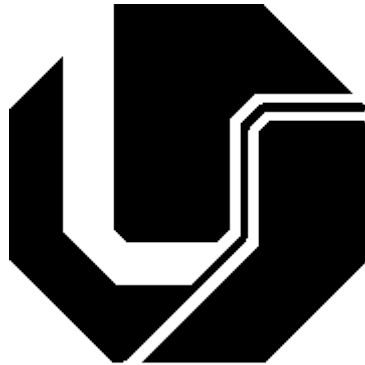


UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA



**Uma Proposta de Camadas de Objetos de Interface para
Realidade Virtual**

Alexandre Carvalho Silva

Fevereiro

2014

Uma Proposta de Camadas de Objetos de Interface para Realidade Virtual

Alexandre Carvalho Silva

Texto apresentado à Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Prof. Alexandre Cardoso, Dr.

Orientador

Prof. Edgard A. Lamounier Jr, PhD.

Co-orientador

Prof. Edgard A. Lamounier Jr, PhD.

Coordenador do curso de Pós-Graduação

- S586p
2014 Silva, Alexandre Carvalho, 1987-
 Uma proposta de camadas de objetos de interface para realidade virtual /
 Alexandre Carvalho Silva. - 2014.
 83 p. : il.
 Orientador: Alexandre Cardoso.
 Coorientador: Edgard A. Lamounier Jr.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Programa
 de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.
 Inclui bibliografia.
1. Engenharia elétrica - Teses. 2. Realidade virtual - Teses. I. Cardoso, Ale-
 xandre, 1964- II. Lamounier Júnior, Edgard Afonso, 1964- III. Universidade
 Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.
 IV. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA ELÉTRICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Uma Proposta de Camadas de Objetos de Interface para Realidade Virtual

Alexandre Carvalho Silva

Texto apresentado à Universidade Federal de Uberlândia, perante a banca de examinadores abaixo, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Banca Examinadora:

Prof. Alexandre Cardoso, Dr. – Orientador (UFU)

Prof. Edgard Afonso Lamounier Jr, PhD – Co-orientador (UFU)

Prof. Keiji Yamanaka, PhD (UFU)

Prof. Romero Tori, Dr. (USP)

Paulo Roberto Moreira do Prado (CEMIG)

Agradecimentos

Ao meu pai Orlando Silva e minha mãe Joanã Darc Carvalho Silva por serem meus primeiros “orientadores” e pelo apoio proporcionado em todas as etapas de minha vida.

A minha irmã Cristiane de Cássia por ser referência em minha vida acadêmica

A minha namorada Ligia Christine pelo apoio, incentivo e principalmente compreensão que teve durante esse desafio.

Aos meus amigos do Lab-CG UFU, por toda ajuda durante este período.

Ao meu orientador Professor Alexandre Cardoso, por toda ajuda, confiança e por me mostra sempre o caminho correto a se seguir.

Ao Professor Edgard Afonso Lamounier Jr por sua sabedoria e coerência durante as orientações.

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, em especial os professores e secretária Cinara Fagundes, pelo suporte prestado.

A toda equipe da empresa CGWorks, pelo companheirismo durante o desenvolvimento do trabalho.

Obrigado!

Financiadores

Este trabalho foi financiado pelo Projeto de Pesquisa e Desenvolvimento – P&D Cemig/Aneel – GT411, de parceria entre a Cemig Geração e Transmissão com a Universidade Federal de Uberlândia e por bolsa de demanda social da Capes. Sinceros Agradecimentos da Equipe de desenvolvimento e deste pesquisador.

Resumo

SILVA, Alexandre C. *Uma Proposta de Camadas de Objetos de Interface para Realidade Virtual*, Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica – UFU, 2014.

Palavras-chave: Imersão, Interfaces de Controle e Realidade Virtual

Um dos aspectos fundamentais dos ambientes de Realidade Virtual é a Imersão, característica responsável pela sensação ou sentimento de presença do usuário nos mesmos. Por vezes, em tais ambientes, widgets (elementos de interface) comuns a interfaces bidimensionais são utilizadas para prover mecanismos de interação. Entretanto, devido à peculiar diferença de natureza inerentes aos paradigmas bidimensionais e tridimensionais, tais rotinas podem provocar redução da sensação de Imersão ao usuário. Neste contexto, este trabalho propõe uma estratégia de construção de camadas com uso de objetos de interface para a supervisão, visualização e controle, associadas a Sistemas de Realidade Virtual, visando prover maior sensação de Imersão durante a equivalente utilização. Como prova de conceito, tais estratégias foram integradas a sistema de Realidade Virtual para monitoramento e controle, em tempo real, de subestação de Energia Elétrica de uma concessionária (Cemig) que suporta as estratégias elaboradas.

Abstract

SILVA, Alexandre C.; A Proposal Layer Object Interface for Virtual Reality Systems, Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica – UFU, 2014.

Keywords: Immersion, Control Interfaces and Virtual Reality

A key aspect present in Virtual Reality-based environments is immersion, a feature responsible for the user's sensation or feeling of presence in this environment. Sometimes, in those environments, common to two-dimensional interface widgets (interface elements) are used to provide interaction mechanisms. However, due the peculiar nature differences inherent to the distinct paradigms, those routines may cause a decreased immersion sense for the user. In this context, this work propose a layer building strategy using interface objects for supervision, visualization and control, associated to Virtual Reality systems, aiming to provide a greater immersion in the equivalent use. As proof of concept, those strategies were integrated to Virtual Reality systems to monitoring and real-time control of an Electric Power substation of a concessionaire (Cemig) which supports the elaborated strategies.

