuda, dificultando o aprendizado dos iniciantes, mas assumindo que os comandos são fáceis de aprender;
4. arrasto da *Wand* não tem escala, movendo o modelo lentamente mesmo quando distante;

5. a navegação é feita pela Wand, cujos comandos devem ser aprendidos com a prática;
6. alguns participantes fizeram a inspeção no ambiente de navegação, embora o designer tenha concebido o ambiente de manipulação para este fim;
7. a tecla A da Wand deve ser pressionada com cuidado, sob pena de executar mais de um comando e levar o usuário a situações inesperadas, como ir para o ambiente de interação errado;
8. o sistema avisa sobre a transição de ambientes com uma mensagem na tela frontal que dura poucos segundos, por isso o usuário deve estar atento sob pena de não perceber o que ocorreu;
9. quando no WIMP, o usuário deve sempre voltar para o ambiente de interação de onde veio, por isso deve se lembrar de onde veio, pois só o comando para retornar para esse ambiente funciona;
10. ao liberar o ícone 3D da Wand no ambiente de manipulação, ele nem sempre ficará visível junto ao objeto no monitor LCD, mesmo estando efetivamente anexado, embora em geral esteja visível numa das telas do ambiente de navegação;
11. quando no ambiente de manipulação, o retorno para o ambiente de navegação é feito por uma tecla diferente, a tecla Home da Wand.

Em suma, os principais problemas identificados pela avaliação de comunicabilidade foram:

- ausência de um sistema de ajuda para os comandos do sistema;
- dificuldades no uso para usuários canhotos;
- ausência de escala no movimento da Wand para compensar distância do modelo;
- dificuldades ao pressionar as teclas da Wand, levando à execução de comandos duplos, em particular com a tecla A;
- dificuldades para perceber o *feedback* sobre as ações realizadas, as transições de ambiente e qual ambiente de interação está ativo.

5.2.

Resultados da Avaliação de Usabilidade

Esta seção apresenta os resultados da aplicação sequencial dos métodos de usabilidade: da avaliação heurística, da observação de uso com talk-aloud, dos questionários e da entrevista.

5.2.1 Resultado da Avaliação Heurística

O resultado da Avaliação Heurística foi detalhado nas tabelas do Apêndice A. Como apresentado na seção 2.3, as diretrizes foram organizadas por Gabbard (1997) em 4 grupos distintos:

- Usuário de AV e Tarefas de Usuário de AV;
- Interface do Usuário de AV – Mecanismos de Entrada;
- O Modelo Virtual;
- Interface do Usuário de AV – Componentes de Apresentação.

Uma coluna foi adicionada a cada uma das tabelas originais e preenchida pelo avaliador com comentários sobre a avaliação da HybridDesk para cada diretriz, além de identificar o resultado da avaliação de cada uma com:

- NA (Não se Aplica): quando a diretriz não é aplicável ao sistema;
- NQ (Não é uma Questão): quando a diretriz se aplicaria ao sistema no contexto de outros cenários de uso, mas não é considerada uma questão no cenário de uso para avaliação deste sistema;
- CP (Cumpre): quando o sistema está de acordo com a diretriz;
- Qn (Questão): quando a diretriz é considerada uma questão na avaliação deste sistema, sendo n o número sequencial atribuído a essa questão.

O sumário do resultado da Avaliação Heurística está apresentado na Tabela 11 a seguir.

Resultado da Avaliação Heurística	Quantidade
Questões Identificadas (Qn)	26
Sistema Cumpre Diretriz (CP)	41
Não foi considerada uma Questão (NQ)	26
Não foi considerada Aplicável (NA)	33
Total de Diretrizes Consideradas	126

Tabela 11 – Sumário do Resultado da Avaliação Heurística

A Tabela 12 a seguir apresenta a lista de questões de usabilidade identificadas na avaliação heurística.

Nº	Rótulo	Diretriz	Questão
1	<i>Users1</i>	Levar em conta a experiência do usuário (ex, suportar tanto o usuário especialista como iniciantes).	Sistema não oferece menu de opções ou sistema de ajuda para usuários iniciantes.
2	<i>Users4</i>	Suportar tanto os destros como os canhotos.	Sistema foi projetado para destros, pois LCD à esquerda é ruim para canhotos.
3	<i>Users5</i>	Acomodar a interação natural e não forçada de usuários de diversas idades, sexo, altura e tamanho.	Usuários que usam óculos terão problemas para usar óculos por cima de óculos.
4	<i>Tasks7</i>	Prover refinamento das tarefas em passos, incluindo a habilidade de desfazer.	Sistema não tem função para desfazer ações, nem indicações de como se recuperar de erros.
5	<i>Nav1</i>	Suportar tipos apropriados de navegação do usuário.	Falta um modo para navegar direto para um objeto.
6	<i>Nav4</i>	Quando apropriado, incluir rótulos espaciais, marcos para orientação e um horizonte.	Sistema não tem rótulos espaciais, marcos para orientação ou um horizonte.
7	<i>Nav5</i>	Fornecer informações para que os usuários possam sempre responder às seguintes questões: Onde estou agora? Qual a minha atitude e orientação? Para onde eu quero ir? Como chego lá?	Sistema oferece pouca ou nenhuma informação sobre onde usuário está, qual a atitude e orientação, para onde quer ir, ou como chega lá.
8	<i>Nav8</i>	Escolha uma metáfora de controle que naturalmente combina com o espaço da tarefa.	Alguns dos botões de controle escolhidos, como Home para voltar para Navegação, não combinam bem com a tarefa.
9	<i>Select2</i>	Quando selecionar objetos distantes via manipulação direta, exagere no tamanho do objeto, aparência, e distâncias entre objetos.	Ícone 3D que representa a anotação é pequeno e difícil de selecionar.
10	<i>Select3</i>	Facilite a seleção de múltiplos objetos.	Sistema não permite a seleção de múltiplos objetos.

11	<i>Select6</i>	Forneça aos usuários um <i>feedback</i> de seleção adequado.	Sistema dá <i>feedback</i> visual no objeto a ser selecionado, mas o <i>feedback</i> para objetos pequenos é pouco visível.
12	<i>Select7</i>	Use transparência para evitar oclusão durante a seleção.	Sistema não usa transparência durante a seleção.
13	<i>Select8</i>	Escolha altas taxas de quadros e baixa latência para ajudar os usuários na aquisição de alvo tridimensional.	Latência, causada pelo rastreamento da <i>Wand</i> , às vezes dificulta a seleção, embora a taxa de quadros esteja adequada.
14	<i>Select10</i>	Use mecanismos de amortecimento ou similares para ajudar na seleção de objetos	Raio de seleção não tem amortecimento da seleção ou qualquer outro mecanismo, dificultando a fixação do apontamento em um objeto pequeno.
15	<i>Manip2</i>	Minimize o retardo (<i>lag</i>) de visualização	Perda eventual de rastreamento causa retardo (<i>lag</i>) na visualização.
16	<i>Manip7</i>	Suporte interação com duas mãos, especialmente para tarefas de manipulação.	Sistema não suporta interação com duas mãos.
17	<i>Manip12</i>	Suporte a interfaces de consulta (<i>query</i>) para usuários determinarem quais ações estão disponíveis para os objetos.	Sistema não oferece interface para consulta (<i>query</i>) dos usuários ou ajuda.
18	<i>Input5</i>	Do ponto de vista do usuário, o dado de saída de um dispositivo deve ser consistente com, e cognitivamente conectado com, as ações dos usuários.	Sistema não dá <i>feedback</i> no LCD ao se liberar ícone 3D para anexação da anotação ao objeto, apenas em VR-Nav, que deveria estar inativo.

19	<i>Input6</i>	Para tarefas de posicionamento fino, empregue ganho baixo, para posicionamento grosso, empregue ganho alto. Quando AVs contêm ambos, procure um equilíbrio entre eles testando com tarefas típicas.	Sistema possui uma única calibração para posicionamento, deveria usar escalas de aproximação diferentes dependendo da distância do objeto ou da tarefa sendo realizada.
20	<i>Input7</i>	Verifique os possíveis efeitos do uso prolongado de um dispositivo de entrada particular que possa causar fadiga e afetar o desempenho.	Uso prolongado da <i>Wand</i> com braço esticado causa fadiga do braço do usuário, no caso o avaliador.
21	<i>Input8</i>	Reduza a carga cognitiva do usuário, evitando dispositivos como <i>Joysticks</i> ou <i>Wands</i> , os quais na verdade se colocam entre os usuários e os ambientes.	Sistema faz uso da <i>Wand</i> como entrada, o que requer aprendizado pelo usuário das funcionalidades da <i>Wand</i> .
22	<i>HandHeld6</i>	A avaliação de dispositivos de entrada com seis graus de liberdade deve incluir o grau em que tamanho, forma e uso do dispositivo permitem a manipulação com os dedos em vez de grupos de músculos maiores (ex. pulso, antebraço, ombro).	A <i>Wand</i> usa botões que evitam apenas parcialmente o movimento dos grupos de músculos maiores.
23	<i>SysInfo1</i>	Use detalhamento progressivo para interfaces ricas em informações.	Sistema não faz um detalhamento progressivo de interfaces ricas em informações, como os detalhes de um objeto.
24	<i>SysInfo4</i>	Linguagem e rotulação dos comandos deve refletir claramente e concisamente o seu significado.	Uso do botão Home para voltar a VR-Nav não é muito consistente com seu uso em VR-Nav, para voltar ao ponto de vista inicial.

25	<i>SysInfo5</i>	Mensagens do sistema devem ser escritas de uma maneira clara e construtiva, para encorajar o engajamento do usuário (ao invés de alienação).	Sistema tem poucas mensagens de erro, deixando usuário em dúvida do que aconteceu.
26	<i>SysInfo6</i>	Para grandes ambientes, inclua uma grade e/ou mapa de navegação.	Sistema não inclui uma grade ou mapa de navegação.

Tabela 12 – Questões de Usabilidade Levantadas pela Avaliação Heurística

A identificação de 26 questões de usabilidade e o fato de 53,2 % (CP+Qn) das diretrizes terem sido diretamente aplicáveis ao caso de cenário de uso da HybridDesk, é uma indicação de que a aplicação das diretrizes foi um processo relevante de avaliação.

5.2.2 Tabulação e Interpretação das Observações de Uso

Os dados de usabilidade coletados durante a observação de uso dos participantes P2 a P7 foram tabulados no Apêndice C, nas seções C.1.1, C.2.1, C.3.1, C.4.1, C.5.1 e C.6.2, respectivamente.

Um sumário dos resultados para cada participante, de P2 a P6, está apresentado nas seções C.1.2, C.2.2, C.3.2, C.4.2, C.5.2 e C.6.2, respectivamente.

Como complemento à avaliação qualitativa, foi também avaliado o desempenho dos participantes na execução das tarefas de interação.

A Tabela 13 a seguir apresenta os dados consolidados com a duração (em segundos) de cada tarefa de interação durante o Cenário de Uso 1, para cada participante. As 16 tarefas de interação (TI-1 a TI-16) do Cenário de Uso 1 foram definidas na seção 4.1.5.

Tarefas Interação	Tipo Tarefa	Ambiente	Tempo P2	Tempo P3	Tempo P4	Tempo P5	Tempo P6	Tempo P7	Tempo Expert
TI-1	Navegação	VR-Nav	245	73	130	105	72	167	25
TI-2	Seleção Ícone	VR-Nav	8	3	7	4	4	14	4
TI-3	Leitura Anotação	WIMP	40	33	50	55	30	27	14
TI-4	Navegação	VR-Nav	560	92	237	80	285	41	8
TI-5	Seleção Objeto	VR-Nav	4	1	36	4	6	8	1
TI-6	Manip. Objeto	VR-Manip	8	41	88	7	50	8	15
TI-7	Criação Anotação	WIMP	89	30	190	63	52	57	32
TI-8	Manip. Ícone	VR-Manip	35	14	58	10	8	28	5
TI-9	Manip. Objeto	VR-Manip	49	4	24	2	6	32	3
TI-10	Navegação	VR-Nav	-	63	16	240	47	48	28
TI-11	Seleção Objeto	VR-Nav	-	20	-	-	4	-	2
TI-12	Manip. Objeto	VR-Manip	-	56	-	-	20	-	8
TI-13	Criação Anotação	WIMP	-	29	-	-	43	-	43
TI-14	Manip. Ícone	VR-Manip	-	14	-	-	-	-	4
TI-15	Manip. Objeto	VR-Manip	-	3	-	-	-	-	1
TI-16	Navegação	VR-Nav	-	-	-	-	-	-	-
TOTAIS			1039	476	835	570	627	429	193

Tabela 13 – Duração de cada Tarefa de Interação para cada Participante (em segundos)

A título de estabelecer uma referência de desempenho (*benchmark*), o mesmo cenário foi executado por um especialista, e seu desempenho registrado.

A Tabela 14 a seguir apresenta os dados consolidados com o tempo médio, mínimo e máximo de execução de cada tarefa de interação durante o Cenário de Uso 1.

Tarefas Interação	Tipo Tarefa	Ambiente	Tempo Médio	Tempo Mínimo	Tempo Máximo	Desvio Padrão	Tempo Expert
TI-1	Navegação	VR-Nav	132	72	245	66	25
TI-2	Seleção Ícone	VR-Nav	7	3	14	4	4
TI-3	Leitura Anotação	WIMP	39	27	55	11	14
TI-4	Navegação	VR-Nav	216	41	560	194	8
TI-5	Seleção Objeto	VR-Nav	10	1	36	13	1
TI-6	Manip. Objeto	VR-Manip	34	7	88	32	15
TI-7	Criação Anotação	WIMP	80	30	190	57	32
TI-8	Manip. Ícone	VR-Manip	26	8	58	19	5
TI-9	Manip. Objeto	VR-Manip	20	2	49	19	3
TI-10	Navegação	VR-Nav	83	16	240	90	28
TI-11	Seleção Objeto	VR-Nav	12	4	20	11	2
TI-12	Manip. Objeto	VR-Manip	38	20	56	25	8
TI-13	Criação Anotação	WIMP	36	29	43	10	43
TI-14	Manip. Ícone	VR-Manip	14	14	14	-	4
TI-15	Manip. Objeto	VR-Manip	3	3	3	-	1
TI-16	Navegação	VR-Nav	-	-	-	-	-
TOTAIS			748	276	1671	-	193

Tabela 14 – Tempo Médio, Mínimo, Máximo e Desvio Padrão das Tarefas de Interação (em segundos)

Os resultados confirmam o que se esperava. Apenas um participante, P3, executou o cenário até o fim, sendo que P6 também executaria caso não tivesse ocorrido um defeito no sistema. Os demais quatro participantes não executaram

todo o cenário, o que indica a grande quantidade de questões de usabilidade ocorridas.

O desempenho dos participantes foi de uma maneira geral muito ruim também se comparado com o do especialista, uma vez que o treinamento foi intencionalmente limitado para reproduzir o perfil de uso de um usuário iniciante. Entretanto, é interessante notar que o especialista não teve o melhor desempenho em todas as tarefas de interação (vide tabela 13). Não só existe uma razoável variabilidade na execução da mesma tarefa pela mesma pessoa (ex. especialista em TI-7 levou 32 segundos, ao passo que em TI-13 levou 43 s), como no fato que, depois de aprender a tarefa, alguns dos participantes demonstraram maior habilidade em algumas tarefas que o próprio especialista da aplicação (ex. P3 levou 30 segundos para realizar em TI-7, ao passo que o especialista levou 32 segundos).

Para uma melhor avaliação de desempenho seria necessário estender este treinamento para que problemas básicos de familiarização com o sistema não causassem problemas significativos no desempenho, como ficou demonstrado pelos resultados.

Isso confirma a importância da definição clara dos objetivos da avaliação. Não se pode tentar combinar avaliações para usuários de diferentes perfis. Por exemplo, uma avaliação quantitativa de desempenho para usuários familiarizados com o sistema não seria compatível com uma avaliação qualitativa de comunicabilidade e usabilidade para usuários com pouca familiaridade com o sistema.

Portanto, as medidas de desempenho obtidas com usuários pouco familiarizados com o sistema, como no nosso caso, podem servir apenas como uma indicação do grau de degradação de desempenho causado pelos problemas identificados, não servindo como medida de desempenho com usuários bem treinados e familiarizados com o sistema.

Foi realizado também o levantamento dos erros de interação no Cenário de Uso 1 para cada tarefa de interação, apresentado na Tabela 15.

Os erros de interação foram definidos por Tullis & Albert (2008) como “algum tipo de ação incorreta por parte do usuário.”

Vale notar que, embora todo erro de interação implique uma questão de usabilidade, como definida na seção 2.1, nem toda questão de usabilidade será causada por um erro, o que significa que os erros de interação ocorrem em número menor ou igual às questões de usabilidade. Por exemplo, um defeito no

sistema não é um erro de interação do usuário, mas tem sem dúvida um impacto na usabilidade.

Tullis & Albert (2008) sugere a classificação dos erros em triviais, moderados e sérios, para atribuir um grau de importância aos erros.

A Tabela 15 considerou a seriedade do impacto do erro no desempenho da tarefa para classificar os erros nesses três tipos. Foram considerados erros triviais aqueles com impacto leve na tarefa, erros moderados aqueles com impacto relevante na tarefa, e erros sérios aqueles que causaram a falha total da tarefa.

Tarefas Interação	Tipo Tarefa	Ambiente	Erros Triviais	Erros Moderados	Erros Sérios	Totais
TI-1	Navegação	VR-Nav	2	3	0	5
TI-2	Seleção Ícone	VR-Nav	0	0	0	0
TI-3	Leitura Anotação	WIMP	0	0	0	0
TI-4	Navegação	VR-Nav	2	3	0	5
TI-5	Seleção Objeto	VR-Nav	0	1	0	1
TI-6	Manip. Objeto	VR-Manip	1	1	0	2
TI-7	Criação Anotação	WIMP	0	1	0	1
TI-8	Manip. Ícone	VR-Manip	0	0	0	0
TI-9	Manip. Objeto	VR-Manip	0	1	0	1
TI-10	Navegação	VR-Nav	0	1	4	5
TI-11	Seleção Objeto	VR-Nav	0	1	0	1
TI-12	Manip. Objeto	VR-Manip	0	0	0	0
TI-13	Criação Anotação	WIMP	0	0	0	0
TI-14	Manip. Ícone	VR-Manip	0	0	0	0
TI-15	Manip. Objeto	VR-Manip	0	0	0	0
TI-16	Navegação	VR-Nav	0	0	0	0
TOTAIS			5	12	4	21

Tabela 15 – Erros de Interação no Cenário de Uso 1 por Tarefa de Interação

A análise da Tabela 15 permite verificar que a grande parte dos erros ocorreu nas tarefas de navegação TI-1, TI-4 e TI-10.

O número total de erros (21) foi elevado, considerando que cada tipo de erro foi contado uma única vez por tarefa de interação, e que a maioria dos participantes não executou as tarefas do cenário de uso até o fim.

Mas como o objetivo de nossa avaliação era exatamente o de maximizar a identificação das questões de usabilidade, já se esperava que os erros de interação aumentassem devido ao treinamento limitado.

Portanto, o foco desta avaliação foi o de identificar, interpretar e analisar as questões de usabilidade.

A Tabela 16 a seguir apresenta a consolidação das questões de usabilidade identificadas durante a execução do Cenário de Uso 1, distribuídas por tarefas de interação e transição e por participantes, bem como classificadas por categoria de IHC. As 53 ocorrências foram consolidadas em 37 questões distintas de

usabilidade, pois algumas ocorreram com mais de um participante, como mostra a tabela.

As categorias de IHC utilizadas na Tabela 16 foram Execução (coluna E), Navegação (coluna N), Significado (coluna S) e Percepção (coluna P), como já definidas na seção 5.1.2 e também utilizadas na interpretação dos dados de comunicabilidade.

Nº	Id. Tarefa	Tarefa Interação	Ambiente	Descrição da Questão de Usabilidade	Categoria IHC	P2	P3	P4	P5	P6	P7	E	N	S	P
1	TI-1	Navegação	VR-Nav	Perdeu orientação ao passar dentro de modelo de guindaste	Navegação	X							1		
2	TI-1	Navegação	VR-Nav	Dúvida de qual o lado direito ou esquerdo do Heliporto	Significado		X							1	
3	TI-1	Navegação	VR-Nav	Foi primeiro para a escada errada	Significado			X	X		X				3
4	TI-1.4	Navegação	VR-Nav	Dificuldade para se aproximar da plataforma quando longe	Execução	X	X	X		X		4			
5	TI-2	Seleção Ícone	VR-Nav	Selecionou o ícone corretamente mas com dificuldade	Execução		X					1			
6	TI-4	Navegação	VR-Nav	Ficou inicialmente desorientado ao voltar para a posição inicial	Navegação	X							1		
7	TI-4	Navegação	VR-Nav	Achou óculos desconfortável	Execução			X				1			
8	TI-4	Navegação	VR-Nav	Pensou ter dificuldade em identificar o que era o guindaste	Significado				X					1	
9	TI-4	Navegação	VR-Nav	Braço ficou cansado	Execução					X		1			
10	TI-4.10	Navegação	VR-Nav	Rodou todo o cenário 3D para verificar ponta guindaste	Percepção	X	X		X	X					4
11	TI-5	Seleção Objeto	VR-Nav	Selecionou ponta da torre ao invés da ponta do guindaste	Significado			X						1	
12	TI-5.11	Seleção Objeto	VR-Nav	Selecionou gancho pensando que poderia ser a ponta guindaste	Significado		X			X				2	
13	TI-6	Manip. Objeto	VR-Manip	Preferiu não trazer o LCD para o Centro	Execução	X				X		2			
14	TI-6	Manip. Objeto	VR-Manip	Apertou o botão A sem intenção, atrapalhado pelo LCD (canhoto)	Execução						X	1			
15	TI-7	Criação Anotação	WIMP	Criou novo arquivo pois não encontrou arquivo criado antes	Percepção			X							1
16	TI-7	Criação Anotação	WIMP	Mensagem do Notepad no tampo ficou oculta pelo LCD	Percepção			X							1
17	TI-8	Manip. Ícone	VR-Manip	Dificuldade para ver a Wand no LCD devido à posição da mão esquerda	Percepção						X				1
18	TI-9	Manip. Objeto	VR-Manip	Não percebeu se ícone do arquivo foi anexado ao objeto ou não	Percepção	X									1
19	TI-10	Navegação	VR-Nav	Verificou ponta mas não deixou anotação no guindaste sem rachadura	Significado	X		X	X					3	
20	TI-10	Navegação	VR-Nav	Terminou sessão sem verificar o segundo guindaste	Navegação						X		1		
21	TI-10	Navegação	VR-Nav	Tentou deletar anotação anexada a mais mas não teve sucesso	Execução			X				1			
22	TIE-2	Seleção Ícone	VR-Nav	Selecionou novamente a anotação da tarefa pois esqueceu qual era	Navegação				X				1		
23	TIE-2	Seleção Ícone	VR-Nav	Selecionou ícone com anotação feita para verificar correção	Percepção						X				1
24	TIE-5	Seleção Objeto	VR-Nav	Selecionou objeto ao invés do ícone de anotação	Execução	X			X			2			
25	TIE-5	Seleção Objeto	VR-Nav	Selecionou objeto sem ter intenção	Execução		X				X	2			
26	TIE-8	Manip. Ícone	VR-Manip	Ficou perdido sem saber como voltar para navegação	Navegação	X							1		
27	TIE-8	Manip. Ícone	VR-Manip	Tentou interagir com manipulação, achando que estava em navegação	Percepção				X		X				2
28	TT-6/7	Transição	Manip/WIMP	Foi para WIMP sem ter intenção, esbarrou no botão A	Execução						X	1			
29	TT-9/4.9/10	Transição	Manip/Nav	Ficou em dúvida se anotação foi anexada ou não e re selecionou	Percepção			X							1
30	TT-9/7	Transição	Manip/WIMP	Apertou o botão A duas vezes e voltou para WIMP	Execução	X						1			
31	TT-13/14	Transição	WIMP/Manip	Travou em WIMP pois participante mudou nome primeiro arquivo	Execução					X		1			
32	TTE-5/6	Transição	Nav/Manip	Foi para manipulação sem intenção, esbarrou no botão A	Execução		X					1			
33	TTE-6/7	Transição	Manip/WIMP	Foi para WIMP intencionalmente, mas queria navegação	Navegação	X						1			
34	TTE-6/7.9/7	Transição	Manip/WIMP	Apertou o botão A sem soltar e foi direto para WIMP	Execução	X			X		X	3			
35	TTE-7/8	Transição	WIMP/Manip	Tentou retornar usando a Wand	Percepção				X						1
36	TTE-7/8	Transição	WIMP/Manip	Tentou retornar usando o Back	Navegação				X			1			
37	TTE-9/7	Transição	Manip/WIMP	Voltou para WIMP sem perceber o que estava ocorrendo	Percepção				X						1
						TOTAIS					54	24	5	11	14

Tabela 16 – Consolidação das Questões de Usabilidade Identificadas

Como mostra a Tabela 16, um grande número de ocorrências de questões de usabilidade foram causadas por problemas de execução (24), devido principalmente a dificuldades de manipulação (botão A) e memorização das funções dos quatro botões de comando da *Wand*, principalmente o uso do botão Home para retornar de manipulação para navegação. Um treinamento mais extenso poderia ter reduzido bastante estes erros.

Vale notar também que problemas com o dispositivo de entrada não são tão comuns com os sistemas baseados em desktop, que utilizam mouse e teclado padrões para entrada de dados e comandos. Estes são, portanto, problemas típicos de interação com ambientes virtuais 3D, que utilizam dispositivos de entrada distintos do usual.

Uma das questões com o maior número de ocorrências, com quatro dos seis participantes, foi a dificuldade de aproximação do cenário 3D quando ainda o ponto de vista está distante. Esse é um problema de escala, para qual o designer poderá encontrar uma solução.

Outra dificuldade foi fazer a seleção de objetos pequenos, particularmente do ícone 3D. Um pequeno movimento do braço desvia o apontamento para outro objeto.

Mas grande parte dos problemas de execução foram de ergonomia, como o braço cansado, incômodo com os óculos e manipulação do LCD.

