



Eduardo Ribeiro Silva

**Uso de Ambientes Imersivos para Colaboração com
Usuários Remotos não Imersos**

Dissertação de Mestrado

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

Orientador: Prof. Alberto Barbosa Raposo

Rio de Janeiro
Abril de 2013



Eduardo Ribeiro Silva

**Uso de Ambientes Imersivos para
Colaboração com Usuários Remotos não
Imersos**

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.

Prof. Alberto Barbosa Raposo

Orientador

Departamento de Informática - PUC-Rio

Profa. Simone Diniz Junqueira Barbosa

Departamento de Informática – PUC-Rio

Dr. Felipe Gomes de Carvalho

PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 10 de Abril de 2013

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

Eduardo Ribeiro Silva

Recebeu seu título de Bacharel em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) em 2010. Trabalha no laboratório de pesquisa do Tecgraf da PUC-Rio desde 2008 realizando atividades relacionadas a pesquisa e desenvolvimento. Sua principal área de interesse é Computação Gráfica (CG).

Ficha Catalográfica

Silva, Eduardo Ribeiro

Uso de ambientes imersivos para colaboração com usuários remotos não imersos/ Eduardo Ribeiro Silva; orientador: Alberto Barbosa Raposo. – Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Informática, 2013.

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

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática, 2013.

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Teses. 2. Colaboração. 3. Ambientes Imersivos. 4. CAVE. 5. Realidade Virtual. 6. Interação humano-computador. I. Raposo, Alberto Barbosa. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD:004

Agradecimentos

À PUC-Rio e à CAPES pelo apoio financeiro, sem o qual esse trabalho não seria realizado.

À minha família, principalmente os meus pais e aos meus amigos pelo importante apoio durante esses dois anos, incentivo e compreensão.

Ao meu orientador Alberto Barbosa Raposo, por seu tempo, paciência e dedicação à elaboração deste trabalho. Obrigado pelas ideias.

À Priscilla Abreu pela inestimável ajuda na elaboração e aplicação dos testes com usuários.

Ao Luciano Soares, Ismael Santos e Alberto Barbosa pela oportunidade de trabalhar no grupo de realidade virtual do Tecgraf e pela compreensão e liberdade para desenvolver o trabalho.

Ao Peter Dam pela ajuda com a CAVE. Ao Pedro Arantes pela ajuda com os modelos 3D e mudanças de última hora.

A todos os amigos do Tecgraf incluindo Peter, Lucas, Daniel, Manoel, Fera, Marcela, Paula, Baère, Arantes, Boechat, D2, Peter Hohl, Thiago, Anderson, Lucindo, Tadeu, entre outros, que, direta ou indiretamente, colaboraram com o desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

Silva, Eduardo Ribeiro; Raposo, Alberto Barbosa. **Uso de Ambientes Imersivos para Colaboração com Usuários Remotos não Imersos**. Rio de Janeiro, 2013. 100p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Ao longo dos anos, muitos estudos têm explorado o potencial das tecnologias de realidade virtual para apoiar o trabalho colaborativo, em especial para aplicações de treinamento e simulação. Com o uso de um ambiente virtual, é possível criar aplicações para simulação e treinamento capazes de representar cenas reais, permitindo também aumentar a flexibilidade para fazer mudanças estruturais em objetos e outros aspectos do cenário virtual, para, por exemplo, simular situações de emergência e acidentes, difíceis de serem simuladas em um cenário real. Este trabalho estuda o uso da colaboração em ambientes imersivos para dar suporte a treinamentos de usuários. O modelo de colaboração 3C (comunicação, cooperação e coordenação) foi utilizado para modelar e definir as ferramentas de colaboração no desenvolvimento de um aplicativo de realidade virtual colaborativo. O modelo 3C define que em um ambiente de colaboração os indivíduos necessitam trocar informações (comunicação) e se organizarem (coordenação) para que possam trabalhar em conjunto em ambiente compartilhado (cooperação). Para este trabalho foi implementado um programa de treinamento colaborativo entre um usuário imerso em uma CAVE e um usuário remoto não imerso, usando um computador de desktop. Foram implementadas técnicas para ajudar os usuários a realizar a colaboração: *waypointing* e *highlight*. Para ajudar o *wayfinding*, que é o processo cognitivo de definir um caminho através de um ambiente utilizando e adquirindo conhecimento espacial, auxiliado por pistas naturais e artificiais, era permitido ao usuário do desktop posicionar *waypoints*, pistas artificiais que permitiam a definição de um caminho até o objetivo da tarefa. O *highlight* consiste na aplicação de uma silhueta nos objetos, destacando-os, permitindo identificar os objetos a serem selecionados com facilidade. Uma série de testes foi elaborada, tendo como principal objetivo avaliar o cenário heterogêneo de colaboração, verificando aspectos como: importância e eficácia da comunicação por áudio, necessidade da comunicação

por texto e papel das técnicas auxiliares (*highlight* e *waypointing*) como eventuais substitutos ou complementares às técnicas de comunicação, em tarefas baseadas em situações reais com diferentes níveis de complexidade.

Palavras-chave

Colaboração; Ambientes Imersivos; CAVE; Realidade Virtual; Interação Humano-Computador.

Abstract

Silva, Eduardo Ribeiro; Raposo, Alberto Barbosa (Advisor). **Use of Immersive Environments in Collaboration with Remote Non-immersed Users**. Rio de Janeiro, 2013. 100p. M.Sc. Dissertation – Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Throughout the years, many studies have explored the potential of virtual reality technologies to support collaborative work, particularly for training and simulation applications. By using a virtual environment, it is possible to create applications for simulation and training capable of representing real scenes, which also allow more flexibility to make structural changes to objects and other aspects of the virtual scenario to simulate, for instance, emergency situations and accidents, which are difficult to simulate in a real scenario. This work studies the use of collaboration in immersive environments to support user training. The 3C collaboration model (communication, cooperation and coordination) was used to define the model and collaboration tools in the development of a collaborative virtual reality application. The 3C model defines that in a collaborative environment individuals need to exchange information (communication) and organize (coordination) so they can work together in a shared environment (cooperation). For this work we implemented a collaborative training program between a user immersed in a CAVE and a remote user using a desktop computer. We implement techniques to help users accomplish collaboration: waypointing and highlight. To assist wayfinding, which is the cognitive process of defining a path through an environment using and acquiring spatial knowledge, aided by natural and artificial slopes, it was allowed to the desktop user to create waypoints, artificial slopes that allowed the definition of a path to the task goal. The highlight consists of the application of a silhouette on objects, highlighting them, allowing the users to easily identify the objects of interest. A series of tests was developed with the main objective of evaluating the heterogeneous scenario for collaboration, checking aspects such as: importance and effectiveness of audio communication, text communication need and the role of auxiliary techniques (highlight and waypointing) as eventual substitutes or complements techniques of

communication in tasks based on real situations with different levels of complexity.

Keywords

Collaboration; Immersive Environments; CAVE; Virtual Reality; Human-Computer Interaction.

Sumário

1	Introdução	15
1.1	Cave e Ambientes Virtuais	17
1.2	Objetivos	19
1.3	Estrutura da Dissertação	19
2	Trabalhos Relacionados	20
3	Modelo Proposto	23
3.1	Sistema Implementado	27
4	Metodologia de Testes com Usuários	30
4.1	Objetivos	30
4.2	Cenários	30
4.2.1	Cenário 1	31
4.2.2	Cenário 2	32
4.3	Ambientes de Testes	34
4.4	Participantes	35
4.5	Teste Piloto	38
4.6	Testes com Usuários	38
5	Avaliação dos Dados dos Testes	43
5.1	Análise do Tempo e dos Erros da Tarefa	43
5.1.1	Cenário 1	43
5.1.2	Cenário 2	46
5.2	Análise Quantitativa dos Questionários	50
5.2.1	Navegação e Seleção	51
5.2.2	Auxílio Técnico	52
5.2.3	Técnicas	55
5.2.4	Eficiência	58
5.3	Análise Qualitativa	59
5.3.1	Confusão com as direções dadas	60
5.3.2	Falta de percepção do campo espacial da CAVE	60
5.3.3	Dificuldade de percepção de obstáculos na cena	61

5.3.4	Dificuldade de localizar o ponto de interseção entre o raio e o cenário	61
5.3.5	Dificuldade durante a criação de <i>waypoints</i>	62
5.3.6	Obstruir o flystick do equipamento de rastreamento ao realizar a rotação	62
5.3.7	Falta de precisão na tarefa de seleção devido a tremores no rastreamento	63
5.3.8	Dificuldade de visualizar a direção do raio	63
5.3.9	Vertigem visual ao utilizar a CAVE (Cybersickness)	63
6	Conclusão e Trabalhos Futuros	64
6.1	Trabalhos Futuros	65
6.1.1	Desenhar o <i>frustum</i> de visão do usuário imerso	66
6.1.2	Introduzir um <i>feedback</i> visual do ponto de interceptação do raio com a cena	66
6.1.3	Desenhar o raio de seleção na versão <i>desktop</i>	67
6.1.4	Melhorias na técnica de <i>waypoints</i>	67
6.1.5	Aplicar um filtro aos dados do sensor de rastreamento	68
6.1.6	Estudar o efeito da vertigem em ambientes virtuais	68
7	Referências Bibliográficas	69
	Apêndice A	71
A.1	Termo de Consentimento para Avaliação de Colaboração em Ambientes Imersivos utilizando Técnicas de Interação 3D	71
A.2	Questionário Pré-uso	73
	Apêndice B	75
B.1	– Instruções de Treinamento para o Usuário do <i>Desktop</i>	75
B.2	– Instruções de Treinamento para o Usuário da <i>CAVE</i>	76
B.3	– Informações sobre a plataforma P26	77
B.4	– Instruções do Cenário de Uso 1-A para o Usuário do <i>Desktop</i>	79
B.5	- Instruções do Cenário de Uso 1-A para o Usuário da <i>CAVE</i>	82
B.6	– Instruções do Cenário de Uso 1-B para o Usuário do <i>Desktop</i>	83
B.7	- Instruções do Cenário de Uso 1-A para o Usuário da <i>CAVE</i>	86
B.8	- Instruções do Cenário de Uso 2-A para o Usuário do <i>Desktop</i>	87
B.9	- Instruções do Cenário de Uso 2-A para o Usuário da <i>CAVE</i>	90

B.10 - Instruções do Cenário de Uso 2-B para o Usuário do <i>Desktop</i>	91
B.11 - Instruções do Cenário de Uso 2-B para o Usuário da <i>CAVE</i>	94
B.12 - Questionário Pós-uso – Usuário Desktop – Áudio	95
B.13 - Questionário Pós-uso – Usuário Desktop – Áudio e Técnicas	96
B.14 - Questionário Pós-uso – Usuário <i>CAVE</i> – Áudio	97
B.15 - Questionário Pós-uso – Usuário <i>CAVE</i> – Áudio e Técnicas	98
B.16 - Entrevista Semiestruturada	100

Lista de Figuras

Figura 1 - Relacionamento entre as três dimensões do modelo 3C [9].	16
Figura 2 - Exemplo de CAVE com quatro telas. Imagem do Tecgraf/PUC-Rio... 17	
Figura 3 - Módulo treinador e módulo trabalhador [14].....	22
Figura 4 - Exemplo de técnica de <i>waypointing</i> para facilitar a tarefa de <i>wayfinding</i>	24
Figura 5 - Manipulação do waypoint, translação, rotação e escala.	25
Figura 6 - <i>Highlight</i> destacando um objeto.....	25
Figura 7 - Avatar com silhueta, para fácil identificação, mesmo através de obstáculos do cenário.	26
Figura 8 - Ambiente da CAVE.....	27
Figura 9 - Funcionamento do <i>flystick</i> para a seleção de objetos.	28
Figura 10 - Aplicação do <i>desktop</i>	29
Figura 11 - Vista do Separador de Óleo mostrando os dois tanques e as válvulas.....	31
Figura 12 - Exemplo de Baleeira.....	32
Figura 13 - Vista das válvulas da choke, no Spider Deck.....	33
Figura 14 - Sala de Controle com as estações de trabalho.....	33
Figura 15 - Em verde a válvula VET 020023 A, em vermelho a válvula VET 020021 A, que foi selecionada de forma errada.....	44
Figura 16 - Em verde a válvula VET 006001 K, em vermelho as válvulas VET 006001 M, VET 006001 N e VET 001027 K, que foram selecionadas de forma errada.....	47
Figura 17 - Em verde a válvula VET 001027 E, em vermelho as válvulas VET 001027 F, VET 001027 H e VET 001027 G, que foram selecionadas de forma errada.....	49
Figura 18 - Dados sobre navegação e seleção do formulário nos cenários 1 e 2.	51
Figura 19 - Dados sobre a comunicação nos cenários 1 e 2.....	53

Figura 20 - Dados sobre a comunicação, comparando a versão apenas com áudio à versão com áudio e técnicas.....	54
Figura 21 - Dados sobre as técnicas nos cenários 1 e 2.....	56
Figura 22 - Opinião dos usuários do <i>desktop</i> sobre as técnicas.	57
Figura 23 - Notas dadas pelos usuários do <i>desktop</i> em relação à eficiência na realização da tarefa.	58
Figura 24 - Facilidade em dar instruções e eficiência em função do cenário, independente da versão utilizada.....	59
Figura 25 - Exemplo do <i>frustrum</i> do usuário da CAVE. [19].....	66

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Ordem dos testes no cenário 1.	41
Tabela 2 - Ordem dos testes no cenário 2.	41
Tabela 3 - Tempo de execução da tarefa do cenário 1-A.....	43
Tabela 4 - Tempo de execução da tarefa do cenário 1-B.....	45
Tabela 5 - Comparação entre as versões, independente do cenário.	46
Tabela 6 - Tempo de execução da tarefa no cenário 2-A.....	47
Tabela 7 - Tempo de execução da tarefa no cenário 2-B.....	48
Tabela 8 - Comparação entre as versões, independente do cenário.	50
Tabela 9 - Problemas ocorridos durante a realização dos testes.	60

1 Introdução

Nos últimos anos a área de realidade virtual (VR – *Virtual Reality*) vem se tornando cada vez mais importante. O uso de ambientes virtuais tem sido explorado em diversas áreas, incluindo arquitetura, medicina, educação, militar, jogos e indústria. A principal vantagem na utilização de ambientes virtuais é a possibilidade de simular situações reais sem a necessidade de acesso ao recurso real, e o fato dos ambientes virtuais poderem ser utilizados em qualquer tempo. O ambiente virtual permite também a mudança de estruturas em objetos e aspectos da cena, permitindo a simulação de diferentes cenários, incluindo situações de emergência que seriam difíceis de realizar com equipamentos reais. As tecnologias de realidade virtual podem ampliar o entendimento do conteúdo em qualquer atividade de projeto de engenharia. Usada em conjunto com tecnologias para colaboração remota, a visualização em VR pode ser de fundamental importância para decisões mais rápidas e mais seguras em engenharia. Dodd [5] menciona que o próximo grande passo nesse sentido será o reforço dos times interdisciplinares de engenharia com ferramentas de colaboração que incluem visualização imersiva.

O conceito de ambiente colaborativo virtual (CVE – *Collaborative Virtual Environment*) é a evolução dos ambientes virtuais para suportar múltiplos usuários participando de uma mesma interação. Santos et al. definem CVE como sendo o ponto de convergência da pesquisa das áreas de realidade virtual e sistemas colaborativos (CSCW - *Computer Supported Cooperative Work*) [18]. Essa área de pesquisa propõe o estudo dos modelos de colaboração que possam vir a ajudar os sistemas de realidade virtual a fornecer suporte a ferramentas de colaboração em ambientes virtuais, determinando as características de interação e os recursos que devem estar disponíveis pela aplicação.

Esses modelos são importantes para auxiliar a projetar sistemas que dão suporte ao trabalho em grupo a partir da compreensão do modo como as pessoas colaboram [10], permitindo classificar e organizar recursos pertencentes a esses ambientes. Um desses modelos é o modelo 3C de colaboração, proposto originalmente por Ellis *et al.* [8].

O Modelo 3C propõe que a colaboração pode ser definida como um método em que os procedimentos internos de comunicação, cooperação e coordenação

nação são combinados, permitindo que os usuários trabalhem juntos para alcançar um determinado objetivo.

O modelo analisa a colaboração em três dimensões: comunicação, coordenação e cooperação [16] [9]. Esse modelo define que em um ambiente de colaboração os indivíduos necessitam trocar informações (comunicação) e que se organizem (coordenação) para que possam trabalhar em conjunto em ambiente compartilhado (cooperação). A Figura 1 mostra o relacionamento entre as três dimensões do modelo 3C.

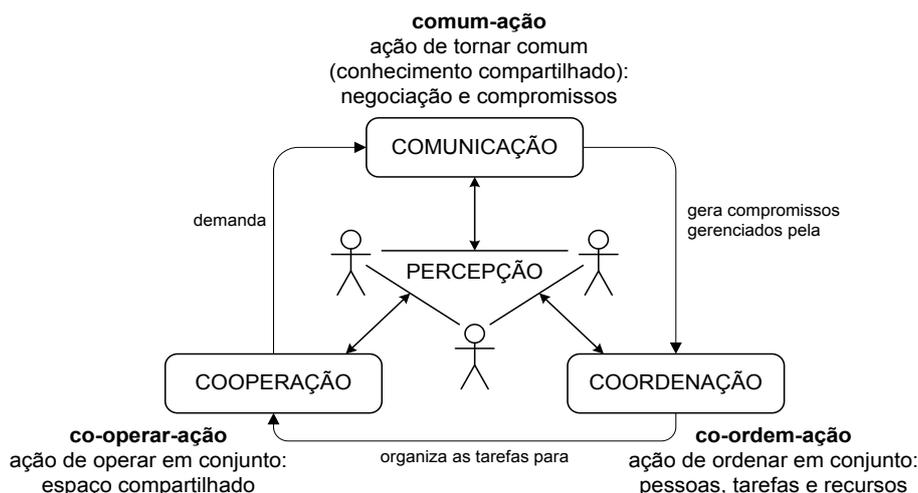


Figura 1 - Relacionamento entre as três dimensões do modelo 3C [9].

A comunicação é o elemento básico para trabalhar em grupo. Ela permite que os indivíduos troquem informações, negociem e gerem compromissos para alcançar o objetivo da tarefa.

A coordenação é caracterizada pelo gerenciamento de pessoas, atividades e recursos. É importante coordenar os esforços dos indivíduos para impedir a duplicação de trabalho e garantir que partes produzidas individualmente se encaixem, uma vez que as ações feitas para atingir um objetivo em comum possuem uma relação de interdependência.

Já a cooperação é caracterizada pela atuação conjunta no espaço compartilhado para a produção de um objetivo. O espaço compartilhado pode ser físico, onde os participantes se encontram em um mesmo local, ou remoto, onde os participantes se encontram fisicamente remotos, sendo necessário estabelecer recursos para a interação.

Outro fator importante definido pelo modelo 3C de colaboração é a percepção do espaço. O objetivo da percepção é estabelecer ligação entre as contribuições individuais e as atividades do grupo, possibilitando que os participan-

tes avaliem as ações dos outros indivíduos e ajustem seus comportamentos para o bom andamento do trabalho [6].

O Modelo 3C de colaboração é utilizado neste trabalho para ajudar a organizar a estrutura de colaboração em um ambiente virtual imersivo.

1.1 Cave e Ambientes Virtuais

A CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*) [4] [2] consiste em um dispositivo de saída visual que tem três ou mais telas de projeção, geralmente entre dois e quatro metros de largura e altura, que circundam o usuário. A principal vantagem da CAVE está na imersão causada pelo elevado estímulo visual proveniente das grandes superfícies de projeção. A Figura 2 mostra um exemplo de CAVE aberta com quatro telas de projeção, implantada no Tecgraf/PUC-Rio.



Figura 2 - Exemplo de CAVE com quatro telas. Imagem do Tecgraf/PUC-Rio.

Atualmente diversas CAVEs estão sendo montadas em centros de pesquisas para melhorar o desenvolvimento do produto. Protótipos de peças podem ser criados e testados, interfaces podem ser desenvolvidas, e uma planta industrial, uma aeronave, ou um automóvel, podem ser simulados antes de se investir recursos em partes físicas. Isto dá aos projetistas uma ideia melhor do que está sendo projetado e diminui a possibilidade de problemas em estágios mais avançados do projeto. Recentemente o uso de ambientes virtuais começaram a ser usadas em outras áreas, como treinamento de segurança [17]. O uso de ambientes imersivos é importante para a realização de treinamento para aquisição de

habilidades e de conhecimento tácito, que podem ser transferidos para aplicações reais enfrentadas pelos usuários [23].

O uso de sistemas visuais como a CAVE está principalmente ligado à imersão, definido por Marini [13] como o grau em que um sistema de realidade virtual estimula o sistema sensorial, sem interferências do ambiente externo, criando uma sensação de presença dentro do mundo virtual e de capacidade de interagir com os objetos presentes. As telas da CAVE proporcionam alta resolução espacial e um campo de visão grande, permitindo ao usuário utilizar sua visão periférica. Quando o usuário é rastreado e usa óculos estereoscópicos, o dispositivo também fornece pistas adicionais de movimento e profundidade, aumentando a imersão.

No entanto, devido ao elevado custo para montagem dos dispositivos, da necessidade de um espaço físico grande para a instalação dos equipamentos e do fato da CAVE só ser capaz de gerar imagem de um ponto de vista, tarefas realizadas com diversos usuários são comumente realizadas remotamente por equipes virtuais. Essas equipes virtuais são definidas por Kahai [12] como um arranjo temporário de indivíduos pertencentes a diferentes contextos funcionais e que trabalham em uma tarefa comum.

Ainda de acordo com Kahai [12] existe pouco estudo focando em como as colaborações em ambientes virtuais se comparam com as colaborações efetuadas em outros tipos de aplicações. O uso da CAVE torna o processo de colaboração atípico e heterogêneo, fugindo do modelo de colaboração desktop/desktop. Nesse caso o usuário se encontra em um ambiente imersivo, desprovido de teclado e mouse, tendo uma ferramenta para a navegação (*Flystick*, *Nintendo Wiimote*, *Microsoft Kinect*) e apenas os meios de comunicação providos pela aplicação (e.g., voz) para se comunicar.

Outra preocupação é relacionada ao grau de imersividade da aplicação. As soluções para colaboração convencionais (e.g., texto ou vídeo *chat*) podem diminuir a sensação de imersão do usuário, uma vez que a inserção de textos e imagens pode criar conflitos de profundidade com os objetos do mundo virtual, especialmente em dispositivos que utilizam estereoscopia.

1.2 Objetivos

O objetivo deste trabalho é estudar a colaboração entre usuários remotos em um ambiente atípico e heterogêneo, visando proporcionar um modelo que apoie a colaboração. O modelo 3C é usado para identificar as características fundamentais necessárias, em cada uma das três dimensões de colaboração, para que os usuários sejam capazes de cumprir as tarefas propostas em conjunto de maneira eficiente e com pouca dificuldade.

O cenário a ser usado envolve um usuário utilizando a CAVE sendo auxiliado por um segundo usuário remoto em um *desktop*. O usuário da CAVE, doravante chamado usuário imerso, interage com o sistema em pé dentro da área de interação da CAVE, tendo todo o seu campo de visão coberto pelas telas, usa o dispositivo *flystick* para realizar a interação e é desprovido de *mouse* e teclado para realizar a comunicação. O segundo usuário, aqui chamado de usuário remoto, se encontra em outro ambiente, utilizando uma aplicação rodando em um *desktop*, sem o mesmo nível de imersão do primeiro usuário e com acesso a *mouse* e teclado para interagir com o sistema e se comunicar.