No caso da manipulação do LCD, ocorreram dois fatos interessantes. Dois dos participantes destes preferiram não movimentar o LCD para o centro, usando-o o tempo todo no lado esquerdo e alegando que foi melhor do que ter de puxar para o centro. Já o participante canhoto, que era obrigado a movimentar o LCD para o centro, para poder manipular o objeto com a mão esquerda, teve diversos problemas para fazer isso.

A segunda grande incidência de ocorrências foi de problemas de percepção (14), indicando que o sistema precisa melhorar seu *feedback*. Os usuários tiveram dificuldades para perceber o que tinha acontecido após transições involuntárias de ambiente, apesar da existência de animações para tentar informar ao usuário o que ocorreu. Por exemplo, um dos participantes não percebeu que estava no ambiente de manipulação, interagindo com a *Wand* como se estivesse no ambiente de navegação. O fato de o ambiente de navegação continuar ativo nas telas da mini-CAVE, embora inativo para comandos, confundiu o participante. A falta de *feedback* na anexação do ícone ao objeto na própria tela de navegação também causou problemas para alguns.

Além disso, quatro dos seis participantes fizeram a inspeção no próprio ambiente de navegação, sem perceber, ou se lembrar, que o ambiente de manipulação foi concebido pelo designer exatamente para isso.

A terceira grande incidência de ocorrências foi de problemas de significado (11), o que foi uma grande surpresa, principalmente porque se originaram muitas vezes da interpretação da tarefa definida pelo gerente (avaliador).

Dos seis participantes, três foram inicialmente para a escada errada, não tendo compreendido corretamente a tarefa, que dizia para procurar "...na escada à direita do Heliporto."

Este tipo de problema suscita várias questões, principalmente de qual seria a causa deste problema e como resolvê-lo. Esta questão explicita a dificuldade de se traduzir a mensagem textual da tarefa para o cenário virtual 3D, que representa apenas visualmente a escada e sua localização.

O gerente vai ter de ser mais explícito na descrição a qual escada ele se refere? O designer do conteúdo precisa aumentar o realismo do cenário 3D para que o usuário perceba melhor o que fica à esquerda ou à direita? Ou o designer do sistema precisa introduzir mecanismos de identificação e localização de objetos, bem como referências no cenário 3D para indicar orientações, como por exemplo: norte, sul, leste e oeste?

Os usuários também tiveram dificuldades para interpretar o que era a ponta do guindaste no cenário, ora confundindo-a com o gancho, ora confundindo-a com a ponta da torre que suporta o guindaste.

O botão *Home* da *Wand* ora significava voltar ao ponto de vista inicial de navegação, ora significava ir do ambiente de manipulação para o ambiente de navegação.

Estas ocorrências chamaram a atenção do avaliador que ao interagir com a HybridDesk, o usuário na verdade está interagindo com três sistemas de significação distintos: do sistema (comando da Wand), do conteúdo (cenário 3D) e da tarefa (texto do gerente).

Em sistemas que utilizam o desktop com aplicações usuais, este problema não chega a ser tão crítico, mas no caso do sistema avaliado ficou claro que cada um dos três sistemas de significação são muito distintos, havendo grandes dificuldades para se traduzir de um para outro e se manter uma interação consistente.

5.2.2 Questionário e Entrevista de Usabilidade

Esta seção apresenta, em tabelas e gráficos, os resultados do questionário de usabilidade (Apêndice B.8) aplicado após cada sessão de observação do Cenário de Uso 1.

O questionário foi organizado em 28 afirmações, para a qual o participante deveria dar uma resposta numa escala Likert de 1 a 5 [Tullis & Albert 2008, Sharp et al. 2007], onde 1 significava discordo totalmente e 5 concordo totalmente.

Considerando o número de tarefas de interação e de transição que se queria avaliar, bem com os diversos fatores de usabilidade, não seria possível avaliar individualmente todos os fatores de usabilidade para todas as tarefas de interação e transição.

Optou-se por produzir dois grupos de questões, o primeiro grupo (1 a 13) focado nas tarefas de interação e transição, e um segundo grupo (14 a 28) focado nos fatores de usabilidade.

A afirmação escolhida para concordância ou discordância no primeiro grupo foi “Foi simples executar a tarefa xxx?”, variando-se apenas a tarefa sendo avaliada, pois esta característica, ser simples, foi no entender do avaliador a que melhor sintetizava os cinco principais fatores de usabilidade: fácil de aprender, fácil de memorizar, eficiente de usar, baixo índice de erros e agradável [Nielsen 1993].

Entretanto, também foram feitas afirmações específicas para avaliar os fatores (14 a 28), mas neste caso elas foram direcionadas à avaliação de elementos específicos da interface da HybridDesk considerados críticos para a interação e relevantes para a avaliação, como os aspectos de ergonomia dos óculos, da *Wand* e do monitor LCD, bem como a facilidade para aprendizado e memorização dos comandos e para recuperação de erros.

A Tabela 17 a seguir consolida as respostas de cada participante às 13 primeiras afirmações do questionário de usabilidade, bem como as médias (escala de 1 a 5) de cada uma, as quais foram focadas na avaliação das tarefas de interação e de transição.

Questões de Usabilidade - Tarefas	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média
1. Foi simples Navegar no Cenário 3D	4	3	4	4	4	3	3,67
2. Foi simples Selecionar o ícone 3D	2	1	3	2	4	3	2,50
3. Foi simples Selecionar os objetos	4	5	3	4	5	4	4,17
4. Foi simples Manipular os objetos	3	4	3	4	3	2	3,17
5. Foi simples Anexar o ícone 3D ao objeto	5	5	2	3	5	4	4,00
6. Foi simples Ler o arquivo que descrevia a tarefa	5	5	4	5	5	4	4,67
7. Foi simples Criar os arquivos com anotações	5	5	4	5	5	4	4,67
8. Foi simples a transição do ambiente VR-Navegação para o ambiente VR-Manipulação	5	4	4	3	5	3	4,00
9. Foi simples retornar do ambiente VR-Manipulação para o ambiente VR-Navegação	2	4	4	2	5	4	3,50
10. Foi simples a transição do ambiente VR-Manipulação para o ambiente WIMP	4	5	3	3	5	3	3,83
11. Foi simples retornar do ambiente WIMP para o ambiente VR-Manipulação	4	4	4	4	5	4	4,17
12. Foi simples a transição do ambiente VR-Navegação para o ambiente WIMP	5	4	4	2	5	3	3,83
13. Foi simples retornar do ambiente WIMP para o ambiente VR-Navegação	4	4	4	3	5	4	4,00

Tabela 17 – Respostas ao Questionário de Usabilidade - Tarefas

A Figura 18 a seguir ilustra graficamente os resultados médios de concordância dos participantes com cada uma dessas 13 afirmações, bem como o desvio padrão das respostas, o que indica a variabilidade das respostas.

Vale notar que as Figuras 18 e 19 apresentam os resultados numa escala de 0 a 4, convertidos a partir das respostas dos questionários numa escala de 1 a 5.

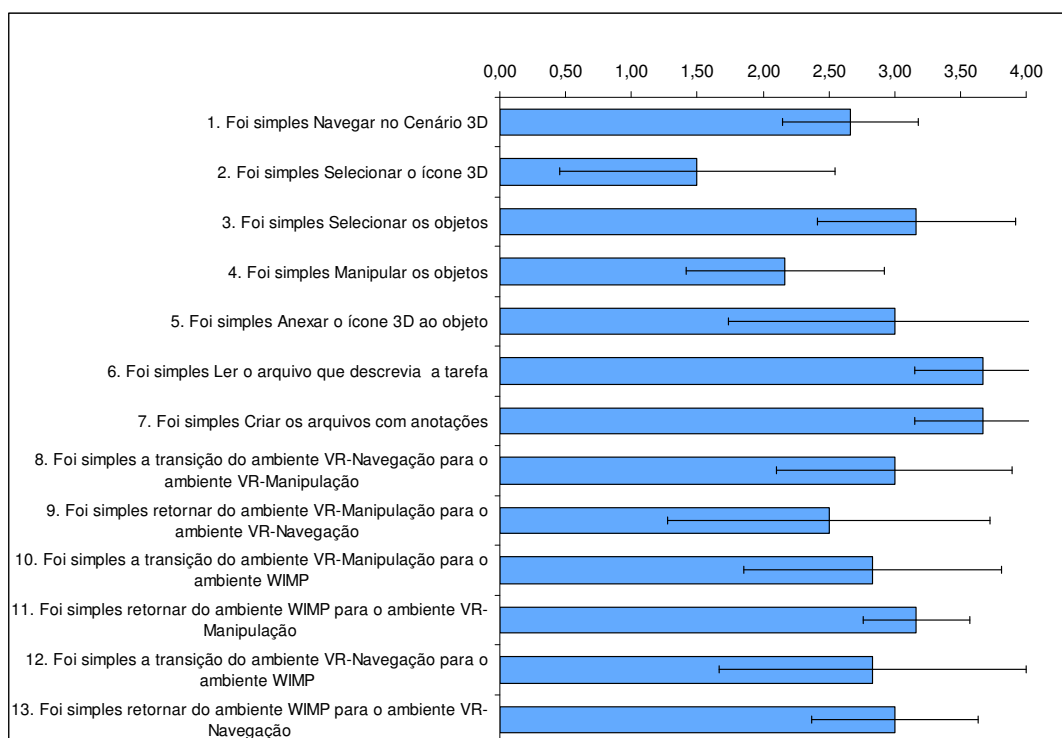


Figura 18 – Gráfico das Respostas ao Questionário de Usabilidade – Tarefas

Os resultados indicam que o menor índice de satisfação foi com a tarefa de selecionar o ícone 3D, seguida pela manipulação de objetos.

As tarefas feitas no desktop (WIMP) foram as que apresentaram o maior índice de satisfação, o que era de se esperar pois é um ambiente familiar.

No que se refere a tarefas de transição, o menor índice foi na tarefa de transição de manipulação para navegação.

A tarefa de transição considerada mais simples foi a do WIMP para o ambiente de manipulação.

A Tabela 18 a seguir consolida as respostas de cada participante às afirmações 14 a 28 do questionário de usabilidade, bem como as médias (escala de 1 a 5) de cada uma, as quais foram focadas na avaliação de fatores de usabilidade específicos aplicados à HybridDesk.

Questões de Usabilidade - Fatores	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média
14. Foi fácil memorizar os comandos para transição entre os ambientes	4	3	4	3	5	2	3,50
15. As animações ajudaram na percepção das transições	5	5	4	4	5	4	4,50
16. Foi fácil orientar-se durante as transições de ambiente	5	5	4	3	4	4	4,17
17. Eu não percebi inconsistências na interação entre os ambientes de Navegação e de Manipulação	5	4	2	1	4	5	3,50
18. Eu me senti confortável usando os óculos no ambiente WIMP	4	4	1	3	3	1	2,67
19. Eu me senti confortável usando a Wand	4	3	3	4	3	2	3,17
20. Eu me senti confortável usando o Teclado	5	4	4	5	5	4	4,50
21. Eu me senti confortável manipulando objetos no LCD	4	4	3	2	4	4	3,50
22. Eu me senti confortável usando os óculos nas interações em geral	5	3	1	1	4	2	2,67
23. Eu me senti confortável deslocando o LCD lateralmente	N/A	3	3	1	4	2	2,60
24. Eu não senti tontura ao usar o sistema	5	5	5	5	3	5	4,67
25. Eu me senti confortável interagindo com o sistema	4	3	3	3	3	3	3,17
26. Foi fácil aprender a usar o sistema	4	4	5	3	5	3	4,00
27. Quando cometi um erro, eu me recuperei fácil e rapidamente	2	5	4	1	4	2	3,00
28. De uma maneira geral, eu estou satisfeito com este sistema	4	4	4	4	4	4	4,00
Médias dos Participantes	4,1	4,0	3,4	3,1	4,3	3,3	3,71

Tabela 18 – Respostas ao Questionário de Usabilidade - Fatores

A Figura 19 a seguir apresenta os resultados médios de concordância dos participantes com cada uma dessas 15 afirmações, bem como o desvio padrão das respostas.

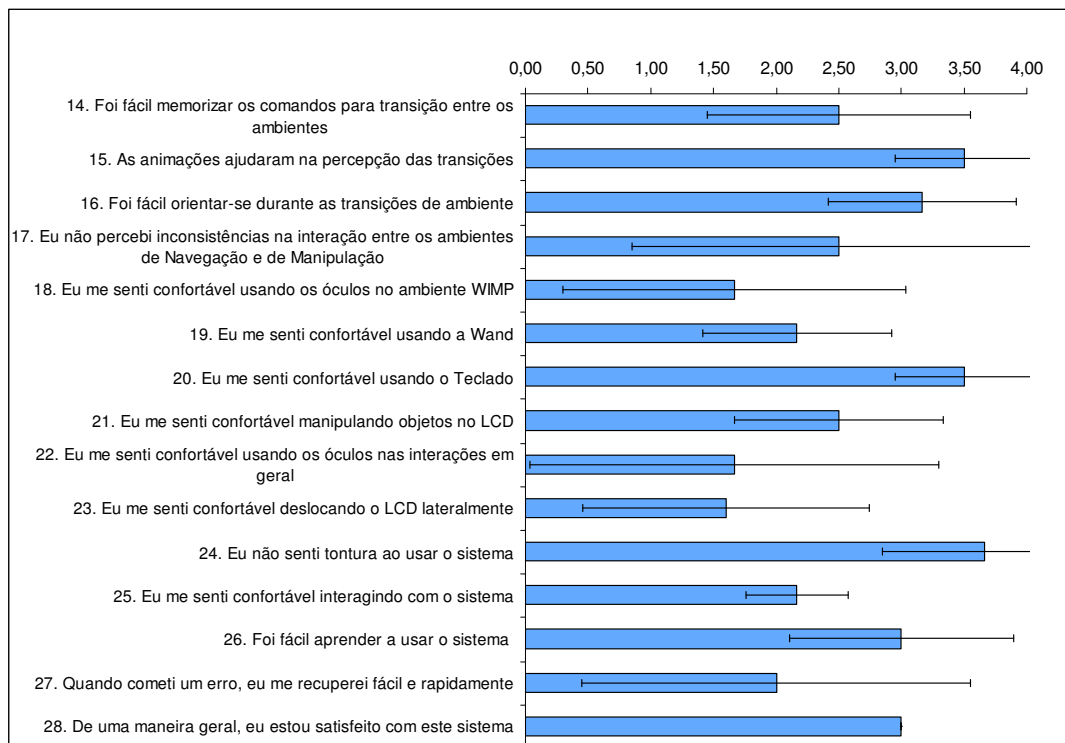


Figura 19 – Gráfico das Respostas ao Questionário de Usabilidade – Fatores

As respostas indicaram bastante desconforto no uso dos óculos para estereoscopia, o que pode ter sido agravado pelo fato da maioria dos participantes já usar óculos. Além disso, indicaram desconforto na manipulação do LCD. Na realidade, como pudemos observar pelas filmagens, os participantes P2 e P6 nem sequer movimentaram o LCD para o centro da mesa, isso sem contar com o participante canhoto, que teve sérios problemas de manipulação do LCD.

O conforto no uso da *Wand* apresenta um resultado inferior a 2,4, ou 60%, também indicando problemas de interação, como o cansaço do braço em uso prolongado. O designer do sistema entendeu que o mesmo apoio usado para o teclado poderia ser usado para apoio do braço também, mas isso não foi percebido pelos participantes, e todos mantiveram o braço sempre esticado e suspenso durante a interação, o que naturalmente levou ao cansaço com o tempo de uso.

Uma resposta interessante foi a atribuição unânime do valor 4, numa escala de 1 a 5, para a satisfação no uso do sistema de uma maneira geral (questão 28). Isso indica que, apesar de algumas dificuldades encontradas na interação, os participantes gostaram de utilizar o sistema. Isso foi confirmado na entrevista, em que a maioria se sentiu muito satisfeita com a HybridDesk, afirmando que era um sistema muito interessante e fácil de aprender a usar. Isso de certa forma confirma a expectativa do designer de que o sistema é fácil de aprender a usar.

Para obtermos mais informações qualitativas sobre a avaliação, após a resposta aos questionários foi feita uma entrevista com cada participante, para procurar identificar com maior precisão as questões de usabilidade que os levaram a responder com valores baixos (1 a 3) ao questionário. Os comentários dos participantes P2 a P7 durante a entrevista foram documentados no Apêndice C, nas seções C.1.2 d, C.2.2 d, C.3.2 d, C.4.2 d, C.5.2 d e C.6.2 d, respectivamente.

A partir dos comentários dos participantes na entrevista, foram identificadas as questões de usabilidade consolidadas na Tabela 19 a seguir. A coluna “Part.” indica quantos participantes levantaram a mesma questão.

Nº	Questão de Usabilidade	Part.
1	Desconfortável arrastar LCD para o centro	5
2	Achou óculos desconfortáveis	4
3	Dificuldade de aprendizado de alguns comandos da <i>Wand</i>	3
4	Navegação lenta para aproximar do cenário quando longe	3
5	Anexação do ícone 3D não deu <i>feedback</i>	3
6	Ícone 3D muito pequeno, tem de se aproximar muito para selecionar	3
7	Achou que o uso prolongado da <i>Wand</i> cansa o braço	3
8	Apertou botão A demais, voltando para o WIMP sem querer	3
9	Intencionalmente não deixou mensagem no guindaste sem rachaduras	2
10	Não ficou claro como voltar de manipulação para navegação	2
11	Faltou funcionalidade para apontar e ir direto para objeto	1
12	Percebeu que <i>Wand</i> tremia quando entrava no objeto	1
13	Fez transição involuntária de navegação para manipulação ao selecionar objeto errado	1
14	Quando errava não era óbvio como voltar atrás	1
15	Faltou menu on-line para ajudar nas opções do sistema	1
16	<i>Wand</i> teve problemas de rastreamento quando inclinou demais o braço	1
17	Tentou excluir ícone 3D anexado a mais, mas não conseguiu	1
18	Teve dificuldade em alinhar a direção da <i>Wand</i> real com a <i>Wand</i> virtual projetada na tela	1
19	Achou que seria melhor fazer a anotação no mundo virtual 3D, sem precisar ir para WIMP	1
20	Achou que é fácil se perder se o ambiente for simétrico	1
21	Achou que o movimento de <i>drag</i> com a <i>Wand</i> não corresponde ao movimento do objeto	1
22	Troca de ambientes não foi agradável, seria melhor se pudesse se limitar à mini-CAVE	1
23	Achou ruim ter de manipular objeto por trás do LCD, é inconsistente com o hábito de interagir	1
24	Seria melhor usar a tela de fundo da mini-CAVE ao invés do LCD, e desligar as telas laterais momentaneamente	1
25	O ambiente de manipulação no LCD manteve as telas da mini-CAVE ativas, então achou que ainda estava em navegação na mini-CAVE	1
26	Achou que movimentos com a cabeça causaram movimentos muito bruscos no cenário 3D, não pareciam realistas	1
27	Fez a inspeção em navegação, mas depois percebeu que seria bem mais fácil em manipulação	1
28	Achou que interagir com o sistema no dia a dia não seria tão confortável	1
29	Ficou em dúvida o que seria a ponta do guindaste, por isso verificou o gancho também	1
30	Achou sistema interessante de usar, mas não foi fácil, mas acha que foi por ser canhoto	1
31	Dificuldade para passar a mão esquerda por trás do LCD para manipulação	1
32	Dificuldade na manipulação pois perde a visão dos botões da <i>Wand</i>	1
33	Não estava clara a opção a selecionar no WIMP para retornar	1
34	<i>Wand</i> perdeu rastreamento por causa da posição da mão esquerda	1
TOTAL		55

Tabela 19 – Questões de Usabilidade do Questionário e Entrevista

5.2.3 Questionário de Senso de Presença (IPQ)

O senso de presença foi medido a partir de respostas ao questionário IPQ, incluído no Apêndice B.11, que foi respondido pelo participante logo após a realização do Cenário de Uso 2.

A Tabela 20 a seguir apresenta os resultados da aplicação do questionário IPQ para cada participante, com os valores das respostas já ajustados de acordo com o método, bem como os cálculos das médias e desvios padrão (DP) de cada questão. Seguindo o método, as respostas de 1 a 7 foram convertidas para 0 a 6, exceto no caso das variáveis em **negrito**, cujos valores invertidos para 6 a 0, pois a resposta positiva era a de menor valor e vice-versa.

Questão	Var	P2	P3	P4	P5	P6	P7	Média	DP
1	G1	5	5	3	5	5	4	4,50	0,84
2	SP1	5	6	3	5	6	4	4,83	1,17
3	SP2	5	3	3	3	6	6	4,33	1,51
4	SP3	4	5	3	5	6	4	4,50	1,05
5	SP4	5	6	2	4	6	3	4,33	1,63
6	SP5	5	5	2	4	6	4	4,33	1,37
7	INV1	5	2	5	3	5	5	4,17	1,33
8	INV2	5	3	5	3	4	5	4,17	0,98
9	INV3	5	3	5	2	6	5	4,33	1,51
10	INV4	5	3	5	4	5	4	4,33	0,82
11	REAL1	4	5	2	4	4	4	3,83	0,98
12	REAL2	5	5	3	5	4	4	4,33	0,82
13	REAL3	4	5	2	2	4	2	3,17	1,33
14	REAL4	0	2	0	0	1	2	0,83	0,98
Média Particip.		4,43	4,14	3,07	3,50	4,86	4,00	4,00	0,64

Tabela 20 – Respostas ao Questionário IPQ

A Figura 20 a seguir apresenta o valor médio das 14 respostas (escala de 0 a 6), bem como o desvio padrão das mesmas.

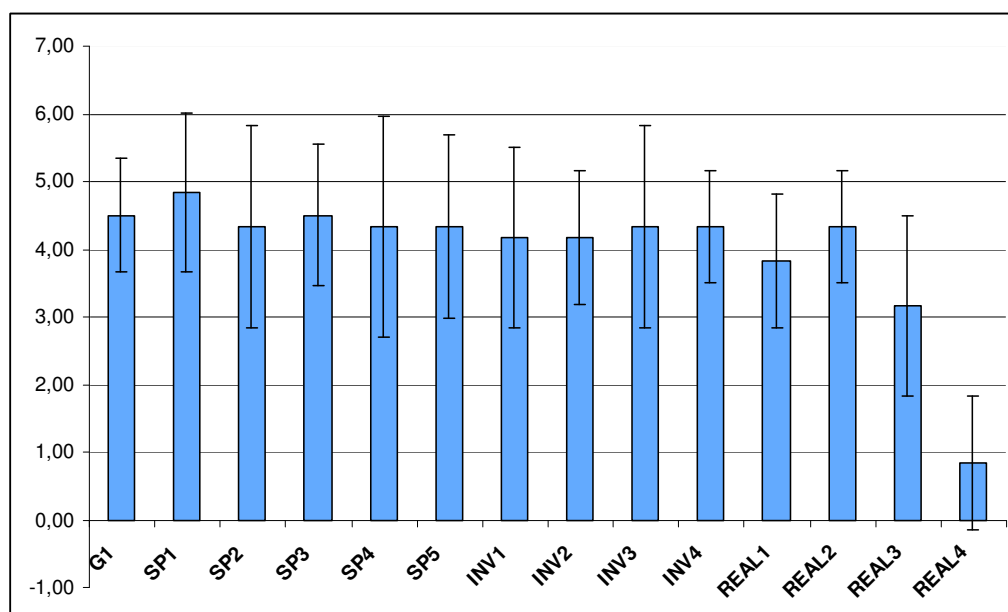


Figura 20 – Gráfico das Respostas ao Questionário IPQ

A Tabela 21 a seguir apresenta os resultados anteriores consolidados em subescalas de senso de presença, para permitir a comparação com o resultado de outras avaliações feitas anteriormente [Gentil 2008] pelo mesmo método IPQ, com outras aplicações 3D.

Subescalas IPQ	HybridDesk	Second Life	Half-Life	Tomb Raider
Senso de Estar Lá (Geral)	4,50	3,75	3,93	3,00
Presença Espacial	4,47	3,73	3,99	3,06
Envolvimento	4,25	3,91	3,27	2,40
Realismo Experimentado	3,04	2,84	2,34	1,92

Tabela 21 – Respostas Consolidadas do IPQ por Subescala e Aplicação

Pode-se notar pelos resultados que a HybridDesk apresentou os melhores valores (em **negrito**) nas escalas de IPQ, superando tanto a aplicação *Second Life*, que era a melhor no geral e em presença espacial (em *itálico*), bem como o videogame *Half-Life*, que era o melhor em envolvimento e realismo experimentado (em *itálico*).

A Figura 21 a seguir representa em um gráfico do tipo radial os valores de cada subescala do IPQ para cada avaliação, indicando os melhores resultados (mais externos).

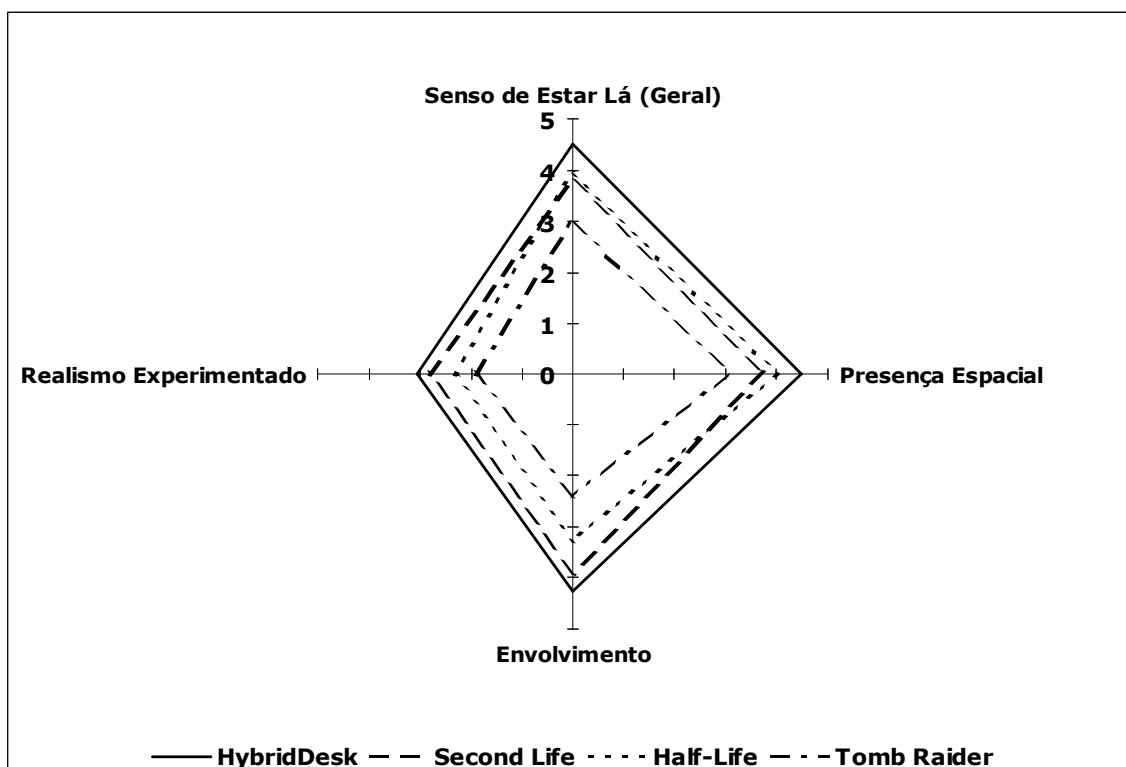


Figura 21 – Gráfico com os Valores Consolidados do IPQ por Subescala e Aplicação

A Tabela 22 a seguir apresenta o ganho percentual da HybridDesk em relação às demais avaliações.

Relação IPQ HybridDesk	Second Life	Half-Life	Tomb Raider
Senso de Estar Lá (Geral)	20%	15%	50%
Presença Espacial	20%	12%	46%
Envolvimento	9%	30%	77%
Realismo Experimentado	7%	30%	58%

Tabela 22 – Comparação dos Valores de IPQ da HybridDesk com outras Aplicações

As subescalas de “presença espacial” e “senso de estar” lá apresentaram melhora significativa em relação ao *Second Life* (~20%), enquanto subescalas de “envolvimento” e “realismo experimentado” que experimentaram grande melhora em relação ao *Half-Life* (~30%).

Esses resultados apresentam indicações de que as subescalas “presença espacial”, “envolvimento” e “realismo experimentado” são relativamente independentes, como argumentam os proponentes dessa avaliação.

Estudos futuros poderiam se concentrar em avaliar como aumentar ainda mais o “envolvimento” e o “realismo experimentado” da HybridDesk, por exemplo, considerando-se que já houve grande progresso na “presença espacial”.

Entretanto, esses resultados não podem ser analisados por seus valores absolutos ou considerados conclusivos, apesar de todas serem aplicações interativas 3D, pois existem muitas variáveis distintas entre essas avaliações, como o próprio ambiente de avaliação, a aplicação, as tarefas, o conteúdo e o perfil dos usuários.

6

Discussões

Este capítulo apresenta uma comparação dos resultados dos diversos métodos de avaliação aplicados, bem como sugestões de melhorias para a HybridDesk e discussões sobre diversos tópicos de interesse identificados ao longo do processo de avaliação.

6.1.

Comparação dos Resultados das Avaliações

As Tabelas 23 a 25 apresentam a consolidação das questões de IHC identificadas pelas seguintes avaliações realizadas por este estudo:

- Avaliação Heurística (Heur.);
- Observação de Uso com *Talk-Aloud* (Obs. TA);
- Questionário e Entrevista de Usabilidade (Que. / Ent.);
- Método de Avaliação de Comunicabilidade (MAC).

Muitos dos resultados obtidos não podem ser atribuídos de forma inequívoca a um ou outro método, uma vez que o conhecimento pelo avaliador dos processos e resultados de um método pode ter influenciado na produção dos resultados do outro método.

Do ponto de vista prático, essa influência pode ser considerada saudável, pois enriquece a avaliação com um maior conhecimento do avaliador, e produz ao final resultados melhores, independentemente de qual método contribuiu mais ou menos para cada resultado.

Mesmo assim, apesar de compartilharem um dos avaliadores, os resultados das Tabelas 23, 24 e 25 mostram que cada um dos métodos produziu resultados relevantes únicos.

Nº	Questões de IHC	Heur.	Obs. TA	Que. /Ent.	MAC	Total
1	Navegação lenta para aproximar do cenário 3D quando longe.	1	4	3	2	10
2	Falta de <i>feedback</i> na tela do LCD ao se liberar ícone 3D indicando se foi anexado ao objeto ou não.	1	1	3	4	9
3	Fez inspeção da ponta do guindaste rodando o próprio cenário 3D em navegação.		4	1	3	8
4	Desconfortável arrastar o LCD para o centro, alguns preferiam nem arrastar.		2	5		7
5	Apertou o botão A duas vezes e voltou de manipulação para WIMP.		1	3	3	7
6	Uso prolongado da Wand com braço esticado causa fadiga do braço do usuário, pois evita apenas parcialmente o uso dos grupos de músculos maiores.	2	1	3		6
7	Achou óculos desconfortáveis, principalmente usuários que já usam óculos.	1	1	4		6
8	Verificou ponta mas não deixou anotação no guindaste sem rachadura.		3	2	1	6
9	Não ficou claro como voltar de manipulação para navegação, uso do botão Home não é muito consistente.	2		2	1	5
10	Ícone 3D que representa a anotação é pequeno e difícil de selecionar.	1		3	1	5
11	Selecionou gancho pensando que poderia ser a ponta guindaste, verificou os dois.		2	1	2	5
12	Dificuldade de aprendizado de alguns comandos da Wand, pois requer aprendizado específico de suas funcionalidades.	1		3		4
13	Se apertar o botão A duas vezes sem querer em navegação vai para manipulação.		1	1	2	4
14	Ao selecionar objeto, apertou sem querer no botão A duas vezes e foi direto de navegação para WIMP.		3		1	4
15	Sistema não oferece menu de opções ou sistema de ajuda para usuários iniciantes.	1		1	2	4
16	Foi primeiro para a escada errada.		3			3
17	Tentou interagir com a Wand em manipulação, achando que estava em navegação.		2		1	3
18	Perdeu orientação momentaneamente ao passar dentro de modelo de guindaste.		1		1	2
19	Não estava clara a opção a selecionar no WIMP para retornar, apertou o botão Back e como não aconteceu nada tentou o Send.			1	1	2
20	Apertou o botão A sem intenção, atrapalhado pelo LCD por ser canhoto.		1		1	2
21	Dificuldade para passar a mão esquerda por trás do LCD para manipulação, sistema foi projetado para destros, pois LCD à esquerda é ruim para canhotos.	1		1		2
22	Dificuldade para ver a Wand no LCD em manipulação devido à posição da mão esquerda.		1		1	2
23	Mensagem do Notepad na tela do tampo ficou oculta pelo LCD.		1		1	2
24	Ficou inicialmente desorientado após apertar Home em navegação e voltar para a posição inicial.		1		1	2
25	Estranhou o fato da Wand tremer ao encostar no objeto.			1	1	2
26	Ficou em dúvida qual lado é a direita ou esquerda.				2	2
27	Terminou sessão sem verificar o segundo guindaste.		1		1	2
28	Tentou deletar ícone 3D anexado a mais, mas não teve sucesso.		1	1		2
29	Selecionou objeto ao invés do ícone de anotação.		2			2
30	Selecionou objeto sem ter intenção.		2			2
31	Não sabia como voltar para ambiente de navegação quando no ambiente de manipulação.		1		1	2
32	Sistema não tem função para desfazer ações, nem indicações de como se recuperar de erro.	1		1		2
33	Falta modo para navegar direto para um objeto.	1		1		2
34	Foi para WIMP intencionalmente para tentar voltar depois para navegação.		1		1	2
35	Dúvida de qual o lado direito ou esquerdo do Heliporto.		1			1

Tabela 23 – Consolidação das Questões de IHC por Método (parte 1)

Nº	Questões de IHC	Heur.	Obs. TA	Que. /Ent.	MAC	Total
36	Selecionou o ícone 3D corretamente mas com dificuldade.		1			1
37	Selecionou objeto errado diversas vezes por engano apertando o botão A duas vezes ao ativar o raio da Wand, em navegação.				1	1
38	Wand perdeu rastreamento por causa da posição da mão esquerda.			1		1
39	Fez algumas operações com os botões para verificar como funcionam, em navegação.				1	1
40	Dificuldade na manipulação pois perde a visão dos botões da Wand.			1		1
41	Achou ruim ter de manipular objeto por trás do LCD, é inconsistente com o hábito de interagir.			1		1
42	Wand teve problemas de rastreamento quando inclinou demais o braço.			1		1
43	Teve dificuldade em alinhar a direção da Wand real com a Wand virtual projetada na tela.			1		1
44	Achou que seria melhor fazer a anotação no mundo virtual 3D, sem precisar ir para WIMP.			1		1
45	Achou que é fácil se perder se o ambiente for simétrico.			1		1
46	Achou que o movimento de <i>drag</i> com a Wand não corresponde ao movimento do objeto.			1		1
47	Troca de ambientes não foi agradável, seria melhor se pudesse se limitar à mini-CAVE.			1		1
48	Seria melhor usar a tela de fundo da mini-CAVE ao invés do LCD, e desligar as telas laterais momentaneamente.			1		1
49	O ambiente de manipulação no LCD manteve as telas da mini-CAVE ativas, então achou que ainda estava em navegação na mini-CAVE.			1		1
50	Achou que movimentos com a cabeça causaram movimentos muito bruscos no cenário 3D, não pareciam realistas.			1		1
51	Achou que interagir com o sistema no dia a dia não seria tão confortável.			1		1
52	Achou sistema interessante de usar, mas não foi fácil, mas acha que foi por ser canhoto.			1		1
53	Ficou momentaneamente em dúvida se era mesmo o ícone 3D, e era.				1	1
54	Se perdeu momentaneamente navegando no cenário.				1	1
55	Começou a repetir ações e observar porque algumas funcionam e outras não.				1	1
56	Pensou ter dificuldade em identificar o que era o guindaste.		1			1
57	Selecionou ponta da torre ao invés da ponta do guindaste.		1			1
58	Criou novo arquivo pois não encontrou arquivo criado antes.		1			1
59	Ficou em dúvida se anotação foi anexada ou não no objeto e reselectou objeto em navegação.		1			1
60	Selecionou novamente a anotação da tarefa pois esqueceu qual era.		1			1
61	Selecionou ícone com anotação feita para verificar correção.		1			1
62	Ficou em dúvida qual é o ícone com a tarefa, uma vez que existem vários ícones no cenário que ele anexou sem querer.				1	1
63	Objeto selecionado à distância fica invisível para manipulação.				1	1
64	Ao clicar no ícone 3D que representava o arquivo com as instruções, não percebeu que o sistema havia mudado para o ambiente WIMP.				1	1
65	Foi para WIMP sem ter intenção, esbarrou no botão A.		1			1
66	Travou em WIMP pois participante mudou nome primeiro arquivo.		1			1
67	Tentou retornar quando no WIMP usando a Wand.		1			1
68	Tentou retornar usando o Back no WIMP, vindo de manipulação.		1			1
69	Voltou para WIMP sem perceber o que estava ocorrendo.		1			1
70	Perda eventual de rastreamento causa retardo (<i>lag</i>) na visualização.	1				1

Tabela 24 – Consolidação das Questões de IHC por Método (parte 2)

Nº	Questões de IHC	Heur.	Obs. TA	Que. /Ent.	MAC	Total
71	Sistema tem poucas mensagens de erro, deixando usuário em dúvida do que aconteceu.	1				1
72	Sistema não tem rótulos espaciais, marcos para orientação ou um horizonte.	1				1
73	Sistema não inclui uma grade ou mapa de navegação.	1				1
74	Sistema oferece pouca ou nenhuma informação sobre onde usuário está, qual a atitude e orientação, para onde quer ir, ou como chega lá.	1				1
75	Sistema não permite a seleção de múltiplos objetos.	1				1
76	Sistema dá <i>feedback</i> visual no objeto a ser selecionado, mas o <i>feedback</i> para objetos pequenos é pouco visível.	1				1
77	Sistema não usa transparência durante a seleção.	1				1
78	Latência, causada pelo rastreamento da <i>Wand</i> , às vezes dificulta a seleção, embora a taxa de quadros esteja adequada.	1				1
79	Raio de seleção não tem amortecimento da seleção ou qualquer outro mecanismo, dificultando a fixação do apontamento em um objeto pequeno.	1				1
80	Sistema não suporta interação com duas mãos.	1				1
81	Sistema não oferece interface para consulta (<i>query</i>) dos usuários ou ajuda.	1				1
82	Sistema não faz um detalhamento progressivo de interfaces ricas em informações, como os detalhes de um objeto.	1				1
Total Ocorrências Questões		26	54	55	43	178
Totais Questões Distintas		25	37	34	31	127
Totais de Questões Únicas de Cada Método		13	13	14	8	48

Tabela 25 – Consolidação das Questões de IHC por Método (parte 3)

Das 82 questões distintas de IHC levantadas, 48 só foram identificadas por um dos métodos, o que demonstra a relevância de se utilizar múltiplos métodos de avaliação, até porque cada método foca um certo tipo de questão.

Com relação ao MAC, dois fatores pesaram para que sua contribuição única fosse menor que a dos métodos de usabilidade:

- O MAC utilizou apenas três dos seis participantes, enquanto que a observação de uso e a entrevista de usabilidade utilizaram todos os seis;

- O MAC foi realizado primeiro, portanto o seu resultado pode ter beneficiado o processamento dos dados de usabilidade, ajudando a identificar questões que poderiam ter passado despercebidas pelos outros métodos.

Mesmo assim, o MAC foi capaz de identificar expressões do participante, sobre sua percepção da experiência, que foram desconsideradas na avaliação de usabilidade, pois não causaram aparentemente um erro ou problema de usabilidade, mas na realidade estavam na eminência de causar. Este foi o caso de expressões que duraram apenas alguns segundos, mas indicaram que o participante ficou temporariamente desorientado, com dificuldade de reconhecer um objeto e/ou sem saber o que fazer para prosseguir. Casualmente, nesses casos esse estado durou pouco e a execução da tarefa foi logo retomada de forma correta e com impacto imperceptível no desempenho. Mas foi um indício

que tal quebra momentânea de comunicação poderia ter causado um problema sério de usabilidade, caso persistisse por mais tempo, que foi o que ocorreu em outros casos que a avaliação de usabilidade também identificou.

No que se refere aos métodos de usabilidade, podemos notar que os três métodos tiveram papel relevante na identificação de questões de IHC, com 13 a 14 questões únicas cada um.

A metodologia de Gabbard (1999) não previa a aplicação de questionário seguido de entrevista, como foi realizado. Os resultados demonstram que o questionário e a entrevista reforçaram os resultados da observação de uso, mas também identificaram questões únicas que o método de observação de uso, mesmo com uso de vídeo, áudio com *talk-aloud* e *log* do sistema, não foi capaz de identificar.

A inclusão da etapa de questionário e entrevista pós-uso causou pouco impacto na avaliação e trouxe muitos resultados adicionais, pois permitiu que o usuário explicitasse a sua percepção da experiência, em vez de nos limitar apenas ao que o avaliador percebeu.

A Avaliação Heurística também apresentou resultados importantes, apesar de ter sido feita por um único avaliador. Das mais de 180 diretrizes propostas por Gabbard (1997), 126 foram consideradas e 67 foram aplicáveis, sendo que 26 resultaram em questões de usabilidade. Dessas, 13 foram únicas, não identificadas pelos outros métodos.

A grande quantidade de diretrizes propostas por Gabbard (1997) dificulta a aplicação da Avaliação Heurística por diversos avaliadores, como foi sugerido por Nielsen (1993). Mas o resultado deste estudo mostrou que o uso das diretrizes foi válido, sugerindo que um estudo futuro poderia filtrar essas diretrizes para certos dispositivos de interação 3D, como uma CAVE, por exemplo, definindo um conjunto menor de diretrizes aplicáveis, o que facilitaria a aplicação da Avaliação Heurística por mais de um avaliador.

6.2.

Impacto do Perfil do Usuário e Treinamento na Avaliação

Como já foi comentado no item 4.1.9, que descreveu o teste piloto, esta avaliação confirmou a importância da correta definição do perfil do usuário típico, de acordo com o cenário de uso e as tarefas típicas, e também do treinamento

pré-uso, de acordo com o método de avaliação e consequentemente os tipos de dados que se pretende coletar.

Uma avaliação quantitativa de desempenho iria requerer um treinamento mais intenso para reduzir os erros de aprendizado e memorização, além de uma avaliação comparativa, na qual um outro sistema também seria avaliado, realizando a mesma tarefa para fins de comparação.

Para avaliação da curva de aprendizado, seria necessário repetir as sessões de teste com os mesmos participantes em uma data posterior, avaliando o progresso conseguido.

Os resultados mostraram claramente que o emprego de participantes com perfil atípico ou inadequado ao teste, ou a aplicação de treinamento que distorça a experiência e conhecimento deste participante, poderia produzir erros que não seriam cometidos pelos usuários típicos, ou ao contrário, poderia resultar em nenhum erro sendo cometido em situações onde o usuário típico cometeria. Em qualquer dos casos, os resultados estariam distorcidos, com relação aos nossos objetivos de avaliação.

Como nosso foco principal era uma avaliação qualitativa para identificação de questões de interação, a limitação do treinamento, e a escolha de usuários sem experiência na HybridDesk ou similares, foi a alternativa escolhida.

6.3. Avaliação de Senso de Presença

Como já foi comentado no item 5.2.3, que apresentou o resultado da aplicação do questionário de senso de presença IPQ, foi observado que os resultados da HybridDesk apresentaram valores com melhoras significativas em relação a aplicações em desktop, como o *Second Life*.

Embora estes resultados não possam ser analisados por seus valores absolutos, a diferença na melhora nas subescalas “presença espacial” versus “envolvimento” e “realismo experimentado”, confirmou que elas são subescalas relativamente independentes, como argumentam os proponentes do questionário.

Os resultados apresentados e esta confirmação suscitaram a idéia de estudar mais a fundo como aumentar ainda mais o “envolvimento” e o “realismo experimentado” da HybridDesk, por exemplo, considerando-se que já houve grande progresso na “presença espacial”.

6.4. Interação com Múltiplos Designers

Como já foi comentado no item 5.1.2, que descreve a interpretação dos dados do MAC, diversas das questões de IHC identificadas estavam relacionadas aos sistemas de significação utilizados por outros designers que não o designer do sistema, aquele cuja mensagem de metacomunicação estava sendo avaliada.

Esses outros designers seriam o designer do conteúdo (cenário 3D) e o “designer da tarefa”, que seria o gerente no cenário real, ou o avaliador no cenário de avaliação.

Vários participantes da avaliação cometeram erros relacionados ao significado da tarefa no contexto do cenário 3D e da HybridDesk, o que chamou a atenção do avaliador.

A tarefa textual, produzida pelo gerente, se referia a objetos à esquerda ou à direita de outros objetos ou do cenário 3D, mas nem o sistema nem o cenário 3D continham signos que representassem direita ou esquerda, ou mesmo outras formas de orientação, como mini-mapas ou uma rosa dos ventos.

A tarefa textual também nomeava objetos como “ponta do guindaste”, mas alguns participantes tiveram dificuldade para indentificar o que exatamente representava a “ponta” do guindaste num cenário 3D, confundindo com a “ponta” da torre do guindaste ou mesmo o “gancho” do guindaste, que fica pendurado na “ponta”.

Essas ocorrências evidenciaram que o participante, ao utilizar a HybridDesk, recebia mensagens de metacomunicação oriundas de sistemas de significação diferentes (tarefa, conteúdo e sistema), produzidas por designers diferentes, as quais eram inconsistentes entre si. Além disso, não havia um mapeamento claro de um sistema de significação para o outro.

Embora possamos atribuir a solução da questão sempre ao designer do sistema, que é o foco de nossa avaliação, na prática fica a dúvida de como definir e manter a compatibilidade entre estes três sistemas de significação distintos com o qual o usuário interage simultaneamente.

De uma maneira geral, este problema já ocorre na interação com os demais sistemas, mas os resultados desta avaliação apresentam indícios de que este problema é amplificado na interação com sistemas com ambientes virtuais, pela maior diferença nos sistemas de significação utilizados pela tarefa (linguagem textual), conteúdo (modelo virtual 3D) e sistema (dispositivos e representações únicos e diversos), quando comparados a uma aplicação Web utilizada num

desktop, por exemplo, onde os sistemas de significação da tarefa, conteúdo e do sistema têm muito mais similaridades entre si.

Este estudo apresentou evidências de que um dos grandes desafios no futuro será a compatibilização e/ou mapeamento destes sistemas de significação distintos nos novos sistemas computacionais, particularmente naqueles que envolvem ambientes virtuais 3D e novos dispositivos de interação. Caso contrário o usuário ficará confuso e a “experiência do usuário” será muito prejudicada.

6.5.

Questões Relacionadas ao Dispositivo de Entrada

Diversas das questões levantadas que causaram problemas de interação foram devido a dificuldades para manipular a *Wand* e seus botões.

A HybridDesk utiliza uma *Wand* do *Wii* para controlar os ambientes de navegação e manipulação.

Entretanto, a maioria dos usuários potenciais não está familiarizado com este tipo de manipulação, e muito menos com a implementação específica do designer da HybridDesk, como, por exemplo, o uso do botão “Home” da *Wand* para se fazer a transição do ambiente de manipulação para navegação. Por que navegação deveria ser “Home”?

Essa manipulação de um dispositivo de entrada diferente é uma das grandes diferenças entre a interação em um ambiente WIMP, onde se usa mouse e teclado, e os ambientes virtuais, como numa CAVE ou na HybridDesk.

O fato de os mouses e teclados serem considerados dispositivos padrões, de grande ubiquidade e de pleno conhecimento dos usuários potenciais, faz com que as avaliações das interações em desktop/WIMP tendam a atribuir pouca relevância a esses dispositivos, focando principalmente o que é apresentado na tela, que é onde estão as principais diferenças entre uma aplicação e outra.

A avaliação da HybridDesk chamou a atenção para a importância de se avaliar e analisar o dispositivo de entrada e suas funcionalidades.

A engenharia semiótica foi concebida para tratar de software, mas este estudo apresentou evidências, nos resultados do MAC, de que ela pode trazer resultados interessantes também ao avaliar a combinação hardware/software. No contexto da engenharia semiótica, os botões da *Wand* poderiam ser considerados signos estáticos, que deveriam ser estudados pelo avaliador e bem compreendidos pelo usuário. E o movimento com a *Wand* poderia ser considerado um signo dinâmico que o designer espera que o usuário execute para interagir com a HybridDesk.

Os diversos participantes da avaliação cometeram diversos erros ao atribuir significados equivocados aos botões da *Wand*, mas o sistema não oferece oportunidade de aprendizado desses botões durante a interação, a não ser cometendo erros.

Mais ainda do que no desktop, no caso da HybridDesk seria necessária a existência de um menu de opções e/ou um sistema de ajuda on-line, que fosse acionado por uma das teclas da *Wand*, e explicasse o funcionamento das demais teclas da *Wand* e a execução de tarefas de interação no sistema, entre outras opções. Além de mais de um participante ter sugerido algo nesse sentido, a Avaliação Heurística também indicou a importância de implementar algum tipo de sistema de ajuda para os comandos da *Wand*.

7 Conclusão

Este estudo atingiu seus principais objetivos, como definidos na seção 1.3, de propor e analisar uma composição de métodos de avaliação de IHC para ambientes virtuais híbridos, no caso a HybridDesk, identificando questões de interação humano-computador (IHC) no contexto da execução de cenários de uso típicos, e com foco numa avaliação qualitativa da interação.

Outro objetivo alcançado pelo estudo foi o de enriquecer o conhecimento sobre a interação com ambientes virtuais, alcançado pela aplicação de diversos métodos distintos de avaliação. Foram aplicados o método de avaliação de comunicabilidade (MAC), a avaliação heurística de usabilidade, a observação de uso com *talk-aloud*, o questionário de usabilidade e entrevista pós-uso e o questionário de senso de presença.

Até onde se tem conhecimento, esta foi a primeira vez que se aplicou a um mesmo sistema todos esses métodos, e em particular, a primeira vez que o MAC foi aplicado a um sistema baseado em ambientes virtuais 3D.

Os resultados desta avaliação foram apresentados no capítulo 5 e discutidos no capítulo 6, onde diversas lições aprendidas foram discutidas.

A comparação dos resultados obtidos pelos métodos indicou que cada método tem uma contribuição importante e diferenciada para a identificação das questões de IHC.

A Avaliação Heurística identificou questões relacionadas aos conhecimentos documentados previamente pelos especialistas (diretrizes), bem como do especialista que executa a avaliação. Portanto, sua fonte de descobertas está focada no “conhecimento de especialistas”.

O MAC identificou as questões de comunicabilidade, relacionadas ao aprofundamento do conhecimento da mensagem de metacomunicação do designer para o usuário. Sua fonte de descobertas está focada principalmente na “intenção do designer”.

As observações de uso para avaliação de usabilidade capturaram as questões identificadas pelo avaliador ao observar o usuário típico na execução do cenário de uso típico. Sua fonte de descobertas está focada principalmente na “observação do usuário pelo avaliador”.

Os questionários e entrevistas pós-uso identificaram as questões relacionadas à percepção do usuário com relação ao uso do sistema nos cenários de uso típicos, portanto sua fonte de descobertas está centrada na “percepção do usuário”.

Portanto, pode-se observar que cada método teve uma abordagem distinta para a avaliação, explicando em parte por que cada um capturou diversas questões únicas.

Esta avaliação também identificou alguns tópicos que suscitaram as discussões apresentadas no capítulo 6.

O processo de avaliação confirmou a grande importância da correta definição do perfil do usuário típico, bem como do treinamento dado ao participante pré-uso, pois ambos têm grande influência nos resultados da observação de uso. Avaliações qualitativas e quantitativas possuem objetivos distintos e podem demandar perfis e treinamentos distintos, como foi o caso desta avaliação.