1.3 Estrutura da Dissertação

Este trabalho está organizado em seis capítulos. No segundo capítulo são apresentados os trabalhos relacionados ao tema desta dissertação. O capítulo 3 apresenta o modelo proposto e as soluções implementadas. No capítulo 4 são descritos o planejamento e a execução dos testes com usuários. O capítulo 5 traz os resultados e a análise dos dados obtidos nos testes. Por fim, o capítulo 6 apresenta a conclusão do trabalho e algumas propostas de trabalhos futuros.

2 Trabalhos Relacionados

Neste capítulo são discutidos alguns trabalhos relacionados ao tema dessa pesquisa e que serviram como base para as soluções propostas neste trabalho.

Em seu trabalho sobre a ontologia da colaboração, Vivacqua e Garcia [22] analisam os métodos de comunicação para a colaboração, afirmando que o meio utilizado para a comunicação afeta diretamente a sua qualidade. A interação “face a face” é mais rica que a comunicação feita pelo computador, devido a nuances da comunicação não verbal, como o tom de voz, linguagem corporal, expressões de fisionomia, entre outros. A comunicação feita pelo computador não possui a mesma riqueza de detalhes: a comunicação por voz limita a comunicação apenas ao áudio, enquanto que o texto tem como limitação a ausência de inflexões da voz, que pode resultar em ambiguidade do conteúdo e má interpretação da mensagem.

Edwards [7] apresenta um sistema que permite aos usuários controlar a colaboração ao instaurar políticas que servem como diretrizes gerais para restringir e definir o comportamento do sistema em reação ao estado do mundo. Políticas são descritas em termos de direitos de controle de acesso em objetos de dados, e são atribuídos a grupos de usuários através de papéis. Segundo ele, os sistemas colaborativos são ambientes “potencialmente caóticos” para os usuários, a interação com o sistema não é tão simples quanto em sistemas com apenas um usuário. Em sistemas colaborativos, as ações dos outros colaboradores nem sempre são previsíveis, pois estes possuem seus próprios objetivos e níveis de experiência, acrescentando à interação o potencial de incerteza e imprevisibilidade. Por isso é importante definir os papéis que podem ser assumidos e suas determinadas funções e responsabilidades. Também é necessário definir políticas que regem o trabalho colaborativo, como privacidade e acesso aos artefatos gerados e objetos do cenário.

Santos e colaboradores [18] apresentam um modelo que categoriza a colaboração em diferentes níveis de acordo com o seu apoio para a comunicação coordenação, cooperação e interoperabilidade. A abordagem é especialmente adequada para cenários altamente heterogêneos, envolvendo software diferente, especialistas em diferentes áreas com modelos particulares de informação e restrições tecnológicas ou culturais para a implementação de um ambiente totalmente colaborativo. Santos defende a importância da percepção do espaço co-

mo sendo o quarto elemento do modelo 3C, que está profundamente relacionado com a comunicação, coordenação e cooperação. A percepção é essencial para o fluxo de colaboração, pois permite que o usuário construa seu próprio contexto de trabalho e coordene suas atividades com as dos outros.

Gutwin e Greenberg [11] definem que em ambientes colaborativos a percepção do espaço dos modelos de colaboração envolve conhecimento sobre os colaboradores, atividades nas quais trabalham, suas ações e intenções, assim como a sua localização. A localização inclui a posição, a direção em que está olhando e o alcance de visão do usuário.

Mendes *et al.* [15] propõem um sistema colaborativo com o uso de dispositivos visuais grandes e dispositivos móveis para visualização, navegação e inspeção de modelos CAD 3D da indústria do petróleo. O sistema permite que os engenheiros de campo e as equipes em um centro de controle trabalhem juntos em colaborações. Quatro características colaborativas foram implementadas para melhorar a colaboração entre os usuários, fornecendo formas diretas e indiretas de comunicação, visibilidade e percepção: comunicação por voz, *viewport* compartilhado, avatares e congelamento de câmera. O uso do áudio permite comunicação remota, natural entre os usuários, que é crucial para o sucesso das tarefas colaborativas. O *viewport* compartilhado permite que outros participantes vejam o ponto de vista de um usuário, dando suporte a tarefas como mostrar a localização de objetos pequenos e visitas guiadas. O avatar representa a posição e orientação corrente no ambiente. Isso permite um rápido reconhecimento do local onde os usuários estão localizados e qual direção geral eles estão olhando em comparação com o compartilhamento de câmera. O congelamento de câmera permite aos usuários congelar a visão atual e mover-se em torno do *tablet*, sem temer que os movimentos realizados mudem a posição da câmera e consequentemente do avatar.

Em seu trabalho, Medeiros *et al.* [14] realizam um estudo sobre a colaboração remota em ambientes virtuais. Um caso de estudo é apresentado para ilustrar a seleção e avaliação de diferentes ferramentas que visam apoiar as ações de comunicação, cooperação e coordenação entre os usuários que interagem em um ambiente virtual. O cenário apresentado naquele trabalho envolve a realização de operações de manutenção em plataformas de óleo e gás. A aplicação consiste de dois módulos: um módulo para o técnico remoto e um modo para o operador. O técnico interage com uma mesa *multitouch*, possuindo os mapas do cenário com a posição do operador, e uma tela que mostra a visão, em primeira pessoa, do operador. Já o operador se encontra em um ambiente

imersivo, utilizando um joystick para a navegação, auxiliado por um minimapa que mostra sua localização na plataforma. A Figura 3 mostra os dois módulos implementados por Medeiros *et al* [14].

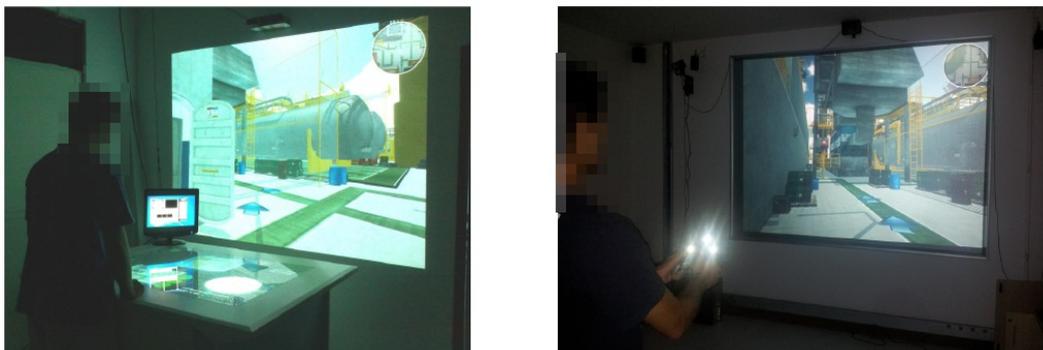


Figura 3 - Módulo treinador e módulo trabalhador [14].

O sistema proposto por Medeiros *et al.* utiliza áudio para a comunicação, uma vez que o módulo do operador não fornece meios tradicionais para a interação com o sistema (e.g., mouse e teclado). O uso de *waypoints*, setas que indicam o caminho a ser seguido, suporta a coordenação. O uso do minimapa com a localização do trabalhador permite que os participantes trabalhem juntos no ambiente compartilhado. O ponto de vista do trabalhador sendo apresentado para o técnico permite que ele tenha consciência das ações e dificuldades enfrentadas pelo usuário imerso.

O ambiente descrito em Medeiros *et al.* foi o ponto de partida da presente dissertação, que alterou a interface do técnico remoto. Nesta dissertação, o técnico remoto passa a ser mais claramente um treinador do operador, que por sua vez passa a ser um aprendiz de uma tarefa. Para ficar mais acessível, o presente trabalho eliminou a necessidade da mesa *multitouch*, sendo agora a interface do treinador executada em desktop convencional. Esta interface também foi expandida para permitir que o treinador auxiliasse mais intensamente o usuário imerso, incluindo recursos como o *highlight* de objetos, comunicação por chat e visão 3D do ambiente.

3 Modelo Proposto

No modelo 3C, o gerenciamento de pessoas, tarefas e recursos ocorre na dimensão da coordenação. Uma vez definidos os objetivos a serem atingidos é necessário gerenciar os esforços dos participantes envolvidos e definir as áreas de ação de cada indivíduo, evitando duplicação de trabalho.

A definição de papéis e a aplicação de limitações nas ações dos usuários evita conflitos que ocorrem em ambientes colaborativos [Edwards 1996]. O modelo proposto possui dois papéis bem definidos:

- O usuário imerso, que é responsável por realizar as tarefas, interagir com os objetos da cena, podendo ou não solicitar a ajuda do outro participante. Ele está limitado pelo sistema às leis físicas, ou seja, é sujeito à colisão com o cenário e ação da gravidade durante a simulação.
- O usuário remoto, não imerso, que é responsável por auxiliar o usuário imerso com os meios disponíveis pela aplicação. Suas tarefas são, principalmente, mostrar a localização de objetos de interesse e indicar caminhos até determinados pontos utilizando a ajuda das técnicas propostas. Este usuário não sofre a ação da gravidade e pode atravessar os elementos contidos nos cenários, ou seja, possui uma navegação livre, e tem acesso a mais informações sobre o ambiente.

De acordo com Fuks e colaboradores [9], a comunicação é voltada para a ação. A comunicação é essencial para que os participantes tomem decisões e organizem as atividades. No sistema proposto, a comunicação pode ser realizada através de conversas entre os usuários realizadas por áudio ou texto.

A comunicação por áudio, no cenário do usuário imerso em um ambiente virtual, é a menos intrusiva. Não interfere visualmente na imersão e permite que todos os participantes possam se comunicar, de forma natural e remotamente, sendo capazes de se organizarem durante a realização da tarefa.

A comunicação por *chat* de texto tem a vantagem de oferecer um armazenamento das últimas mensagens recebidas, que fornece suporte à cooperação entre os participantes, e à coordenação, através da lista de usuários participando da conversa. Esse método, no entanto, só permite ao usuário remoto se comunicar, uma vez que o usuário imerso não dispõe de teclado para a interação, apenas dispositivos de navegação. Esse método sozinho impede que os usuários discutam e tomem decisões em caso de conflitos, já que apenas o usu-

ário remoto pode enviar mensagens, não possuindo *feedback* textual do usuário imerso. Outro problema relacionado ao texto é como exibi-lo para o usuário imerso. No ambiente de uma CAVE o usuário não necessariamente tem como foco a tela principal durante o processo de interação. Ao realizar uma tarefa em uma das telas laterais, o texto presente na tela central fica no limite da visão periférica, se tornando ilegível.

A solução proposta foi a utilização de um *tablet*, no lado do usuário imerso, para realizar a comunicação por texto. O aplicativo não exige que o usuário carregue o *tablet* durante a interação com o ambiente virtual, ele emite um som ao receber uma mensagem, permitindo que o usuário imerso só necessite verificar quando exige a necessidade da comunicação por texto. Essa solução define a comunicação do texto como apoio à interação em casos onde o áudio não se mostra suficiente para a colaboração.

Com relação às formas de interação do usuário imerso, Bowman [1] define três categorias principais onde a maioria das interações em ambientes virtuais se encaixa, sendo elas navegação, seleção e manipulação. Esses três elementos são utilizados no nosso cenário para a realização da cooperação entre os participantes, através de técnicas de *wayfinding*, *highlight* de objetos e identificação de direções para movimentação e rotação de objetos, permitindo aos participantes identificarem recursos e tarefas.

Bowman [2] define *wayfinding* como sendo o processo cognitivo de definir um caminho através de um ambiente, utilizando e adquirindo conhecimento espacial, auxiliado por pistas naturais e artificiais. A implementação do *waypointing* permite auxílio à navegação, indicando caminhos e rotas a serem tomados pelo usuário imerso para chegar a determinado objetivo. A Figura 4 mostra um exemplo de *waypointing*, com a seta mostrando o caminho a ser seguido.



Figura 4 - Exemplo de técnica de *waypointing* para facilitar a tarefa de *wayfinding*.

Para guiar o usuário por ambientes complexos o usuário remoto usa pistas artificiais, no caso setas, indicando a direção a ser seguida. O *waypointing* é um substituto para a comunicação oral na tarefa de indicar o caminho. Do lado do *desktop*, a técnica de *wayfinding* permite que o usuário não-imersivo crie e manipule o *waypoint*, modificando sua posição, rotação e escala, como mostrado na Figura 5.

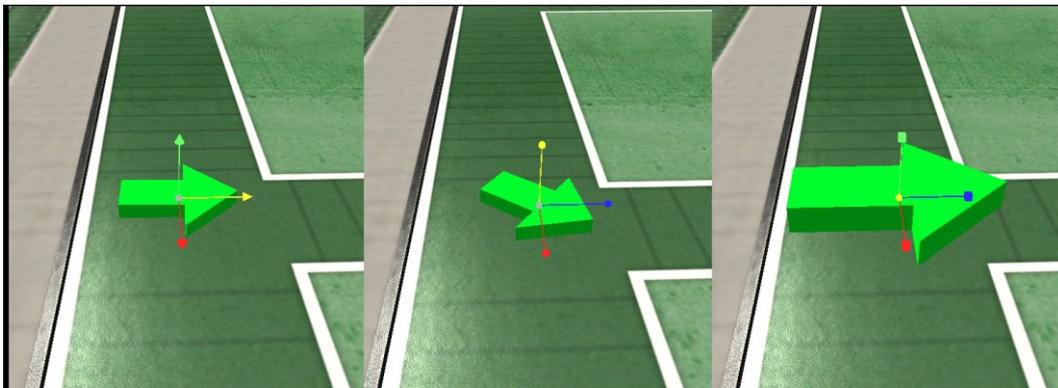


Figura 5 - Manipulação do waypoint, translação, rotação e escala.

O método de *highlight* de objetos consiste em adicionar um contorno colorido a um determinado objeto, destacando-o no ambiente. Essa técnica funciona como método de navegação e de seleção. Para navegação, consiste numa pista artificial, permite ao usuário saber o objeto até onde deve navegar.

Para a seleção, ou *target acquisition task* [24], tarefa de adquirir ou identificar um objeto particular de todo o conjunto de objetos disponíveis, o *highlight* tem o objetivo de facilitar o usuário a identificar o objeto a ser manipulado. A Figura 6 mostra o uso do *highlight* e a facilidade para determinar o objeto a ser manipulado.



Figura 6 - *Highlight* destacando um objeto.

Para a tarefa de manipulação, uma alteração na técnica de *waypointing* permite indicar como interagir com o objeto, como por exemplo, mostrar a direção da rotação ao manipular uma válvula, ou a direção correta para movimentar um objeto.

Para facilitar a localização da posição do usuário e da direção em que ele está olhando, um avatar foi inserido representando o usuário da CAVE. O avatar conta com uma silhueta colorida, que permite que ele seja identificado facilmente, uma vez que é possível visualizar o avatar através dos objetos da cena. A Figura 7 mostra o avatar do usuário imerso entrando em uma das salas, mostrando que é possível localizá-lo mesmo através da parede. O uso do avatar permite que os usuários trabalhem juntos no ambiente compartilhado, tomando decisões e gerenciando a posição do usuário em treinamento.



Figura 7 - Avatar com silhueta, para fácil identificação, mesmo através de obstáculos do cenário.

O modelo 3C permitiu analisar as características do cenário de colaboração em um ambiente virtual entre um usuário imerso, desprovido de mouse e teclado para realizar a comunicação, e um usuário remoto não imerso, usando um *desktop*. Foi possível identificar os aspectos necessários para a colaboração e modelar a aplicação de modo a suportar cada uma das três dimensões do modelo, que combinadas permitem que os usuários trabalhem juntos para completar o objetivo em comum.

3.1 Sistema Implementado

Com base nos pontos discutidos no tópico anterior, foi desenvolvido um sistema cliente-servidor para ser utilizado nos testes.

Do lado do cliente, que roda no ambiente da CAVE, o programa gera imagens em quatro direções a partir do ponto de vista do usuário, cobrindo cerca de 180 graus do campo de visão do usuário no ambiente virtual. Para manter uma referência do chão, a imagem gerada que mostrava o chão da plataforma foi mantida na tela inferior da CAVE. O sistema não permitia ao usuário rotacionar a câmera nos eixos x e z, impedindo que a referência fosse perdida. Isso evita que o usuário se perca durante a interação e problemas relacionados a *cybersickness* em ambientes imersivos, onde o usuário pode olhar para baixo e não ver nenhum objeto, tendo a impressão de que irá cair.

Ao lado do usuário estava localizado, em um apoio, o *tablet*, que permitia ao participante se comunicar textualmente com o outro membro da dupla, no *desktop*. O *tablet* emite um som sempre que recebe uma mensagem avisando ao usuário.

Ao usuário imerso, não era permitido criar ou manipular *waypoints* e *highlights*, apenas o usuário do *desktop* podia fazer essas tarefas. O programa na CAVE recebe as informações relativas ao *waypoint* e ao *highlight* e aplica as alterações necessárias. O programa envia para o servidor informações relativas à posição e rotação do usuário imerso.



Figura 8 - Ambiente da CAVE.

O usuário utiliza o *flystick* para interagir com o programa. Os sensores de rastreamento são importantes para realizar a rotação na navegação e do raio de seleção para interagir com os objetos da cena. A direção em que o *flystick* aponta é usada para definir o raio de seleção, como mostrado na Figura 9, com o raio, em vermelho, sendo apontado na mesma direção do dispositivo para selecionar a válvula. Já a rotação do *flystick* é utilizada para realizar a navegação no ambiente, ao apertar o botão azul mais à esquerda e girar em uma direção, a câmera no espaço virtual também girava no mesmo sentido.

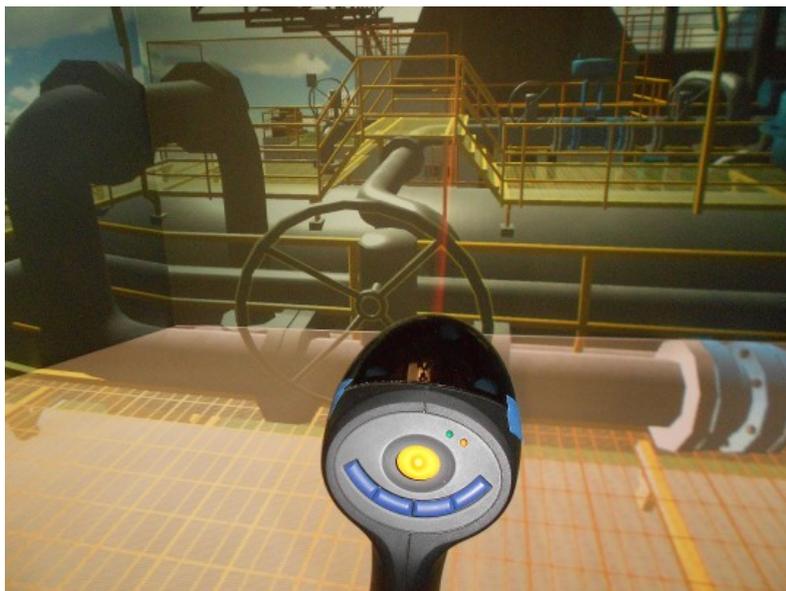


Figura 9 - Funcionamento do *flystick* para a seleção de objetos.

Do lado do servidor, aquele que roda no *desktop*, a aplicação permite que o usuário navegue livremente, sem sofrer ação da gravidade ou colisão com os objetos de cena. Isso foi feito para facilitar a tarefa do usuário de determinar o caminho a ser percorrido pelo participante imerso e conseguir observar a cena de um ângulo diferente, e impossível, para o usuário que se encontra na CAVE.

Um avatar representando o usuário imerso é mostrado na tela, de forma a facilitar a localização e rotação dele na plataforma. O avatar possui um *shader* de silhueta que permite que ele seja visto de qualquer parte da plataforma, inclusive através dos objetos de cena, como paredes, tanques, barcos.

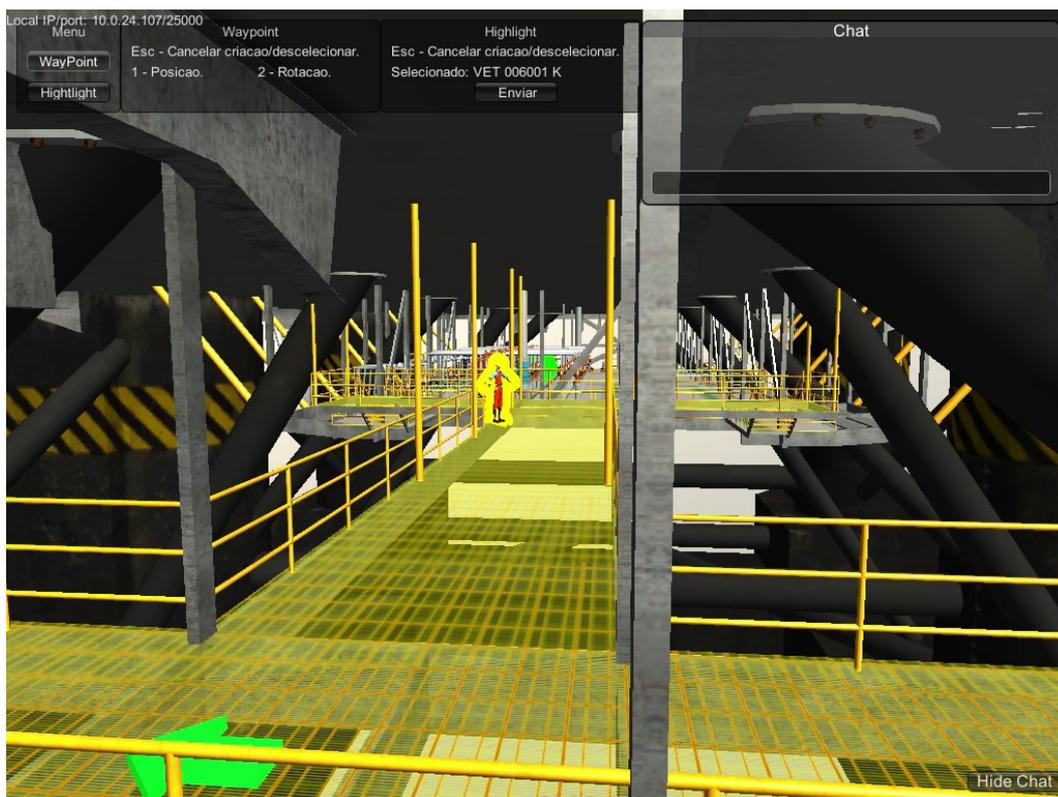


Figura 10 - Aplicação do *desktop*.

A Figura 10 mostra a interface da aplicação no lado *desktop*, com as opções disponíveis para auxiliar o usuário imerso. Para criar um *waypoint*, o usuário deve primeiramente clicar no opção correspondente no menu localizado na parte superior esquerda de tela. Após selecionar a opção, ao clicar em alguma posição no ambiente, um *waypoint* é criado, permitindo então ao participante manipular sua posição e rotação. Com o ponto de referência posicionado corretamente, basta selecionar o botão “enviar”, que repassa as informações para a aplicação da CAVE, que cria o *waypoint* para o usuário imerso.

De forma semelhante, ao habilitar a opção *highlight* no menu, o usuário pode aplicar a silhueta destacada a qualquer objeto que possa ser selecionada pelo usuário imerso, incluindo portas, válvulas, alavancas, botões, etc. Todos os objetos que podem ser selecionados para aplicação do *highlight* possuem *tag* nesta versão da aplicação, de forma a facilitar a localização dos objetos de cena que possam ser de interesse para a tarefa a ser cumprida.

Na parte superior direita da tela encontra-se o *chat*, que permite ao usuário do *desktop* se comunicar, textualmente, com o usuário imerso, através do *tablet*.

4 Metodologia de Testes com Usuários

Após a conclusão do processo de implementação da aplicação 3D com as técnicas propostas neste trabalho, a etapa seguinte consistiu no planejamento e execução dos testes com usuários.

Este capítulo apresenta os cenários que foram usados para os testes, o perfil dos participantes escolhidos e descreve como foram feitos os testes e como os dados foram colhidos junto os usuários, através de questionários e observações feitas pelos pesquisadores responsáveis.

4.1 Objetivos

O principal objetivo dos testes com os usuários foi avaliar o cenário heterogêneo de colaboração, verificando aspectos como: importância e eficácia da comunicação por áudio, necessidade da comunicação por texto e papel das técnicas auxiliares (*highlight* e *waypointing*) como eventuais substitutos ou complementares às técnicas de comunicação, em tarefas baseadas em situações reais com diferentes níveis de complexidade.

4.2 Cenários

O cenário utilizado para a realização dos testes foi uma plataforma de petróleo *offshore* da Petrobras. A plataforma já possuía um modelo 3D preciso, uma vez que é utilizada para realização de treinamentos em ambientes virtuais. Assim como nas tarefas de treinamento da plataforma, as tarefas planejadas para a realização dos testes são simples e repetitivas, onde muitas tarefas diferentes exigem que o usuário realize os mesmos procedimentos.

Cada um dos cenários possuía duas variações: A e B. Como os usuários realizariam cada um dos cenários duas vezes, uma usando apenas áudio e outra usando áudio e técnicas auxiliares (*highlight* e *waypointing*), foi necessário fazer alterações entre as variações, a fim de evitar que as instruções dadas simplesmente informassem ao usuário para repetir as ações tomadas anteriormente, selecionando os mesmos objetos de cena.

4.2.1 Cenário 1

Neste cenário foi pedido, a partir do ponto inicial, para o usuário movimentar-se até o Separador de Óleo, localizado no *Upper Deck*, e abrir a válvula pedida. A Figura 11 mostra a visão do Separador de Óleo, seus dois tanques e as válvulas. O equipamento possui um número pequeno de válvulas, cerca de trinta, que se encontram espalhadas, em pequenos grupos contendo entre uma e três válvulas. Dessa maneira, é fácil para o usuário determinar pontos de referência ao dar as instruções, indicando se o objeto se encontra próximo ao chão da plataforma, na parte superior do Separador ou a qual dos dois tanques ela pertence.



Figura 11 - Vista do Separador de Óleo mostrando os dois tanques e as válvulas.

Na segunda etapa da tarefa, era pedido para o usuário se deslocar até o *Main Deck*, localizado dois andares abaixo do *Upper Deck*, e selecionar uma das baleeiras da plataforma. As baleeiras são botes de resgate, normalmente com capacidade para 50 pessoas, usados na evacuação de plataformas de petróleo *offshore*, em caso de uma emergência. As baleeiras são equipamentos grandes, maiores que um container, e possuem uma cor chamativa, laranja, que torna fácil sua localização, como mostrado na Figura 12. Além disso, existem apenas quatro baleeiras no cenário, uma localizada à frente da escada de acesso entre o *Main Deck* e os decks superiores, uma localizada no lado oposto à escada, e duas localizadas no lado da plataforma adjacente à escada de acesso.



Figura 12 - Exemplo de Baleeira.

A diferença entre os cenários 1-A e 1-B são a válvula e a baleeira que devem ser selecionadas. No cenário A, é pedido que o usuário abra a válvula VET 020023 A, localizada na parte superior do Separador de Óleo, do lado oposto à escada da estrutura dos tanques, e a baleeira B, localizada no lado adjacente ao acesso da escada interna no *Main Deck*. Já no cenário B a válvula que deveria ser aberta era a VET 02005 B, localizada na parte superior do separador, do mesmo lado da escada, e a baleeira D, localizada no lado oposto à saída da escada. As instruções detalhadas passadas para os usuários sobre o cenário 1 estão nos Apêndices B.4 a B.7.

4.2.2 Cenário 2

Neste cenário era necessário que o usuário, a partir do ponto inicial, fosse até as válvulas da *choke*, localizadas no *Spider Deck* e selecionasse a válvula pedida. Diferentemente do Separador de Óleo do cenário 1, existe um grande número de válvulas nesse cenário, as válvulas da *choke* são compostas por cerca de cerca de cento e vinte válvulas espalhadas em grandes grupos, muito próximos um dos outros, como podemos observar na Figura 13. Além disso, com exceção de dezessete válvulas, todas estão a uma mesma altura do chão. Esses fatores tornam complicada a tarefa de determinar um ponto de referência, na hora de passar a instrução.



Figura 13 - Vista das válvulas da choke, no Spider Deck.

Após essa etapa, o usuário deveria se locomover até a sala de controle, localizada na parte interna do *Upper Deck*, três andares acima, e interagir com a estação de trabalho indicada, para verificar a pressão do duto, a Figura 14 mostra uma sala de controle com as estações de trabalho. Embora mais simples de se localizar do que a válvula no *Spider Deck* eram dezenove estações de trabalho espalhadas em cinco salas localizadas ao longo de um corredor principal.



Figura 14 - Sala de Controle com as estações de trabalho.

A diferença entre o cenário 2-A e o cenário 2-B são a válvula e a estação de trabalho que precisam ser selecionadas. No cenário A é pedido ao usuário que selecione a válvula VET 006001 K, no *Spider Deck*, e a estação de trabalho responsável pelo *Spider Deck*, na sala de controle A, a primeira à direita no corredor principal. Já no cenário B os objetivos eram a válvula VET 001027 E, no *Spider Deck*, e a estação de trabalho na sala de controle D, segunda sala do lado esquerdo do corredor. As instruções detalhadas passadas para os usuários para o cenário 2 estão nos Apêndices B.8 a B.11.

4.3 Ambientes de Testes

Os testes foram realizados em dois ambientes distintos, o usuário imerso (aquele que estaria em treinamento) realizou o teste no ambiente da CAVE, mostrado na Figura 8. Enquanto o usuário remoto, que tinha como tarefa auxiliar ficou em um ambiente desktop separado, localizado em outra sala. A seguir estão descritos os ambientes e os equipamentos que foram usados.

Ambiente do *desktop*:

- Um computador com a seguinte configuração: CPU Intel Core i7 925 @ 2.66 GHz; RAM 6 GB; GPU NVIDIA GeForce GTX 540; Sistema Operacional Windows 7 x64;
- Um programa *cliente* de *chat* de voz;
- Um programa servidor de *chat* de voz;
- *Headset* para realizar a comunicação por áudio;
- Um programa de captura de tela para gravação da interação do usuário com o ambiente e da comunicação por voz entre os participantes;

Ambiente da CAVE:

- Um computador com a seguinte configuração: CPU Intel Core i7 965 @ 3.20 GHz; RAM 12 GB; Sistema Operacional Windows 7 x64;
- Uma estação de trabalho gráfica NVIDIA Quadro Plex 2200;
- Quatro telas grandes de projeção;
- Quatro projetores;
- Quatro sensores de rastreamento;
- Computador responsável por gerenciar os sensores de rastreamento;
- Dispositivo *flystick* para realizar a interação com a aplicação;
- Uma câmera para gravar a interação dos usuários na CAVE durante a execução do teste;
- Um programa *cliente* de *chat* de voz;
- *Headset wireless* para realizar a comunicação por áudio;
- *Tablet* com *chat* de texto;

4.4 Participantes

Para a realização dos testes foram selecionados dezoito participantes, com faixa etária entre 15 e 50 anos, com idade média de 28 anos, sendo dezesseis do sexo masculino e dois do sexo feminino. Todos os usuários possuem experiência com aplicações 3D, sejam programas de modelagem, visualização ou jogos, já tendo realizado tarefas de navegação e seleção, embora alguns usuários tenham afirmado nunca terem realizado a manipulação de objetos em ambientes 3D.

Para preservar a identidade dos participantes, eles são nomeados aqui por U1 a U18. Os participantes foram divididos em nove duplas para a realização dos testes, aqui denominadas D1 a D9, sendo que D1 foi composta por U1 e U2, D2, por U3 e U4, e assim por diante.

Usuário U1. 24 anos, sexo masculino, destro e formado em Ciência da Computação. Tem bastante experiência com ambientes 3D, realiza navegação em cenários 3D todos os dias, seleciona e manipula objetos pelo menos três vezes por semana em programas de visualização 3D e jogos. Já utilizou *mouse* e teclado, *Wii mote*, *flystick*, *joystick* e *kinect* para interagir com aplicações 3D. Apesar de já ter utilizado o *flystick*, o participante afirmou ter utilizado o dispositivo em apenas duas ocasiões.

Usuário U2. 22 anos, sexo feminino, destra e formada em Ciência da Computação. Realiza tarefas em ambientes 3D com pouca frequência, apenas uma vez a cada quinze dias, em média. Apesar disso, tem experiência com modelagem, visualização e jogos 3D, tendo interagido com esses aplicativos apenas com *mouse* e teclado e *joystick*.

Usuário U3. 32 anos, sexo masculino, destro e Mestre em Engenharia da Computação. Raramente interage com aplicações de visualização 3D, tendo usado apenas *mouse* e teclado para realizar tarefas em ambientes 3D.

Usuário U4. 29 anos, sexo masculino, destro e Mestre em Informática. Realiza as tarefas de navegação, seleção e manipulação frequentemente, pelo menos três vezes por semana. Possui experiência com aplicações de visualização e jogos 3D, utilizando os dispositivos de *mouse* e teclado, *wii mote* e *joystick*.

Usuário U5. 28 anos, sexo masculino, destro e Mestre em Informática. Navega em ambientes 3D pelo menos uma vez por dia, realiza a seleção e manipulação de objetos pelo menos três vezes por semana, principalmente em aplicações de visualização 3D, embora também tenha experiência com jogos. Já

realizou tarefas nesses ambientes com o uso de *mouse* e teclado, *wiimote*, *flystick*, *joystick*, *kinect* e *tablet*, embora utilize apenas o *mouse* e teclado com frequência.

Usuário U6. 29 anos, sexo masculino, destro e Mestre em Informática. Realiza as tarefas de navegação, seleção e manipulação em ambientes 3D pelos menos três vezes por semana, em aplicações de modelagem, visualização e jogos 3D. Interage principalmente com *mouse* e teclado, embora já tenha utilizado *wiimote*, *flystick*, *joystick*, *kinect*, *tablet* e *flock of birds*.

Usuário U7. 29 anos, sexo masculino, destro e Bacharel em Informática. Experiente com realização de tarefas em ambientes 3D, pelos menos uma vez por dia realiza navegação, seleção e manipulação em aplicações de visualização 3D e jogos, embora também possua experiência com modelagem. Já utilizou os dispositivos de *mouse* e teclado, *wiimote*, *flystick*, *joystick* e *kinect* para interagir com sistemas 3D, apesar disso, utiliza apenas o *mouse* e teclado com frequência.

Usuário U8. 15 anos, sexo masculino, destro e estudante do Ensino Médio. Foi o usuário com menos experiência a participar do teste. Possui familiaridade apenas com a navegação, que realiza raramente em jogos. Utiliza apenas *mouse* e teclado para interagir com aplicações 3D.

Usuário U9. 23 anos, sexo masculino, destro e cursando Sistemas de Informação. Possui experiência com aplicações de visualização 3D, embora realize navegação, seleção e manipulação com pouca frequência, pelo menos uma vez a cada quinze dias. Já interagiu com aplicações 3D com o uso de *mouse* e teclado e *tablet*, este último em apenas poucas oportunidades.

Usuário U10. 22 anos, sexo masculino, destro e cursando Sistemas de Informação. Pelo menos três vezes por semana realiza navegação, seleção e manipulação em ambientes 3D, sendo essas aplicações de visualização e jogos 3D. Utiliza principalmente o *mouse* e teclado, *kinect* e mesa *multitouch*, embora também já tenha interagido utilizando o *wiimote*, *joystick* e o *Playstation Move*.

Usuário U11. 39 anos, sexo feminino, destra e formada em Engenharia da Computação. Realiza as tarefas com pouca frequência, raramente, em aplicações de visualização e jogos. Possui experiência apenas com o uso de *mouse* e teclado.

Usuário U12. 28 anos, sexo masculino, canhoto e formado em Engenharia da Computação. Pelo menos três vezes por semana realiza navegação, sele-

ção e manipulação em ambientes 3D. Utiliza apenas aplicações de visualização e interage com o uso de *mouse* e teclado e *joystick*.

Usuário U13. 28 anos, sexo masculino, destro e Mestre em Informática. Realiza tarefas em ambientes 3D com pouca frequência, pelo menos uma vez a cada quinze dias, navega e seleciona em ambientes 3D, e raramente realiza a manipulação de um objeto. Possui experiência com aplicações de visualização e jogos 3D. Utiliza, principalmente, o *mouse* e teclado para a interação, embora já tenha utilizado *wiimote*, *joystick*, *kinect* e *tablet*.

Usuário U14. 31 anos, sexo masculino, destro e formado em Engenharia Eletrônica. Pelo menos três vezes por semana realiza tarefas de navegação e seleção, embora raramente faça a manipulação de objetos. Tem experiência com programas de visualização e jogos eletrônicos com o uso dos dispositivos de *mouse* e teclado, *wiimote*, *kinect* e *tablet*.

Usuário U15. 21 anos, sexo masculino, destro e atualmente cursando Engenharia da Computação. Realiza a navegação, seleção e manipulação pelo menos uma vez por dia. Possui experiência com aplicações de modelagem, visualização e jogos, já tendo utilizado *mouse* e teclado, *wiimote*, *joystick* e *tablet* para interagir com essas aplicações 3D.

Usuário U16. 26 anos, sexo masculino, destro e Mestre em Informática. Efetua navegação, seleção e manipulação em ambientes 3D pelo menos três vezes por semana. Utiliza aplicações de visualização e jogos, tendo familiaridade com *mouse* e teclado, *wiimote*, *flystick*, *joystick*, *kinect* e *tablet*, embora não utilize todos os dispositivos com frequência.

Usuário U17. 50 anos, sexo masculino, destro e Tecnólogo em Processamento de Dados. Pelo menos uma vez por semana realiza tarefas de navegação, seleção e manipulação de objetos. Utiliza apenas aplicações de visualização 3D, utilizando *mouse* e teclado, *flystick* e *tablet* para a interação.

Usuário U18. 31 anos, sexo masculino, destro e formado em Engenharia da Computação. Realiza tarefas em ambientes 3D com pouca frequência, pelo menos uma vez a cada quinze dias. Utiliza aplicações 3D de modelagem e jogos, fazendo uso apenas do *mouse* e teclado.

Todos os usuários selecionados possuem experiência com ambientes 3D e na tarefa de navegação nesses ambientes. A maioria dos usuários também pratica a seleção de objetos em programas 3D, no entanto, um número grande dos participantes afirmou ter pouca ou nenhuma experiência com a tarefa de manipulação de objetos em um espaço virtual. No contexto do trabalho descrito

neste documento, as tarefas de navegação e seleção são importantes para o usuário imerso, enquanto que navegação, seleção e manipulação são importantes para que o usuário do *desktop* consiga concluir sua tarefa satisfatoriamente. Sete usuários responderam já terem utilizado o *flystick* para interação com aplicações 3D, no entanto, ao serem questionados, todos afirmaram que não utilizam o dispositivo com frequência.

4.5 Teste Piloto

Antes de começar os testes com os usuários foi realizado um teste piloto, que tinha o objetivo de validar o roteiro do experimento, bem como a utilização das técnicas, visando encontrar e corrigir possíveis problemas. O teste piloto seguiu o mesmo roteiro planejado para os testes com usuários, com o uso de questionários pré e pós-uso, gravação da interação dos usuários e entrevista semiestruturada ao fim de cada cenário.

De maneira geral, os usuários consideraram as tarefas bem elaboradas e a aplicação bem realista. O primeiro cenário foi considerado simples, de modo que o uso das técnicas não foi tão importante para completar a tarefa, embora tenham se sentido mais eficientes ao usar a versão com áudio e técnicas. Já o segundo cenário foi apontado como sendo complexo, de modo que as técnicas foram mais importantes para a conclusão da tarefa. O ponto negativo apontado pelos participantes foi a falta de detalhamento da documentação das instruções que eram passadas ao usuário do *desktop*, que foi melhorada para a aplicação dos testes posteriores. Os dados coletados na aplicação do teste piloto não são utilizados para a análise dos resultados.

4.6 Testes com Usuários

Primeiramente, foi pedido que cada um dos participantes assinasse o termo de consentimento (Apêndice A.1), que explicava o objetivo da pesquisa, o procedimento dos testes e dava a garantia de sigilo sobre todas as informações coletadas, bem como a preservação do anonimato dos colaboradores. Depois, os usuários preenchem o questionário pré-uso (Apêndice A.2), que buscava le-

vantar o perfil do participante e as percepções sobre o uso dos dispositivos. Em seguida foi feita uma descrição do teste, explicando como funcionaria e os papéis que deveriam ser desempenhados pelos participantes.

Atividades realizadas antes da realização dos testes:

- Assinatura do Termo de Consentimento (Apêndice A.1);
- Aplicação do Questionário Pré-teste (Apêndice A.2);
- Explicação do teste e dos papéis;

Após isso, os usuários foram encaminhados para os ambientes onde realizariam os testes, recebendo explicações de como utilizar o programa. Ao usuário da CAVE foi explicado como realizar a interação com o cenário, como utilizar o *tablet* com o *chat* de texto. Também foi pedido aos usuários que evitassem bloquear o *flystick*, com o corpo, dos sensores de rastreamento, e que não se afastassem muito da posição em que estavam na CAVE, a fim de evitar que saíssem da região coberta pelo equipamento de rastreamento e do sinal da comunicação do *headset*. Para os usuários no *desktop* foi explicado como utilizar as técnicas para auxiliar no decorrer da tarefa, como localizar o avatar do usuário imerso no ambiente virtual e para se lembrarem de que podiam atravessar qualquer objeto sólido, no entanto, o mesmo não era possível para o usuário imerso, logo deveriam ter cuidado ao indicar o caminho.

A seguinte sequência de atividades foi realizada durante a execução dos testes no ambiente *desktop*, em cada um dos cenários, simples e complexo:

- Explicação do funcionamento da aplicação, incluindo como utilizar as técnicas para a colaboração;
- Leitura e execução do treinamento do usuário (Apêndice B.1);
- Leitura do cenário A;
- Leitura das informações sobre a plataforma (Apêndice B.3);
- Leitura das instruções do cenário de uso A (Apêndice B.4 para o cenário 1, Apêndice B.8 para o cenário 2);
- Execução do cenário A com a gravação da interação;
- Aplicação do questionário pós-uso referente à versão utilizada (Apêndice B.12 ou B.13);
- Leitura das instruções do cenário de uso B (Apêndice B.8 para o cenário 1, Apêndice B.10 para o cenário 2);
- Execução do cenário B com a gravação da interação;

- Aplicação do questionário pós-uso referente à versão utilizada (Apêndice B.12 ou B.13);
- Aplicação da entrevista semiestruturada (Apêndice B.16);

Sequência das atividades que foram realizadas durante a execução dos testes no ambiente da CAVE, em cada um dos cenários:

- Explicação do funcionamento da aplicação, incluindo como realizar a navegação e seleção no ambiente virtual;
- Leitura e execução do treinamento do usuário (Apêndice B.2);
- Leitura do cenário A;
- Leitura das instruções do cenário de uso A (Apêndice B.5 para o cenário 1, Apêndice B.7 para o cenário 2);
- Execução do cenário A com a gravação da interação;
- Aplicação do questionário pós-uso referente à versão utilizada (Apêndice B.14 ou B.15);
- Leitura das instruções do cenário de uso B (Apêndice B.7 para o cenário 1, Apêndice B.11 para o cenário 2);
- Execução do cenário B com a gravação da interação;
- Aplicação do questionário pós-uso referente à versão utilizada (Apêndice B.14 ou B.15);
- Aplicação da entrevista semiestruturada (Apêndice B.16);

Para cada um dos cenários existiam duas versões da aplicação: uma com o áudio e as técnicas; outra apenas com o áudio. Em ambas as versões o áudio estava disponível, isto foi decidido, pois, atualmente, é possível se comunicar com outros usuários, por voz, a partir de qualquer local com o uso de programas como *skype*, servidores de *chat* por voz, telefone, entre outros. O *chat* por texto também estava sempre presente, localizado na interface da aplicação para o usuário do *desktop*, e no *tablet* para o usuário da CAVE. Caso ocorressem problemas técnicos com a comunicação por voz ou problemas de compreensão das instruções passadas, o texto estava disponível para contornar esses problemas, embora não fosse obrigatório seu uso.

A ordem de execução das versões utilizadas pelos usuários não foi a mesma para todas as duplas, para minimizar o efeito de aprendizado provocado pelo uso da primeira versão sobre a segunda. Após a realização do cenário 1, os

participantes trocaram de papéis para o cenário 2, buscando aproveitar as duplas em dois cenários distintos, um simples onde era esperado que o áudio fosse o suficiente para promover a colaboração dos usuários no cumprimento da tarefa, e um mais complexo, onde era esperada dificuldade para realizar as tarefas contando apenas com o áudio. As tabelas a seguir mostram a ordem dos testes nos dois cenários de uso.

Tabela 1 - Ordem dos testes no cenário 1.

Dupla	Cenário	Versão
D1	A	Áudio e Técnicas
D1	B	Áudio
D2	A	Áudio e Técnicas
D2	B	Áudio
D3	A	Áudio
D3	B	Áudio e Técnicas
D4	A	Áudio e Técnicas
D4	B	Áudio
D5	A	Áudio
D5	B	Áudio e Técnicas
D6	A	Áudio
D6	B	Áudio e Técnicas
D7	A	Áudio e Técnicas
D7	B	Áudio
D8	A	Áudio
D8	B	Áudio e Técnicas
D9	A	Áudio
D9	B	Áudio e Técnicas

A Tabela 1 mostra a ordem de execução dos testes no cenário 1. Foram cinco duplas começando o teste com a versão que contava apenas com áudio e quatro duplas começando com a versão que utilizava o áudio e as técnicas.

Tabela 2 - Ordem dos testes no cenário 2.

Dupla	Cenário	Versão
D1	A	Áudio
D1	B	Áudio e Técnicas
D2	A	Áudio e Técnicas
D2	B	Áudio
D3	A	Áudio e Técnicas
D3	B	Áudio
D4	A	Áudio e Técnicas
D4	B	Áudio
D5	A	Áudio
D5	B	Áudio e Técnicas
D6	A	Áudio
D6	B	Áudio e Técnicas
D7	A	Áudio

D7	B	Áudio e Técnicas
D8	A	Áudio e Técnicas
D8	B	Áudio
D9	A	Áudio e Técnicas
D9	B	Áudio

Na Tabela 2 temos a ordem de execução dos testes no cenário 2. Foram quatro duplas começando o teste com a versão que utilizava o áudio apenas e cinco duplas começando pela versão que possuía o áudio e as técnicas.