A avaliação do senso de presença indicou que a HybridDesk apresenta resultados melhores que o desktop comum, mas principalmente, confirmou estudo do igroup que “presença espacial”, “envolvimento” e “realismo experimentado” são variáveis relativamente independentes, que contribuem para diferentes aspectos do senso de presença.

Outro aspecto da avaliação que chamou a atenção foram as questões de IHC relacionadas à compreensão da tarefa pelo participante. Diversos equívocos foram cometidos devido a esses mal entendidos. Alguns desses mal entendidos estavam relacionados ao mapeamento da tarefa, definida textualmente, para o cenário virtual 3D, como por exemplo, “...ir para a escada à direita do heliporto” .

Essas ocorrências chamaram a atenção para o fato de que o usuário interage com sistemas de significação distintos em tempo de interação, recebendo mensagens do gerente, ou “designer da tarefa”, do designer do conteúdo e do designer do sistema, que foi o nosso foco principal na avaliação.

Embora isto também ocorra com os sistemas para desktop, houve indícios de que as diferenças entre os sistemas de significação foram maiores nesta avaliação, demandando uma atenção especial para a necessidade de se compatibilizar esses sistemas, sob pena de causar confusões na percepção do usuário, como pôde ser observado.

Finalmente, outro aspecto observado que vale destacar foi a identificação de diversas questões relacionadas ao dispositivo de entrada, que em sistemas de desktop são o mouse e teclado padrão, e em geral não suscitam maiores

questões. Mas nos sistemas de interação 3D, e em particular na HybridDesk, onde foi utilizado um dispositivo diferente do padrão, no caso uma *Wand*, diversas questões se originaram na compreensão equivocada da utilização da *Wand*. Ficou claro que essa falta de familiarização e compreensão do dispositivo de entrada exerceu papel relevante tanto na qualidade como no desempenho da interação.

O estudo apresentou evidências de que a engenharia semiótica, e em particular a aplicação do MAC, poderia auxiliar no desenvolvimento e avaliação da interação com ambientes virtuais via dispositivos físicos, como a *Wand* no caso da HybridDesk.

A partir dos resultados observados, foram propostos alguns tópicos para pesquisa futura, que podem dar origem a alguns trabalhos futuros, como por exemplo:

- a. Produzir diretrizes para uma CAVE. A avaliação heurística teve uma contribuição importante para os resultados da avaliação. Gabbard (1997) propôs mais de 180 diretrizes de usabilidade para ambientes virtuais, mas em nossa avaliação apenas 67 se mostraram aplicáveis, um número bem mais factível para aplicação da avaliação por diversos avaliadores, como recomendado por Nielsen (1993). Entretanto, Nielsen propôs apenas dez heurísticas, ou diretrizes, descritas na seção 2.3, mas estas são muito genéricas e de difícil aplicação, dependendo muito dos conhecimentos do especialista que faz a avaliação. Um trabalho interessante seria a identificação de um subconjunto de diretrizes de usabilidade para ambientes de interação 3D específicos, como uma CAVE, permitindo a redução do conjunto de diretrizes aplicáveis e viabilizando sua aplicação por diversos avaliadores;
- b. Fazer avaliação quantitativa de desempenho e avaliação de facilidade de aprender e memorizar (*learnability* e *memorability*) da HybridDesk, após a implementação das melhorias. No caso da avaliação de desempenho, seria interessante comparar os resultados de desempenho de um mesmo participante para a mesma tarefa executada na HybridDesk, num desktop comum e num desktop com recursos de *fishtank* (cenário 3D acompanha o movimento da cabeça) e de estereoscopia (visualização 3D). No caso da avaliação de facilidade de aprendizado e memorização, seria interessante comparar os resultados de duas observações, de cada um dos participantes, com diferença de algumas semanas;

- c. Aprofundar os estudos das transições entre os ambientes de navegação, manipulação e desktop da HybridDesk. Aplicar avaliações similares às realizadas em outros trabalhos de avaliação de usabilidade em ambientes virtuais híbridos [Grasset et al. 2005, Grasset et al. 2008, Trevisan 2006], com objetivos de medida de desempenho das transições;
- d. Aprofundar os estudos de quais fatores melhoram cada uma das subescalas de “presença espacial”, “envolvimento” e “realismo experimentado”, que afetam o “senso de presença” do usuário num sistema de interação 3D;
- e. Estudar as questões de usabilidade e comunicabilidade sob o ponto de vista dos três designers (sistema, conteúdo e tarefa) identificados na seção 6.5. Seria interessante aprofundar os estudos das diferenças e similaridades dos sistemas de significação utilizados por cada um desses designers, que se comunicam com o usuário em tempo de interação, visando a compatibilização dos mesmos de forma a evitar confusões por parte do usuário;
- f. Aprofundar os estudos de como integrar as tarefas 1D e 2D aos ambientes virtuais 3D, como por exemplo, ler ou criar uma anotação de texto no próprio ambiente 3D, utilizar menus de opções 2D sobrepostos ao cenário e/ou objetos 3D, e identificar e procurar objetos no cenário 3D pela sua identificação textual. Os resultados desta avaliação indicaram a importância da integração dessas tarefas 1D e 2D, às quais os usuários já se acostumaram a utilizar no desktop, para se fazer uma transição suave para a interação com ambientes virtuais 3D;
- g. Aprofundar os estudos de como a engenharia semiótica, e particularmente o MAC, poderiam ser extendidos para auxiliar no desenvolvimento e avaliação da interação com ambientes virtuais híbridos, que envolvem software e hardware.

8 Referências

- [Benko et al. 2005] Benko, H.; Ishak, E.; and Feiner, S. **Cross-dimensional gestural interaction techniques for hybrid immersive environments**. Proc. IEEE Virtual Reality 2005, Bonn, Germany, 2005, pp. 209–216.
- [Bier et al. 1993] Bier, E. A.; Stone, M. C. et al. **Toolglass and Magic Lenses: The See-through Interface**. Proc. SIGGRAPH'93, Anaheim, CA, 1993, pp. 73–80.
- [Billinghurst et al. 2001] Billinghurst, M.; Kato, H.; Poupyrev, I. **The MagicBook – Moving Seamlessly between Reality and Virtuality**. IEEE Computer & Applications, 21(3), 2001, pp. 6-8.
- [Bowman et al. 2002a] Bowman, D.; Datey, A.; Ryu, Y.; Farooq, U.; and Vasnaik, O. **Empirical Comparison of Human Behavior and Performance with Different Display Devices for Virtual Environments**. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, Baltimore, Maryland, 2002, pp. 2134-2138.
- [Bowman et al. 2002b] Bowman, D.; Gabbard, J.; Hix, D. **A Survey of Usability Evaluation in Virtual Environments: Classification and Comparison of Methods**. Presence: Teleoperators and Virtual Environments. Vol. 11, no 4, 2002, pp. 404-424.
- [Bowman et al. 2005] Bowman, D.; Kruijff, E.; LaViola Jr.; J., Poupyrev, I. **3D User Interfaces: Theory and Practice**. Addison-Wesley, 2005.
- [Bowman & McMahan 2007] Bowman, D.; McMahan, R. **Virtual Reality: How Much Immersion is Enough?** IEEE Computer Society, 2007.
- [Carvalho 2009] Carvalho, Felipe G. **HybridDesk – Uma Interface Híbrida em um Sistema Semi-Imersivo de Desktop**. Tese de Doutorado do Departamento de Informática da PUC-Rio. Rio de Janeiro, 2009.

- [Carvalho et al. 2007] Carvalho, F.; Raposo, A. B.; Gattass, M. **An Approach for Enabling the Use of Immersive Virtual Reality in Desktop Hybrid Interfaces**. Monografias em Ciência da Computação. 02/2007, PUC-Rio. Rio de Janeiro, 2007. ISSN 0103-9741.
- [Creswell 2009] Creswell, J. W. **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches**. Sage Publications, 2009.
- [Darken & Durost 2005] Darken, R.P.; Durost, R. **Mixed-Dimension Interaction in Virtual Environments**. Proc. ACM VRST'05, Monterey, CA, 2005, pp. 38-45.
- [de Souza et al. 1999] de Souza, C. S.; Leite, J. C.; Prates, R. O.; Barbosa, S. D. J. **Interação Humano-Computador: Perspectivas Cognitivas e Semióticas**. In: Anais das Jornadas de Atualização em Informática. Rio de Janeiro. Edições EntreLugar, 1999.
- [de Souza et al. 2000] de Souza, C. S.; Prates, R. O.; Carey, T. **Missing and Declining Affordances: Are these Appropriate Concepts?** Journal of the Brazilian Computer Society, vol. 7, n.1, Campinas, SP, 2000.
- [de Souza 2005] de Souza, C. **The Semiotic Engineering of Human-Computer Interaction**. Cambridge, MA. The MIT Press, USA 2005.
- [de Souza et al. 2005] de Souza, C. S.; Leitão, C. F.; Prates, R. O.; da Silva, E. J. **The Semiotic Inspection Method**. Natal, RN, Brasil. Anais...IHC 2006, pp. 148-157.
- [de Souza & Leitão 2009] de Souza, C.; Leitão, C. F. **Semiotic Engineering Methods for Scientific Research in HCI**. Morgan & Claypool, 2009.
- [Ericsson & Simon 1993] Ericsson, K.; Simon, H. **Protocol Analysis: Verbal Reports as Data**. Revised Edition. The MIT Press, 1993.
- [Gabbard 1997] Gabbard, Joseph L. **A Taxonomy of Usability Characteristics in Virtual Environments**. Master Thesis of Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University. Blacksburg, Virginia, USA 1997.
- [Gabbard et al. 1999] Gabbard, J.; Hix, D.; Swan II, E. **User-Centered Design and Evaluation of Virtual Environments**. IEEE Virtual Reality '99, 1999, pp. 51-59.

- [Gentil 2008] Gentil, Breno. **Estudo de Usabilidade de Ambientes Virtuais Tridimensionais Através do Second Life**. Dissertação de Mestrado do Departamento de Artes e Design da PUC-Rio. Rio de Janeiro 2008.
- [Grasset et al. 2005] Grasset, R.; Lamb, P.; Billinghurst, M. **Evaluation of Mixed Space Collaboration**. Proc. ISMAR'05. IEEE Computer Society, 2005.
- [Grasset et al. 2008] Grasset, R.; Dünser, A.; Billinghurst, M. **Moving Between Contexts – A User Evaluation of a Transitional Interface**. 18th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT 2008), Yokohama, Japan, 2008.
- [Gruchalla 2004] Gruchalla, K. **Immersive Well-Path Editing: Investigating the Added Value of Immersion**. IEEE Virtual Reality '04, Chicago, IL, 2004.
- [Kuniavsky 2003] Kuniavsky, Mike. **Observing the User Experience: A Practitioner's Guide to User Research**. Morgan Kaufmann Publishers Inc. San Francisco, CA, 2003.
- [Mine 1995] Mine, M. **Virtual Environments Interaction Techniques**. TR95-018, Department of Computer Science, University of North Carolina at Chapel Hill, 1995.
- [Molina 2007] Molina, José P. **A Structured Approach to the Design of 3D User Interfaces**. Doctoral Thesis of Universidad de Castilla-La Mancha. Albacete, Spain 2007.
- [Nielsen 1993] Nielsen, J. **Usability Engineering**. Academic Press, 1993.
- [Norman 1988] Norman, D. **The Design of Everyday Things**. Doubleday, 1988.
- [Paush et al. 1997] Pausch, R.; Proffitt, D.; Williams, G. **Quantifying Immersion in Virtual Reality**. Proc. of the 24th annual conference on Computer Graphics and Interactive Techniques, 1997, pp. 13-18.
- [Prabhat et al. 2008] Prabhat; Forsberg, A.; Katzourin, M.; Wharton, K.; Slater, M. **A Comparative Study of Desktop, Fishtank, and CAVE System for the Explortion of Volume Rendered Confocal Data Sets**. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2008, pp. 551-563.
- [Prates et al. 2000a] Prates, R. O.; de Souza, C. S.; Barbosa, S. D. J. **A Method for Evaluating the Communicability of User Interfaces**. ACM Interactions, Jan-Feb 2000, pp. 31-38.

- [Prates et al. 2000b] Prates, R. O.; de Souza, C. S.; Barbosa, S. D. J. **A Case Study for Evaluating Interface Design through Communicability**. DIS '00: Proceedings of the 3rd Conference on Designing Interactive Systems, New York, NY, Aug 2000, pp. 308-316.
- [Rekimoto & Saitoh 1999] Rekimoto, J.; Saitoh, M. **Augmented Surfaces: A Spatially Continuous Work Space for Hybrid Computing Environments**. Proceedings of CHI '99, Pittsburgh, PA, 1999, pp. 378-385.
- [Salgado 2007] Salgado, Luciana. **CommEST – Uma Ferramenta de Apoio ao Método de Avaliação de Comunicabilidade**. Dissertação de Mestrado do Departamento de Informática da PUC-Rio. Rio de Janeiro, 2007.
- [Sharp et al. 2007] Sharp, H; Rogers, Y.; Preece, J. **Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction**. John Wiley & Sons Ltd., UK, 2007.
- [Swindells et al. 2004] Swindells, C., Po; B.A. et al., **Comparing CAVE, Wall, and Desktop Displays for Navigation and Wayfinding in Complex 3D Models**. Proceedings Computer Graphics International (CGI'04), Crete, Greece, 2004, pp. 420-427.
- [Trevisan 2006] Trevisan, Daniela G. **Design, Implementation and Evaluation for Continuous Interaction in Image-guided Surgery**. Doctoral Thesis of Université Catholique de Louvain. Louvain-la-Neuve, Belgium 2006.
- [Tullis & Albert 2008] Tullis, T.; Albert, B. **Measuring The User Experience: Collecting, Analyzing, and Presenting Usability Metrics**. Morgan Kaufmann 2008.

Apêndice A – Diretrizes para a Avaliação Heurística

Este Apêndice contém as diretrizes de usabilidade e o resultado da avaliação, pelo avaliador, de cada diretriz proposta.

Uma coluna foi adicionada a cada uma das tabelas originais e preenchida pelo avaliador com comentários sobre a avaliação da HybridDesk para cada diretriz, além de identificar o resultado da avaliação de cada uma com:

- NA (Não se Aplica): quando a diretriz não é aplicável ao sistema;
- NQ (Não é uma Questão): quando a diretriz se aplicaria ao sistema no contexto de outros cenários de uso, mas não é considerada uma questão no cenário de uso para avaliação deste sistema;
- CP (Cumpre): quando o sistema está de acordo com a diretriz;
- Qn (Questão): quando a diretriz é considerada uma questão na avaliação deste sistema, sendo *n* o número sequencial atribuído a essa questão.

A.1 Usuários de AV e Tarefas de Usuários de AV

Esta área inclui diretrizes em 5 (cinco) sub-áreas:

- Usuários de AV – rotuladas de *Users* (Tabela A.1);
- Tarefas de Usuários de AV – rotuladas de *Tasks* (Tabela A.2);
- Navegação e Locomoção – rotuladas de *Nav* (Tabela A.3);
- Seleção de Objeto – rotuladas de *Select* (Tabela A.4);
- Manipulação de Objeto – rotuladas de *Manip* (Tabela A.5).

Rótulo	Diretrizes de Usabilidade	Comentários do Avaliador
<i>Users1</i>	Levar em conta a experiência do usuário (ex, suportar tanto o usuário especialista como iniciantes).	Q1: Sistema não oferece menu de opções ou sistema de ajuda para usuários iniciantes.
<i>Users2</i>	Suportar usuários com diferentes graus de conhecimento do domínio.	NQ: Sistema foi concebido para usuários típicos com conhecimento similar do domínio.
<i>Users3</i>	Levar em conta as aptidões técnicas do usuário (ex., orientação, visualização espacial e memória espacial).	NQ: Usuários devem ter um perfil típico adequado para as tarefas.

<i>Users4</i>	Suportar tanto os destros como os canhotos.	Q2: Sistema foi projetado para destros, pois LCD à esquerda é ruim para canhotos.
<i>Users5</i>	Acomodar a interação natural e não forçada de usuários de diversas idades, sexo, altura e tamanho.	Q3: Usuários que usam óculos terão problemas para usar óculos por cima de óculos. Idade, sexo, altura e tamanho não parecem ser problemas.

Tabela A.1 – Usuários de AV

Rótulo	Diretrizes de Usabilidade	Comentários do Avaliador
<i>Tasks1</i>	Levar em conta a quantidade e os locais dos usuários potenciais.	NA: Sistema é mono usuário, para ser usado apenas no local de instalação.
<i>Tasks2</i>	Quando projetar AVs colaborativos, dar suporte à interação social entre os usuários (ex. comunicação em grupo, representação de personagem (<i>role-play</i>), interação informal).	NA: Sistema não é colaborativo.
<i>Tasks3</i>	Em AVs colaborativos, dar suporte à execução de tarefas cooperativas.	NA: Sistema não é colaborativo
<i>Tasks4</i>	Fornecer informação <i>awareness-based</i> para execução de tarefas competitivas.	NQ: Cenário de Uso não demanda tarefas competitivas.
<i>Tasks5</i>	Suporte à execução de tarefas concorrentes.	NQ: Cenário de Uso não demanda tarefas concorrentes.
<i>Tasks6</i>	Projetar mecanismos e métodos de interação para suportar a execução pelo usuário de tarefas em série e sequências de tarefas.	CP: Sistema suporta a execução de tarefas em série, e tem alguns mecanismos para iniciar automaticamente a tarefa de interação seguinte.
<i>Tasks7</i>	Prover refinamento das tarefas em passos, incluindo a habilidade de desfazer.	Q4: Sistema não tem função para desfazer ações, nem indicações de como se recuperar de erro.

Tabela A.2 – Tarefas de Usuários de AV

Rótulo	Diretrizes de Usabilidade	Comentários do Avaliador
<i>Nav1</i>	Suportar tipos apropriados de navegação do usuário.	Q5: Falta modo para navegar direto para um objeto.
<i>Nav2</i>	Facilitar a aquisição pelo usuário de conhecimento de como pesquisar (ex., manter um <i>lay-out</i> espacial consistente).	NQ: Pesquisa no cenário de uso é muito simples.
<i>Nav3</i>	Quando projetar o <i>lay-out</i> de paisagem e terreno, considere princípios organizacionais.	NQ: Esta é uma questão para o designer do conteúdo, não do sistema.
<i>Nav4</i>	Quando apropriado, incluir rótulos espaciais, marcos para orientação e um horizonte.	Q6: Sistema não tem rótulos espaciais, marcos para orientação ou um horizonte.
<i>Nav5</i>	Fornecer informações para que os usuários possam sempre responder às seguintes questões: Onde estou agora? Qual a minha atitude e orientação? Para onde eu quero ir? Como chego lá?	Q7: Sistema oferece pouca ou nenhuma informação sobre onde usuário está, qual a atitude e orientação, para onde quer ir, ou como chega lá.
<i>Nav6</i>	Evite navegação baseada em modo (<i>mode-based</i>)	CP: Sistema não usa navegação baseada em modo.
<i>Nav7</i>	Procure implementar interação com uso do corpo.	NQ: Interação com uso do corpo não seria muito apropriada para este sistema, pois o usuário fica sentado, com movimentos restritos.
<i>Nav8</i>	Escolha uma metáfora de controle que naturalmente combina com o espaço da tarefa.	Q8: Alguns dos botões de controle escolhidos, como Home para voltar para Navegação, não combinam bem com a tarefa.
<i>Nav9</i>	Escolha uma metáfora de controle que permita a execução concorrente de tarefas	NQ: Cenário de Uso não demanda tarefas concorrentes.
<i>Nav10</i>	Garanta que animações ponto a ponto não restrinjam a percepção situacional.	CP: Animações ajudam na percepção situacional.
<i>Nav11</i>	Use direcionamento baseado no corpo para suportar tarefas de manipulação simultânea.	NQ: Interação com uso do corpo não seria muito apropriada para este sistema,

		pois o usuário fica sentado, com movimentos restritos.
<i>Nav12</i>	Use abordagens de direcionamento baseadas na cabeça quando as direções do olhar e do movimento são logicamente conectadas ou para movimentos simples de objeto para objeto.	NQ: Direção do olhar não necessariamente alinhada com a do movimento.
<i>Nav13</i>	Para AVs com pouca ou nenhuma manipulação, usuários sentados, ou uma facilidade com espaço limitado, considere abordagens de direcionamento baseadas na mão.	CP: Usuário do Sistema fica sentado e direcionamento é baseado no rastreamento de uma <i>Wand</i> .

Tabela A.3 – Navegação e Locomoção

Rótulo	Diretrizes de Usabilidade	Comentários do Avaliador
<i>Select1</i>	Use manipulação direta para seleções baseadas em atributos espaciais (ex. localização, orientação, forma).	CP: O sistema utiliza manipulação direta em VR-Nav e VR-Manip.
<i>Select2</i>	Quando selecionar objetos distantes via manipulação direta, exagere no tamanho do objeto, aparência, e distâncias entre objetos.	Q9: Ícone 3D que representa a anotação é pequeno e difícil de selecionar.
<i>Select3</i>	Facilite a seleção de múltiplos objetos.	Q10: Sistema não permite a seleção de múltiplos objetos.
<i>Select4</i>	Use <i>bounding boxes</i> , <i>marquees</i> , elásticos, etc, para multiplas seleções baseadas em relações espaciais.	CP: Sistema usa <i>bounding boxes</i> para indicar seleção.
<i>Select5</i>	Use meios de manipulação não-direta (tais como seleção baseada em questão (<i>query</i>) quando o critério de seleção é temporal, descritivo ou relacional.	NA: critério de seleção não é nenhum desses.
<i>Select6</i>	Forneça aos usuários um <i>feedback</i> de seleção adequado.	Q11: Sistema dá <i>feedback</i> visual no objeto a ser selecionado, mas o feedback para objetos pequenos é pouco

		visível.
<i>Select7</i>	Use transparência para evitar oclusão durante a seleção.	Q12: Sistema não usa transparência durante a seleção.
<i>Select8</i>	Escolha altas taxas de quadros e baixa latência para ajudar os usuários na aquisição de alvo tridimensional.	Q13: Latência, causada pelo rastreamento da <i>Wand</i> , às vezes dificulta a seleção, embora a taxa de quadros esteja adequada.
<i>Select9</i>	Pontos de seleção do objeto devem ser o mais óbvios e acessíveis possível.	CP: Seleção é feita direta e para todo o objeto, óbvia e tão acessível.
<i>Select10</i>	Use mecanismos de amortecimento ou similares para ajudar na seleção de objetos.	Q14: Raio de seleção não tem amortecimento da seleção ou qualquer outro mecanismo, dificultando a fixação do apontamento em um objeto pequeno.
<i>Select11</i>	Mirar um alvo de objetos tridimensionais deve se basear no movimento relativo.	NQ: Cenário de uso não requer seleção em movimento.
<i>Select12</i>	Use <i>ray casting</i> quando objetos a serem selecionados são muito pequenos ou colocalizado entre muitos outros.	CP: Sistem usa <i>ray casting</i> .
<i>Select13</i>	Use iluminação de <i>spot</i> ou outras técnicas visuais quando selecionar usando <i>cone casting</i> .	NA: Sistema não usa <i>cone casting</i> .

Tabela A.4 – Seleção de Objeto

Rótulo	Diretrizes de Usabilidade	Comentários do Avaliador
<i>Manip1</i>	Forneça uma visualização precisa da localização e orientação de superfícies.	CP: Visualização é precisa o suficiente para a aplicação.
<i>Manip2</i>	Minimize o retardo (<i>lag</i>) de visualização	Q15: Perda eventual de rastreamento causa retardo (<i>lag</i>) na visualização.
<i>Manip3</i>	Suporte interação multimodo	CP: Sistema suporta.

<i>Manip4</i>	Forneça um ponto de vista do usuário espacialmente relevante e revelador.	CP: Sistema fornece
<i>Manip5</i>	Evite gestos não-intuitivos, não-naturais, ou mal mapeados.	NA: Sistema suporta gestos.
<i>Manip6</i>	Quando usar luvas <i>pinching</i> , tenha em mente a experiência do usuário quando determinar o número de modos ou combinações de <i>pinching</i> .	NA: Sistema suporta luvas.
<i>Manip7</i>	Suporte interação com duas mãos, especialmente para tarefas de manipulação.	Q16: Sistema não suporta interação com duas mãos.
<i>Manip8</i>	Para a interação com duas mãos, atribua a mão dominante à uma manipulação mais fina que a mão não dominante.	NA: Sistema não suporta interação com duas mãos.
<i>Manip9</i>	Quando rotacionando objetos em grandes ângulos via rotação natural do pulso, empregue alguma forma de desacoplamento.	CP: Sistema emprega um botão para <i>drag</i> que permite um efeito similar ao de desacoplamento.
<i>Manip10</i>	Permitir que os usuários alterem os atributos básicos dos objetos (ex. cor, forma, rótulos)	NQ: Cenário de Uso não demanda esta funcionalidade.
<i>Manip11</i>	Quando possível, combine a formação de uma consulta (query) com métodos de seleção	NQ: Cenário de Uso não demanda esta funcionalidade
<i>Manip12</i>	Suporte a interfaces de consulta (query) para usuários determinarem quais ações estão disponíveis para os objetos.	Q17: Sistema não oferece interface para consulta (<i>query</i>) dos usuários ou ajuda.

Tabela A.5 – Manipulação de Objeto

A.2 Interface do Usuário de AV – Mecanismos de Entrada

Esta área inclui diretrizes em 6 (seis) sub-áreas:

- Mecanismos de Entrada em Geral da Interface do Usuário de AV – rotulada *Input* (Tabela A.6);
- Rastreamento da Localização e Orientação do Usuário – rotulada *Tracking* (Tabela A.7);
- Dispositivos suportando Locomoção “Natural” – rotulada *NaturalLoc*;
- Luvas de Dados e Reconhecimento de Gestos - rotulada *Gesture*;
- *Wands* mágicas, Mouse Voador, *SpaceBalls* e *Real World Props* - rotulada *HandHeld* (Table A.8);

- Entrada por Reconhecimento de Fala e Linguagem Natural – rotulada Speech.