5 Avaliação dos Dados dos Testes

Este capítulo apresenta e discute os resultados dos testes realizados. Os dados foram obtidos das seguintes maneiras:

- Preenchimento de questionário, após a realização de cada cenário, por ambos os membros das duplas. (Apêndice B).
- Dados das atividades, como tempo gasto pelos usuários, salvos pelo sistema.
- Gravação em vídeo da interação dos usuários com o sistema, dos usuários imersos na CAVE e dos usuários no desktop.
- *Log* do canal de comunicação por texto (*chat* de texto no *tablet*).
- Gravação em áudio da comunicação.
- Entrevista semiestruturada, após a realização dos cenários. (Apêndice B.16).
- Anotação dos avaliadores durante a realização da tarefa.
- Áudio da entrevista.

5.1 Análise do Tempo e dos Erros da Tarefa

5.1.1 Cenário 1

A tarefa do cenário 1-A foi dividida em duas partes: A primeira parte consistia no deslocamento do usuário a partir do ponto inicial até o Separador de Óleo, localizado no *Upper Deck*, e a seleção da válvula VET 020023 A. A segunda parte consistia de, após a seleção da válvula correta, dirigir-se até o *Main Deck* da plataforma e selecionar a baleeira b.

Tabela 3 - Tempo de execução da tarefa do cenário 1-A.

Versão	Tempo - Parte 1	Tempo - Parte 2	Tempo Total	Desvio Padrão	Erros
Áudio	03:37	04:25	08:03	01:04	1
Áudio e Técnicas	04:15	05:15	09:30	01:48	0
Ambas	03:54	04:47	08:42	01:36	1

A Tabela 3 mostra o tempo médio de execução em cada uma das partes da tarefa e do tempo total da tarefa, dividido de acordo com a versão utilizada e um tempo médio para a tarefa do cenário 1-A, independente da versão.

A versão que utilizava apenas o áudio foi mais rápida que a versão com o auxílio do áudio e das técnicas (*highlight* e *waypointing*) em ambas as partes da tarefa e conseqüentemente no tempo total, sendo concluída em um tempo 15% menor. A diferença, no entanto, não foi significativa. Na versão com o áudio ocorreu a seleção de uma válvula errada, constituindo um erro por parte do usuário que se encontrava imerso na CAVE: ele abriu a válvula achando que era a correta. A versão com o uso do áudio e das técnicas, apesar de ter levado mais tempo, foi a mais confiável, uma vez que não foram cometidos erros.

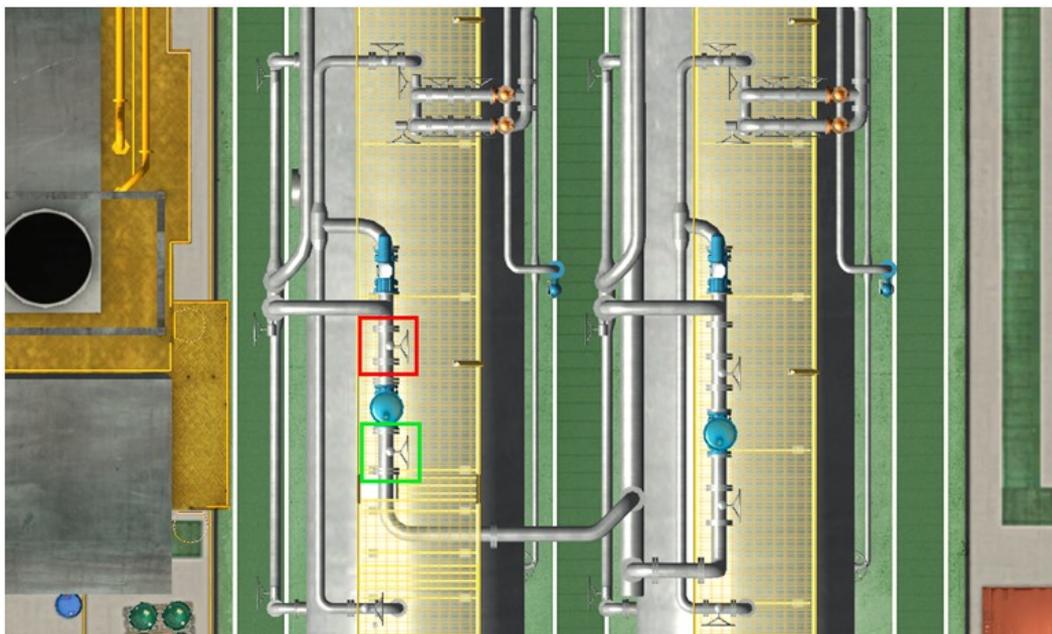


Figura 15 - Em verde a válvula VET 020023 A, em vermelho a válvula VET 020021 A, que foi selecionada de forma errada.

A Figura 15 mostra o mapa com as válvulas que foram selecionadas no cenário 1-A. A válvula VET 020023 A, em verde, é a correta a ser selecionada pelo usuário. Em vermelho está a válvula VET 020021 A, que foi aberta de modo incorreto durante a execução da tarefa. A ajuda fornecida pelo usuário do desktop foi “*A primeira válvula à esquerda, logo após a escada, ao lado do equipamento de cor azul*”. O usuário da CAVE, no entanto, se dirigiu à segunda válvula localizada do lado esquerdo, após a escada, e sem pedir a confirmação de que aquela era a válvula correta, selecionou-a. Como o tempo levado pelo usuário para realizar a seleção foi pequeno, não houve tempo do usuário do *desktop* interferir e indicar a válvula correta a ser selecionada.

A tarefa do cenário 1-B foi dividida em duas partes: A primeira parte consistia da locomoção do usuário do ponto inicial até o Separador de Óleo, localizado no *Upper Deck*, e a seleção da válvula VET 02003 B. A segunda parte con-

sistia de, após a seleção da válvula correta, dirigir-se até o *Main Deck* da plataforma e selecionar a baleeira D.

Tabela 4 - Tempo de execução da tarefa do cenário 1-B.

Versão	Tempo – Parte 1	Tempo – Parte 2	Tempo Total	Desvio Padrão	Erros
Áudio	03:15	03:32	06:47	01:12	0
Áudio e Técnicas	03:42	03:58	07:40	00:45	0
Ambas	03:30	03:46	07:17	00:58	0

Como pode ser observado na Tabela 4, o tempo da versão com áudio novamente foi menor em comparação ao tempo da versão usando áudio e as técnicas, sendo em média 12% menor. Não houve caso de erro de seleção de válvulas nesse cenário.

Analisando as tabelas 3 e 4, é possível observar que houve uma diminuição do tempo necessário para a conclusão da tarefa em ambas as versões. O tempo médio da versão com uso do áudio e das técnicas caiu 19% do cenário 1-A para o cenário 1-B. De maneira semelhante, o tempo médio da versão que só contava com o áudio foi 16% menor no cenário 1-B. Isso demonstra que o conhecimento do ambiente de teste adquirido no cenário A foi fundamental e contribuiu para a maior eficiência na realização do cenário B.

As duplas que realizaram a tarefa contando apenas com o áudio no cenário A conseguiram reduzir o tempo em 5% no cenário B (áudio e técnicas), mostrando que o uso das técnicas não foi impactante para a execução da tarefa, muito pelo contrário, tenderam a atrapalhar o desempenho dos usuários. Essa pequena redução no tempo médio de execução das tarefas pode ser atribuída ao efeito do aprendizado dos usuários. O motivo principal é que em um cenário simples é possível guiar o usuário em treinamento apenas com o áudio, sem a necessidade de usar a técnica de *wayfinding*, como afirmou o usuário U3. “Não houve *necessidade de ajudar o usuário na navegação com as técnicas... [o cenário 1] É muito simples*”. Também é possível notar que houve um aumento no tempo necessário para realizar a primeira parte da tarefa no cenário B. Nesse caso o tempo médio subiu de 03 minutos e 37 segundos para 03 minutos e 42 segundos. Isso ocorreu devido à dificuldade encontrada pelos usuários ao utilizar a técnica de *waypointing*.

Outro fator que contribuiu para esse resultado é que é mais eficiente, dada a simplicidade do cenário, indicar o caminho por áudio do que criar, posicionar e rotacionar o *waypoint* antes de enviar para o usuário na CAVE. “É preciso

uma maneira melhor de criar [waypoint]... Foi demorado ter que modificar a rotação antes de enviar”, declarou o usuário U7. O problema encontrado não foi o uso do *waypointing* para dar dicas visuais ao outro membro da dupla, e sim a maneira como a técnica foi implementada no sistema.

Já as duplas que realizaram o cenário A com o auxílio do áudio e das técnicas conseguiram reduzir o tempo em 30% ao realizar o cenário B utilizando a versão só com o áudio. Podemos constatar que o uso do áudio foi realmente o mais eficiente, em termos de tempo, para auxiliar o usuário em treinamento.

Tabela 5 - Comparação entre as versões, independente do cenário.

Versão	Tempo – Parte 1	Tempo – Parte 2	Tempo Total	Desvio Padrão	Erros
Áudio	03:27	04:02	07:29	01:39	1
Áudio e Técnicas	03:57	04:32	08:29	01:16	0

A Tabela 5 mostra a comparação entre as versões do programa de treinamento utilizadas, independente do cenário. O uso do áudio foi 12% mais rápido comparado ao uso do áudio e das técnicas para auxiliar o usuário em treinamento. No entanto, houve um erro cometido pelo usuário em treinamento ao realizar o teste com apenas o uso do áudio.

A versão com o áudio e as técnicas foi a preferida pelos usuários, mesmo sendo mais lenta para a conclusão do treinamento. Segundo os usuários, a técnica de *highlight* foi considerada mais útil que a técnica de *wayfinding*, devido à facilidade na hora de usar e a segurança que era proporcionada pelo seu uso, como apontado pelo usuário U9. *“Foi possível realizar o teste só com o uso do áudio... Mesmo não sendo utilizadas, as ferramentas [técnicas] agregam opções. Senti-me mais seguro ao saber que tinha as técnicas para ajudar, caso encontrasse alguma situação onde não conseguisse auxiliar o usuário da CAVE de forma eficiente.”*

5.1.2 Cenário 2

A tarefa do cenário 2-A foi dividida em duas partes: A primeira parte consistia de o usuário dirigir-se, a partir do ponto inicial até as válvulas da choke, localizadas no *Spider Deck*, e selecionar a válvula VET 006001 K. A segunda parte consistia de, após a seleção da válvula correta, dirigir-se até a sala de controle A no *Upper Deck* e selecionar a estação de trabalho responsável pelas válvulas do *Spider Deck*, para checar a pressão no duto de óleo.

Tabela 6 - Tempo de execução da tarefa no cenário 2-A.

Versão	Tempo – Parte 1	Tempo – Parte 2	Tempo Total	Desvio Padrão	Erros
Áudio	04:23	05:59	10:22	02:07	3
Áudio e Técnicas	03:57	05:08	09:05	01:09	0
Ambas	04:08	05:31	09:39	01:37	3

A Tabela 6 mostra o tempo médio de execução em cada uma das partes da tarefa e do tempo total da tarefa, dividido de acordo com a versão utilizada e um tempo médio para a tarefa do cenário 2-A, independente da versão.

Nesse cenário, o uso das técnicas junto com o áudio foi mais rápido, aproximadamente 12% menor, que apenas o uso do áudio. Além de ter levado, em média, mais tempo para concluir a tarefa na versão com apenas o áudio, também foram registradas as seleções erradas de três válvulas: VET 006001 M, VET 006001 N e VET 001027 K. A versão com as técnicas foi mais eficiente em relação ao tempo para concluir a tarefa e para impedir erros cometidos pelos usuários.

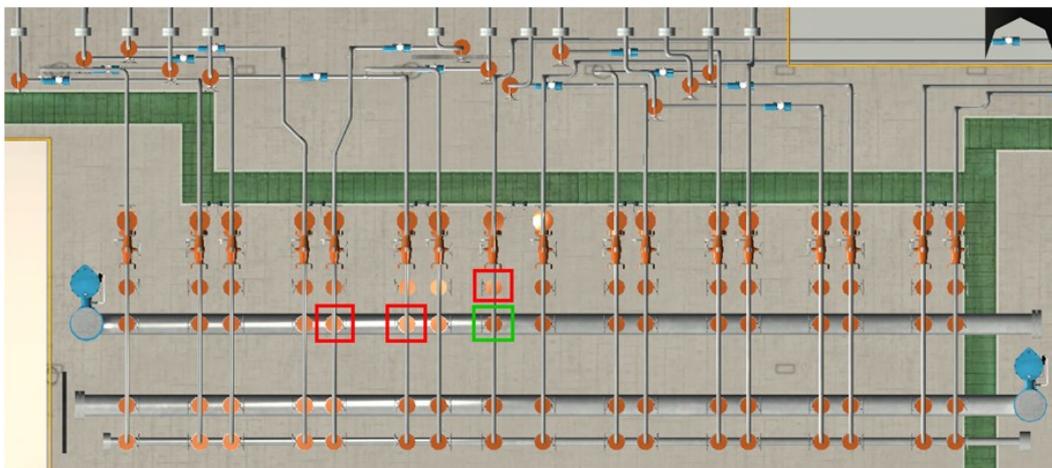


Figura 16 - Em verde a válvula VET 006001 K, em vermelho as válvulas VET 006001 M, VET 006001 N e VET 001027 K, que foram selecionadas de forma errada.

A Figura 16 mostra o mapa com as válvulas que foram selecionadas no cenário 2-A. A válvula VET 006001 K, em verde, é a correta a ser selecionada pelo usuário. Em vermelho as válvulas VET 006001 M, VET 006001 N e VET 001027 K, que foram selecionadas de forma errada, sendo consideradas erros dos usuários.

A maior dificuldade encontrada pelos usuários foi encontrar um ponto de referência para indicar a válvula correta. O usuário U13 achou que a quantidade de válvulas e a distribuição das mesmas dificultaram na hora de achar algum ponto de referência. *“No primeiro caso [cenário 1] eram alguns grupos espalhados com duas ou três válvulas em cada. Nesse caso [cenário 2] são dezenas de válvulas distribuídas igualmente... Fica difícil achar alguma referência”*. A maioria dos participantes optou por direcionar o usuário da CAVE para o corredor central, entre os dois dutos maiores, e mandá-los seguir com calma até a válvula correta, como feito pelo usuário U1. *“Anda para frente com calma. Vou avisar quando você estiver ao lado da válvula. (...) Não, ainda não, a próxima”*. Esse método, no entanto, não se mostrou eficiente, pois na maioria dos casos, o usuário acabou por passar do objetivo e foi obrigado a girar e retornar.

A tarefa do cenário 2-B foi dividida em duas partes: A primeira parte consistia da locomoção do usuário do ponto inicial até as válvulas da choke, localizadas no *Spider Deck*, e a seleção da válvula VET 001027 E. A segunda parte consistia de, após a seleção da válvula correta, dirigir-se até a sala de controle D no *Upper Deck* e selecionar a estação de trabalho responsável pelas válvulas do *Spider Deck*, para checar a pressão no duto de óleo.

Tabela 7 - Tempo de execução da tarefa no cenário 2-B.

Versão	Tempo – Parte 1	Tempo – Parte 2	Tempo Total	Desvio Padrão	Erros
Áudio	03:15	05:29	08:44	01:31	7
Áudio e Técnicas	02:42	03:28	06:10	02:30	1
Ambas	03:00	04:35	07:35	02:03	8

Na Tabela 7 estão listados os tempos de execução da tarefa no cenário 2-B. Nesse cenário o tempo médio da versão que utiliza o áudio e as técnicas foi 30% menor comparado ao tempo da versão que contava apenas com o áudio.

No cenário que contava com o áudio foram selecionadas sete válvulas erradas, enquanto que no cenário com o áudio e as técnicas foi selecionada uma válvula errada. No entanto, o erro cometido na versão com as técnicas e um dos erros cometidos na versão só com o áudio ocorreram devido à falta de precisão do equipamento de rastreamento e a tremores ao realizar a tarefa de seleção. Sendo assim, foram registrados seis erros onde o usuário de fato achou que estava selecionando a válvula correta, durante a execução do cenário com apenas o áudio.

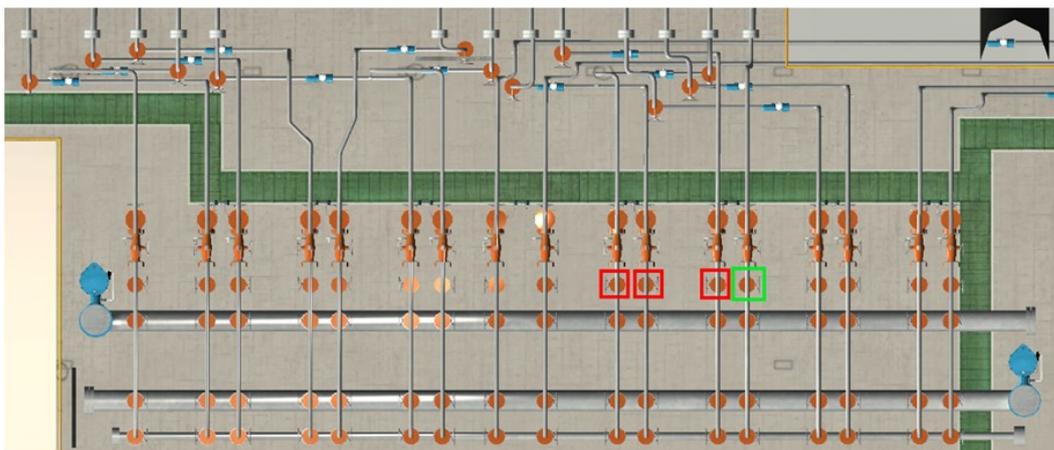


Figura 17 - Em verde a válvula VET 001027 E, em vermelho as válvulas VET 001027 F, VET 001027 H e VET 001027 G, que foram selecionadas de forma errada.

A Figura 17 mostra o mapa com as válvulas que foram selecionadas no cenário 2-B. A válvula VET 001027 E, em verde, é a correta a ser selecionada pelo usuário. Em vermelho as válvulas VET 001027 F, VET 001027 H e VET 001027 G, que foram selecionadas de forma errada, sendo consideradas erros dos usuários. As válvulas VET 001027 H e VET 001027 G foram selecionadas incorretamente uma vez cada. A válvula VET 001027 E foi selecionada de forma incorreta, os usuários acharam que era a válvula certa, em quatro ocasiões e de forma acidental, devido à dificuldade na tarefa de seleção, duas vezes.

Em ambas as tarefas no cenário 2 a versão com o áudio e as técnicas foi mais rápida para completar a tarefa. O tempo médio da versão com uso do áudio e das técnicas foi reduzido em 32% do cenário A para o cenário B. Já o tempo médio da versão que só contava com o áudio foi reduzido em 16% no cenário 2-B. Foi possível verificar que o conhecimento adquirido na realização da tarefa do cenário 2-A contribuiu para diminuir o tempo na tarefa do cenário 2-B.

As duplas que começaram o cenário 2 com apenas o áudio e depois realizaram o teste com o auxílio do áudio e das técnicas reduziram o tempo do teste em 41%. As duplas que realizaram o cenário A com o áudio e as técnicas ao efetuar o cenário B apenas com o áudio tiveram uma redução de apenas 4% no tempo do teste. Este fato demonstra que o uso das técnicas para auxiliar o usuário imerso foi essencial para a redução do tempo da tarefa, não só acelerando o tempo levado para concluir a tarefa, como garantindo um número menor de erros. Embora o conhecimento adquirido tenha sido fundamental para melhorar o tempo na segunda tarefa do cenário 2, o uso das técnicas foi o principal fator que resultou na maior eficiência em relação à duração do teste.

Tabela 8 - Comparação entre as versões, independente do cenário.

Versão	Tempo – Parte 1	Tempo – Parte 2	Tempo Total	Desvio Padrão	Erros
Áudio	03:45	05:42	09:27	01:20	10
Áudio e Técnicas	03:23	04:23	07:47	02:09	1

A Tabela 8 apresenta o tempo médio comparativo entre as versões com áudio e a com áudio e técnicas. O uso da versão com auxílio do áudio e das técnicas tornou a realização do treinamento mais rápida, com o tempo médio 18% menor comparado com o teste realizado apenas com a ajuda do áudio para a comunicação. Também é possível notar uma grande diferença no número de válvulas erradas que foram abertas na versão com apenas o áudio, dez contra apenas uma, na versão com áudio e técnicas. Em cada uma das versões houve a seleção de uma válvula errada devido à falta de precisão no equipamento de rastreamento, causado por tremores ao selecionar as válvulas.

Assim como no primeiro cenário, os participantes tiveram preferência pela versão que contava com as técnicas, que se mostraram mais importantes em um cenário complexo. O uso das técnicas, em especial do *highlight*, foi fundamental no cenário complexo, tendo ajudado bastante as duplas na realização do teste. Ambos os usuários da dupla D8, U15 e U16 concordaram que as técnicas permitiu a redução do tempo e tornou a tarefa de indicar os objetos a serem selecionados mais fácil. *“Embora não tenha sido impossível fazer o teste apenas com o uso do áudio, o uso das técnicas permitiu diminuir o tempo. Além disso, o highlight permitiu sermos mais precisos na hora de indicar a válvula que deveria ser aberta”, afirmou o usuário U16.* O *waypointing*, apesar de não ter sido considerado tão importante quanto o *highlight*, foi utilizado com eficiência no segundo cenário, devido à complexidade da tarefa. O usuário U8 destacou que uma localização que precisava ser percorrida no cenário 2 colaborou para o uso do *highlight*. *“Em determinado momento da tarefa, o usuário na CAVE tinha que seguir por um longo corredor. Enquanto ele percorria o corredor pude me adiantar e já marcar todo o caminho que ele precisava percorrer até a sala de controle”.*

5.2 Análise Quantitativa dos Questionários

A seguir são analisados e explicados os dados obtidos dos questionários pós-testes sobre a opinião dos usuários de diferentes aspectos do teste. Foi feita uma série de afirmações sobre a interação com o sistema, o uso das técnicas e

sobre as formas de comunicação. Para cada afirmação era pedida a opinião do usuário através de uma nota variando de 1 a 7, onde o menor valor significa “discordo plenamente” e a de maior valor significa “concordo plenamente”.

5.2.1 Navegação e Seleção

Embora a navegação e a seleção não estejam diretamente ligadas à colaboração, as dificuldades encontradas pelos usuários ao realizar essas tarefas tiveram impacto na coordenação dos usuários, atrapalhando o trabalho deles no ambiente compartilhado.

Houve momentos onde o membro da dupla que tinha a tarefa de auxiliar o teste não conseguia compreender por que o usuário em treinamento ainda não havia selecionado a válvula indicada ou girado na direção correta. Ele assumia que o usuário não havia entendido as informações passadas e tentavam ajudá-los repetindo a informação ou procurando pontos de referência no cenário.

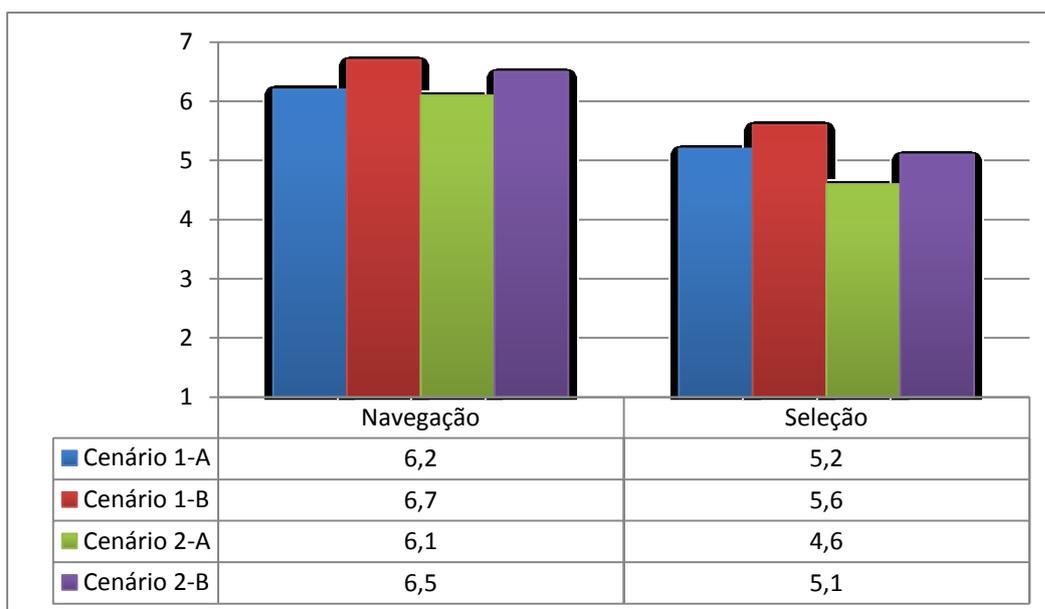


Figura 18 - Dados sobre navegação e seleção do formulário nos cenários 1 e 2.

A Figura 18 apresenta os resultados dos questionários pós-testes sobre a navegação e seleção no espaço da CAVE para ambos os cenários. Os questionamentos relacionados à navegação e a seleção foram:

- Foi fácil navegar no ambiente.
- Foi fácil selecionar objetos no ambiente.

Podemos observar que foi considerado fácil navegar pelo ambiente, sendo a principal dificuldade relacionada à rotação, como observado durante a realização dos testes e pelos comentários dos usuários ao realizar a entrevista pós-teste. No primeiro cenário havia a dificuldade de subir uma escada vertical, pois

exigia que o usuário subisse o mais centralizado possível, para evitar colisão com a grade de proteção que envolve a escada. No segundo cenário, além da rotação, a falta de percepção de obstáculos foi o fator que acrescentou dificuldade para os usuários durante a navegação.

Já a seleção de objetos se mostrou uma dificuldade para os usuários, pela falta de precisão do equipamento de rastreamento devido a tremores ao realizar a tarefa de seleção, e pela dificuldade com o raio na hora de selecionar os objetos em cena. No cenário 2, como as válvulas se encontravam mais perto uma das outras, era necessário um cuidado maior por parte do usuário ao realizar a seleção. Outro fator que dificultava a seleção das válvulas era que algumas delas estavam localizadas acima da altura dos olhos do avatar, aparecendo na parte superior nas telas da CAVE e sendo parcialmente ocluídas pela borda da tela.

Ainda na Figura 18, é interessante notar que em ambos os cenários houve um aumento das notas na tarefa B devido à familiaridade dos usuários com o sistema após a realização do primeiro teste. É importante ressaltar que apesar de sete usuários, dos dezoito que realizaram o teste, afirmarem já ter utilizado o *flystick* em aplicações 3D, nenhum deles utiliza o equipamento com frequência.

Foi possível determinar que os usuários que deram as menores notas para a navegação foram aqueles que encontraram dificuldade para subir as escadas na plataforma. Um participante teve problemas no segundo cenário para se movimentar perto das válvulas, ele não conseguia se movimentar para frente devido a um cano próximo ao chão, que era mostrado na tela inferior da CAVE, dificultando sua visualização. Apesar disso, o usuário em questão pontuou a navegação de forma satisfatória.

Já em relação à seleção, todos os participantes tiveram algum grau de dificuldade, por isso a satisfação com a tarefa de seleção foi menor. Assim como na navegação, os usuários que tiveram mais problemas, aqueles que selecionaram as válvulas erradas devido ao equipamento, atribuíram notas menores para a seleção.

5.2.2 Auxílio Técnico

As questões sobre o auxílio técnico são referentes à comunicação e aos canais disponíveis para a realização da mesma, áudio e texto. As questões eram sobre a importância do auxílio técnico, a frequência com que foi utilizado, da possibilidade de realizar a tarefa sem o auxílio técnico e a importância da comu-

nicação por texto para o teste. O questionamento sobre a frequência do auxílio técnico foi realizado para, do ponto de vista do usuário, verificar o grau de dependência que ele teve com o auxílio.

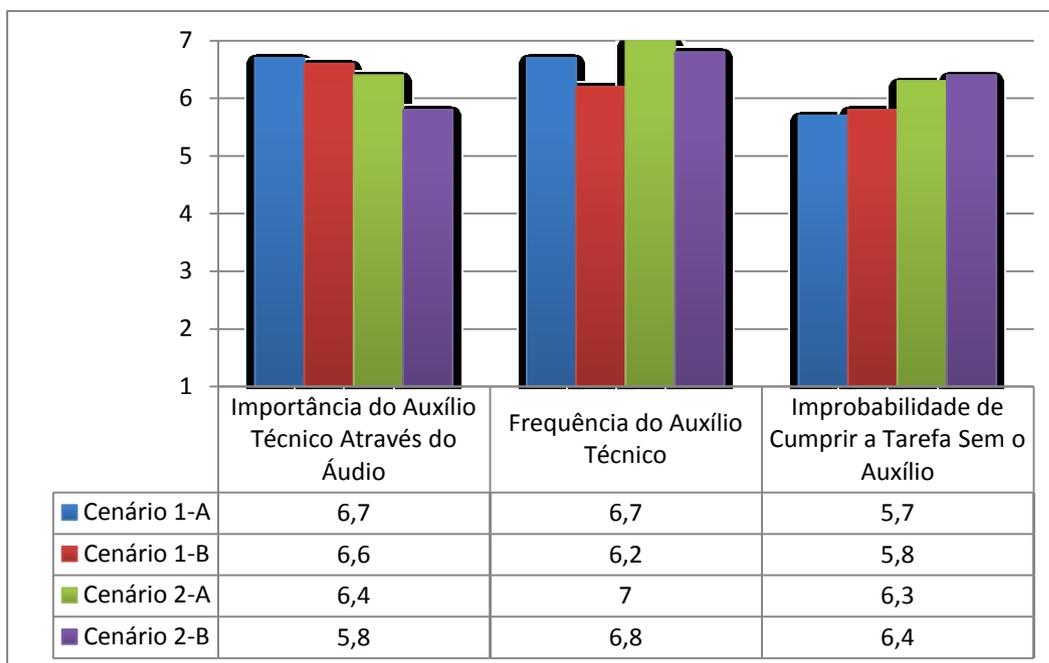


Figura 19 - Dados sobre a comunicação nos cenários 1 e 2.

A Figura 19 ilustra o resultado do questionário pós-teste sobre a importância da comunicação nos cenários 1 e 2. Os questionamentos relacionados à navegação e a seleção foram:

- Foi fácil realizar as tarefas com o auxílio do técnico através de áudio.
- Fiz uso frequente do auxílio do técnico.
- Sem o auxílio do técnico seria improvável completar a tarefa.

O gráfico demonstra que o auxílio técnico por áudio foi fundamental para a conclusão das tarefas. Sua importância foi reduzida com o conhecimento adquirido pelos participantes no decorrer dos testes. Não foi observada muita variação na frequência com que os usuários utilizaram o auxílio técnico, no entanto, é possível destacar que houve uma pequena diminuição da frequência durante a realização da tarefa B em ambos os cenários. Por outro lado, houve um aumento da improbabilidade de completar a tarefa sem o auxílio, mesmo com o conhecimento adquirido. De acordo com os participantes, mesmo com a experiência dos testes anteriores, eles ainda encontravam dificuldade e se sentiam perdidos ao realizar o cenário seguinte.

Vale ressaltar que os participantes que fizeram o papel de usuário em treinamento no segundo cenário já possuíam conhecimento da cena, pois haviam exercido o papel de treinador durante a execução das tarefas no cenário 1. Era esperado que os usuários conseguissem se localizar com mais facilidade e que fossem menos dependentes do auxílio técnico. Curiosamente, podemos constatar que apesar do auxílio técnico através do canal de áudio ter sido considerado menos importante no cenário 2, houve um aumento da frequência com que os usuários fizeram uso da ajuda. Ao serem questionados sobre esse fato, os usuários apontaram que usaram o auxílio mais vezes para confirmar se o caminho estava certo e não, como indicado por eles no primeiro cenário, para perguntar a direção que deveriam seguir.

Também é interessante notar que os usuários consideraram que seria mais improvável que eles concluíssem a tarefa sem o auxílio técnico no cenário 2 apesar de terem considerado o auxílio menos importante. A explicação é que os usuários afirmaram ter adquirido conhecimento sobre a localização dos equipamentos e da disposição dos andares, um mapa mental, mas não possuíam nenhum conhecimento sobre a localização das válvulas que deveriam ser abertas ou sobre as salas de controle, região que não tiveram contato durante o primeiro cenário.

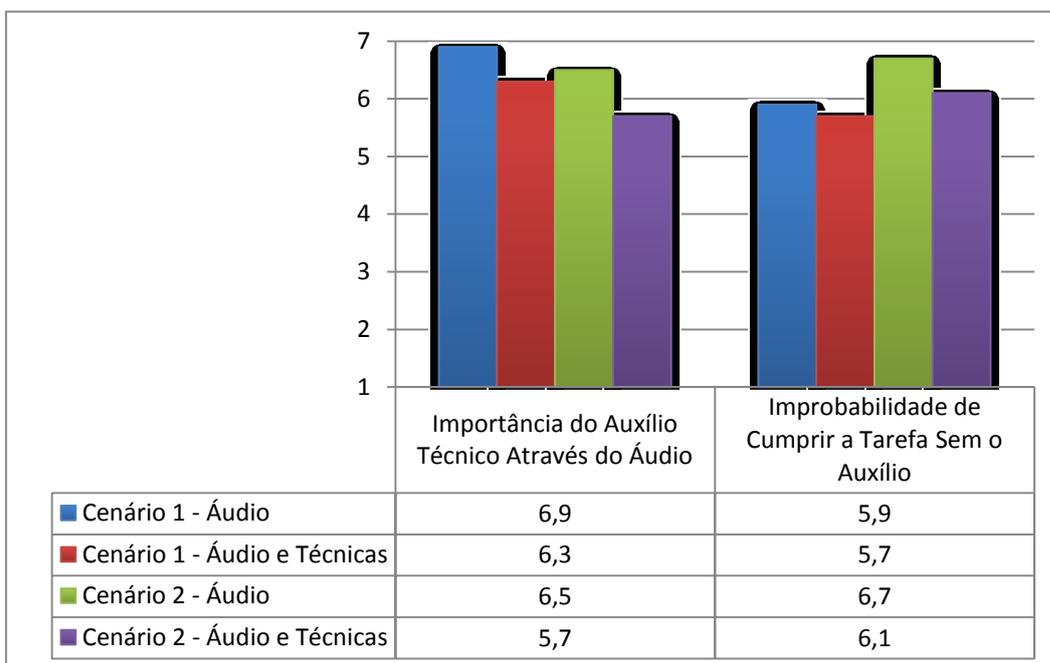


Figura 20 - Dados sobre a comunicação, comparando a versão apenas com áudio à versão com áudio e técnicas.

Na Figura 20 podemos observar que o uso das técnicas influenciou na opinião dos participantes sobre a importância do auxílio técnico e da improbabili-

dade de conseguir realizar as tarefas sem o auxílio do áudio. A importância do auxílio técnico por áudio foi menor ao realizar o teste com o uso das técnicas, assim como a improbabilidade de realizar a tarefa. Embora os usuários tenham se sentido mais confiantes para realizar o segundo cenário, ainda sim eles acharam que seria difícil concluir a tarefa sem o auxílio técnico. A ordem em que as duplas efetuaram os testes não afetou as respostas.

Finalmente, o uso da comunicação por texto não foi utilizado por nenhuma dupla. Não houve nenhuma situação onde os participantes identificaram vantagem ao utilizar o texto em vez da comunicação por voz.

Um dado interessante de ser observado é que os usuários que cometeram erros ao selecionar as válvulas pedidas foram justamente os participantes que afirmaram ter utilizado o auxílio técnico com menos frequência.

De maneira semelhante, os usuários que cometeram erros de seleção consideraram que seria altamente improvável que eles conseguissem concluir a tarefa sem a ajuda prestada pelo outro participante da dupla. Aqueles que utilizaram o auxílio técnico com maior frequência e erraram menos, acharam que não seria tão improvável conseguir completar a tarefa sem ajuda.

5.2.3 Técnicas

A seção a seguir analisa os resultados obtidos em relação ao uso das técnicas de *highlight* e *waypointing* para auxiliar o usuário. As questões eram sobre a importância do uso de cada uma das técnicas e se seria improvável realizar a tarefa sem o uso das mesmas.

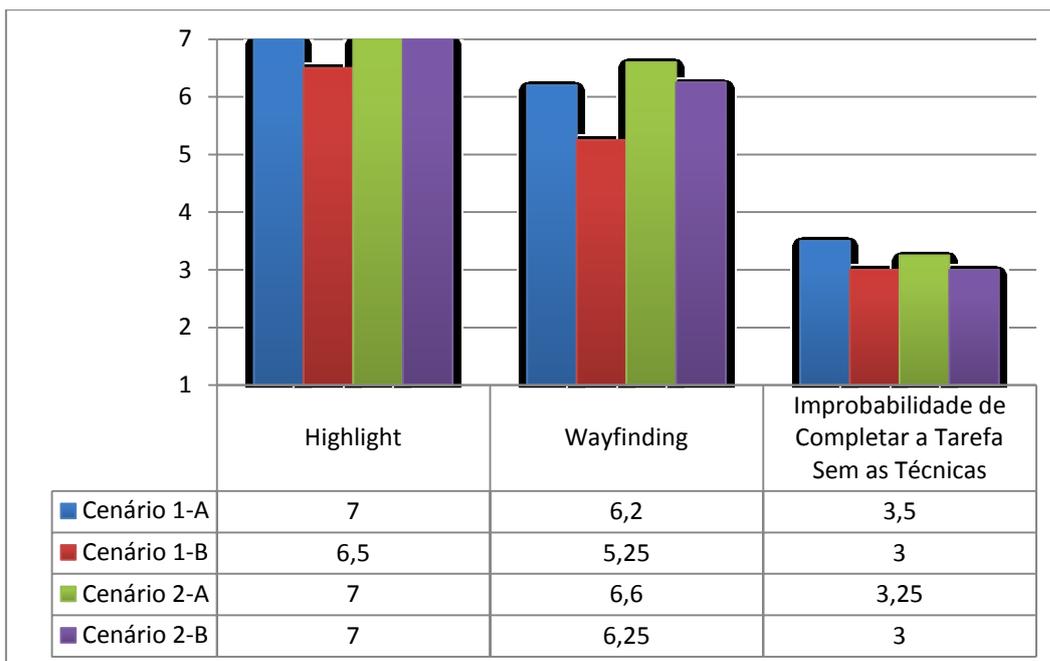


Figura 21 - Dados sobre as técnicas nos cenários 1 e 2.

Os questionamentos relacionados às técnicas de *highlight* e *wayfinding* foram:

- O uso da técnica *Highlight* facilitou a realização das tarefas.
- O uso da técnica *Wayfinding* facilitou a realização das tarefas.
- Sem o auxílio das técnicas *Highlight* e *Wayfinding* seria impossível completar a tarefa.

Na Figura 21 podemos analisar que em todos os casos o uso do *highlight* foi considerado extremamente importante em todas as versões. As duplas que realizaram o cenário 1-A apenas com o áudio, ao realizar o cenário 1-B com as técnicas, tenham achado que a técnica um pouco menos importante em relação às duplas que realizaram o cenário 1-A com o uso das técnicas. Uma das duplas achou que o cenário muito simples não justificava o uso do *highlight* para conseguir indicar à válvula correta, principalmente por já ter realizado a tarefa apenas com o áudio anteriormente. Isto não foi registrado durante o cenário 2, independente da ordem em que as duplas executavam as tarefas, o uso do *highlight* foi considerado fundamental para facilitar a interação do usuário em treinamento. Pois embora fosse possível identificar a válvula apenas com o uso do áudio, os participantes não tinham completa certeza ao selecionar. “Se não tivesse o *highlight* não teria certeza de válvula”, afirmou o usuário U14.

O uso da técnica de *waypointing* foi considerado importante, embora menos importante que a técnica anterior. Os participantes argumentaram que o cenário 1 era bastante simples para exigir o uso do *wayfinding*, sendo possível rea-

lizar a navegação apenas com o áudio. Ainda assim, eles consideraram a técnica importante por dar mais segurança, como destacado pelo usuário U7. “O áudio possui uma margem de erro maior. O uso das técnicas permite mais segurança”.

Podemos observar que as duplas que utilizaram as técnicas no cenário A acharam o *waypointing* mais importante comparado às duplas que fizeram uso da técnica no cenário B. Para essas últimas duplas, como foi possível realizar a navegação sem o uso da técnica, ela não foi tão importante assim. Também é possível visualizar que o uso da técnica de *wayfinding* foi mais importante no cenário 2, o mais complexo.

Ainda de acordo com a Figura 21, os participantes acharam provável realizar a tarefa sem o uso das técnicas. Como esperado, de acordo com os resultados da importância de cada uma das técnicas, os usuários que realizaram o cenário A com as técnicas acharam que seria mais difícil completar o treinamento sem elas.

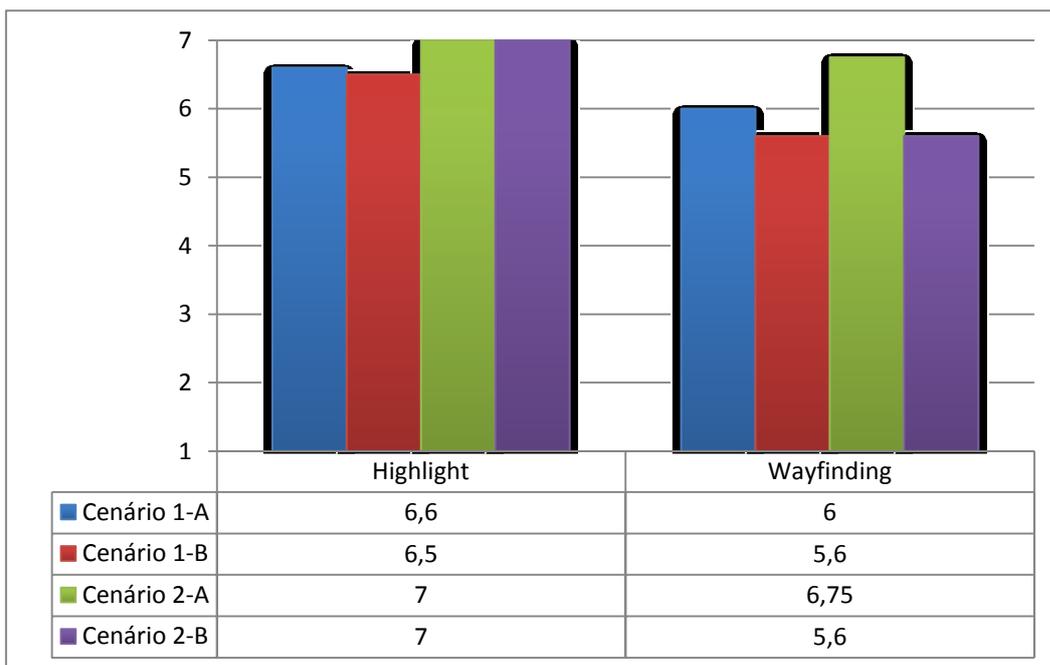


Figura 22 - Opinião dos usuários do *desktop* sobre as técnicas.

A Figura 22 apresenta as notas dadas pelos usuários que auxiliavam o andamento do treinamento sobre as técnicas. De maneira geral, as opiniões foram semelhante a dos usuários em treinamento, o *highlight* foi considerado mais útil. O uso do *wayfinding* foi considerado menos importante, especialmente para aqueles que utilizaram as técnicas no cenário B.

As notas mais baixas dadas para o *highlight* no cenário 1-B foram atribuídas pelos usuários que haviam completado a tarefa do cenário 1-A sem o uso das técnicas. Já em relação ao *wayfinding*, as notas mais baixas foram dadas por usuários que enfrentaram dificuldades em achar os pontos de referência inseridos pelo membro da dupla que se encontrava no *desktop*, pois os *waypoints* foram criados fora do campo de visão do usuário que estava na CAVE.

5.2.4 Eficiência

As questões a seguir são referentes à facilidade encontrada pelos usuários do *desktop* em passar as instruções aos usuários em treinamento, e se eles conseguiram desempenhar seus papéis de forma eficiente.

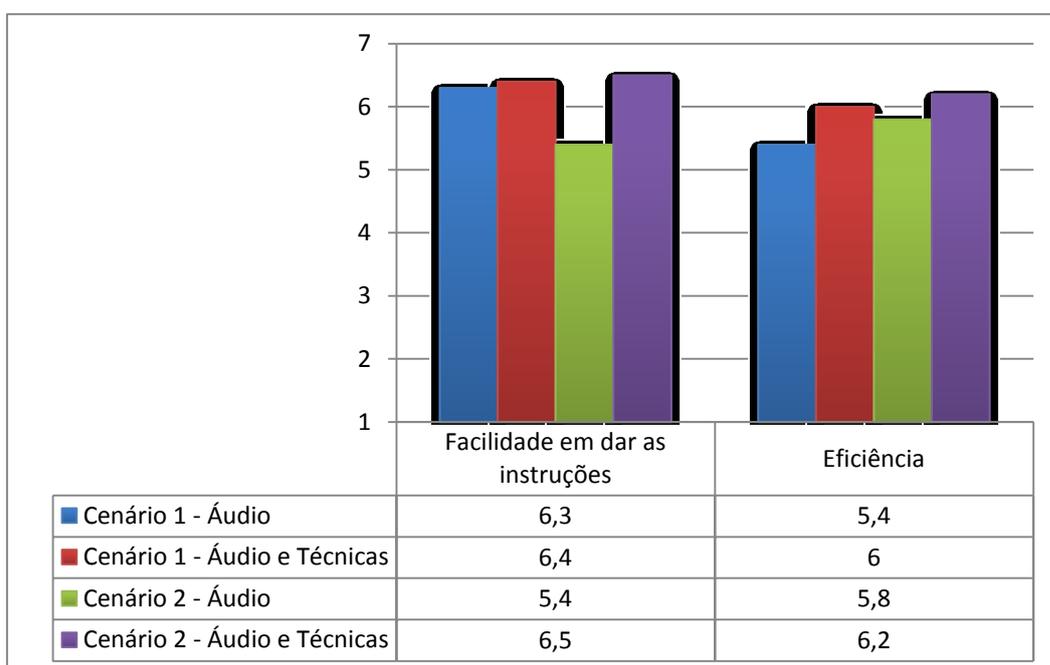


Figura 23 - Notas dadas pelos usuários do desktop em relação à eficiência na realização da tarefa.

Os questionamentos relacionados eficiência no cumprimento da tarefa foram:

- Foi fácil dar instruções ao usuário em treinamento.
- Realizei minha tarefa de forma eficiente.

Ao analisar a Figura 23, podemos conferir que os usuários tiveram mais facilidade ao dar as instruções na versão que contava com o áudio e as técnicas. Nota-se a importância das técnicas no segundo cenário, o mais complexo, onde foi apontado ser bem mais fácil dar as instruções com a ajuda das técnicas. É mais simples usar as técnicas, dando uma pista visual ao segundo usuário, do que descrever todo processo contando apenas com o áudio. Na questão da efi-

ciência, os participantes acharam que foram mais eficientes com o uso das técnicas, em especial na realização do treinamento no segundo cenário.