Apenas 3 (três) dessas sub-áreas se aplicam ao caso de avaliação da HybridDesk, e portanto terão suas tabelas e diretrizes incluídas.

Rótulo	Diretrizes de Usabilidade	Comentários do Avaliador
<i>Input1</i>	Investigue até que ponto quais graus de liberdade são integráveis ou separáveis no contexto das tarefas representativas dos usuários.	NA: Não é uma diretriz.
<i>Input2</i>	Elimine graus de liberdade estranhos implementando apenas as dimensões que os usuários percebem como relacionadas às tarefas.	CP: Os graus de liberdade implementados estão de acordo com as tarefas.
<i>Input3</i>	Múltiplos graus de liberdade são adequados para tarefas de posicionamento de curso, mas não de tarefas que precisem de precisão.	CP: Tarefas não precisam de precisão, portanto múltiplos graus de liberdade está OK.
<i>Input4</i>	Quando as tarefas exigem coordenação significativa e não são críticas no tempo de execução, considere o uso de "desvio no espaço tridimensional (<i>three-space</i>)" como uma métrica de controle do dispositivo (ao invés de Tempo para se alcançar o objetivo)	NA: Tarefas não exigem coordenação significativa.
<i>Input5</i>	Do ponto de vista do usuário, o dado de saída de um dispositivo deve ser consistente com, e cognitivamente conectado com, as ações dos usuários.	Q18: Sistema não dá <i>feedback</i> no LCD ao se liberar ícone 3D para anexação da anotação ao objeto, apenas em VR-Nav, que deveria estar inativo.
<i>Input6</i>	Para tarefas de posicionamento fino, empregue ganho baixo, para posicionamento grosso, empregue ganho alto. Quando AVs contém ambos, procure um equilíbrio entre ambos testando com tarefas típicas.	Q19: Sistema possui uma única calibração para posicionamento, deveria usar escalas de aproximação diferentes dependendo da distância do objeto ou da tarefa sendo realizada.

<i>Input7</i>	Verifique os possíveis efeitos do uso prolongado de um dispositivo de entrada particular que possa causar fadiga e afetar o desempenho.	Q20: Uso prolongado da <i>Wand</i> com braço esticado causa fadiga do braço do usuário, no caso o avaliador.
<i>Input8</i>	Reduza a carga cognitiva do usuário, evitando dispositivos como <i>Joysticks</i> ou <i>Wands</i> , os quais na verdade se colocam entre os usuários e os ambientes.	Q21: Sistema faz uso da <i>Wand</i> como entrada, o que requer aprendizado pelo usuário das funcionalidades da <i>Wand</i> .
<i>Input9</i>	Os dispositivos de entrada deveriam fazer uso das restrições físicas do usuário e das <i>affordances</i> .	CP: Sistema faz uso de botões de fácil acesso na <i>Wand</i> e de gestos naturais.
<i>Input10</i>	Evite integrar dispositivos tradicionais de entrada, tais como teclado e mouse, em combinação com dispositivos de entrada 3D e <i>free-space</i> (dispositivos que se movem livremente com o usuário, ao invés de serem montados ou fixos).	CP: Sistema utiliza teclado e mouse apenas no ambiente WIMP. Nos ambientes virtuais usa apenas a <i>Wand</i> , não há mistura de dispositivos.

Tabela A.6 – Mecanismos de Entrada em Geral da Interface de Usuário de AV

Rótulo	Diretrizes de Usabilidade	Comentários do Avaliador
<i>Tracking1</i>	Considere o <i>framework</i> de Applewhite quando verificar a adequação das tecnologias de rastreamento com respeito às tarefas típicas.	NA: A verificação de acordo com este <i>framework</i> não se aplica a esta avaliação.
<i>Tracking2</i>	A tecnologia acústica de rastreamento é adequada para sistemas multi-usuários onde altas taxas de dados são necessárias e a oclusão pode ser evitada.	NA: Sistema não é multi-usuário.
<i>Tracking3</i>	A tecnologia magnética de rastreamento é adequada para AVs de áreas de trabalho com volumes pequenos e interferência	NQ: Esta não é a tecnologia escolhida, mas não era a única solução possível para o

	eletromagnética mínima.	sistema.
<i>Tracking4</i>	A tecnologia de rastreamento mecânico é adequada para aplicações mono-usuário que demandam uma operação de alcance limitado, aplicações onde a imobilidade do usuário não é um problema.	NQ: Esta não é a tecnologia escolhida, mas não era a única solução possível para o sistema.
<i>Tracking5</i>	A tecnologia de rastreamento ótico é adequada para aplicações de tempo real onde a oclusão é pouco provável.	CP: Sistema utiliza rastreamento ótico.
<i>Tracking6</i>	Ao avaliar tecnologias de rastreamento apropriadas para as tarefas de usuário, deve-se considerar o volume da área de trabalho, a área de movimento e a precisão requeridos, e a possibilidade de oclusão do rastreador.	NQ: Isso foi feito pelo Designer da HybridDesk.
<i>Tracking7</i>	AVs em <i>Desktops</i> não-imersivos devem utilizar técnicas de rastreamento da cabeça para aumentar a presença do usuário provendo pistas de profundidade de paralaxe (<i>parallax depth cues</i>).	NA: Sistema é semi-imersivo.
<i>Tracking8</i>	O rastreamento da cabeça pode melhorar a presença do usuário e precisão das tarefas de manipulação e visualização de VMDs.	CP: Sistema usa rastreamento da cabeça.
<i>Tracking9</i>	O rastreamento da cabeça é adequado para tarefas de busca.	CP: Sistema usa rastreamento da cabeça e suporta tarefas de busca.

Tabela A.7 – Rastreamento da Localização e Orientação do Usuário

Rótulo	Diretrizes de Usabilidade	Comentários do Avaliador
<i>HandHeld1</i>	Considere questões de grau de liberdade aplicadas a entrada via dispositivos de mão (<i>hand-held</i>)	NA: Sistema não usa dispositivo de mão.
<i>HandHeld2</i>	Dispositivos de entrada isotônicos e de livre movimento, como luvas rastreadas,	CP: Sistema usa corretamente uma <i>Wand</i> ,

	podem ser mais úteis quando implementados como controladores de posição.	que é um dispositivo isotônico, como controlador de posição.
<i>HandHeld3</i>	Dispositivos de entrada isométricos para Desktop, como a SpaceBall™, podem ser mais úteis quando implementados como controladores de velocidade.	NA: Sistema não usa dispositivos de entrada isométricos.
<i>HandHeld4</i>	Controladores de velocidade elásticos são bastante adequados para tarefas de manipulação e posicionamento.	NA: Sistema não usa dispositivos de entrada isométricos.
<i>HandHeld5</i>	Dispositivos pequenos, <i>hand-helds</i> , que exploram os dedos humanos, podem ter vantagens de desempenho em relação a dispositivos que se baseiam em grupos de músculos maiores, tais como luvas.	CP: Sistema usa <i>Wand</i> do <i>Wii</i> , cujos comandos são manipulados pelos dedos.
<i>HandHeld6</i>	A avaliação de dispositivos de entrada com seis graus de liberdade deve incluir o grau em que tamanho, forma e uso do dispositivo permitem a manipulação com os dedos ao invés de grupos de músculos maiores (ex. pulso, antebraço, ombro).	Q22: A <i>Wand</i> usa botões que evitam apenas parcialmente o movimento dos grupos de músculos maiores.
<i>HandHeld7</i>	Dispositivos isométricos de Desktop não são tipicamente “vestidos”, o que facilita a integração do dispositivo nos ambientes de trabalho no Desktop (ex. ambientes CAD, onde usuários fazem a troca entre dispositivos de seis graus de liberdade e teclado, etc)	NA: Sistema não usa dispositivos de entrada isométricos.
<i>HandHeld8</i>	Dispositivos de entrada isométricos podem ser acoplados a <i>feedback</i> háptico para facilitar o fluxo bi-direcional de informação entre o usuário e o objeto, resultando numa interação mais natural.	NA: Sistema não usa dispositivos de entrada isométricos.
<i>HandHeld9</i>	Massas reais (<i>real-world props</i>) são uma forma intuitiva e poderosa de entrada em AVs (e saída)	NQ: A implementação de massas reais não seria a melhor solução para este

		sistema.
<i>HandHeld10</i>	Massas reais (<i>real-world props</i>) permitem ao computador interagir com o ambiente real controlado pelo operador.	NQ: A implementação de massas reais não seria a melhor solução para este sistema, pois os objetos sendo manipulados podem ser muito distintos.
<i>HandHeld11</i>	Massas reais (<i>real-world props</i>), ou ferramentas com massa, habilitam o fluxo bi-direcional de informações inerente à interação usuário-AV complexa.	NQ: A implementação de massas reais não seria a melhor solução para este sistema, pois os objetos sendo manipulados podem ser muito distintos.
<i>HandHeld12</i>	A fadiga associada ao uso de massas reais (<i>real-world props</i>) pode ser reduzida pela inclusão de algum tipo de mecanismo de desacoplamento ou provendo suporte adequado ao braço.	NQ: A implementação de massas reais não seria a melhor solução para este sistema, pois os objetos sendo manipulados podem ser muito distintos.

Tabela A.8 – Wands Mágicas, Mouses Voadores, SpaceBalls e Massas Reais

A.3 O Modelo Virtual

Esta área inclui diretrizes em 4 (quatro) sub-áreas:

- Apresentação e Representação do Usuário – rotulada *UsrRep* (Table A.9);
- Apresentação e Representação do Agente de AV – rotulada *Agent*;
- Vizinhança e Ambientação (*Setting*) Virtual– rotulada *Setting* (Table A.10);
- Informação de Sistema e Aplicação em AV - rotulada *SysInfo* (Table A.11);

Três dessas sub-áreas são aplicáveis para a avaliação da HybridDesk, e portanto tiveram suas tabelas identificadas e apresentadas nesta seção.

Rótulo	Diretrizes de Usabilidade	Comentários do Avaliador
<i>UsrRep1</i>	Para AVs colaborativas, projete avatares para transmitir o ponto de vista e a atividade do usuário.	NA: O Sistema não foi concebido para ser colaborativo.
<i>UsrRep2</i>	Garanta que os avatares dos usuários forneçam um arcabouço de referência que seja familiar, preciso e relevante.	NA: O Sistema não foi concebido para ser colaborativo.
<i>UsrRep3</i>	Prover um ponto de vista egocêntrico quando usuários precisam experimentar um forte senso de presença.	CP: O Sistema provê um ponto de vista egocêntrico em VR-Nav, onde usuário precisa de senso de presença.
<i>UsrRep4</i>	Prover um ponto de vista exocêntrico quando o posicionamento e movimento relativos entre usuário e objetos são importantes.	CP: O Sistema provê um ponto de vista exocêntrico em VR-Manip, onde usuário precisa manipular objetos.
<i>UsrRep5</i>	Os <i>embodiments</i> dos usuários devem ser o mais eficiente possível (ex. conteúdo útil e relevante, detalhe, e representação sensorial)	NQ: Não há representação do usuário no ambiente.
<i>UsrRep6</i>	Permita aos usuários controlar tanto a sua própria apresentação como a de outros (ex. suporte à degradação graciosa)	NQ: Não há representação dos usuários no ambiente.
<i>UsrRep7</i>	Permita aos usuários alterar o ponto de vista (suportar a habilidade de ver cenas e objetos de muitos ângulos diferentes)	CP: Sistema permite total controle do ponto de vista do usuário.

Tabela A.9 – Apresentação e Representação do Usuário

Rótulo	Diretrizes de Usabilidade	Comentários do Avaliador
<i>Setting1</i>	Use ambientação (<i>setting</i>) para aumentar a presença do usuário.	CP: Sistema cria uma ambientação que promove imersão e realismo.
<i>Setting2</i>	Explore a experiência no mundo real para mapear a funcionalidade desejada para itens corriqueiros (ex. relógio para mostrar as	CP: Fez uso deste recurso (ex. <i>Wand</i> com raio para apontar para objeto, ícone 3D similar

	horas)	do ícone do Desktop 2D).
<i>Setting3</i>	Use ambientação (<i>settings</i>) relevante que sugira atividades e tarefas.	CP: Usou animação do LCD para indicar a tarefa de transição entre ambientes. Ícone a ser anexado aparece na ponta da <i>Wand</i> .
<i>Setting4</i>	Empregue técnicas de renderização que suportem a apresentação detalhada da ambientação (<i>setting</i>) sem introduzir retardo (<i>lag</i>).	CP: O Sistema tem resolução e retardo adequados para a tarefa.

Tabela A.10 – Vizinhança e Ambientação Virtual

Rótulo	Diretrizes de Usabilidade	Comentários do Avaliador
<i>SysInfo1</i>	Use detalhamento progressivo para interfaces ricas em informações.	Q23: Sistema não faz um detalhamento progressivo de interfaces ricas em informações, como os detalhes de um objeto.
<i>SysInfo2</i>	Preste bastante atenção à organização visual, aural e háptica da apresentação (ex., elimine informação desnecessária, minimize a densidade geral e local, agrupe informações relacionadas, e enfatize informações relacionadas às tarefas).	NQ: Aplicação não tem no momento muitas informações além do próprio modelo 3D.
<i>SysInfo3</i>	Procure manter consistência na interface através das aplicações.	NA: Trata-se de apenas uma aplicação.
<i>SysInfo4</i>	Linguagem e rotulação dos comandos deve refletir claramente e concisamente o seu significado.	Q24: Uso do botão Home para voltar a VR-Nav não é muito consistente com seu uso em VR-Nav, para voltar ao ponto de vista inicial.
<i>SysInfo5</i>	Mensagens do sistema devem ser escritas de uma maneira clara e construtiva, para encorajar o engajamento do usuário (ao invés de alienação).	Q25: Sistema tem poucas mensagens de erro, deixando usuário em dúvida do que aconteceu.

<i>SysInfo6</i>	Para grandes ambientes, inclua uma grade e/ou mapa de navegação.	Q26: Sistema não inclui uma grade ou mapa de navegação.
<i>SysInfo7</i>	Quando implementar mapas, aderir aos princípios de design de mapas de Darken & Sibert (1995).	NA: Mapas não foram implementados.
<i>SysInfo8</i>	Apresente dados específicos de domínio de uma maneira clara, não intrusiva, tal que a informação seja fortemente acoplada ao ambiente e vice-versa.	CP: Dados do domínio fazem parte do próprio Cenário 3D.
<i>SysInfo9</i>	Procure fazer uma apresentação única e poderosa dos dados específicos da aplicação, fornecendo um <i>insight</i> que não seria possível em outros modos de apresentação.	CP: O modelo 3D apresentado pela HybridDesk fornece <i>insights</i> únicos e poderosos.

Tabela A.11 – Informação de Sistema e Aplicação em AV

A.4 Interface do Usuário de AV – Componentes de Apresentação

Esta área inclui diretrizes em 4 (quatro) sub-áreas:

- Feedback Visual – Apresentação Gráfica – rotulada *Visual* (Table A.12);
- Feedback Audível – Apresentação Acústica – rotulada *Aural*;
- Feedback Háptico – Apresentação de Força e Tátil – rotulada *Haptic*;
- Feedback Ambiental e Outras Apresentações - rotulada *MiscCues*;

Apenas o Feedback Visual é aplicável no nosso caso, cuja tabela de diretrizes está a seguir.

Rótulo	Diretrizes de Usabilidade	Comentários do Avaliador
<i>Visual1</i>	Use estereoscopia quando a informação é apresentada de um ponto de vista egocêntrico.	CP: Sistema usa estereoscopia e é egocêntrico no ambiente VR-Nav.
<i>Visual2</i>	Use estereoscopia quando as pistas	CP: Sistema usa estereoscopia

	monoculares são ambíguas e menos efetivas que as pistas estereoscópicas.	para facilitar navegação e manipulação 3D.
<i>Visual3</i>	Use estereoscopia quando apresentando cenas relativamente estáticas.	NA: Cenas são dinâmicas.
<i>Visual4</i>	Use estereoscopia quando apresentar cenas complexas, com objetos não familiares e ambíguos.	CP: Sistema usa estereoscopia nos ambientes de navegação e manipulação.
<i>Visual5</i>	Use estereoscopia quando as tarefas de manipulação 3D exigem movimentos balísticos.	NA: Tarefas não exigem movimentos balísticos.
<i>Visual6</i>	Use estereoscopia quando as tarefas do usuário forem muito espaciais (ex. posicionamento preciso de ferramentas, acoplamento 3D, pesquisa visual).	CP: Sistema usa estereoscopia para pesquisa visual.
<i>Visual7</i>	Acople o campo de visão do usuário e o <i>display</i> através do rastreamento da cabeça.	CP: Sistema faz esse acoplamento.
<i>Visual8</i>	Procure implementar alta taxa de amostragem e atualização para minimizar o retardo (<i>lag</i>).	CP: Sistema faz atualização com frequência suficiente.
<i>Visual9</i>	Para tarefas de aquisição de alvo 3D, use dispositivos de entrada que tenham baixo retardo (<i>lag</i>), idealmente menos que 50 ms.	NQ: Diretriz requer medida não disponível.
<i>Visual10</i>	Para tarefas de aquisição de alvo 3D, separe o retardo da cabeça do retardo da mão.	NQ: Diretriz de Design, não avaliável via uso ou documentação disponível
<i>Visual11</i>	For 3D target acquisition tasks, decouple the target and cursor from the rest of the environment, so that higher update rates can be applied to the target and cursor only	NQ: Diretriz de Design, não avaliável via uso ou documentação disponível
<i>Visual12</i>	Considere como as tarefas típicas do usuário implicitamente sugerem a mistura requerida de imersão, auto-presença e presença do objeto (e consequentemente o tipo de display).	CP: Displays escolhidos são adequados para as tarefas.
<i>Visual13</i>	HMDs are best-suited for single, autonomous user activity	NA: Sistema não utiliza HMD.

<i>Visual14</i>	Usando HMDs, elimine fronteiras de interface óbvias e procure uma inclusão total do usuário no ambiente.	NA: Sistema não utiliza HMD.
<i>Visual15</i>	HMDs são adequados para aplicações onde uma completa imersão visual ou ausência de distrações é exigida.	NA: Sistema não utiliza HMD e este não seria a melhor escolha para as tarefas, pois estas requerem interação com Desktop e mundo real.
<i>Visual16</i>	HMDs são tipicamente ligados via cabeamento de vídeo e áudio, limitando a mobilidade do usuário em função do comprimento do cabo e dos mecanismos de suporte.	NA: Sistema não utiliza HMD e este não seria a melhor escolha para as tarefas, pois estas requerem interação com Desktop e mundo real.
<i>Visual17</i>	Displays do tipo BOOMTM e PUSHTM podem ser interados de forma imperceptível nas atividades de trabalho do usuário, explorando os hábitos de trabalho existentes.	NA: Sistema não utiliza este tipo de Display.
<i>Visual18</i>	<i>Spatially Immersive Displays</i> (SID) são adequados para aplicações espacialmente ricas.	CP: O Sistema tem uma aplicação rica e usa uma mini-CAVE que é um SID.
<i>Visual19</i>	Use um SID quando for exigido um enorme campo de visão.	CP: O Sistema usa um SID e tem campo de visão adequado.
<i>Visual20</i>	Para tarefas e colaboração multi-usuários considere SIDs e <i>Virtual Model Displays</i> (VMD).	NA: As tarefas não são consideradas multi-usuários ou colaborativas, mesmo assim o Sistema usa SID.
<i>Visual21</i>	SIDs não são adequados para AVs multi-usuários que exigem imagens separadas por usuário.	NA: Sistema não é multi-usuário nem AVs exigem imagens separadas.
<i>Visual22</i>	VMDs são particularmente adequados para prover visões exocêntricas de modelos virtuais.	CP: Sistema provê visão exocêntrica em VMD para manipulação.
<i>Visual23</i>	VMDs são adequados para colaboração local, uma vez que múltiplos usuários	NA: Sistema não é multi-usuário.

	podem participar usando um único display.	
<i>Visual24</i>	Forma e tamanho do modelo virtual, bem como o ponto de vista desejado pelo usuário podem determinar a inclinação do VMD, e a seguir o tipo.	CP: Sistema provê visão em VMD na mesma posição que num Desktop, consistente com a posição do usuário.
<i>Visual25</i>	VMDs são particularmente adequados para prototipação de modelos e outras tarefas que exigem a manipulação de algum modelo externo.	NA: Tarefas do Sistema não envolvem a prototipação de modelos em si, apenas a inspeção dos modelos.

Tabela A.12 – Feedback Visual – Representação Gráfica

Apêndice B - Material para Observação de Uso

B.1 Termo de Consentimento para Avaliação da HybridDesk

Você foi convidado(a) pelo Tecgraf– *Tecnologia em Computação Gráfica* – um laboratório de pesquisas em Computação Gráfica do Departamento de Informática da PUC-Rio, para participar de um teste de avaliação da Interação Humano-Computador da HybridDesk, um equipamento projetado para a execução de tarefas em ambientes virtuais híbridos.

Neste teste, buscamos verificar a usabilidade e a comunicabilidade da interação do usuário com a HybridDesk, durante a realização de uma tarefa de anotação em objetos num ambiente virtual.

Por esta razão, solicitamos seu consentimento para a realização deste teste e, em seguida, uma breve entrevista. Para tanto, é importante que você tenha algumas informações:

1. Os dados coletados durante o teste destinam-se **estritamente** a atividades de pesquisa e desenvolvimento.
2. A equipe desta pesquisa tem o compromisso de divulgar os resultados de suas pesquisas 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 elaboramos.
3. O consentimento para o teste é uma escolha livre, feita mediante a prestação de todos os esclarecimentos necessários sobre a pesquisa.
4. A realização do teste pode ser interrompida a qualquer momento, segundo a disponibilidade do participante. Neste caso, a equipe se compromete a descartar o teste para fins da avaliação a que se destinaria.

5. Nossa equipe encontra-se disponível para contato através do telefone (21) 3527-2604, ou pelo email malencar@inf.puc-rio.br. Caso queira tirar alguma dúvida, procure por Marcus Alencar.

De posse das informações acima, gostaríamos que você se pronunciasse acerca do teste.

() Dou meu consentimento para sua realização.

() Não autorizo sua realização.

Rio de Janeiro, _____ de Junho de 2009.

8.1.1.1.Participante	8.1.1.2.Avaliadores
Nome: _____	Nome: Luciana Salgado e Marcus Alencar
Assinatura: _____	Assinatura: _____

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

B.2 Questionário Pré-Uso - Perfil e Experiência Participante

Nome: _____

Data: ____ / ____ / ____

1. Dados Pessoais

Idade: _____ Sexo (M ou F): ____

Destro (D) , Canhoto (C) ou Ambidestro (A) ? _____ (D, C ou A)

Uso da Wand com a Mão Esquerda (E) ou Direita (D) ? _____ (E ou D)

Qual a sua Formação ?: _____

2. Experiência com Visualização Gráfica 3D e Ambientes Virtuais

2.1. Qual é a sua experiência com visualização de Modelos 3D em Desktop?

- ☐ – Usa pelo menos 4 vezes por semana
- ☐ – Usa pelo menos 2 vezes por semana
- ☐ – Usa pelo menos 1 vez por semana
- ☐ – Usa pelo menos 1 vez por mês
- ☐ – Usou pelo menos uma vez no último ano
- ☐ – Não usa

2.2 Qual é a sua experiência com visualização de Modelos 3D de Plataforma de Petróleo?

- ☐ – Usa pelo menos 4 vezes por semana
- ☐ – Usa pelo menos 2 vezes por semana
- ☐ – Usa pelo menos 1 vez por semana
- ☐ – Usa pelo menos 1 vez por mês

- ☐ – Usou pelo menos uma vez no último ano
- ☐ – Não usa

2.3 Qual é a sua experiência com visualização de Modelos 3D em CAVE?

- ☐ – Usa pelo menos 4 vezes por semana
- ☐ – Usa pelo menos 2 vezes por semana
- ☐ – Usa pelo menos 1 vez por semana
- ☐ – Usa pelo menos 1 vez por mês
- ☐ – Usou pelo menos uma vez no último ano
- ☐ – Não usa

2.4 Qual é a sua experiência com a aplicação Second Life?

- ☐ – Usa pelo menos 4 vezes por semana
- ☐ – Usa pelo menos 2 vezes por semana
- ☐ – Usa pelo menos 1 vez por semana
- ☐ – Usa pelo menos 1 vez por mês
- ☐ – Usou pelo menos uma vez no último ano
- ☐ – Não usa

2.5 Qual é a sua experiência com videogames com Ambientes Virtuais usando o mouse e teclado no PC?

- ☐ – Usa pelo menos 4 vezes por semana
- ☐ – Usa pelo menos 2 vezes por semana
- ☐ – Usa pelo menos 1 vez por semana
- ☐ – Usa pelo menos 1 vez por mês
- ☐ – Usou pelo menos uma vez no último ano
- ☐ – Não usa

2.6 Qual é a sua experiência com videogames com Ambientes Virtuais usando o Joystick num Console?

- ☐ – Usa pelo menos 4 vezes por semana
- ☐ – Usa pelo menos 2 vezes por semana

- ☐ – Usa pelo menos 1 vez por semana
- ☐ – Usa pelo menos 1 vez por mês
- ☐ – Usou pelo menos uma vez no último ano
- ☐ – Não usa

2.7 Qual é a sua experiência com videogames com Ambientes Virtuais usando a “Wand” (Wiimote) no Wii?

- ☐ – Usa pelo menos 4 vezes por semana
- ☐ – Usa pelo menos 2 vezes por semana
- ☐ – Usa pelo menos 1 vez por semana
- ☐ – Usa pelo menos 1 vez por mês
- ☐ – Usou pelo menos uma vez no último ano
- ☐ – Não usa

2.8 Qual é a sua experiência com videogames do tipo “First Person Shooter”?

- ☐ – Usa pelo menos 4 vezes por semana
- ☐ – Usa pelo menos 2 vezes por semana
- ☐ – Usa pelo menos 1 vez por semana
- ☐ – Usa pelo menos 1 vez por mês
- ☐ – Usou pelo menos uma vez no último ano
- ☐ – Não usa

B.3 Instruções de Uso

HybridDesk: Fazendo anotações em objetos num Ambiente Virtual

Oi! Você foi convidado(a) a participar da avaliação da Interação Humano Computador da HybridDesk. Antes de mais nada, gostaríamos de ressaltar que suas opiniões, tanto em relação ao sistema quanto em relação ao teste em si, são mais do que bem-vindas. O que nós queremos avaliar aqui é a interface do sistema e não o seu desempenho como usuário. Portanto, por favor, não tenha receio de nos dizer o que você realmente pensa.