Através das entrevistas realizadas pós-teste foi possível concluir que a eficiência apontada pelos usuários não teve relação com o número de erros cometidos ou com a versão utilizada no primeiro cenário. A opinião deles sobre a eficiência foi baseada na segurança que eles tiveram para passar as instruções.

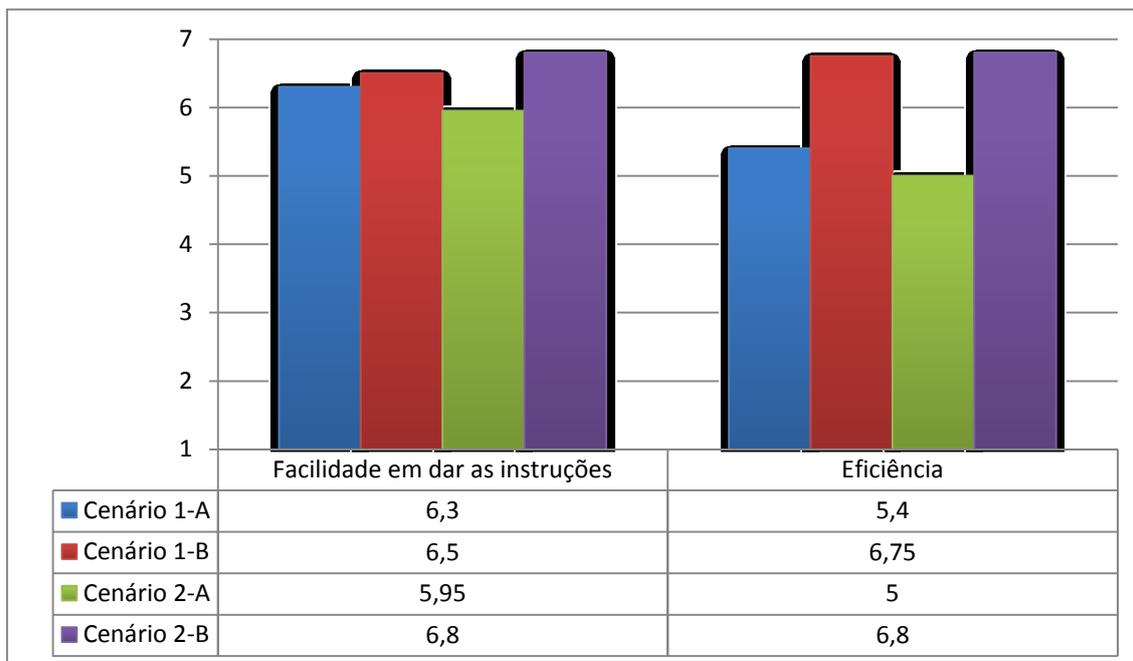


Figura 24 - Facilidade em dar instruções e eficiência em função do cenário, independente da versão utilizada.

A Figura 24 demonstra a evolução da facilidade em dar as instruções e da eficiência dos usuários. É possível notar que foi mais fácil dar instruções ao realizar a tarefa pela segunda vez. Da mesma forma, os usuários se sentiram muito mais eficazes em suas tarefas no cenário B, já tendo adquirido experiência na tarefa anterior.

5.3 Análise Qualitativa

A seguir são apresentados os eventos que ocorreram durante a realização dos testes, independentemente do cenário e da versão utilizada. Como forma de organizar as situações observadas, elas foram divididas em três categorias: percepção espacial (P), técnicas de interação (T) e ambiente de testes (A).

A frequência foi calculada a partir do número de usuários, para todos os cenários e suas variações, diretamente envolvidos nessas situações listadas.

Por exemplo, o número de usuários diretamente envolvidos na situação de obstruir o *flystick* do equipamento de rastreamento é um, o participante no desktop não está envolvido diretamente no problema.

Tabela 9 - Problemas ocorridos durante a realização dos testes.

Problema	Frequência	Categoria
Confusão com as direções dadas	4	P
Falta de percepção do campo espacial da CAVE	15	P
Dificuldade de percepção de obstáculos na cena	3	P
Dificuldade de localizar o ponto de interseção entre o raio e o cenário	6	T
Dificuldade durante a criação de <i>waypoints</i>	6	T
Obstruir o <i>flystick</i> do equipamento de rastreamento ao realizar a rotação	5	A
Falta de precisão na tarefa de seleção devido a tremores no rastreamento	4	A
Dificuldade de visualizar a direção do raio	8	A
Vertigem visual ao utilizar a CAVE	5	A

A Tabela 9 mostra os problemas que foram identificados durante a execução dos testes, a frequência com que ocorreram e a categoria a que pertencem. A análise dos problemas permite identificar os pontos a serem corrigidos no trabalho. A seguir os dez problemas identificados são descritos individualmente:

5.3.1 Confusão com as direções dadas

Esse evento foi observado algumas vezes durante a realização dos testes, os usuários em treinamento, com certa frequência, se confundiram com as direções que eram dadas. O exemplo mais notável desse problema aconteceu quando o participante U5, que estava no desktop, indicou que a válvula estava localizada ao lado esquerdo do usuário em treinamento. *“Vire à esquerda que você vai ver a válvula.”. O usuário na CAVE gira para o lado direito e é corrigido, de forma confusa, pelo outro membro da dupla, o usuário U5. “Não! Não, a outra esquerda.”. Após isso, o usuário consegue se localizar e virar na direção certa.*

5.3.2 Falta de percepção do campo espacial da CAVE

Esse evento ocorreu devido à falta de percepção, por parte do usuário que estava auxiliando a tarefa, do campo de visão que o usuário na CAVE tinha. O participante U1 indicava que a válvula estava localizada à frente do usuário

U2. *“A válvula que você deve abrir está bem a sua frente... Você deve estar vendo ela.”* O problema é que no ambiente da CAVE as telas cobrem todo o campo de visão. O usuário em treinamento tem três telas compondo a região à sua frente, com um número maior de objetos sendo visualizado do que o outro participante supunha.

Outro exemplo desse problema ocorreu quando o participante imerso na CAVE era avisado que determinado objeto de interesse à tarefa estava localizado ao seu lado. Ao invés de rotacionar a câmera para o lado indicado, o usuário assumia que o campo de visão proporcionado pela CAVE cobria toda a região lateral da posição em que estava e apenas verificava uma das telas laterais, respondendo que não conseguia localizar o objeto. Apesar da CAVE fornecer um campo de visão extenso, ele não cobre toda a parte lateral da posição em que o usuário se encontra. Em alguns casos, o usuário teria identificado o objeto ao realizar uma rotação de poucos graus na direção indicada.

5.3.3 Dificuldade de percepção de obstáculos na cena

Uma das dificuldades observadas em relação à navegação no ambiente foi a dificuldade dos usuários de perceber os obstáculos do cenário. Esse problema ocorreu principalmente no cenário 2, onde um dos dutos do equipamento localizado no *Spider Deck* se encontrava próximo ao piso do referido andar. Ao se movimentar em direção ao duto, o mesmo passava a ser visualizado na tela inferior da CAVE e os usuários pareceram não perceber que o duto estava bloqueando a movimentação do avatar no mundo virtual. Um dos participantes ficou por cerca de um minuto tentando entender porque não conseguia se locomover até a válvula marcada, até ser avisado, pelo usuário que auxiliava a tarefa, que estava tentando atravessar um dos dutos da plataforma. A falta de estereoscopia pode ter sido um fator agravador desse problema.

5.3.4 Dificuldade de localizar o ponto de interseção entre o raio e o cenário

Um problema que foi notado durante a tarefa foi a dificuldade que os usuários tiveram em localizar o ponto em que o raio estava selecionando o objeto, ponto de interseção entre o raio e os objetos da cena. Como destacado pelo usuário U10, foi difícil visualizar quão distante do objeto estava o raio. *“Foi difícil*

selecionar a válvula, vi que o raio estava apontado para o duto localizado ao lado, mas não foi possível determinar o quão distante da válvula estava.”. Era possível identificar que o raio estava interceptando um objeto, mas houve dificuldade em visualizar com clareza o ponto.

5.3.5 Dificuldade durante a criação de waypoints

Os usuários que estavam auxiliando o treinamento, do desktop, tiveram dificuldade na hora de criar os *waypoints* para indicar o caminho devido ao tempo necessário para posicioná-lo corretamente. Ao criar um *waypoint*, ele estava sempre com uma rotação padrão, sendo preciso modificar a rotação e, caso necessário, alterar sua posição. Foi observado que alguns usuários se confundiram com os modos de edição do *waypoint* (posição e rotação) e tiveram dúvidas de qual eixo deveriam modificar para conseguir o efeito desejado.

A dupla 8 fez um uso curioso do *waypoint*. O usuário U15, ao invés de modificar a direção à qual a seta apontava, o *waypoint* foi enviado na posição padrão, funcionando apenas como um ponto de referência, e o usuário em treinamento foi avisado pelo áudio. *“Estou colocando um ponto [waypoint] mais à frente. Quando chegar nele, ignore a direção que ele aponta e vire à direita. Ele [o waypoint] está só servindo como referência”.* Esse uso da técnica permitiu que a dupla fosse precisa ao indicar o caminho e reduziu o tempo necessário na criação dos *waypoints*.

5.3.6 Obstruir o flystick do equipamento de rastreamento ao realizar a rotação

Para o usuário da CAVE realizar uma rotação era necessário pressionar o botão de rotação e girar o *flystick* na direção desejada. Os participantes realizaram esta tarefa de três modos: girar apenas o pulso, mantendo o resto do corpo imóvel; girar o braço mantendo o corpo imóvel; e girar o corpo inteiro junto com o *flystick*. Como o equipamento de rastreamento estava localizado acima da tela do meio, os usuários que utilizaram o terceiro modo descrito acabaram por bloquear, com o corpo, o *flystick* dos sensores, ocasionando em resultados não esperados na rotação.

5.3.7 Falta de precisão na tarefa de seleção devido a tremores no rastreamento

Muitas vezes, ao pressionar o botão no *flystick* para realizar a interação com a válvula o usuário acabava por realizar leves movimentos. Esses tremores acabavam por fazer o raio se deslocar e a tarefa de seleção falhava. Este problema influenciou negativamente o resultado dos testes, uma vez que ele ocasionou na seleção de válvulas erradas em dois casos. Apesar de as válvulas não terem sido selecionadas de forma intencional, ainda sim consistem em erro.

5.3.8 Dificuldade de visualizar a direção do raio

Os participantes encontraram dificuldade para enxergar a direção em que o raio estava apontando. Este fato ocorreu quando era preciso selecionar um objeto localizado na parte superior da tela. Ao apontar o raio na direção exigida, o mesmo era ocluído pela borda da CAVE, de modo que sem enxergar o fim do raio, o usuário tinha dificuldade em determinar sua direção correta e realizar os ajustes necessários para selecionar o objeto.

5.3.9 Vertigem visual ao utilizar a CAVE (Cybersickness)

Foi identificado que um número considerável de usuários, cerca de um terço dos participantes, sentiu sintomas de vertigem, embora tenham sido sintomas leves e temporários ao iniciar a interação na CAVE. A Vertigem visual é definida como tonturas provocadas por ambientes visuais com campo de visão repetitivas ou em movimento padrões visuais [3]. No experimento realizado, é provável que a tontura tenha sido resultado de movimentos de rotação rápidos. No caso mais extremo, o participante afirmou ao fim do experimento que não teria aguentado realizar o teste por um tempo mais prolongado. Apesar disso, todos os usuários relataram que se sentiram confortáveis ao utilizar o sistema.

6 Conclusão e Trabalhos Futuros

Este trabalho estudou a colaboração entre usuários em ambientes imersivos com usuários remotos não imersos. A principal motivação dessa pesquisa foi o uso de tecnologias de imersão como a CAVE para realização de tarefas colaborativas, uma vez que o uso da CAVE torna o processo de colaboração atípico e heterogêneo, fugindo do modelo de colaboração entre *desktops*.

Durante a realização dos testes foi possível identificar alguns problemas relacionados com o uso da CAVE, especialmente o da falta de percepção espacial do ambiente por parte dos dois participantes envolvidos na tarefa, que resultaram em dificuldades na realização da colaboração dos usuários.

Foram implementadas técnicas para ajudar os usuários a realizar a colaboração, *wayfinding* e *highlight*. Para ajudar o *wayfinding* era permitido ao usuário do desktop posicionar *waypoints*, pistas artificiais que permitiam a definição de um caminho até o objetivo da tarefa. O *highlight* consiste na aplicação de uma silhueta nos objetos, destacando-os, permitindo identificar os objetos a serem selecionados com facilidade.

A maioria dos usuários preferiu as versões que combinavam o uso do áudio e das técnicas para realizar a colaboração entre os usuários. Apesar disso, alguns usuários afirmaram que seriam capazes de realizar a tarefa sem o uso das técnicas, contando apenas com o áudio. O uso das técnicas foi considerado importante, pois elas passam segurança no caso do usuário não conseguir passar as instruções de forma clara. Outro fator que colabora para o uso das técnicas foram as ocorrências de erros de seleção, onde os usuários achavam que estavam selecionando a válvula correta.

Como esperado, o áudio foi considerado o principal elemento no processo de colaboração, sendo improvável de se realizar a tarefa sem o uso do mesmo. Mesmo com o uso das técnicas, o áudio ainda foi considerado de extrema importância, pode-se observar que em muitos casos, as técnicas eram aplicadas em pontos que estavam fora da visão do usuário da CAVE, sendo necessário o uso do áudio para indicar que haviam sido colocados *waypoints/highlight*. Entre as técnicas auxiliares implementadas, o *highlight* foi considerado mais útil, principalmente em cenários complexos. Os usuários relataram ser mais prático utilizar a técnica para marcar um objeto do que descrever o mesmo na cena, procurando referências e tendo que verificar se o usuário imerso conseguiu compreender.

O principal uso do *waypointing* foi após marcar, com o *highlight*, o objeto com o qual o usuário deveria interagir. Tendo a certeza de que o usuário imerso não selecionaria o objeto errado, foi possível se adiantar e marcar o caminho para a etapa seguinte da tarefa. Segundo os usuários, eles usariam mais o *waypointing* se o cenário apresentado fosse mais complexo ou se criação de *waypoints* fosse mais eficiente; era necessário muito tempo para ajustar a direção da seta.

Em relação ao modelo 3C de colaboração, não houve problemas em relação à forma de comunicação, os meios providos permitiram aos usuários argumentarem e negociarem, gerando compromissos. No entanto, foi possível observar que os participantes tiveram um pouco de dificuldade para operar em conjunto do ambiente compartilhado, devido principalmente à falta de percepção do ambiente, que resultou em uma dificuldade ao organizar as tarefas e indicar os objetivos. Percebeu-se que a natureza espacial da tarefa e a heterogeneidade entre os ambientes dos usuários trouxeram dificuldades de percepção sobre o outro usuário (*awareness*, no modelo 3C).

Por fim, podemos ressaltar que foi possível identificar uma potencial vantagem em utilizar as técnicas em ambientes ou tarefas mais complexos, podendo ser útil para o design de ferramentas desse tipo.

6.1 Trabalhos Futuros

A análise dos resultados permitiu identificar muitas possibilidades de trabalhos futuros. Um dos pontos principais foi a necessidade de melhorar o uso da ferramenta de *waypoint*, facilitando a criação, permitindo a sua exclusão e acrescentando novos tipos. Outras propostas sugeridas são focadas em fornecer mais informações sobre o campo espacial da CAVE para o usuário do *desktop*, para que ele tenha acesso a mais informações e possa realizar sua tarefa de auxiliar o treinamento de forma mais satisfatória. A seguir estão listadas e descritas as principais propostas de trabalhos futuros:

6.1.1 Desenhar o *frustum* de visão do usuário imerso

Uma das dificuldades encontradas foi a falta de percepção que o usuário do desktop tinha do campo de visão do participante que se encontrava na CAVE. Uma possibilidade sugerida pelos participantes foi desenhar as linhas que compõem o *frustum* de visão do usuário que se encontra imerso. Isso permitiria ao treinador enxergar os objetos da cena que estão no campo de visão do usuário imerso.

O desenho do *frustum* de visão também pode ajudar a minimizar o problema da falta de compreensão do espaço da CAVE pelo usuário imerso. Como o treinador possui uma percepção maior ao analisar o campo de visão da CAVE, ele pode ser capaz de instruir o outro membro da dupla de forma mais precisa. Ao invés de apenas avisar que um determinado objeto se encontra ao lado do usuário, ele também pode acrescentar a informação de que é preciso, ou não girar a câmera para visualizar o objeto, ou se basta olhar para uma das telas laterais.

O *frustum* permite uma troca de informações mais eficiente, sem a necessidade de descrever o campo de visão constantemente, permitindo que a dupla se organize melhor (coordenação) para cumprir os objetivos do treinamento. A Figura 25 mostra o exemplo do *frustum* de visão do usuário da CAVE, implementado por [19], sendo possível identificar o que o usuário da CAVE está vendo e dar instruções mais precisas. Também é interessante fazer uso do *headtracking* para informar a direção da cabeça do usuário dentro do campo de visão da CAVE.

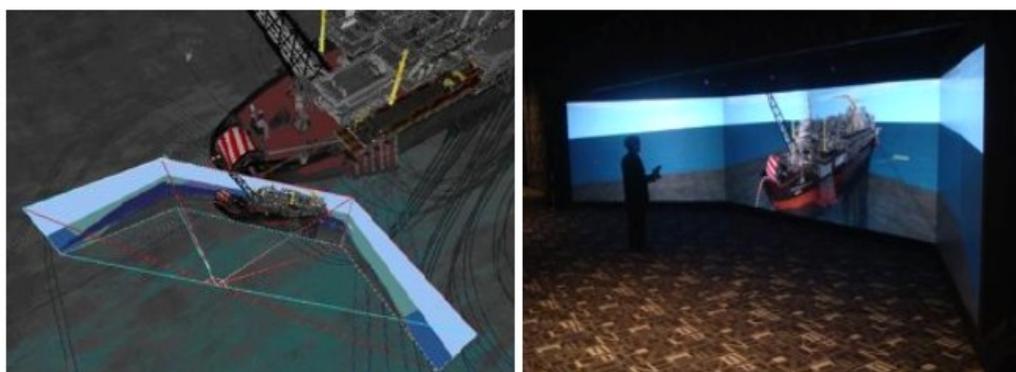


Figura 25 - Exemplo do *frustum* do usuário da CAVE. [19].

6.1.2 Introduzir um *feedback* visual do ponto de interceptação do raio com a cena

Outra sugestão de melhoria apontada foi a introdução de um *feedback* visual do ponto onde o raio interceptava os objetos da cena (na **Erro! Fonte de**

referência não encontrada., por exemplo, não há como identificar claramente o ponto em que o raio toca um objeto da cena). O argumento apresentado pelos usuários é de que, com a introdução de um *feedback* visual, seria possível ter uma percepção melhor do ponto em que o raio apontava e assim, realizar as correções necessárias para selecionar os objetos. Outra solução para resolver o problema é limitar o desenho do raio até o objeto interceptado mais próximo.

6.1.3 Desenhar o raio de seleção na versão *desktop*

Um dos problemas enfrentados pelos usuários na seleção foi a dificuldade de determinar a direção do raio ao selecionar objetos localizados na parte superior da tela. Como a CAVE usada nos testes não possui tela superior, ao inclinar o raio para selecionar um objeto localizado na parte superior da tela, parte do raio é ocluída pela borda da tela. Embora não seja possível evitar esse evento sem alterar o modelo 3D, já que ele acontece devido à configuração da CAVE, desenhar o raio de seleção junto do avatar do usuário na versão *desktop* pode fornecer informações suficientes para que o participante que auxilia o treinamento possa ajudar a corrigir a direção do raio e selecionar o objeto.

6.1.4 Melhorias na técnica de *waypoints*

Foi observado que o processo de criação dos *waypoints* é lento e confuso para os usuários. Um novo modo para criar *waypoints* poderia tornar a criação deles mais rápida, permitindo que sejam utilizados com maior frequência, e requerendo menos passos para posicionar e rotacionar na direção desejada. Uma ideia é que, ao pressionar o botão do *mouse* na posição desejada, o usuário ao invés de soltar imediatamente, arrastaria o mouse até uma segunda posição. Ao soltar o botão, o sistema criaria o *waypoint* apontando na direção do vetor formado pelo ponto inicial e final, tornando desnecessária a edição da rotação.

Um dos usos mais interessantes do *waypoint* foi como ponto de referência, e não de forma a indicar um caminho a ser seguido. Concluímos que novos tipos de *waypoint* podem ser desejáveis. A introdução de um segundo tipo de *waypoint* em forma de círculo para marcar pontos de referência ou ponto final de um caminho pode permitir uma maior organização entre os usuários.

Uma das funcionalidades mais pedidas durante a entrevista pós-teste foi a possibilidade de apagar *waypoints* criados. Embora não tenham ocorrido problemas durante a realização dos testes ligados à impossibilidade de apagar um *waypoint*, a argumentação dos usuários foi que podem surgir confusão em qual

direção seguir quando dois caminhos indicados passam próximos um ao outro. Essa funcionalidade também seria útil caso o treinador acidentalmente indicasse uma direção errada.

6.1.5 Aplicar um filtro aos dados do sensor de rastreamento

Um dos problemas encontrados relacionado à seleção foi a dificuldade de manter o raio estável devido a tremores ao realizar a tarefa. Uma solução para este problema é a aplicação de um filtro para reduzir ruídos nos dados obtidos pelos sensores de rastreamento, reduzindo os movimentos indesejados na tarefa de seleção.

6.1.6 Estudar o efeito da vertigem em ambientes virtuais

Um número grande de usuários afirmou ter sentido sintomas de vertigem durante a realização do teste. Embora a vertigem seja um sintoma esperado ao utilizar sistemas de realidade virtual [20], é interessante realizar um estudo para identificar as causas a fim de evitar o problema e avaliar o impacto que pode causar na utilização do sistema, como o realizado por Van der Spek *et al.* [21], que estuda como a *cybersickness* afeta a avaliação do ambiente virtual.