TREINAMENTO

Gostaríamos que inicialmente se familiarizasse com a HybridDesk um pouco e que praticasse algumas tarefas de interação.

Mas antes de praticar as tarefas, vamos explicar como gostaríamos que procedesse.

Neste experimento estamos interessados no que você diz para si mesmo à medida que executa as tarefas de interação. Para que isto seja possível, gostaríamos que você FALASSE ALTO enquanto trabalha nos problemas. FALAR ALTO significa que gostaríamos que você dissesse em voz alta *tudo* o que você diz para si mesmo silenciosamente. Aja como se você estivesse sozinho na sala, falando para si mesmo. Se você ficar em silêncio por algum tempo, você será lembrado por nós para continuar falando.

Você entendeu o que queremos que faça? Se tiver alguma dúvida, é só perguntar.

Antes de iniciarmos a observação no Cenário de Uso típico, faremos uma demonstração das funcionalidades da HybridDesk, e depois você terá **10 minutos** para praticar.

B.4 Instruções de Treinamento

TAREFA DE TREINAMENTO – 10 MINUTOS

Ao praticar algumas das tarefas de interação na HybridDesk você deve praticar também o hábito de FALAR ALTO.

A tarefa de treinamento consiste em anexar uma anotação a um dos cubos do cenário 3D, sendo decomposta nas seguintes interações:

1. Navegar até encontrar um objeto (cubo) específico no cenário 3D (setas ou Wand + botão B).

2. Uma vez encontrado o objeto, este deverá ser então selecionado (botão A para *ray-casting*, botão A para selecionar).

3. Com o objeto selecionado, o usuário realiza então a transição (botão A) para o ambiente de manipulação.

4. No ambiente de manipulação, o usuário então inspeciona o objeto através de rotações e translações (Wand + botão B).

5. Feita a inspeção, o usuário deverá fazer a transição para o ambiente WIMP (botão A) para deixar uma anotação.

6. No ambiente WIMP, o usuário deverá criar um arquivo, com uma mensagem, no Bloco de Notas (NotePad), salvando-o na pasta Marcus.

7. Uma vez criado o arquivo, o usuário deverá então voltar ao ambiente de manipulação (send file to VR-Manip).

8. No ambiente de manipulação, o ícone 3D do arquivo deve ser então anexado (botão A) ao objeto (cubo) 3D em questão.

9. Com o arquivo já anexado, o usuário volta então para o ambiente de navegação (botão Home), terminando assim o treinamento.

B.5 Cenário de Uso 1

O nosso objetivo nesta avaliação da HybridDesk é investigar a interação de um usuário típico num cenário de uso típico. Por isso, gostaríamos de pedir que você imagine a seguinte situação:

"Você tem experiência na visualização gráfica de modelos 3D, mas nunca usou a HybridDesk.

Você foi contratado por uma empresa de petróleo para verificar a modelagem de objetos 3D que está sendo realizada por outro grupo da sua empresa.

Você usa a HybridDesk no seu dia a dia para fazer essas verificações e deixar anotações, contendo o seu parecer, junto ao objeto verificado.

O seu gerente deixou as instruções sobre sua tarefa no próprio cenário 3D da plataforma de petróleo, em arquivo anexado acima da escada à direita do Heliporto.

Você deve acessar a plataforma de petróleo com a HybridDesk, encontrar o arquivo e seguir as instruções deixadas pelo seu gerente neste arquivo, executando as tarefas solicitadas."

Favor não se esquecer de "FALAR-ALTO" durante todo o tempo em que estiver interagindo com a HybridDesk.

Por fim, gostaríamos de observar que não estamos colocando limite para a duração máxima do teste, mas se você quiser parar antes, sinta-se à vontade. Não há problema algum.

Mais uma vez, obrigada pela participação! Para nós, a sua colaboração é essencial!

B.6 Instruções em Arquivo no Cenário 3D para o Cenário de Uso 1

Mensagem deixada no cenário 3D, na escada à direita do Heliporto, para leitura pelo participante durante a sessão de observação:

“VERIFICAR AS POSSÍVEIS RACHADURAS NAS PONTAS DOS GUINDASTES.

ANEXAR AO GUINDASTE UMA MENSAGEM DE NOTIFICAÇÃO PARA O RESPONSÁVEL, INFORMANDO SE PONTA DO GUINDASTE TEM RACHADURA OU NÃO.

obs: CRIAR O ARQUIVO COM MENSAGEM USANDO O BLOCO DE NOTAS.”

B.7 Formulário para Observação do Cenário de Uso 1

Participante:

Data:

Avaliador:

TAREFA INTERAÇÃO Ação Transição	AMBIENTE	SUCESSO Tempo	OCORRÊNCIA ERRO	OBSERVAÇÃO COMUNICABILIDADE
1 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav			
Botão A p/ Ray-casting				
2 SELEÇÃO ÍCONE	VR-Nav			
Botão A no Ícone				
3 LEITURA ANOTAÇÃO	WIMP			
Back to VR-Nav				
4 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav			
Botão A p/ Ray-casting				
5 SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav			
Botão A no Objeto				
6 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip			
Botão A para WIMP				
7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP			
Send File to VR-Manip				
8 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip			
Botão A libera Ícone				
9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip			
Botão Home p/ VR-Nav				
10 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav			
Botão A p/ Ray-casting				

11 SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav			
Botão A no Objeto				
12 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip			
Botão A para WIMP				
13 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP			
Send File to VR-Manip				
14 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip			
Botão A libera Ícone				
15 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip			
Botão Home p/ VR-Nav				
16 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav			

B.8 Questionário Pós-Uso do Cenário de Uso 1

Participante: _____

Data: ____ / ____ / _____

Favor responder ao questionário a seguir com relação à sua interação com a HybridDesk.

Não existem respostas certas ou erradas, o que importa é a sua opinião sobre esta experiência.

Marque um X no local da escala que representa o seu grau de concordância com a afirmação:

		Discordo Totalmente	1	2	3	4	5	Concordo Totalmente
1	Foi simples Navegar no Cenário 3D							
2	Foi simples Selecionar o ícone 3D							
3	Foi simples Selecionar os objetos							
4	Foi simples Manipular os objetos							
5	Foi simples Anexar o ícone 3D ao objeto							
6	Foi simples Ler o arquivo que descrevia a tarefa							
7	Foi simples Criar os arquivos com anotações							
8	Foi simples a transição do ambiente VR-Navegação para o ambiente VR-Manipulação							
9	Foi simples retomar do ambiente VR-Manipulação para o ambiente VR-Navegação							
10	Foi simples a transição do ambiente VR-Manipulação para o ambiente WIMP							
11	Foi simples retomar do ambiente WIMP para o ambiente VR-Manipulação							
12	Foi simples a transição do ambiente VR-Navegação para o ambiente WIMP							
13	Foi simples retomar do ambiente WIMP para o ambiente VR-Navegação							
14	Foi fácil memorizar os comandos para transição entre os ambientes							
15	As animações ajudaram na percepção das transições							
16	Foi fácil orientar-se durante as transições de ambiente							
17	Eu não percebi inconsistências na interação entre os ambientes de Navegação e de Manipulação							
18	Eu me senti confortável usando os óculos no ambiente WIMP							
19	Eu me senti confortável usando a Wand							
20	Eu me senti confortável usando o Teclado							
21	Eu me senti confortável manipulando objetos no LCD							
22	Eu me senti confortável usando os óculos nas interações em geral							
23	Eu me senti confortável deslocando o LCD lateralmente							
24	Eu não senti tontura ao usar o sistema							
		Discordo Totalmente	1	2	3	4	5	Concordo Totalmente

		Discordo Totalmente	1	2	3	4	5	Concordo Totalmente
25	Eu me senti confortável interagindo com o sistema							
26	Foi fácil aprender a usar o sistema							
27	Quando cometi um erro, eu me recuperei fácil e rapidamente							
28	De uma maneira geral, eu estou satisfeito com este sistema							
		Discordo Totalmente	1	2	3	4	5	Concordo Totalmente

B.9 Entrevista Pós-Uso do Cenário de Uso 1**Avaliação da HybridDesk**

Participante: _____ Data: ____ / ____ / _____ Avaliador: _____

A. Comunicabilidade**Tópicos que devem ser abordados:**

- 1) Em linhas gerais, o que o participante achou da aplicação e do teste em si?
- 2) O participante achou a interface clara? Ou sentiu dificuldades?
- 3) O participante teve alguma dúvida durante a interação que o sistema não foi capaz de solucionar?

Observações que devem ser feitas durante o teste para incluir perguntas na entrevista posterior:

Como o cenário da tarefa é exploratório, é importante tentar diferenciar o que é simples exploração da interface do que é ruptura na comunicação – anotando estes momentos e perguntando posteriormente ao participante, quando a resposta não for clara.

Observar:

- em quais menus o usuário procura a opção de inserir cabeçalho e rodapé;
- se o usuário acessa o help e se o help esclarece a dúvida do usuário.

Observações (poderão ser utilizados o verso e/ou folhas anexas, se for necessário):

B. Usabilidade

Tópicos que devem ser abordados:

- 1) Pedir ao participante para esclarecer o motivo das respostas negativas no questionário?
- 2) Perguntar ao participante se teria sugestões para melhorar esses pontos?

This image shows a single sheet of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are approximately 20 lines visible. The paper appears to be a standard notebook page or a sheet of stationery.

B.10 Cenário de Uso 2

Gostaríamos que realizasse mais uma tarefa para investigarmos outros aspectos da interação com a HybridDesk:

“Você é o mesmo usuário descrito na tarefa anterior, só que desta vez seu gerente pediu para que contasse o número de degraus de uma escada.

A escada está localizada junto à base do guindaste que fica à direita da plataforma de petróleo, e ela faz a ligação do primeiro subsolo com o piso superior.

Você deve acessar a plataforma de petróleo com a HybridDesk, navegar até a base do guindaste à direita, encontrar a escada mais próxima da base e contar o número de degraus da mesma.”.

Nesta tarefa você não precisa “FALAR-ALTO” como na anterior, pode realizá-la da forma que achar mais conveniente.

Gostaríamos de observar novamente que não estamos colocando limite para a duração máxima do teste, mas se você quiser parar antes, sinta-se à vontade. Não há problema algum.

Mais uma vez, obrigada pela participação! Para nós, a sua colaboração é essencial!

B.11 Questionário Pós-Uso do Cenário de Uso 2

Participante: _____

Data: ____ / ____ / ____

Favor responder ao questionário a seguir com relação à sua interação com a HybridDesk.

Não existem respostas certas ou erradas, o que importa é a sua opinião sobre esta experiência.

Marque um X no local da escala que representa seu grau de concordância com a afirmação à esquerda ou à direita da escala.

1. Eu tive a sensação de estar dentro do ambiente virtual gerado pelo computador.

Nem um pouco

1	2	3	4	5	6	7	

Muito

2. De alguma forma eu senti que o ambiente virtual estava à minha volta.

Discordo totalmente

1	2	3	4	5	6	7	

Concordo totalmente

3. Eu me senti como se estivesse percebendo apenas imagens.

Discordo totalmente

1	2	3	4	5	6	7	

Concordo totalmente

4. Eu não me senti presente no espaço virtual.

Não me senti presente

1	2	3	4	5	6	7	

Me senti presente

5. Eu tive a sensação de estar agindo dentro do ambiente virtual, ao invés de estar operando algo a partir de fora do ambiente.

Discordo totalmente

1	2	3	4	5	6	7	

Concordo totalmente

6. Eu me senti presente no ambiente virtual.

Discordo totalmente

1	2	3	4	5	6	7

Concordo totalmente

7. O quanto você estava ciente do mundo real à sua volta enquanto navegava no mundo virtual? (ex. ruídos, temperatura, outras pessoas, etc).

Extremamente ciente

1	2	3	4	5	6	7

Nada ciente

8. Eu não estava ciente de meu ambiente real.

Discordo totalmente

1	2	3	4	5	6	7

Concordo totalmente

9. Eu ainda prestei atenção no meu ambiente real

Discordo totalmente

1	2	3	4	5	6	7

Concordo totalmente

10. Eu estava totalmente absorvido pelo ambiente virtual.

Discordo totalmente

1	2	3	4	5	6	7

Concordo totalmente

11. Quão real o ambiente virtual lhe pareceu?

Completamente real

1	2	3	4	5	6	7

Nada real

12. Quanto a sua experiência no ambiente virtual pareceu consistente com sua experiência no mundo real?

Nada consistente

1	2	3	4	5	6	7

Muito consistente

13. Quão real lhe pareceu o ambiente virtual?

Totalmente imaginário

1	2	3	4	5	6	7

Totalmente real

14. O ambiente virtual parecia mais realista que o mundo real.

Discordo totalmente

1	2	3	4	5	6	7

Concordo totalmente

Apêndice C – Dados de Observação de Uso

C.1 Dados de Observação do Participante 2

C.1.1 Anotações de Observação de Uso

ID	TAREFA INTERAÇÃO Tarefa Transição	AMBIENTE	Duração (s) Tempo (s)	OCORRÊNCIAS DE QUESTÕES [Observações Avaliador]	DEPOIMENTOS USUÁRIO Comentário] [Apenas
1	NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	172	-Dificuldade para se aproximar da plataforma quando longe -Perdeu orientação ao passar dentro de modelo do guindaste	-Estou querendo me aproximar, e deveria ser com isso, mas está devagar [Eu já estou achando mais confortável] [Isso é uma escada? Não consigo ver. Ah sim, isso é uma escada!] -Ah! Me perdi, entrei em algum lugar. Deixa Eu me afastar. [É isso aqui que é o objeto, não sei, estou me aproximando]
TT1	Botão A p/ Ray-casting		172		
E5	SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	1	-Selecionou objeto ao invés do ícone da anotação	-Ah Caramba!
TT5	Botão A no Objeto		173		
E6	MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	22	-Foi para WIMP intencionalmente, mas queria navegação [Era a forma que sabia de como voltar para navegação]	-Agora eu cheguei aqui mas quero voltar, como é mesmo que eu volto?
TT6	Botão A para WIMP		194		
E7	CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	33		-Aqui não é o que me resolve, mas sei que se seguir este caminho de alguma forma eu chego de volta [Tô perdido!]
TT7	Send File to VR-Manip		228		
E8	MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	11	-Ficou perdido sem saber como voltar para navegação	-Se eu fizer isso daqui eu vou associar alguma coisa mas eu não tenho nada aqui, pelo menos eu não estou vendo
TT8	Botão A libera Ícone		238		
E9	MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	1		
TT9	Botão Home p/ VR-Nav		239		
E7	CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	30		[Se eu apertar o Home aqui, ele não vai, eu tinha de estar num outro modo]
TT7	Send File to VR-Manip		270		

E8 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	6		
TT8 Botão A libera Ícone		276		
E9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	9	-Apertou o botão A duas vezes e voltou para WIMP	
TT9 Botão Home p/ VR-Nav		285		
E7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	14	[Continua sem saber como voltar para navegação]	
TT7 Send File to VR-Manip		299		
E8 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	4		
TT8 Botão A libera Ícone		302		
E9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	11	[Finalmente apertou Home quando em manipulação e voltou para navegação, mas estava em dúvida se funcionaria]	[Estou pensando, se eu soltei, não é apertando Home ah, é apertando Home!]
TT9 Botão Home p/ VR-Nav		313		
1 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	18		
TT1 Botão A p/ Ray-casting		331		
E5 SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	0	-Selecionou objeto errado mais uma vez	-Ah, de novo? Entrei no mesmo problema
TT5 Botão A no Objeto		331	[Dificuldade em selecionar o ícone 3D]	
E6 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	1		
TT6 Botão A para WIMP		333		
E7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	12		
TT7 Send File to VR-Manip		344		
E8 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	10		
TT8 Botão A libera Ícone		355		
E9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	12		
TT9 Botão Home p/ VR-Nav		367		
1 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	20		
TT1 Botão A p/ Ray-casting		387		
E5 SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	0	-Selecionou objeto errado mais uma vez	-Acho que estou fazendo alguma coisa errada
TT5 Botão A no Objeto		387	[Está apertando o botão A sem soltar, habilitando o raio de seleção e selecionando um objeto]	
E6 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	1		
TT6 Botão A para WIMP		388		
E7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	13		
TT7 Send File to VR-Manip		400		
E8 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	5		
TT8 Botão A libera Ícone		406		
E9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	3		
TT9 Botão Home p/ VR-Nav		409		

1 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	19		[Ai caramba, eu já associei 2 ou 3 vezes esse objeto]
TT1 Botão A p/ Ray-casting		428		
E5 SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	0	-Selecionou objeto errado mais uma vez	-De novo, mais uma vez
TT5 Botão A no Objeto		428	[Continua apertando o botão A sem soltar, habilitando o raio de seleção e selecionando um objeto]	
E6 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	1		
TT6 Botão A para WIMP		429		
E7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	12		[Mais uma vez vou criar um objeto e cada vez vou me perder um pouco mais]
TT7 Send File to VR-Manip		441		
E8 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	4		
TT8 Botão A libera Ícone		445		
E9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	0		
TT9 Botão Home p/ VR-Nav		445		
1 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	11		
TT9 Botão A p/ Ray-casting		456		
E5 SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	1	-Selecionou objeto errado mais uma vez	-Ah, de novo! Eu ia fazer um outro teste, para ver se eu chegava de outro jeito, que era apertar mais de leve o botão, não manter tanto o aperto
TT5 Botão A no Objeto		457		
E6 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	1		
TT6 Botão A para WIMP		458		
E7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	9		
TT7 Send File to VR-Manip		467		
E8 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	4		
TT8 Botão A libera Ícone		470		
E9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	2		
TT9 Botão Home p/ VR-Nav		472		
1 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	6		[Ah, agora sim, eu só não me lembro se era esse o objeto, mas pelo menos eu acho que agora sei achar]
TT1 Botão A p/ Ray-casting		479		
2 SELEÇÃO ÍCONE	VR-Nav	8	[Seleção feita corretamente]	
TT2 Botão A no Ícone		487		
3 LEITURA ANOTAÇÃO	WIMP	40		
TT3 Back to VR-Nav		527		

4 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	560	[Ficou experimentando como controlar o cenário 3D com a Wand] - Fez a inspeção da ponta do guindaste rodando o cenário 3D em navegação, sem ir para manipulação [Mas não deixou anotação sobre guindaste sem rachadura] [Na dúvida fez a inspeção do gancho do guindaste] -Ficou inicialmente desorientado ao voltar para a posição inicial, mas logo se reencontrou	[Agora tenho que achar o guindaste, acho que é esse aqui, mas quero ter visão do todo] [Estou assumindo que isto é a ponta do guindaste] -Caramba, como é que eu chego lá, ao chegar mais perto, dá a impressão que consigo controlar mais [Se isto é a ponta do guindaste, eu não vi rachaduras] [Tem uma coisa aqui flutuando que não sei o que é, é do guindaste também?] [Vou apertar o Home para voltar à posição inicial] -Ih, agora me perdi! O que eu queria.. [Tem um outro guindaste, é esse aqui] [Ah, este está diferente do outro, realmente tem umas rachaduras aqui]
TT4 Botão A para Ray-casting		1087		
5 SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	4	[Selecionou ponta com rachadura corretamente]	
TT5 Botão A no Objeto		1091		
6 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	8	-Preferiu não trazer o LCD para o centro	[Agora eu aperto o botão A]
TT6 Botão A para WIMP		1099		
7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	53		[Escrevo no folder participante]
TT7 Send File to VR-Manip		1152		
8 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	7		[Volto para manipulação, aproxímo]
TT8 Botão A libera Ícone		1160		
9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	14	-Não percebeu se ícone do arquivo foi anexado ao objeto ou não e voltou para WIMP	-Onde está o arquivo?
TT9 Botão Home p/ VR-Nav		1174		
7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	12		
TT7 Send File to VR-Manip		1185		
8 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	10	[Desta vez percebeu ícone anexado à Wand]	[Agora sei que ele está aqui]
TT8 Botão A libera Ícone		1195		
9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	5	-Apertou o botão A sem soltar e voltou para WIMP	
TT9 Botão Home p/ VR-Nav		1200		
7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	14		[Foi?]
TT7 Send File to VR-Manip		1214		-Ih, não era o que eu esperava
8 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	8		
TT8 Botão A libera Ícone		1222		
9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	26	-Voltou para WIMP mais uma vez sem querer	[Ah, já foi, já deve ter ido sim] [Ah, eu estou aqui nesse modo aqui]
TT9 Botão Home p/ VR-Nav		1248		
7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	10		-Hum, tem alguma coisa que estou esquecendo ou fazendo errado
TT7 Send File to VR-Manip		1258		

8 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	10		[O Objeto está aqui, acho que vou adicionar o ícone pela terceira vez] [Ah, eu volto com Home, era isso que eu tinha esquecido, e acabei associando 3 objetos]
TT8 Botão A libera Ícone		1268		
9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	4		
TT9 Botão Home p/ VR-Nav		1272		
10 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav		-Encerrou sessão sem deixar anotação no guindaste sem rachadura	[Consigo ver que eu adicionei] [Então era isso, OK, terminei?]

C.1.2 Sumário Dados de Usabilidade

a. Tarefas de Interação

Tarefas Interação	Tipo Tarefa	Ambiente	Iter.	Questões	Erros Triviais	Erros Moderados	Erros Sérios	Tempo Part.
TI-1	Navegação	VR-Nav	6	2	1			245
TI-2	Seleção Ícone	VR-Nav	1					8
TI-3	Leitura Anotação	WIMP	1					40
TI-4	Navegação	VR-Nav	1	2	1	1		560
TI-5	Seleção Objeto	VR-Nav	1					4
TI-6	Manip. Objeto	VR-Manip	1	1				8
TI-7	Criação Anotação	WIMP	4					89
TI-8	Manip. Ícone	VR-Manip	4					35
TI-9	Manip. Objeto	VR-Manip	4	1		1		49
TI-10	Navegação	VR-Nav	1	1			1	-
TI-11	Seleção Objeto	VR-Nav	0					-
TI-12	Manip. Objeto	VR-Manip	0					-
TI-13	Criação Anotação	WIMP	0					-
TI-14	Manip. Ícone	VR-Manip	0					-
TI-15	Manip. Objeto	VR-Manip	0					-
TI-16	Navegação	VR-Nav	0					-
TIE-5	Seleção Objeto	VR-Nav	5	1			1	2
TIE-6	Manip. Objeto	VR-Manip	5					26
TIE-7	Criação Anotação	WIMP	7					123
TIE-8	Manip. Ícone	VR-Manip	7	1			1	44
TIE-9	Manip. Objeto	VR-Manip	7					38
		Totais	55	9	2	2	3	1272

b. Tarefas de Transição

Tarefas Transição	Transição de Ambientes		Iter.	Questões
TT-2/3	VR-Nav	WIMP	1	
TT-3/4	WIMP	VR-Nav	1	
TT-5/6	VR-Nav	VR-Manip	1	
TT-6/7	VR-Manip	WIMP	1	
TT-7/8	WIMP	VR-Manip	4	
TT-9/7	VR-Manip	WIMP	3	1
TT-9/10	VR-Manip	VR-Nav	1	
TT-11/12	VR-Nav	VR-Manip	0	
TT-12/13	VR-Manip	WIMP	0	
TT-13/14	WIMP	VR-Manip	0	
TT-15/16	VR-Manip	VR-Nav	0	
TTE-6/7	VR-Manip	WIMP	5	1
TTE-9/7	VR-Manip	WIMP	2	1
		Totais	19	3

c. Questões de Usabilidade

Id. Tarefa	Tipo Tarefa	Ambiente	Descrição das Questões de Usabilidade	Categoria IHC
TI-1	Navegação	VR-Nav	Dificuldade para se aproximar da plataforma quando longe	Execução
TI-1	Navegação	VR-Nav	Perdeu orientação ao passar dentro de modelo de guindaste	Navegação
TI-4	Navegação	VR-Nav	Fez a inspeção da ponta do guindaste rodando o cenário 3D	Percepção
TI-4	Navegação	VR-Nav	Ficou inicialmente desorientado ao voltar para a posição inicial	Navegação
TI-6	Manip. Objeto	VR-Manip	Preferiu não trazer o LCD para o Centro	Execução
TI-9	Manip. Objeto	VR-Manip	Não percebeu se ícone do arquivo foi anexado ao objeto ou não	Percepção
TI-10	Navegação	VR-Nav	Encerrou seção sem deixar anotação guindaste	Significado
TIE-5	Seleção Objeto	VR-Nav	Selecionou objeto ao invés do ícone de anotação	Execução
TIE-8	Manip. Ícone	VR-Manip	Ficou perdido sem saber como voltar para navegação	Navegação
TT-9/7	Transição	Manip/WIMP	Apertou o botão A sem soltar e voltou para WIMP	Execução
TTE-6/7	Transição	Manip/WIMP	Foi para WIMP intencionalmente, mas queria navegação	Navegação
TTE-9/7	Transição	Manip/WIMP	Apertou o botão A duas vezes e voltou para WIMP	Execução

d. Entrevista de Usabilidade – Comentários do Participante

- Não usou LCD no centro, pois seria desconfortável ter de puxar e retornar;
- Dificuldade de aprendizado de alguns comandos da *Wand*;
- Apertou botão A demais algumas vezes, em algumas delas voltou para o WIMP sem querer;
- Quando errava não era óbvio como voltar atrás;
- Navegação lenta quando longe, ficou em dúvida se estava se movendo;
- Anexação do ícone 3D não deu *feedback*;
- Ícone 3D muito pequeno, tem de se aproximar muito para selecionar;
- Não ficou claro como voltar de manipulação para navegação (avaliador: o correto seria usar o botão Home);
- Intencionalmente não deixou mensagem no guindaste sem rachaduras, pois entendeu que não seria necessário.

C.1.3 Etiquetagem da Interação

Etiqueta	Início	Fim	Observações do Avaliador	Expressões do Participante
Por que não funciona?	00:02:04	00:02:13	Quando a usuário usa as setas para se aproximar, esta aproximação é muito lenta e o usuário ficou achando que não estava funcionando.	"Tô querendo me aproximar! Deveria ser com isso! Tá devagar!"
E agora?	00:03:29	00:03:44	Se perdeu navegando no cenário, mas foi afastando e viu onde estava.	"O que que eu fiz! Hum, eu entrei algum lugar! Tô perdido!"
O que é isto?	00:04:12	00:04:20	Não sabe se é mesmo o ícone 3D.	"É isso aqui que é o objeto? Não sei, vou me aproximando.."
Epa!	00:04:24	00:04:29	Selecionou um objeto ao invés do ícone 3D com a notificação	"Ai, caramba!"
E agora?	00:04:34	00:07:09	Ficou em processo de tentativas e erros. Nesta fase acontecem vários Êpas, repetindo a seleção do objeto ao invés do ícone!	"Cheguei aqui mas eu quero voltar. Como faço para voltar? Não me lembro. Como é mesmo que eu volto?" "Tô perdido"
Epa!	00:04:34	00:07:09	Etiqueta incluída para registrar os Êpas ocorridos junto com os <i>loops</i> da etiqueta anterior.	
Vai de outro jeito.	00:04:50	00:05:00	O único jeito que o usuário sabia para voltar para o ambiente de navegação era anexando uma anotação ao objeto.	"Eu sei que deve ter outra maneira de fazer isso, mas... eu to fazendo isso porque eu me lembro que esse é um caminho para eu voltar devia ter ... tô perdido"
Ué, o que houve?	00:05:52	00:06:10	Ocorreram várias tentativas e erros. Ocorreram também diversos Êpas. Usuário não recebia feedback da anexação do ícone ao objeto no "ambiente de manipulação", ficando sem saber se já anexou e de como voltar para o "ambiente de navegação". Ao invés disso voltava para o ambiente WIMP.	"Se eu voltar para cá não vai. Se eu voltar para cá? Hum! Peraí."
Epa!	00:05:52	00:06:10	Etiqueta incluída para registrar os Êpas ocorridos junto com os <i>loops</i> da etiqueta anterior.	
Por que não funciona?	00:07:05	00:09:30	O usuário já aprendeu várias coisas depois de tantas tentativas e começa a testar o sistema!	"De novo! Eu vou tentar de novo! Não sei se é esse o caminho, mas é o que está funcionando! Ai.. já associei três vezes esse objeto! "De novo! Mais uma vez!" "Vou tentar mais uma vez!" "Ah! De novo! Eu ia fazer outro teste para ver se eu chegava de outro jeito! Apertar mais de leve, não manter tanto o aperto."

Etiqueta	Início	Fim	Observações do Avaliador	Expressões do Participante
Cadê?	00:09:30	00:09:38	Usuário fica em dúvida qual é o ícone com a tarefa versus os outros ícones que anexou por engano a objetos próximos.	"Ah, agora sim. Eu só não sei se é esse o objeto, mas pelo menos agora eu acho que sei achar"
O que é isto?	00:11:15	00:12:28	Usuário ficou testando controles para trás e para frente para entender funcionamento	"Pra lá, pra cá" "Deixa eu entender aqui" " Tem um eixo que não tô conseguindo rodar!"
Onde estou?	00:12:41	00:18:09	Usuário faz a inspeção da ponta do guindaste no ambiente de navegação, sem lembrar de mudar para o ambiente de manipulação. No meio desta parte achou outra parte do guindaste, o gancho, e continuou fazendo a inspeção ali mesmo no ambiente de navegação	"To tentando procurar.." "Isso é a ponta do guindaste" "Agora quero ver do outro lado" "Eu não tô sabendo fazer" "Quero ver agora embaixo!" "Não vi rachadura"
Para mim está bom.	00:12:41	00:18:09	Ao terminar a inspeção da ponta do guindaste, como esta não possuía rachadura, entendeu que não seria necessário deixar uma anotação.	
E agora?	00:15:28	00:15:32	Levou um susto! Durante navegação atravessou o interior do modelo do guindaste, ficando momentaneamente desorientado.	"Uh!"
O que é isto?	00:16:35	00:16:40	Usuário teve dúvida sobre o modelo, mais especificamente o objeto que representava o gancho do guindaste!	"Tem alguma coisa aqui flutuando que não sei o que é"
E agora?	00:18:18	00:18:21	Apertou o botão Home intencionalmente mas se surpreendeu ao voltar ao ponto de vista inicial, ficando momentaneamente desorientado.	"Ih! Agora me perdi!"
Onde estou?	00:19:01	00:19:43	Usuário continuou usando o "ambiente de navegação" como se fosse o "ambiente de manipulação".	"Esse tá diferente do outro" "tem umas rachaduras aqui"
Ué, o que houve?	00:21:03	00:21:20	Usuário anexou arquivo ao objeto mas não obteve feedback, ficando em dúvida se anexou ou não.	"Onde tá o arquivo?"
Ué, o que houve?	00:21:32	00:22:38	O usuário se confunde com os ambientes. Tenta pensar no caminho percorrido! Não consegue retornar ao ambiente de navegação. Acabou anexando 4 anotações ao objeto. E só no final se lembra que precisa do Home para voltar.	"Ih! Não era o que eu esperava! Ih! Já foi! Já deve ter ido! Tem alguma coisa aqui que eu tô fazendo errado! Vou adicionar pela 3a vez!"

C.2 Dados de Observação do Participante 3

C.2.1 Anotações de Observação de Uso

ID	TAREFA INTERAÇÃO Tarefa Transição	AMBIENT E	SUCESSO Duração (s) Tempo (s)	OCORRÊNCIAS DE QUESTÕES [Observações Avaliador]	DEPOIMENTOS USUÁRIO [Comentários]
1	NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	37	-Dúvida de qual o lado direito ou esquerdo do Heliporto	-Aqui começa a estória do à direita ou à esquerda depende de por onde estou olhando
TT1	Botão A p/ Ray-casting		37		
E5	SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	6	-Selecionou objeto errado sem ter intenção [Estava com o raio ligado] -Foi para manipulação sem intenção	-Ah errei!
TT5	Botão A no Objeto		43		
E6	MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	4	[Percebeu logo o que ocorreu e se recuperou rapidamente]	
TT6	Botão Home para VR-Nav		48		
1	NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	35		
TT1	Botão A p/ Ray-casting		83		
2	SELEÇÃO ÍCONE	VR-Nav	3	-Selecionou o ícone corretamente mas com dificuldade	-Achei o ícone muito pequeno
TT2	Botão A no Ícone		86		
3	LEITURA ANOTAÇÃO	WIMP	33		
TT3	Back to VR-Nav		119		
4	NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	92	-Inspecionou a ponta do guindaste rodando o cenário em navegação	-Estou com muitas dificuldades para rodar [Considerando que eu não sei onde seria uma rachadura eu acho que este está OK]
TT4	Botão A para Ray-casting		211		
5	SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	1	[Descobriu que poderia fazer a inspeção do objeto em manipulação]	[Agora me lembrei que eu poderia fazer isso]
TT5	Botão A no Objeto		212		
6	MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	41	[Inspecionou a ponta do guidaste em manipulação]	[Certamente facilita] [Não tem nenhuma rachadura, então vou criar uma anotação]
TT6	Botão Home para VR-Nav		253		

7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	30		
TT7 Send File to VR-Manip		283		
8 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	14		[Negócio está tremendo aqui, não sei por que]
TT8 Botão A libera Ícone		297		
9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	4		
TT9 Botão Home p/ VR-Nav		301		
10 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	25		
TT10 Botão A p/ Ray-casting		326		
11 SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	14	-Selecionou gancho pois achou que poderia ser a ponta do guindaste	-Quando se fala ponta do guindaste é o gancho aqui, ou essa ponta, mas eu não sou engenheiro, qual é o termo usado?
TT11 Botão A no Objeto		340	[Selecionou parte do gancho]	
12 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	26	[Inspecionou o gancho também]	
TT12 Botão A para WIMP		366		
10 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	16		
TT10 Botão A p/ Ray-casting		382		
11 SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	4	[Selecionou outra parte do gancho]	
TT11 Botão A no Objeto		386		
12 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	9		
TT12 Botão A para WIMP		395		
10 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	22		
TT10 Botão A p/ Ray-casting		417		
11 SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	2	[Selecionou ponta com rachadura]	
TT11 Botão A no Objeto		419		
12 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	21		
TT12 Botão A para WIMP		440		
13 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	29	[Deixou anotação corretamente]	
TT13 Send File to VR-Manip		468		
14 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	14	[Liberou ícone corretamente]	
TT14 Botão A libera Ícone		483		
15 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	3		
TT15 Botão Home p/ VR-Nav		486		
16 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav		[Voltou corretamente para navegação] [Verificou que não tinham mais guindastes]	[Vou afastar para ver se tem mais algum guindaste]

C.2.2 Sumário Dados de Usabilidade

a. Tarefas de Interação

Tarefas Interação	Tipo Tarefa	Ambiente	Iter.	Questões	Erros Triviais	Erros Moderados	Erros Sérios	Tempo Part.
TI-1	Navegação	VR-Nav	2	2	1			73
TI-2	Seleção Ícone	VR-Nav	1	1				3
TI-3	Leitura Anotação	WIMP	1					33
TI-4	Navegação	VR-Nav	1	1		1		92
TI-5	Seleção Objeto	VR-Nav	1					1
TI-6	Manip. Objeto	VR-Manip	1					41
TI-7	Criação Anotação	WIMP	1					30
TI-8	Manip. Ícone	VR-Manip	1					14
TI-9	Manip. Objeto	VR-Manip	1					4
TI-10	Navegação	VR-Nav	3					63
TI-11	Seleção Objeto	VR-Nav	3	1		1		20
TI-12	Manip. Objeto	VR-Manip	3					56
TI-13	Criação Anotação	WIMP	1					29
TI-14	Manip. Ícone	VR-Manip	1					14
TI-15	Manip. Objeto	VR-Manip	1					3
TI-16	Navegação	VR-Nav	1					-
TIE-5	Seleção Objeto	VR-Nav	1	1	1			6
TIE-6	Manip. Objeto	VR-Manip	1					4
		Totais	25	6	2	2	0	486

b. Tarefas de Transição

Tarefas Transição	Transição de Ambientes		Iter.	Questões
TT-2/3	VR-Nav	WIMP	1	
TT-3/4	WIMP	VR-Nav	1	
TT-5/6	VR-Nav	VR-Manip	1	
TT-6/7	VR-Manip	WIMP	1	
TT-7/8	WIMP	VR-Manip	1	
TT-9/7	VR-Manip	WIMP	1	
TT-9/10	VR-Manip	VR-Nav	1	
TT-11/12	VR-Nav	VR-Manip	2	
TT-12/13	VR-Manip	WIMP	1	
TT-13/14	WIMP	VR-Manip	1	
TT-15/16	VR-Manip	VR-Nav	1	
TTE-5/6	VR-Nav	VR-Manip	1	1
		Totais	13	1

c. Questões de Usabilidade

Id. Tarefa	Tipo Tarefa	Ambiente	Descrição das Questões de Usabilidade	Categoria IHC
TI-1	Navegação	VR-Nav	Dúvida de qual o lado direito ou esquerdo do Heliporto	Significado
TI-1	Navegação	VR-Nav	Dificuldade para se aproximar da plataforma quando longe	Execução
TI-2	Seleção Ícone	VR-Nav	Selecionou o ícone corretamente mas com dificuldade	Execução
TI-4	Navegação	VR-Nav	Inspecionou a ponta do guindaste rodando o cenário 3D	Percepção
TI-11	Seleção Objeto	VR-Nav	Selecionou gancho pois achou que poderia ser a ponta do guindaste	Significado
TIE-5	Seleção Objeto	VR-Nav	Selecionou objeto errado sem ter intenção	Execução
TTE-5/6	Transição	Nav/Manip	Foi para manipulação sem intenção, esbarrou no botão A	Execução

d. Entrevista de Usabilidade – Comentários do Participante

- Velocidade para aproximar do cenário estava lenta;
- Faltou funcionalidade para apontar e ir direto para objeto;
- O sistema é legal, uma nova forma de interagir bastante válida;
- Teve dificuldade inicial com a *Wand*, mas aprendeu rápido;
- Teve dificuldade inicial para rodar cenário, pois rodava o braço junto;
- Percebeu que *Wand* tremia quando entrava no objeto;
- Não percebeu *feedback* ao anexar ícone 3D ao objeto;
- Faltou menu on-line para ajudar nas opções do sistema;
- Achou difícil acertar o ícone 3D em navegação, pois ele é muito pequeno;
- Desconfortável arrastar LCD para o centro, tanto que acabou desistindo ao longo da sessão;
- Esqueceu que o botão Home voltava de manipulação para navegação, pois esta é a única transição que não usa botão A;
- *Wand* teve problemas de rastreamento quando inclinou demais o braço;
- Óculos incomodaram, cansaram a vista. No início refletiu demais;
- Sistema desconfortável no início, mas com mais treinamento se acostumou.

C.2.3 Etiquetagem da Interação

Etiqueta	Início	Fim	Observações do Avaliador	Expressões do Participante
O que é isto?	00:00:37	00:00:41	Ficou em dúvida de onde era direita ou esquerda.	"Onde está direita e esquerda? Depende por onde está olhando..."
Por que não funciona?	00:00:43	00:00:50	Ele não via o feedback de tão lento que estava. Confirmou na entrevista pós-teste!	"eu não estou conseguindo me afastar mais." O direcional aqui funciona? Ah! tá bem lenta a aproximação
Epa!	00:01:04	00:01:05	Quando ele apertou o botão A mais forte e foi para o ambiente de manipulação sem querer	" Ah! Errei!"
O que é isto?	00:01:16	00:01:18	Questiona novamente o que é direita e esquerda.	"O que considera direita? Eu olhando por aqui ou o contrário?"
Onde estou?	00:02:42	00:03:52	Usuário fez a manipulação no ambiente de navegação.	"Estou com dificuldades para rodar". Estou com dificuldades para fazer isso" "Gostaria de tentar ver por baixo dele"
O que é isto?	00:05:14	00:05:18	Quando chega com ícone perto do objeto para liberá-lo.	"O negócio que tá tremendo aqui, não sei o que é".
Ué, o que houve?	00:05:14	00:05:18	Comentários na entrevista.	"Eu suspeitei que a anotação estava entrando no objeto! " Quando solta o ícone parecia sumir e aparecer em outro lugar" "falta uma orientação sobre o que se pode fazer com a anotação quando chega ali"
O que é isto?	00:05:49	00:07:00	Ficou em dúvida se o gancho era a ponta. Fez manipulação do gancho também para ver se tinha rachaduras.	"Quando fala ponta do guindaste é o gancho aqui ou essa ponta?"

C.3 Dados de Observação do Participante 4

C.3.1 Anotações de Observação de Uso

ID	TAREFA INTERAÇÃO Tarefa Transição	AMBIENT E	SUCESSO Duração (s) Tempo (s)	OCORRÊNCIAS DE QUESTÕES [Observações Avaliador]	DEPOIMENTOS USUÁRIO [Comentários]
1	NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	130	-Dificuldade para se aproximar da plataforma quando longe usando drag [Desistiu do drag e usou setas]	<i>-Parece que não consigo me aproximar -Não estou vendo nada aqui, então esta deve ser a escada à esquerda</i>
TT1	Botão A p/ Ray-casting		130	-Verificou primeiro a escada errada	
2	SELEÇÃO ÍCONE	VR-Nav	7		
TT2	Botão A no Ícone		137		
3	LEITURA ANOTAÇÃO	WIMP	50	[Puxou LCD para o centro]	
TT3	Back to VR-Nav		187		
4	NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	111	-Dificuldade para se aproximar da plataforma quando longe, usando drag [Desistiu do drag e usou setas]	<i>-Estou tentando dar drag, mas não funciona [Vou usar setas, pois sei que funcionam] -O óculos é um pouco pesado, parece que vai cair do meu rosto</i>
TT4	Botão A para Ray-casting		298	-Achou óculos desconfortável	
5	SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	18	-Selecionou ponta da torre ao invés da ponta do guindaste	
TT5	Botão A no Objeto		316		
6	MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	38		[Na manipulação funciona o drag]
TT6	Botão A para WIMP		353		
7	CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	46		
TT7	Send File to VR-Manip		399		
8	MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	9		
TT8	Botão A libera Ícone		408		

9 MANIPULAÇÃO OBJETO TT15 Botão Home p/ VR-Nav	VR-Manip	3 754		
10 NAVEGAÇÃO CENÁRIO TT10 Botão A p/ Ray-casting	VR-Nav	16 770	-Ficou em dúvida se anotação foi anexada ou não	-Cadê?
5 SELEÇÃO OBJETO TT11 Botão A no Objeto	VR-Nav	4 774	[Selecionou ponta novamente]	[De novo]
6 MANIPULAÇÃO OBJETO TT12 Botão A para WIMP	VR-Manip	6 780		
7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO TT13 Send File to VR-Manip	WIMP	37 817	[Ouvindo som da mensagem de alerta do Notepad] -Mensagem do Notepad no tampo, ficou oculta pelo LCD	-Ôpa!
8 MANIPULAÇÃO ÍCONE TT14 Botão A libera Ícone	VR-Manip	12 829		
9 MANIPULAÇÃO OBJETO TT15 Botão Home p/ VR-Nav	VR-Manip	6 835		
10 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav		[Percebeu que ícone foi anexado] [Percebeu que não tinha verificado a ponta certa do primeiro guindaste] -Verificou ponta primeiro guindaste mas não deixou anotação -Tentou deletar a anotação anexada a mais no segundo guindaste, mas não teve sucesso	[Ha! Os dois estavam ali mas ficou muito escondido, o ideal seria que colocassem na frente da câmera] [Deixa eu verificar o outro guindaste] -Esse aqui não tem nada -Vou tentar excluir aqui aquele apêndice que eu coloquei, não sei se existe uma forma

C.3.2 Sumário Dados de Usabilidade

a. Tarefas de Interação

Tarefas Interação	Tipo Tarefa	Ambiente	Iter.	Questões	Erros Triviais	Erros Moderados	Erros Sérios	Tempo Part.
TI-1	Navegação	VR-Nav	1	2		1		130
TI-2	Seleção Ícone	VR-Nav	1					7
TI-3	Leitura Anotação	WIMP	1					50
TI-4	Navegação	VR-Nav	3	2				237
TI-5	Seleção Objeto	VR-Nav	3	1				36
TI-6	Manip. Objeto	VR-Manip	3					88
TI-7	Criação Anotação	WIMP	3	2		1		190
TI-8	Manip. Ícone	VR-Manip	3					58
TI-9	Manip. Objeto	VR-Manip	3					24
TI-10	Navegação	VR-Nav	2	2			1	16
TI-11	Seleção Objeto	VR-Nav	0					-
TI-12	Manip. Objeto	VR-Manip	0					-
TI-13	Criação Anotação	WIMP	0					-
TI-14	Manip. Ícone	VR-Manip	0					-
TI-15	Manip. Objeto	VR-Manip	0					-
TI-16	Navegação	VR-Nav	0					-
	Totais		23	9	0	2	1	835

b. Tarefas de Transição

Tarefas Transição	Transição de Ambientes		Iter.	Questões
TT-2/3	VR-Nav	WIMP	1	
TT-3/4	WIMP	VR-Nav	1	
TT-5/6	VR-Nav	VR-Manip	3	
TT-6/4	VR-Manip	VR-Nav	3	
TT-6/7	VR-Manip	WIMP	3	
TT-7/8	WIMP	VR-Manip	3	
TT-9/4	VR-Manip	VR-Nav	2	1
TT-9/10	VR-Manip	VR-Nav	1	1
TT-11/12	VR-Nav	VR-Manip	1	
TT-12/13	VR-Manip	WIMP	1	
TT-13/14	WIMP	VR-Manip	1	
TT-15/16	VR-Manip	VR-Nav	1	
		Totais	21	2

c. Questões de Usabilidade

Id. Tarefa	Tipo Tarefa	Ambiente	Descrição das Questões de Usabilidade	Categoria IHC
TI-1	Navegação	VR-Nav	Dificuldade em se aproximar da plataforma quando longe	Execução
TI-1	Navegação	VR-Nav	Verificou primeiro a escada errada	Significado
TI-4	Navegação	VR-Nav	Dificuldade em se aproximar da plataforma quando longe	Execução
TI-4	Navegação	VR-Nav	Achou óculos desconfortável	Execução
TI-5	Seleção Objeto	VR-Nav	Selecionou ponta da torre ao invés da ponta do guindaste	Significado
TI-7	Criação Anotação	WIMP	Criou novo arquivo pois não encontrou arquivo criado antes	Percepção
TI-7	Criação Anotação	WIMP	Mensagem do Notepad no tampo ficou oculta pelo LCD	Percepção
TI-10	Navegação	VR-Nav	Verificou ponta do primeiro guindaste mas não deixou anotação	Significado
TI-10	Navegação	VR-Nav	Tentou deletar anotação anexada a mais mas não teve sucesso	Execução
TT-9/4	Transição	Manip/Nav	Ficou em dúvida se anotação foi anexada ou não e reselectionou	Percepção
TT-9/10	Transição	Manip/Nav	Ficou em dúvida se anotação foi anexada ou não e reselectionou	Percepção

d. Entrevista de Usabilidade – Comentários do Participante

- A idéia é bacana;
- Manteve braço esticado com *Wii* para não perder rastreamento, mas braço cansou. Trocou de mão para descansar o braço;
- Achou óculos desconfortáveis, incomoda nariz e não fica preso direito;
- Tentou excluir ícone 3D anexado a mais, mas não conseguiu;
- Arrastar o cenário na navegação parece não funcionar (avaliador: ponto de vista estava distante do cenário 3D);
- Teve dificuldade em alinhar a direção da *Wand* real com a *Wand* virtual projetada na tela, ao fazer a seleção de objetos;
- Achou que seria melhor fazer a anotação no mundo virtual 3D, sem precisar ir para WIMP, pois este ambiente “corta” a imersão;
- Achou que é fácil se perder se o ambiente for simétrico, como no caso do ambiente de treinamento;
- Achou que o movimento de *drag* com a *Wand* não corresponde exatamente ao movimento percebido do objeto, precisa treinar para se acostumar.