7 Referências Bibliográficas

- [1] Bowman, D. A., Hodges, L. F., “Formalizing the Design, Evaluation, and Application of Interaction Techniques for Immersive Virtual Environments.”, in *Journal of Visual Languages and Computing* 10, pp. 37-53, 1999.
- [2] Bowman, D. A., Kruijff, E., Laviola, J. J., Poupyrev, I., “3D User Interfaces: Theory and Practice”, 2004.
- [3] Bronstein, A. M., “The visual vertigo syndrome.”, in *Acta Otolaryngol Suppl*, Vol. 115, No. s520 pp. 45-48, 1995.
- [4] Cruz-Neira, C., Sandin, D. J., DeFanti, T. A., Kenyon, R., Hart, J. C., “The CAVE, Audio Visual Experience Automatic Virtual Environment” in *Communications of the ACM*, pp. 64-72, June 1992.
- [5] Dodd, E. J., “Visualization and Collaboration for the On Demand Upstream Petroleum Enterprise.”, in IBM technical reports, Toronto, Canada, May, 2004.
- [6] Dourish, P., Bellotti, V., “Awareness and Coordination in Shared Workspaces.”, in *ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, Nova York: ACM Press, pp. 107-114, 1992.
- [7] Edwards, W. K., “Policies and Roles in Collaborative Applications.”, in: *Proceedings of the ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pp. 11-20, 1996.
- [8] Ellis, C. A., Gibbs, S. J., “Groupware: some issues and experiences.”, in *Commun. ACM*, vol. 34, no. 1, pp. 39-58, January 1991.
- [9] Fuks, H., Raposo, A. B., Gerosa, M. A., Pimentel, M., Filippo, D., Lucena, C. J. P., “Teorias e modelos de colaboração” in *Sistemas Colaborativos*, Fuks, H., Pimentel, M., Ed. Campus, pp 16-33, 2011.
- [10] Grudin, J., “Computer-Supported Cooperative Work: History and Focus.”, in *Computer (IEEE)*, v. 27, n. 5, pp. 19-26, May 1994.
- [11] Gutwin, C., Greenberg, S. A., “Descriptive Framework of Workspace Awareness for Real-Time Groupware.”, in *Computer Supported Cooperative Work*, Holanda, v. 11, n. 3-4, pp. 441-446, 2002.
- [12] Kahai, S. S., Carrol, E., Jestice, R., “Team collaboration in virtual worlds” in *The DATA BASE for Advances in Information Systems*, 38:4, pp. 61-68, 2007.
- [13] Marini, D., Folgieri, R., Gadia, D., Rizzi, A., “Virtual reality as a communication process”, in *Virtual Reality*, v.16 n.3, p.233-241, September 2012.

- [14] Medeiros, D., Ribeiro E., Dam, P., Pinheiro, R., Motta, T., Loaiza, M., Raposo, A. B., "A Case Study on the Implementation of the 3C Collaboration Model in Virtual Environments.", in XIV Symposium on Virtual and Augmented Reality – SVR 2012. Niteroi, RJ, Brasil, 2012.
- [15] Mendes, D., Sousa, M.; Araujo, B.; Ferreira, A.; Noronha, H.; Campos, P.; Soares, L.; Raposo, A.; Jorge, J. Collaborative 3D Visualization on Large Screen Displays. Powerwall - International Workshop on Interactive, Ultra-High-Resolution Displays – ACM CHI 2013, 2013.
- [16] Pimentel, M., Gerosa, M. et al. Modelo 3C de Colaboração para o desenvolvimento de Sistemas Colaborativos. Anais do III Simpósio Brasileiro de Sistemas Colaborativos – SBSC, pp. 58-67, 2006.
- [17] Pouliquen, M., Bernard, A., Marsot, J., Chodorge, L., "Virtual hands and virtual reality multimodal platform to design safer industrial systems.", in Computers in Industry, vol. 58, n. 1, pp. 46-56, January 2007.
- [18] Santos, I. H. F., Raposo, A.B.; Gattass, M., "Finding solutions for effective collaboration in a heterogeneous industrial scenario," in Computer Supported Cooperative Work in Design, 2002. The 7th International Conference on , vol., no., pp.74,79, 2002.
- [19] Santos, I. H. F.; Soares, L. P.; Carvalho, F.; Raposo, A. B., "A Collaborative Virtual Reality Oil & Gas Workflow.", in International Journal of Virtual Reality , v. 11, n. 1, p. 1-13, Jan. 2012.
- [20] Stanney, K. M., "Realizing the full potential of virtual reality: human factors issues that could stand in the way", in Virtual Reality Annual International Symposium, Proceedings. , vol., no., pp.28,34, 11-15, 1995.
- [21] Van der Spek, E. D., Bos, J. E., Van Emmerik, M. L., Toet, A., Houtkamp, J., "Cybersickness Affects the Affective Appraisal of a Virtual Environment", in Proceedings of teh First International Symposium on Visually Induced Motion Sickness, Fatigue, and Photosensitive Epileptic Seizures, 2007.
- [22] Vivacqua, A. S., Garcia, A. C. B., "Ontologia de Colaboração", in *Sistemas Colaborativos*, Fuks, H., Pimentel, M., Ed. Campus, PP. 34-49, 2011.
- [23] Watanuki, K., Kojima, K., "Virtual reality based knowledge acquisition and job training for advanced technical skills using immersive virtual environment.", in Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, pp. 48-57, 2007.
- [24] Zhai, S., Milgram, P., "Human Performance Evaluation of Manipulation Schemes in Virtual Environments.", in *Proceedings of the 1993 IEEE Virtual Reality Annual International Symposium*, IEEE Press, pp. 155-161, 1993.

Apêndice A

A.1 - Termo de Consentimento para Avaliação de Colaboração em Ambientes Imersivos utilizando Técnicas de Interação 3D

Em cumprimento à Resolução no 196/96, do Conselho Nacional de Saúde, eu, candidato a Mestre em Informática pelo Departamento de Informática da PUC-Rio, doravante denominado PESQUISADOR, solicito seu consentimento para a realização de uma pesquisa.

Neste documento, estamos solicitando seu consentimento para um tipo específico de pesquisa: o de **coleta de informações sobre o uso de ambientes imersivos para colaboração com usuários remotos não imersos com o uso de técnicas de interação 3D**. Serão utilizadas três técnicas de coleta de dados: questionários, registro em vídeo e entrevistas.

Nos questionários, buscamos levantar o perfil do participante e as percepções sobre o uso dos dispositivos.

No registro de vídeo, buscamos identificar informações detalhadas sobre a interação no ambiente.

Na entrevista, buscamos levantar as percepções dos participantes sobre as ações realizadas, no que diz respeito à sua satisfação e confiança com relação à interação no ambiente.

Reiteramos a garantia de sigilo sobre todas as informações coletadas, bem como a preservação do anonimato de nossos colaboradores. Com isto esperamos avaliar o uso dos dispositivos e aprimorá-los onde for preciso, obtendo adicionalmente insumos para o desenvolvimento de novos sistemas.

Para isto, é importante que você tenha algumas informações gerais:

Os dados coletados durante o teste destinam-se estritamente a atividades de pesquisa e desenvolvimento.

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.

O consentimento para o teste é uma escolha livre, feita mediante a prestação de todos os esclarecimentos necessários sobre a pesquisa.

Nossa equipe encontra-se disponível para prestar esclarecimentos e tirar quaisquer dúvidas sobre os procedimentos de pesquisa durante todo o período de sua execução. Para isto, entre em contato pelo email eribeiro@tecgraf.puc-rio.br.

Por favor, marque um X para indicar a sua decisão com relação à coleta e uso dos dados, tal como descrito neste termo:

() Não autorizo a coleta e uso dos dados tal como descrito neste termo.

() Autorizo a realização da coleta e uso de dados tal como descrito neste termo, EXCETO a divulgação de vídeos com a minha imagem e voz em qualquer circunstância.

() Autorizo a realização da coleta e uso de dados tal como descrito neste termo, INCLUSIVE a divulgação de vídeos com a minha imagem e voz, DISTORCIDAS de modo a preservar o meu anonimato.

() Autorizo a realização da coleta e uso de dados tal como descrito neste termo, INCLUSIVE a divulgação de vídeos com a minha imagem e voz, tal como capturadas.

Pesquisador responsável

Nome: _____

Assinatura: _____ Data: _____

Participante

Nome: _____

Assinatura: _____ Data: _____

A.2 - Questionário Pré-uso

Participante # _____

Nome: _____

Data: ____/____/____

Dados Pessoais

1. Idade: _____
2. Sexo: _____
3. Destro, Canhoto ou ambidestro? _____
4. Formação: _____

Experiência com Ambientes Virtuais e Jogos

5. Com que frequência você...?

Responda os itens a seguir com uma das seguintes pontuações:

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

- a) Navega em ambientes 3D: _____
- b) Seleciona objetos em ambientes 3D: _____
- c) Manipula objetos (move, altera tamanho, etc.) em ambientes 3D: _____

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

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

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

() Mouse e teclado

() Wiimote

() Flystick

() Joystick

() Kinect

() Tablet

() Outro(s): _____

Apêndice B

B.1 – Instruções de Treinamento para o Usuário do *Desktop*

TAREFA DE TREINAMENTO

A primeira tarefa consiste em ensinar ao usuário como utilizar às técnicas para auxiliar o usuário em treinamento.

O usuário deve se movimentar pelo ambiente, criar um *waypoint* e modificá-lo, alterando sua posição e rotação. Após isso ele deve aplicar o *highlight* em um objeto da cena.

B.2 – Instruções de Treinamento para o Usuário da CAVE

TAREFA DE TREINAMENTO

A primeira tarefa consiste em ensinar ao usuário como utilizar o *flystick* para se movimentar pelo cenário e selecionar objetos.

O usuário deve se locomover pelo ambiente, realizar voltas em torno de um dos objetos da cena e por fim, seguir em direção à porta e selecioná-la, fazendo-a abrir.

B.3 – Informações sobre a plataforma P26

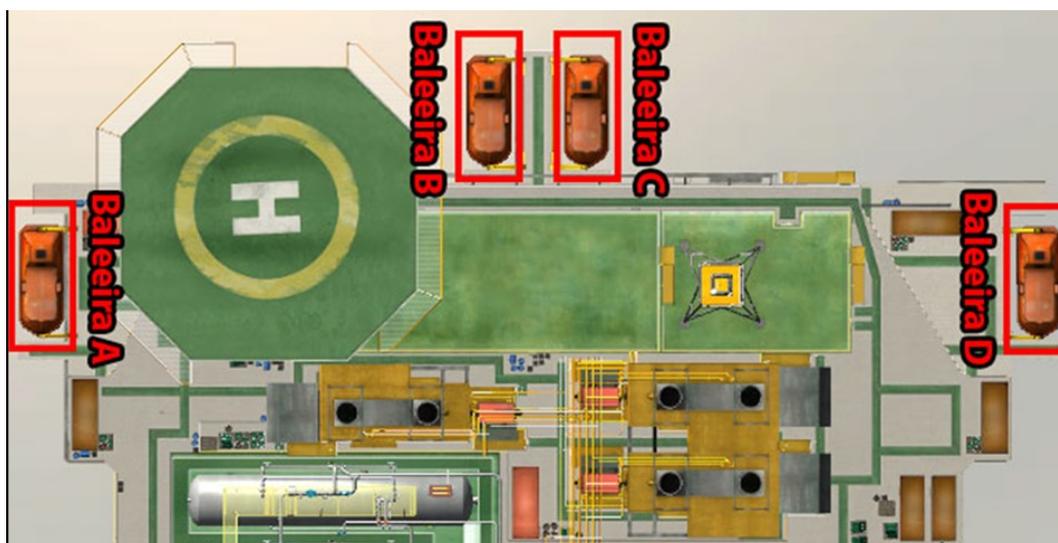
A plataforma de petróleo P26 é dividida em quatro *decks*: *Upper*, *Tween*, *Main* e *Spider* decks. A localização de cada um dos *decks* pode ser observada na imagem abaixo.



O *Upper Deck* é a parte superior da plataforma. Nele estão diversos equipamentos e estruturas, entre elas o separador de óleo, o separador atmosférico, os guindastes, a torre de comunicações, o heliporto, além de diversas estações de armazenamento de gás, água e óleo. Na parte interna do *Upper Deck* estão localizadas as salas de controle da plataforma.

O *Tween Deck* se localiza abaixo do *Upper Deck*. Nele se localizam os alojamentos dos funcionários da plataforma, além de outras instalações necessárias para uma plataforma petrolífera.

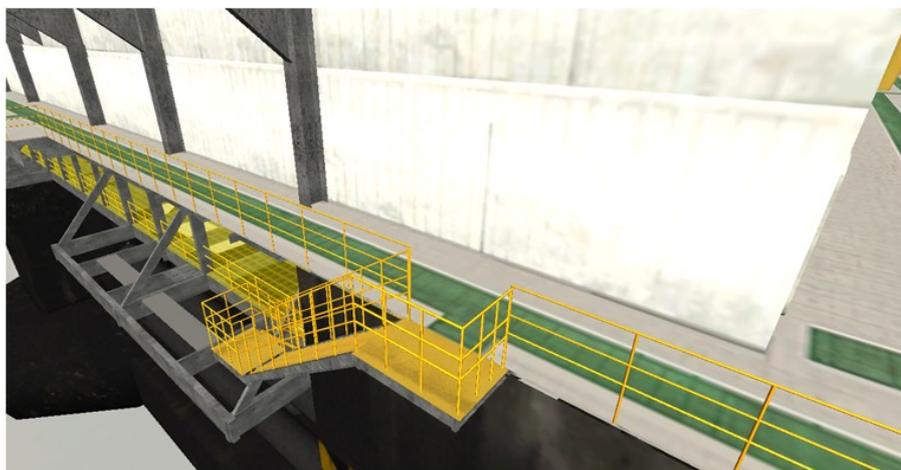
No *Main Deck* se localizam as baleeiras e botes de resgate usados na evacuação da plataforma de petróleo *off-shore*, em caso de uma emergência. As baleeiras estão localizadas no mesmo lado que o heliporto.



O acesso entre o *Upper Deck*, *Tween Deck* e *Main Deck* é realizado através de escadas localizadas na parte interna dos decks. As escadas internas se localizam abaixo do heliporto.



O *Spider Deck* é o deck localizado na parte inferior, não submersa, da plataforma, ficando poucos metros acima do nível do mar. Nesse deck estão localizadas as válvulas da *choke* e as bombas da atalaia. O acesso a este *deck* se dá através de escadas localizadas na parte externa do *Main Deck*, como podemos observar na imagem abaixo.



B.4 – Instruções do Cenário de Uso 1-A para o Usuário do *Desktop*

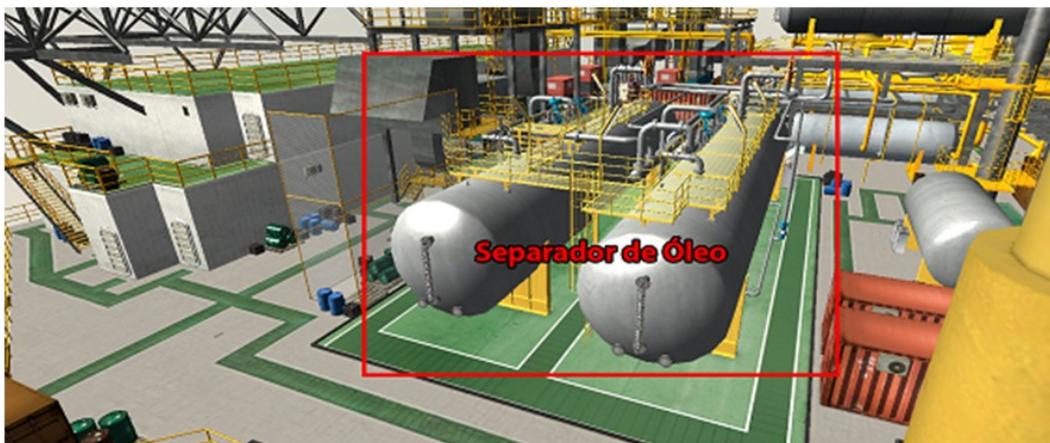
O nosso objetivo na avaliação deste sistema é investigar a interação de usuários típicos em um cenário de uso típico.

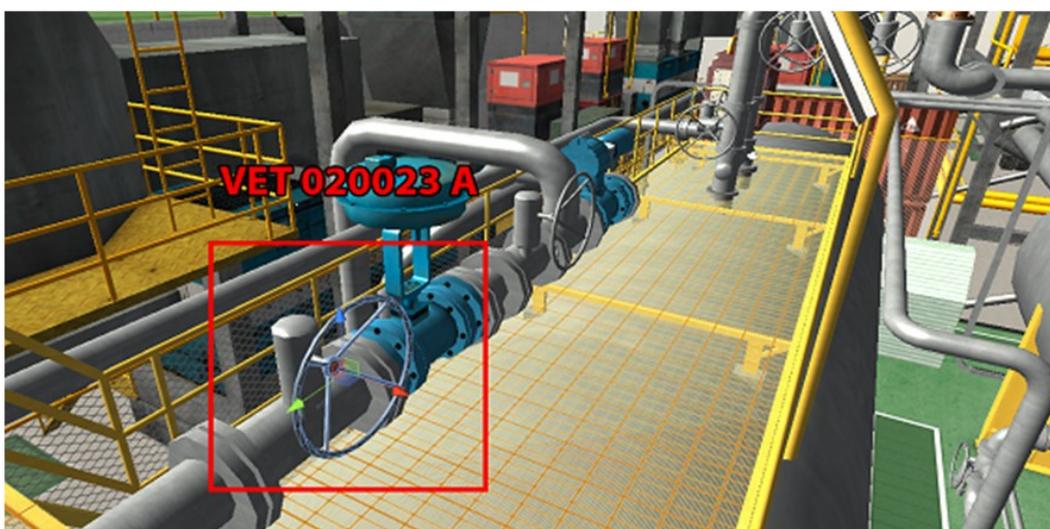
Por isso, você está sendo solicitado(a) a realizar algumas tarefas em um ambiente Desktop utilizando este sistema. Gostaríamos de pedir que você imagine a seguinte situação:

Você está participando de um treinamento em uma plataforma virtual como técnico responsável e deve realizar algumas operações para auxiliar o profissional em treinamento.

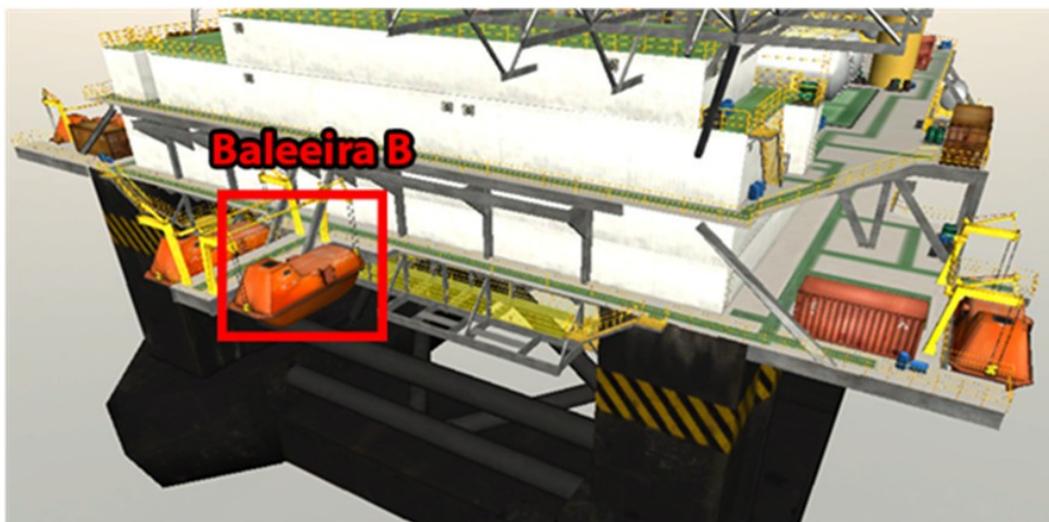
Seu objetivo nesse cenário é colaborar com o usuário imerso e ajudá-lo a completar o objetivo.

*A partir do ponto inicial, você deve seguir até o **Separador de Óleo**, localizado no **Upper Deck** e selecionar a válvula de nome **VET 020023 A**, fazendo-a abrir.*





A seguir, ajude-o a chegar ao **Main Deck** e selecionar a **baleeira B**. As baleeiras são botes de resgate, normalmente com capacidade para 50 pessoas, usados na evacuação da plataforma de petróleo off-shore, em caso de uma emergência.



Após o usuário imerso selecionar a baleeira você verá na tela a mensagem: "Tarefa Concluída!"

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

B.5 - Instruções do Cenário de Uso 1-A para o Usuário da CAVE

O nosso objetivo na avaliação deste sistema é investigar a interação de usuários típicos em um cenário de uso típico.

Por isso, você está sendo solicitado(a) a realizar algumas tarefas em cenários 3D utilizando este sistema. Gostaríamos de pedir que você imagine a seguinte situação:

Você está participando de um treinamento em uma plataforma virtual e deve realizar algumas operações com o auxílio do técnico responsável. Caso tenha dificuldades em realizar a tarefa, você também poderá fazer uso de texto (via *tablet*).

*A partir do ponto inicial, você deve seguir até o **Separador de Óleo**, localizado no **Upper Deck** e selecionar a válvula de nome **VET 020023 A**, fazendo-a abrir.*

*A seguir, dirija-se ao **Main Deck** e selecione a **baleeira B**. As baleeiras são botes de resgate, normalmente com capacidade para 50 pessoas, usados na evacuação da plataforma de petróleo *off-shore*, em caso de uma emergência.*

Após isso você verá na tela a mensagem: “Tarefa Concluída!”.

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

B.6 – Instruções do Cenário de Uso 1-B para o Usuário do *Desktop*

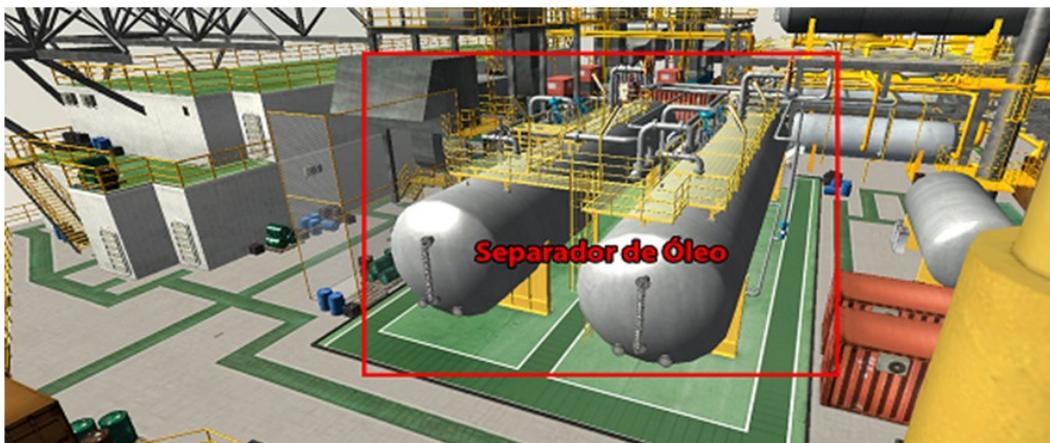
O nosso objetivo na avaliação deste sistema é investigar a interação de usuários típicos em um cenário de uso típico.

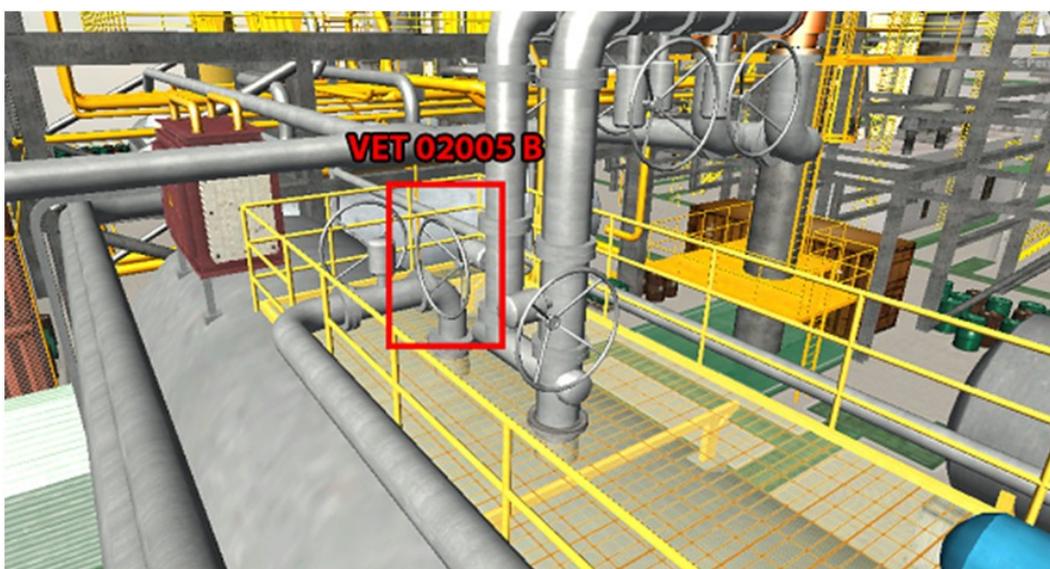
Por isso, você está sendo solicitado(a) a realizar algumas tarefas em um ambiente Desktop utilizando este sistema. Gostaríamos de pedir que você imagine a seguinte situação:

Você está participando de um treinamento em uma plataforma virtual como técnico responsável e deve realizar algumas operações para auxiliar o profissional em treinamento.