C.4 Dados de Observação do Participante 5

C.4.1 Anotações de Observação de Uso

ID	TAREFA INTERAÇÃO Tarefa Transição	AMBIENT E	Duração (s) Tempo (s)	OCORRÊNCIAS DE QUESTÕES [Observações Avaliador]	DEPOIMENTOS USUÁRIO [Comentários]
1	NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	70	-Foi para escada errada, supõe que mensagem estaria embaixo da escada	[Tentando localizar o Heilponto] -Teria sido embaixo da escada, né? [Tentando localizar o documento do meu chefe] [Não está aqui, talvez esteja do outro lado]
	Botão A p/ Ray-casting		70		
E5	SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	1	[Vê o ícone com instruções] -Seleciona por engano objeto do Heliporto	[Seria isso aqui?]
TT5	Botão A no Objeto		71		
E6	MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	12		-Entrei na tela de manipulação, não era isso que eu queria
TT6	Botão A para WIMP		83		
1	NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	11	[Voltou sem problemas para navegação]	
	Botão A p/ Ray-casting		94		
E5	SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	1	-Selecionou mais uma vez objeto errado [Achou que era o ícone com instruções]	
TT5	Botão A no Objeto		95		
E6	MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	1	-Apertou o botão A sem soltar e não percebeu que foi direto para WIMP	
TT6	Botão A para WIMP		96		
E7	criação ANOTAÇÃO	WIMP	178	-Tentou retornar usando a Wand -Tentou retornar usando o Back [Como o usuário desistiu, avaliador instruiu a usar o Send para voltar e continuar interação]	-Ok, vim para cá, mas não sei qual é o arquivo [Provavelmente é um arquivo de texto com instruções mas não estou encontrando] -Vamos voltar -Não estou conseguindo usar o back [Não sei voltar para a plataforma} [Interrompeu o teste?]
TT7	Send File to VR-Manip		274		
E8	MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	32	-Tentou interagir com manipulação, achando que estava em navegação	-Estou colocando o botão para a frente mas ele não está caminhando para a frente -Não sei o que está contecento
	Botão A libera Ícone		306		

E9 MANIPULAÇÃO OBJETO TT9 Botão Home p/ VR-Nav	VR-Manip	1 307	-Voltou para WIMP sem perceber o que estava ocorrendo	
E7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO TT7 Send File to VR-Manip	WIMP	13 320		[Tenho que dar outro send]
E8 MANIPULAÇÃO ÍCONE Botão A libera Ícone	VR-Manip	9 328	-Continua tentando interagir como se estivesse no ambiente de navegação, pois o mesmo está visível embora inativo [Janelas do WIMP estão bloqueando no LCD a visão do objeto em manipulação] [Usuário está sem feedback do ambiente ativo]	
E9 MANIPULAÇÃO OBJETO TT9 Botão Home p/ VR-Nav	VR-Manip	1 329	-Voltou novamente para WIMP sem perceber o que estava acontecendo	
E7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO TT7 Send File to VR-Manip	WIMP	13 343		-Toda hora volta para cá, não sei o que está acontecendo
E8 MANIPULAÇÃO ÍCONE Botão A libera Ícone	VR-Manip	17 360	-Continua tentando interagir como se estivesse no ambiente de navegação	-Não consigo navegar aqui
E9 MANIPULAÇÃO OBJETO TT9 Botão Home p/ VR-Nav	VR-Manip	18 378		
E7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO TT7 Send File to VR-Manip	WIMP	12 389	-Voltou novamente para WIMP sem perceber o que estava acontecendo	-Não sei o que está contecento
E8 MANIPULAÇÃO ÍCONE Botão A libera Ícone	VR-Manip	95 485	[Avaliador entrevistou para explicar que ia para ambiente de manipulação quando dava <i>Send</i>] [Trouxe LCD para o centro para manipular objeto]	
E9 MANIPULAÇÃO OBJETO TT9 Botão Home p/ VR-Nav	VR-Manip	8 493		
1 NAVEGAÇÃO CENÁRIO Botão A p/ Ray-casting	VR-Nav	17 509	[Afastou parcialmente LCD para o lado]	[Não consegui ainda ler as instruções]
E5 SELEÇÃO OBJETO TT5 Botão A no Objeto	VR-Nav	1 510	-Selecionou mais uma vez objeto errado	
E6 MANIPULAÇÃO OBJETO TT6 Botão A para WIMP	VR-Manip	1 511	-Foi direto para WIMP pois apertou o botão A demais [Percebeu o que estava fazendo errado]	
E7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO TT7 Send File to VR-Manip	WIMP	24 535		-Eu estou voltando para cá, acho que estou apertando o botão direto e vindo direto para aqui
E8 MANIPULAÇÃO ÍCONE Botão A libera Ícone	VR-Manip	12 547		

E9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	5		
TT9 Botão Home p/ VR-Nav		552		
1 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	7		
Botão A p/ Ray-casting		559		
2 SELEÇÃO ÍCONE	VR-Nav	4		[Acho que aqui tenho de apertar apenas uma vez]
TT2 Botão A no Ícone		563		
3 LEITURA ANOTAÇÃO	WIMP	55		[Era isso que estava acontecendo]
TT3 Back to VR-Nav		618		
4 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	80	-Pensou ter dificuldade em identificar o que era guindaste	[Aonde tem guindaste aqui?]
Botão A para Ray-casting		698	[Identificou o guindaste corretamente]	-Estou com dificuldade de encontrar guindastes não sei bem o que é um guindaste, é esse aqui?
5 SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	4	[Selecionou guindaste corretametne]	
TT5 Botão A no Objeto		702		
6 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	7	[Deixou o LCD parcialmente deslocado]	
TT6 Botão A para WIMP		708		
7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	63	[Deixou anotação corretamente]	
TT7		771		
8 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	10		
Botão A libera Ícone		781		
9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	2		
TT9 Botão Home p/ VR-Nav		783		
10 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	60	[Ficou em dúvida se já tinha feito toda a tarefa]	[Vou voltar para a escada para ver se cumpri a missão direito]
Botão A p/ Ray-casting		844		
E2 SELEÇÃO ÍCONE	VR-Nav	6	-Selecionou novamente a anotação da tarefa pois esqueceu qual era	
TT2 Botão A no Ícone		850		
E3 LEITURA ANOTAÇÃO	WIMP	26	[Leu mensagem novamente, percebe que tem de ir em todos os guindastes]	[Então tem de ir em cada guindaste, é isso?]
TT3 Back to VR-Nav		876		
10 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	180	-Fez inspeção do guindaste no ambiente de manipulação, rodando o cenário	[Vamos verificar se apresenta mais guindaste, este aqui, por exemplo]
			[Procura por um terceiro guindaste]	[Esse não tem, não tem mesmo não]
				[Tem outro guindaste?]
				[Inspecciona a ponta da torre do guindaste]
			-Não deixou mensagem para guindaste sem rachadura	[Bom, não tem]
		1056		-Eu acho que já acabou

C.4.2 Sumário Dados de Usabilidade

a. Tarefas de Interação

Tarefas Interação	Tipo Tarefa	Ambiente	Iter.	Questões	Erros Triviais	Erros Moderados	Erros Sérios	Tempo Part.
TI-1	Navegação	VR-Nav	4	1		1		105
TI-2	Seleção Ícone	VR-Nav	1					4
TI-3	Leitura Anotação	WIMP	1					55
TI-4	Navegação	VR-Nav	1	1	1			80
TI-5	Seleção Objeto	VR-Nav	1					4
TI-6	Manip. Objeto	VR-Manip	1					7
TI-7	Criação Anotação	WIMP	1					63
TI-8	Manip. Ícone	VR-Manip	1					10
TI-9	Manip. Objeto	VR-Manip	1					2
TI-10	Navegação	VR-Nav	2	2		1	1	240
TI-11	Seleção Objeto	VR-Nav	0					-
TI-12	Manip. Objeto	VR-Manip	0					-
TI-13	Criação Anotação	WIMP	0					-
TI-14	Manip. Ícone	VR-Manip	0					-
TI-15	Manip. Objeto	VR-Manip	0					-
TI-16	Navegação	VR-Nav	0					-
TIE-2	Seleção Ícone	VR-Nav	1	1		1		6
TIE-3	Leitura Anotação	VR-Manip	1					26
TIE-5	Seleção Objeto	VR-Nav	3	1		1		3
TIE-6	Manip. Objeto	VR-Manip	3					14
TIE-7	Criação Anotação	WIMP	5					240
TIE-8	Manip. Ícone	VR-Manip	5	1			1	165
TIE-9	Manip. Objeto	VR-Manip	5					33
		Totais	37	7	1	4	2	1056

b. Tarefas de Transição

Tarefas Transição	Transição de Ambientes		Iter.	Questões
TT-2/3	VR-Nav	WIMP	1	
TT-3/4	WIMP	VR-Nav	1	
TT-5/6	VR-Nav	VR-Manip	1	
TT-6/7	VR-Manip	WIMP	1	
TT-7/8	WIMP	VR-Manip	1	
TT-9/10	VR-Manip	VR-Nav	1	
TT-11/12	VR-Nav	VR-Manip	0	
TT-12/13	VR-Manip	WIMP	0	
TT-13/14	WIMP	VR-Manip	0	
TT-15/16	VR-Manip	VR-Nav	0	
TTE-6/7	VR-Manip	WIMP	2	1
TTE-7/8	WIMP	VR-Manip	5	2
TTE-9/7	VR-Manip	WIMP	3	1
		Totais	16	4

c. Questões de Usabilidade

Tipo Tarefa	Ambiente	Descrição das Questões de Usabilidade	Categoria IHC
Navegação	VR-Nav	Foi para escada errada, supõe que esteja embaixo escada	Significado
Navegação	VR-Nav	Pensou ter dificuldade em identificar o que era o guindaste	Significado
Navegação	VR-Nav	Fez inspeção do guindaste no ambiente de navegação	Percepção
Navegação	VR-Nav	Não deixou mensagem para guindaste sem rachadura	Significado
Seleção Ícone	VR-Nav	Selecionou novamente a anotação da tarefa pois esqueceu qual era	Navegação
Seleção Objeto	VR-Nav	Seleciona por engano objeto do Heliporto	Execução
Percepção	VR-Manip	Tentou interagir com manipulação, achando que estava em navegação	Percepção
Transição	Manip/WIMP	Apertou o botão A sem soltar e foi direto para WIMP	Execução
Transição	WIMP/Manip	Tentou retornar usando a Wand	Percepção
Transição	WIMP/Manip	Tentou retornar usando o Back	Navegação
Transição	Manip/WIMP	Voltou para WIMP sem perceber o que estava ocorrendo	Percepção

d. Entrevista de Usabilidade – Comentários do Participante

- Troca de ambientes não foi agradável, seria melhor se pudesse se limitar à mini-CAVE;
- Achou ruim ter de manipular objeto por trás do LCD, é inconsistente com o hábito de interagir;
- Seria melhor usar a tela de fundo da mini-CAVE ao invés do LCD, e desligar as telas laterais momentaneamente;
- O ambiente de manipulação no LCD manteve as telas da mini-CAVE ativas, então achou que ainda estava em navegação na mini-CAVE;
- Arrastar o monitor LCD é uma quebra de continuidade, não gostou;
- Não gostou do ícone 3D sumir ao ser anexado ao objeto, faltou *feedback*;
- Achou que movimentos com a cabeça causaram movimentos muito bruscos no cenário 3D, não pareciam realistas (avaliador: cenário 3D usa rastreamento dos óculos para acompanhar movimento da cabeça do participante);
- Manteve botão A apertado por engano algumas vezes, indo direto para WIMP;
- Teve dificuldade para aprender as funções dos 4 botões do *Wii*, principalmente para fazer as transições de ambientes virtuais;
- Interpretou que tarefa não requeria deixar anotação para guindaste sem rachaduras.

C.5 Dados de Observação do Participante 6

C.5.1 Anotações de Observação de Uso

ID	TAREFA INTERAÇÃO Tarefa Transição	AMBIENT E	SUCESSO Duração (s) Tempo (s)	OCORRÊNCIAS DE QUESTÕES [Observações Avaliador]	DEPOIMENTOS USUÁRIO [Comentários]
1	NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	72	-Dificuldade para se aproximar da plataforma quando longe	[Achei o Heliporto, vou tentar chegar] - <i>Não estou conseguindo descer</i> [Cheguei, acho que achei no arquivo]
TT1	Botão A p/ Ray-casting		72		
2	SELEÇÃO ÍCONE	VR-Nav	4		
TT2	Botão A no Ícone		76		
3	LEITURA ANOTAÇÃO	WIMP	30		
TT3	Back to VR-Nav		106		
4	NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	268	[Dúvida de qual seria a ponta entre o gancho e ponta] -Girou todo o cenário 3D para verificar ponta e gancho guindaste -Braço ficou cansado de girar todo o cenário	- <i>Não sei se é essa parte ou a parte de baixo ali</i> - <i>Estou com dificuldade de girar ele</i> [Conseguir rotação boa para ele] [Se houve rachadura não consegui identificar] - <i>Desvantagem deste método é que se trabalhar o dia inteiro o braço vai doer muito</i>
TT4	Botão A para Ray-casting		374		
5	SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	2		[Então vou deixar a mensagem aqui]
TT5	Botão A no Objeto		376		
6	MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	33	-Preferiu não trazer o LCD para o centro	[Se bem que talvez teria sido melhor se tivesse analisado direto daqui, tem um foco muito melhor eu tinha esquecido disso]
TT6	Botão Home para VR-Nav		409		
4	NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	6	[Voltou para navegação sem deixar anotação]	
TT5	Botão A p/ Ray-casting		415		
5	SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	2	-Selecionou gancho do guindaste em dúvida de qual seria a ponta	- <i>Vou aproveitar para fazer isso com o outro também</i>
TT5	Botão A no Objeto		417		
6	MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	11	[Verificou rachadura no gancho]	[O outro também está tranquilo]
TT6	Botão Home para VR-Nav		428		

4 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	11		
TT6 Botão A p/ Ray-casting		439		
5 SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	2	[Selecionou a ponta novamente]	[Vou usar esse aqui como sendo a ponta que imaginei ser e vou deixar o arquivo com notificando a rachadura]
TT5 Botão A no Objeto		441		
6 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	6		
TT6 Botão A para WIMP		447		
7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	52		[Vou deixar escrito que não foram encontradas rachaduras]
TT7 Send File to VR-Manip		499		
8 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	8		
TT8 Botão A libera Ícone		507		
9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	6		[Pronto, acho que está certo]
TT9 Botão Home p/ VR-Nav		513		
10 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	47	[Achou que tinha terminado a tarefa, mas não tinha]	[O arquivo de texto está aqui, então acho que bem ou mal terminei minha tarefa]
TT10 Botão A p/ Ray-casting		560	[Mas após dar Zoom out]	[Acabei de perceber que tem outro guindaste]
11 SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	4	[Aprendeu que deveria usar manipulação para verificar ponta]	[Desta vez vou ser um pouco mais esperto]
TT11 Botão A no Objeto		564		
12 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	20		[Realmente este sim tem a rachadura e foi até bem fácil de achar]
TT12 Botão A para WIMP		584		
13 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	43	[Mudou nome da anotação anterior] -Sistema travou ao tentar voltar para VR-Manip	[Não sei se ele vai aceitar, colocar duas anotações] [Eu mexi aqui, não sei se ele vai ter o feedback] [Não faz parte da tarefa, mas vou mudar aqui para ver se ele vai encontrar] <i>-Não estou conseguindo voltar, nem com o send nem com o back</i>
TT13 Send File to VR-Manip		627		
14 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip		[Não realizada pois sistema crashou]	
TT14 Botão A libera Ícone				
15 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip		[Não realizada pois sistema crashou]	
TT15 Botão Home p/ VR-Nav				
16 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav		[Não realizada pois sistema crashou]	

C.5.2 Sumário Dados de Usabilidade

a. Tarefas de Interação

Tarefas Interação	Tipo Tarefa	Ambiente	Iter.	Questões	Erros Triviais	Erros Moderados	Erros Sérios	Tempo Part.
TI-1	Navegação	VR-Nav	1	1				72
TI-2	Seleção Ícone	VR-Nav	1					4
TI-3	Leitura Anotação	WIMP	1					30
TI-4	Navegação	VR-Nav	3	3		1		285
TI-5	Seleção Objeto	VR-Nav	3	1		1		6
TI-6	Manip. Objeto	VR-Manip	3	1		1		50
TI-7	Criação Anotação	WIMP	1					52
TI-8	Manip. Ícone	VR-Manip	1					8
TI-9	Manip. Objeto	VR-Manip	1					6
TI-10	Navegação	VR-Nav	1					47
TI-11	Seleção Objeto	VR-Nav	1					4
TI-12	Manip. Objeto	VR-Manip	1					20
TI-13	Criação Anotação	WIMP	1					43
TI-14	Manip. Ícone	VR-Manip	0					-
TI-15	Manip. Objeto	VR-Manip	0					-
TI-16	Navegação	VR-Nav	0					-
	Totais		19	6	0	3	0	627

b. Tarefas de Transição

Tarefas Transição	Transição de Ambientes		Iter.	Questões
TT-2/3	VR-Nav	WIMP	1	
TT-3/4	WIMP	VR-Nav	1	
TT-5/6	VR-Nav	VR-Manip	3	
TT-6/4	VR-Manip	VR-Nav	2	
TT-6/7	VR-Manip	WIMP	1	
TT-7/8	WIMP	VR-Manip	1	
TT-9/10	VR-Manip	VR-Nav	1	
TT-11/12	VR-Nav	VR-Manip	1	
TT-12/13	VR-Manip	WIMP	1	
TT-13/14	WIMP	VR-Manip	1	1
TT-15/16	VR-Manip	VR-Nav	0	
		Totais	13	1

c. Questões de Usabilidade

Id. Tarefa	Tipo Tarefa	Ambiente	Descrição das Questões de Usabilidade	Categoria IHC
TI-1	Navegação	VR-Nav	Dificuldade para se aproximar da plataforma quando longe	Execução
TI-4	Navegação	VR-Nav	Girou todo o cenário 3D para verificar ponta e gancho guindaste	Percepção
TI-4	Navegação	VR-Nav	Braço ficou cansado	Execução
TI-5	Seleção Objeto	VR-Nav	Selecionou gancho pensando que poderia ser a ponta guindaste	Significado
TI-6	Manip. Objeto	VR-Manip	Preferiu não trazer o LCD para o Centro	Execução
TT-13/14	Transição	WIMP/Manip	Travou em WIMP pois participante mudou nome primeiro arquivo	Execução

d. Entrevista de Usabilidade – Comentários do Participante

- Gostou do sistema, mas achou que para trabalho prolongado no dia a dia a *Wand* vai cansar o braço;
- Fez a inspeção em navegação, mas depois percebeu que seria bem mais fácil em manipulação;
- O uso dos óculos cansa no dia a dia, visão fica desconfortável;
- Preferiu não mover o LCD, estava OK do jeito que estava;
- Achou que interagir com o sistema no dia a dia não seria tão confortável, pois está muito acostumado com o desktop;
- Ficou em dúvida o que seria a ponta do guindaste, por isso verificou o gancho também.

C.6 Dados de Observação do Participante 7

C.6.1 Anotações de Observação de Uso

ID	TAREFA INTERAÇÃO Tarefa Transição	AMBIENT E	SUCESSO Duração (s) Tempo (s)	OCORRÊNCIAS DE QUESTÕES [Observações Avaliador]	DEPOIMENTOS USUÁRIO [Comentários]
1	NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	59	-Foi na escada errada, afastada do Heliporto	
TT1	Botão A p/ Ray-casting		59		
E5	SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	5	-Selecionou escada sem intenção	-Errei!
TT5	Botão A no Objeto		64		
E6	MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	5	-Apertou o botão A sem soltar, e foi direto para o WIMP	
TT6	Botão Home para VR-Nav		69		
E7	CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	17		-De novo!
TT7	Send File to VR-Manip		86		
E8	MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	53	[Voltou corretamente para manipul.] -Tentou interagir com manipulação, achando que estava em navegação	-Não consigo sair daqui
TT8	Botão A libera Ícone		139		
E9	MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	1	[Aperta o botão A duas vezes e volta para WIMP]	
TT9	Botão Home p/ VR-Nav		140		
E7	CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	21		
TT7	Send File to VR-Manip		161		
E8	MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	6		
TT8	Botão A libera Ícone		166		
E9	MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	0		
TT9	Botão Home p/ VR-Nav		166		
1	NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	108	[Desta vez retorna corretamente para navegação sem anexar ícone]	
TT10	Botão A p/ Ray-casting		275		

2 SELEÇÃO ÍCONE	VR-Nav	14	[Seleciona o ícone corretamente	[Acho que eu achei]
TT2 Botão A no Ícone		289	mas à distância]	
3 LEITURA ANOTAÇÃO	WIMP	27		
TT3 Back to VR-Nav		315		
4 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	41		
TT4 Botão A para Ray-casting		356		
5 SELEÇÃO OBJETO	VR-Nav	8	[Selecionou ponta do guindaste	[Agora eu vou marcar o guindaste para verificar se
TT5 Botão A no Objeto		364	corretamente]	tem rachadura]
6 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	8	[Moveu LCD para o Centro]	
			-Apertou botão A sem intenção	-Apertei o botão errado de novo
			atrapalhado pelo LCD	
TT6 Botão Home para VR-Nav		372	-Foi para WIMP sem ter intenção	
7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	14		
TT7 Send File to VR-Manip		386		
8 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	19	[Voltou para inspecionar o objeto]	
TT8			-Dificulade para ver a Wand no LCD	-Não consigo ver o meu Wand na Tela
Botão A libera Ícone		405	devido ao uso da mão esquerda	
9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	32		[Agora vi que tem rachadura tenho que fazer uma
TT9 Botão Home p/ VR-Nav		437		anotação]
7 CRIAÇÃO ANOTAÇÃO	WIMP	43		
TT7 Send File to VR-Manip		480		
8 MANIPULAÇÃO ÍCONE	VR-Manip	8		
TT8 Botão A libera Ícone		489		
9 MANIPULAÇÃO OBJETO	VR-Manip	0		
TT9 Botão Home p/ VR-Nav		489		
10 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav	48		
TT10 Botão A p/ Ray-casting		536		
E2 SELEÇÃO ÍCONE	VR-Nav	4	-Selecionou ícone com anotação feita,	
TT2 Botão A no Ícone		540	para verificar correção	
E3 LEITURA ANOTAÇÃO	WIMP	25	[Verificou se fez anotação a certa]	[Não é isto? Eu verifiquei se fiz a anotação certa]
TT3 Back to VR-Nav		566		[Agora não sei mais o que tem de fazer]
10 NAVEGAÇÃO CENÁRIO	VR-Nav		-Terminou sessão sem verificar o	-Acabei então, eu fiz a anotação e verifiquei se tinha
			segundo guindaste	feito

C.6.2 Sumário Dados de Usabilidade

a. Tarefas de Interação

Tarefas Interação	Tarefa	Ambiente	Iter.	Questões	Erros Triviais	Erros Moderados	Erros Sérios	Tempo Part.
TI-1	Navegação	VR-Nav	2	1		1		167
TI-2	Seleção Ícone	VR-Nav	1					14
TI-3	Leitura Anotação	WIMP	1					27
TI-4	Navegação	VR-Nav	1					41
TI-5	Seleção Objeto	VR-Nav	1					8
TI-6	Manip. Objeto	VR-Manip	1	1	1			8
TI-7	Criação Anotação	WIMP	2					57
TI-8	Manip. Ícone	VR-Manip	2	1				28
TI-9	Manip. Objeto	VR-Manip	2					32
TI-10	Navegação	VR-Nav	2	1			1	48
TI-11	Seleção Objeto	VR-Nav	0					-
TI-12	Manip. Objeto	VR-Manip	0					-
TI-13	Criação Anotação	WIMP	0					-
TI-14	Manip. Ícone	VR-Manip	0					-
TI-15	Manip. Objeto	VR-Manip	0					-
TI-16	Navegação	VR-Nav	0					-
TIE-2	Seleção Ícone	VR-Nav	1	1	1			4
TIE-3	Leitura Anotação	VR-Manip	1					25
TIE-5	Seleção Objeto	VR-Nav	1	1	1			5
TIE-6	Manip. Objeto	VR-Manip	1					5
TIE-7	Criação Anotação	WIMP	2					38
TIE-8	Manip. Ícone	VR-Manip	2	1			1	59
TIE-9	Manip. Objeto	VR-Manip	2					1
		Totais	25	7	3	1	2	566

b. Tarefas de Transição

Tarefas Transição	Transição de Ambientes		Iter.	Questões
TT-2/3	VR-Nav	WIMP	1	
TT-3/4	WIMP	VR-Nav	1	
TT-5/6	VR-Nav	VR-Manip	1	
TT-6/7	VR-Manip	WIMP	1	1
TT-7/8	WIMP	VR-Manip	2	
TT-9/7	VR-Manip	WIMP	1	
TT-9/10	VR-Manip	VR-Nav	1	
TT-11/12	VR-Nav	VR-Manip	0	
TT-12/13	VR-Manip	WIMP	0	
TT-13/14	WIMP	VR-Manip	0	
TT-15/16	VR-Manip	VR-Nav	0	
TTE-6/7	VR-Manip	WIMP	1	1
		Totais	9	2

c. Questões de Usabilidade

Id. Tarefa	Tipo Tarefa	Ambiente	Descrição das Questões de Usabilidade	Categoria IHC
TI-1	Navegação	VR-Nav	Foi para escada errada, afastada do Heliporto	Significado
TI-6	Manip. Objeto	VR-Manip	Apertou o botão A sem intenção, atrapalhado pelo LCD (canhoto)	Execução
TI-8	Manip. Ícone	VR-Manip	Dificuldade para ver a Wand no LCD devido à posição mão esquerda	Percepção
TI-10	Navegação	VR-Nav	Terminou sessão sem verificar o segundo guindaste	Navegação
TIE-2	Seleção Ícone	VR-Nav	Selecionou ícone com anotação feita para verificar correção	Percepção
TIE-5	Seleção Objeto	VR-Nav	Selecionou escada sem intenção	Execução
TIE-8	Manip. Ícone	VR-Manip	Tentou interagir com manipulação, achando que estava em navegação	Percepção
TT-6/7	Transição	Manip/WIMP	Foi para WIMP sem ter intenção, esbarrou no botão A	Execução
TTE-6/7	Transição	Manip/WIMP	Apertou o botão A sem soltar e foi direto para WIMP	Execução

d. Entrevista de Usabilidade – Comentários do Participante

- Achou sistema interessante de usar, mas não foi fácil, mas acha que foi por ser canhoto;
- Dificuldade para passar a mão esquerda por trás do LCD para manipulação;
- Dificuldade na manipulação, pois perde a visão dos botões da *Wand*;
- Teve um pouco de dificuldade para decorar os botões da *Wand*;
- Não estava clara a opção a selecionar no WIMP para retornar;
- *Wand* perdeu rastreamento por causa da posição da mão esquerda;
- Ícone 3D da anotação é muito pequeno;
- Fez transição involuntária de navegação para manipulação ao selecionar objeto errado;
- Fez transição involuntária de manipulação para WIMP ao apertar demais o botão A;
- Óculos incomodaram muito devido a peso e à tendência de escorregar;
- Posição do braço com a *Wand* estava ruim, esticado para manter o rastreamento;
- Achou incômodo ter de manipular o LCD nas transições.

C.6.3 Etiquetagem da Interação

Etiqueta	Início	Fim	Observações do Avaliador	Expressões do Participante
Epa!	00:01:29	00:01:32	Usuário acionou o botão "A" duas vezes. Na entrevista pós-uso disse que estava tentando aproximar, mas não tinha decorado os botões e se enganou. Sugeriu que fosse disponibilizado algo para ajudar o usuário durante a interação.	"Errei"
Epa!	00:01:34	00:01:38	Usuário acionou o "Back" e como não aconteceu nada tentou o "Send". Na entrevista pós-uso disse que não ficou claro no início qual era a opção correta, mas acabou decorando no decorrer da sessão.	"De novo"
Por que não funciona?	00:02:04	00:02:37	Usuário fica repetindo os movimentos com a <i>Wand</i> , sem entender o <i>feedback</i> , porque não movimenta. Na entrevista pós-uso disse que achou que talvez tivesse perdido o rastreamento da <i>Wand</i> por ser canhoto. Na verdade estava no ambiente de manipulação achando que estava em navegação.	"Eu não consigo sair daqui por algum motivo que eu não sei."
Epa!	00:02:46	00:03:06	Apertou o botão "A" mais forte e foi para o ambiente WIMP.	
Epa!	00:06:37	00:06:40	Isso aconteceu quando o usuário tentava posicionar a mão com a <i>Wand</i> atrás do LCD. Pelo fato de ser canhoto o caminho não estava livre e o usuário acabou acionando o botão errado novamente.	"Apertei o botão errado de novo"
Epa!	00:07:00	00:07:05	O problema também foi causado pelo desconforto dos equipamentos não estarem adequados para os canhotos. Na entrevista pós-uso disse que não conseguia ver a <i>Wand</i> no LCD por causa da posição.	"Não consigo ver a <i>Wand</i> aqui!"
Para mim está bom.	00:09:50	00:10:00	Participante considerou a sessão terminada após inspecionar apenas um dos guindastes, o que tinha rachadura, talvez por isso não tenha procurado e percebido a existência de um segundo guindaste no cenário 3D.	"Acabei então, eu fiz a anotação e verifiquei se tinha feito!"