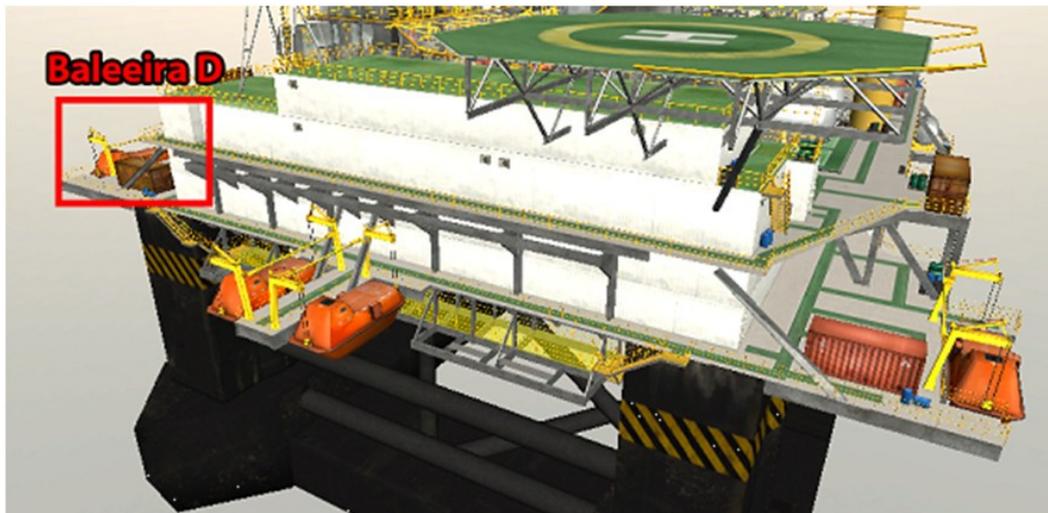
Seu objetivo nesse cenário é colaborar com o usuário imerso e ajudá-lo a completar o objetivo.

A partir do ponto inicial, você deve seguir até o **Separador de Óleo**, localizado no **Upper Deck** e selecionar a válvula de nome **VET 02005 B**, fazendo-a abrir.





A seguir, ajude-o a chegar ao **Main Deck** e selecionar a **baleeira D**. As baleiras são botes de resgate, normalmente com capacidade para 50 pessoas, usados na evacuação da plataforma de petróleo off-shore, em caso de uma emergência.



Após o usuário imerso selecionar a baleeira você verá na tela a mensagem: “Tarefa Concluída!”

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

B.7 - Instruções do Cenário de Uso 1-A para o Usuário da CAVE

O nosso objetivo na avaliação deste sistema é investigar a interação de usuários típicos em um cenário de uso típico.

Por isso, você está sendo solicitado(a) a realizar algumas tarefas em cenários 3D utilizando este sistema. Gostaríamos de pedir que você imagine a seguinte situação:

Você está participando de um treinamento em uma plataforma virtual e deve realizar algumas operações com o auxílio do técnico responsável. Caso tenha dificuldades em realizar a tarefa, você também poderá fazer uso de texto (via tablet).

*A partir do ponto inicial, você deve seguir até o **Separador de Óleo**, localizado no **Upper Deck** e selecionar a válvula de nome **VET 02005 B**, fazendo-a abrir.*

*A seguir, dirija-se ao **Main Deck** e selecione a **baleeira D**. As baleeiras são botes de resgate, normalmente com capacidade para 50 pessoas, usados na evacuação da plataforma de petróleo off-shore, em caso de uma emergência.*

Após isso você verá na tela a mensagem: "Tarefa Concluída!".

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

B.8 - Instruções do Cenário de Uso 2-A para o Usuário do *Desktop*

Gostaríamos que você realizasse mais uma tarefa, agora no papel de técnico responsável, para investigarmos outros aspectos da interação de usuários em ambientes 3D colaborativos. Para isso, gostaríamos de pedir que você imagine a seguinte situação:

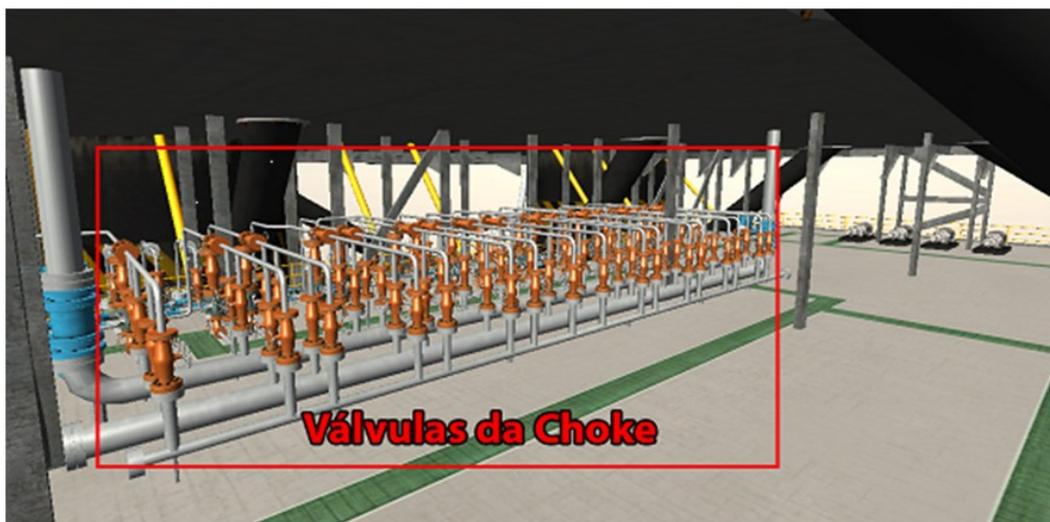
Você está participando de um treinamento em uma plataforma virtual como técnico responsável e deve realizar algumas operações para auxiliar o profissional em treinamento.

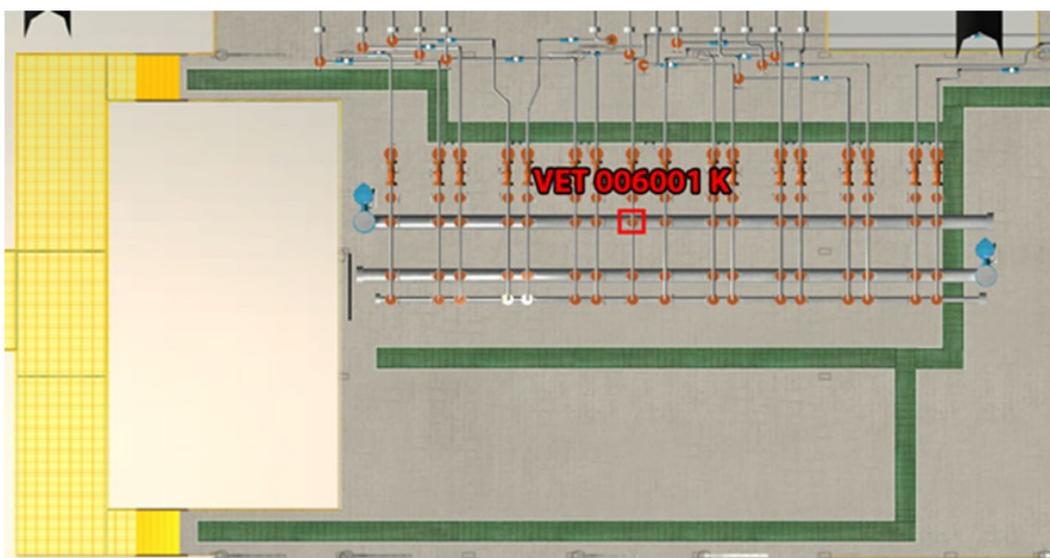
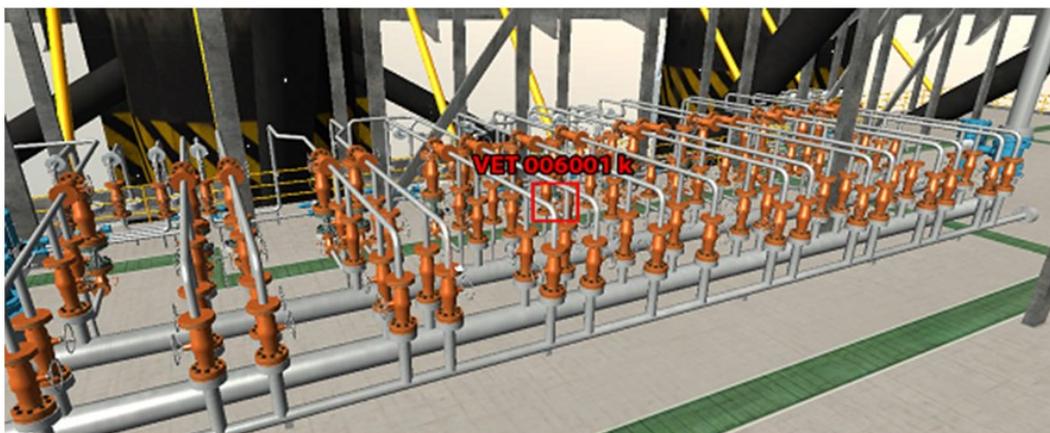
Seu objetivo nesse cenário é colaborar com o usuário imerso e ajudá-lo a completar o objetivo.

*A partir do ponto inicial, você deve ajudá-lo a seguir até às **válvulas da choke**, localizadas no **Spider Deck** e selecionar a válvula de nome **VET 006001 k**, fazendo-a abrir.*

O **Spider Deck** é o deck localizado na parte inferior, não submersa, da plataforma, ficando poucos metros acima do nível do mar. O acesso a este deck se dá através de escadas localizadas na parte externa do **Main Deck**.

As **válvulas da choke**, equipamento que ocupa a maior parte do espaço do Spider Deck, têm como função controlar o fluxo de petróleo que vem dos poços.





A seguir, indique o caminho até a **sala de controle A**, no **Upper Deck**, e à estação de trabalho responsável pelo **spider deck** para verificar se a válvula foi aberta corretamente e a pressão no duto.



Após o usuário imerso selecionar a estação de trabalho e a pressão for checada você verá na tela a mensagem: "Tarefa Concluída!".

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

B.9 - Instruções do Cenário de Uso 2-A para o Usuário da CAVE

Gostaríamos que você realizasse mais uma tarefa, agora no papel de usuário em treinamento, para investigarmos outros aspectos da interação de usuários em ambientes 3D colaborativos. Para isso, gostaríamos de pedir que você imagine a seguinte situação:

Você está participando de um treinamento em uma plataforma virtual e deve realizar algumas operações com o auxílio do técnico responsável. Caso tenha dificuldades em realizar a tarefa, você também poderá fazer uso de texto (via tablet).

*A partir do ponto inicial, você deve seguir até às **válvulas da choke**, localizadas no **Spider Deck** e selecionar a válvula de nome **VET 006001 k**, fazendo-a abrir.*

O **Spider Deck** é o deck localizado na parte inferior, não submersa, da plataforma, ficando poucos metros acima do nível do mar. O acesso a este deck se dá através de escadas localizadas na parte externa do **Main Deck**.

As **válvulas da choke**, equipamento que ocupa a maior parte do espaço do Spider Deck, têm como função controlar o fluxo de petróleo que vem dos poços.

*A seguir, dirija-se a **sala de controle A** no **Upper Deck** e selecione a estação de trabalho responsável pelo Spider Deck para verificar se a válvula foi aberta corretamente e a pressão no duto.*

Após isso você verá na tela a mensagem: "Tarefa Concluída!"

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

B.10 - Instruções do Cenário de Uso 2-B para o Usuário do *Desktop*

Gostaríamos que você realizasse mais uma tarefa, agora no papel de técnico responsável, para investigarmos outros aspectos da interação de usuários em ambientes 3D colaborativos. Para isso, gostaríamos de pedir que você imagine a seguinte situação:

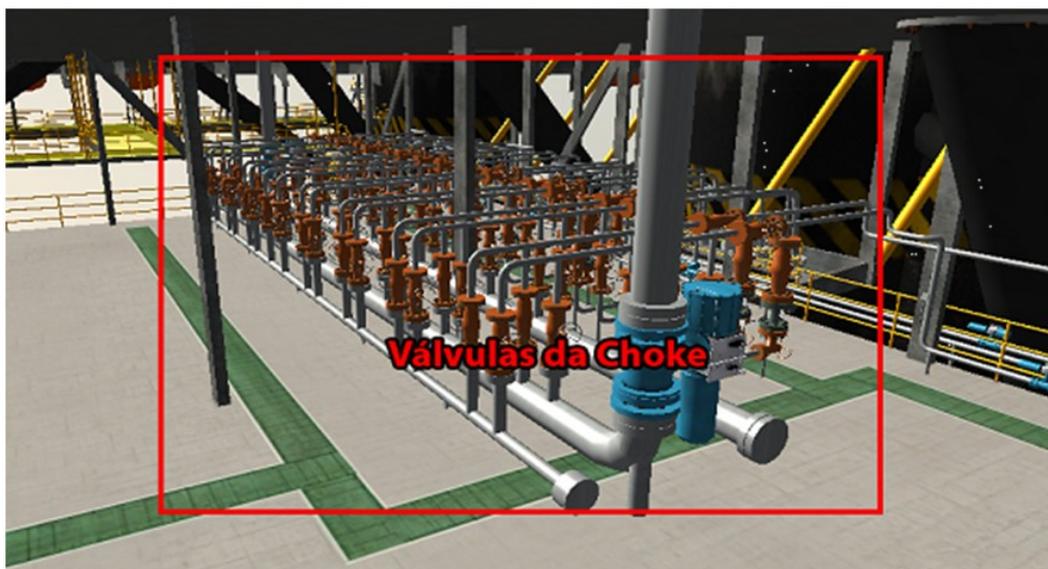
Você está participando de um treinamento em uma plataforma virtual como técnico responsável e deve realizar algumas operações para auxiliar o profissional em treinamento.

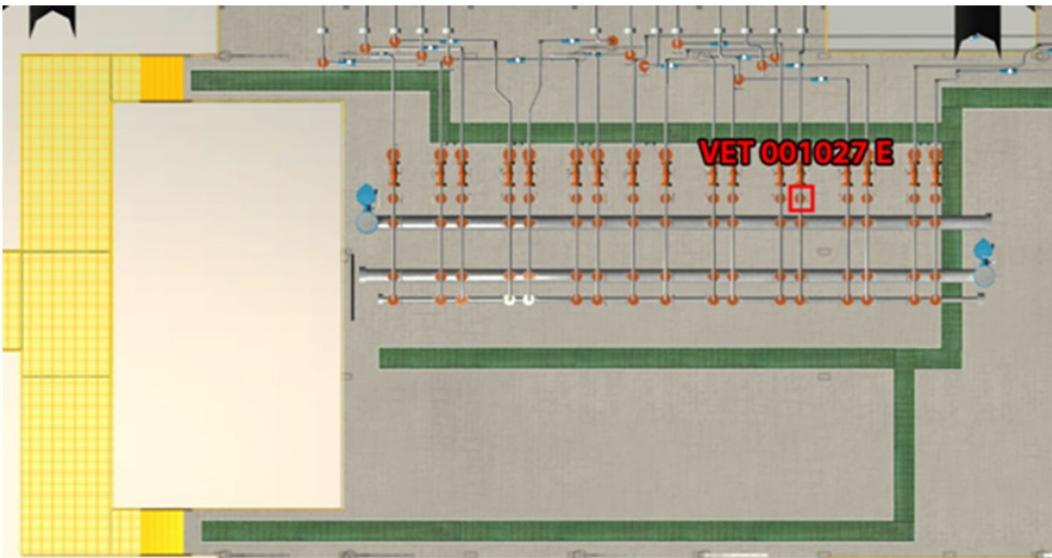
Seu objetivo nesse cenário é colaborar com o usuário imerso e ajudá-lo a completar o objetivo.

*A partir do ponto inicial, você deve ajudá-lo a seguir até às **válvulas da choke**, localizadas no **Spider Deck** e selecionar a válvula de nome **VET 001027 E**, fazendo-a abrir.*

O **Spider Deck** é o deck localizado na parte inferior, não submersa, da plataforma, ficando poucos metros acima do nível do mar. O acesso a este deck se dá através de escadas localizadas na parte externa do **Main Deck**.

As **válvulas da choke**, equipamento que ocupa a maior parte do espaço do Spider Deck, têm como função controlar o fluxo de petróleo que vem dos poços.





A seguir, indique o caminho até a **sala de controle D no Upper Deck** e à estação de trabalho responsável pelo **spider deck** para verificar se a válvula foi aberta corretamente e a pressão no duto.



Após o usuário imerso selecionar a estação de trabalho e a pressão for checada você verá na tela a mensagem: "Tarefa Concluída!".

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

B.11 - Instruções do Cenário de Uso 2-B para o Usuário da CAVE

Gostaríamos que você realizasse mais uma tarefa, agora no papel de usuário em treinamento, para investigarmos outros aspectos da interação de usuários em ambientes 3D colaborativos. Para isso, gostaríamos de pedir que você imagine a seguinte situação:

Você está participando de um treinamento em uma plataforma virtual e deve realizar algumas operações com o auxílio do técnico responsável. Caso tenha dificuldades em realizar a tarefa, você também poderá fazer uso de texto (via tablet).

*A partir do ponto inicial, você deve seguir até às **válvulas da choke**, localizadas no **Spider Deck** e selecionar a válvula de nome **VET 001027 E**, fazendo-a abrir.*

O **Spider Deck** é o deck localizado na parte inferior, não submersa, da plataforma, ficando poucos metros acima do nível do mar. O acesso a este deck se dá através de escadas localizadas na parte externa do **Main Deck**.

As **válvulas da choke**, equipamento que ocupa a maior parte do espaço do Spider Deck, têm como função controlar o fluxo de petróleo que vem dos poços.

*A seguir, dirija-se a **sala de controle D** no **Upper Deck** e selecione a estação de trabalho responsável pelo Spider Deck para verificar se a válvula foi aberta corretamente e a pressão no duto. Após isso e você verá na tela a mensagem: “Tarefa Concluída!”.*

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

B.12 - Questionário Pós-uso – Usuário Desktop – Áudio

Participante #_____

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

Nas questões 1 a 3 marque um X de acordo com a escala que representa o seu grau de concordância com a afirmação.

- 1) Foi fácil dar instruções ao usuário em treinamento.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; height: 15px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente		Completamente																

- 2) O usuário em treinamento teve dificuldades em realizar a tarefa.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; height: 15px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente		Completamente																

- 3) Realizei minha tarefa de forma eficiente.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; border-right: 1px solid black; height: 15px;"></td> <td style="width: 12.5%; height: 15px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente		Completamente																

B.13 - Questionário Pós-uso – Usuário Desktop – Áudio e Técnicas

Participante #_____

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

Nas questões 1 a 5 marque um X de acordo com a escala que representa o seu grau de concordância com a afirmação.

- 1) Foi fácil dar instruções ao usuário em treinamento.

Discordo **Concordo**
Completamente 1 2 3 4 5 6 7 **Completamente**

- 2) O usuário em treinamento teve dificuldades em realizar a tarefa.

Discordo **Concordo**
Completamente 1 2 3 4 5 6 7 **Completamente**

- 3) Considero que técnica de Highlight facilitou a interação do usuário em treinamento.

Discordo **Concordo**
Completamente 1 2 3 4 5 6 7 **Completamente**

- 4) Considero que a técnica de Wayfinding facilitou a interação do usuário em treinamento.

Discordo **Concordo**
Completamente 1 2 3 4 5 6 7 **Completamente**

- 5) Realizei minha tarefa de forma eficiente.

Discordo **Concordo**
Completamente 1 2 3 4 5 6 7 **Completamente**

B.14 - Questionário Pós-uso – Usuário CAVE – Áudio

Participante #_____

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

Nas questões 1 a 7 marque um X de acordo com a escala que representa o seu grau de concordância com a afirmação.

1) Foi fácil navegar no ambiente.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente							Completamente											

2) Foi fácil selecionar objetos no ambiente.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente							Completamente											

3) Foi fácil realizar as tarefas com o auxílio do técnico através de áudio.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente							Completamente											

4) Fiz uso frequente do auxílio do técnico.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente							Completamente											

5) Sem o auxílio do técnico seria impossível completar a tarefa.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente							Completamente											

6) Precisei recorrer ao uso do texto para completar a tarefa.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente							Completamente											

7) Senti-me confortável com o sistema.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 20px; height: 20px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente							Completamente											

B.15 - Questionário Pós-uso – Usuário CAVE – Áudio e Técnicas

Participante # _____

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

Nas questões 1 a 10 marque um X de acordo com a escala que representa o seu grau de concordância com a afirmação.

- 1) Foi fácil navegar no ambiente.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente							Completamente											

- 2) Foi fácil selecionar objetos no ambiente.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente							Completamente											

- 3) Foi fácil realizar as tarefas com o auxílio do técnico através de áudio.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente							Completamente											

- 4) O uso da técnica Highlight facilitou a realização das tarefas.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente							Completamente											

- 5) O uso da técnica Wayfinding facilitou a realização das tarefas.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente							Completamente											

- 6) Fiz uso frequente do auxílio do técnico.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo Com-
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente							pletamente											

- 7) Sem o auxílio do técnico seria impossível completar a tarefa.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo Com-
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente							pletamente											

- 8) Sem o auxílio das técnicas Highlight e Wayfinding seria impossível completar a tarefa.

Discordo	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> <td style="border: 1px solid black; width: 15px; height: 15px;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">2</td> <td style="text-align: center;">3</td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">5</td> <td style="text-align: center;">6</td> <td style="text-align: center;">7</td> <td></td> </tr> </table>									1	2	3	4	5	6	7		Concordo Com-
1	2	3	4	5	6	7												
Completamente							pletamente											

- 9) Precisei recorrer ao uso do texto para completar a tarefa.

Discordo							Concordo Com-
Completamente	1	2	3	4	5	6	pletamente

- 10) Senti-me confortável com o sistema.

Discordo							Concordo Com-
Completamente	1	2	3	4	5	6	pletamente

B.16 - Entrevista Semiestruturada

Tópicos a serem abordados:

- 1) De uma forma geral, o que o participante achou do teste?
- 2) Pedir que o participante esclareça as pontuações negativas, caso existam, nos questionários pós-uso.
- 3) Perguntar ao participante se ele possui sugestões de melhoria para os fatores negativos.
- 4) Pedir que o participante esclareça a diferença entre o uso e não uso das técnicas de interação 3D.
- 5) Pedir que o participante esclareça em qual situação sentiu-se mais eficiente?
- 6) Perguntar ao participante se ele sentiu algum sintoma de vertigem.