Publicações

São publicações resultantes deste trabalho:

1. Silva, A.C.; Cardoso, A; Lamounier Jr., E.A.; Prado, P.R.M.; Ferreira, J.N. **Adequação de uma Engine de Jogos Visando a Construção de Sistemas de Realidade Virtual para o Treinamento de Operadores e Controle de Subestações de Energia Elétrica.** In: Anais do Simpósio Brasileiro de Games - Workshop de Realidade Virtual e Aumentada aplicada a Games – SBGames 2013, 2013, São Paulo, SP, Brasil.
2. Silva, A.C.; Cardoso, A; Lamounier Jr., E.A.; Prado, P.R.M.; Ferreira, J.N. **Uso da Engine de Jogos Unity3D para Sistemas de Realidade Virtual Aplicado à Monitoramento e Controle de Subestações de Energia Elétrica.** In: Anais do X workshop de Realidade Virtual e Aumentada – WRVA'2013, 2013, Jataí, GO, Brasil.
3. Cardoso, A, Lamounier, E. A., Silva, A. C.; Oliveira, L. C., Prado, P.R.M.; Ferreira, J.N. **VRCEMIG: a Virtual Reality System for Real Time Control of Electric Substations.** In: IEEE Virtual Reality, 2013, Orlando - Florida. Research Demonstrations – RD1, 2013.

Sumário

Introdução	1
1.1 Contextualização e Motivação	1
1.2 Objetivos e Metas	3
Fundamentos	5
2.1 Introdução.....	5
2.2 Realidade Virtual.....	5
2.2.1 Definições.....	5
2.2.2 Classificações de Realidade Virtual	6
2.2.3 Realidade Virtual aplicada em Simulações Visuais	7
2.2.4 Interação 3D	8
2.2.4.1 Manipulação e Seleção	8
2.2.4.2 Navegação	9
2.2.4.3 Controle do Sistema	9
2.2.4.4 Entradas Simbólicas	9
2.3 Visualização da Informação.....	10
2.3.1 Conceitos.....	10
2.3.2 Técnicas de Visualização	10
2.4 Design de Interfaces.....	11
2.4.1 Design Centrado no Usuário	11
2.4.2 Princípios de Design	12
2.4.2.1 Princípio da Proximidade	12
2.4.2.2 Visibilidade, Feedback e Proeminência Visual	13
2.4.2.3 Hierarquia.....	13
2.4.2.4 Modelos Mentais e Metáforas.....	14
2.4.2.5 Disponibilidade e Confirmação	14
2.4.2.6 Lei de Fitt.....	14
2.5 Considerações Finais	15

Trabalhos Correlatos	16
3.1 Introdução.....	16
3.2 MineInside	16
3.3 Virtual Reality Training Applications for the Mining Industry	18
3.4 Designing a Game for Occupational Health.....	19
3.5 A Dual-Mode User Interfaces.....	20
3.6 Resumo Comparativo dos Trabalhos Analisados.....	22
 Arquitetura e Desenvolvimento do Sistema	 24
4.1 Introdução.....	24
4.2 Descrição do SRV para Monitoramento e Controle de subestações de Energia Elétrica.	24
4.2.1 Arquitetura de Atualização do SRV	25
4.3 Tecnologias de Apoio	26
4.3.1 3D Studio Max	27
4.4 Modelagem UML	30
4.4.1 Casos de Uso	31
4.4.2 Descrição dos Atores.....	32
4.4.3 Descrição dos Casos de Uso	32
4.5 Diagrama de Classes	36
4.6 Diagrama de Estado	37
 Elaboração da Estratégia de Representação e Interação com os Objetos de Interface	 39
5.1 Introdução.....	39
5.2 Descrição da Estratégia.....	39
5.3 Elaboração da Estratégia	40
5.3.1 Representação e Interação do <i>Menu</i>	40
5.3.2 Representação e Interação do Sub <i>Menu</i>	42
5.3.3 Representação e Interação de Interface Alternativa de Controle	46
5.3.4 Representação e Interação com Janelas de Controle e de Apresentação de Dados	47
5.3.5 Apresentação e Interação das Camadas de Conteúdo	48

5.3.6 Ícones	50
5.4 Considerações Finais	51
Análise da Estratégia	52
6.1 Introdução.....	52
6.2 Critérios de Análise	52
6.2.1 Reação à utilização do Sistema	53
6.2.2 Interface de Controle – Widgets 2D	53
6.2.3 Camadas de Conteúdo	54
6.2.4 Formas de Navegação	55
6.2.5 Capacidades e Aprendizagem da Interface	55
6.2.6 Imersão	55
6.2.7 Visualização Esterescópica.....	56
6.3 Relatos Finais	56
Conclusões e Trabalhos Futuros.....	57
7.1 Introdução.....	57
7.2 Conclusões	57
7.3 Trabalhos Futuros	59
Referências Bibliográficas.....	60
Apêndice I	64
Apêndice II	68

Lista de Figuras

Figura 1– Sistema de Treinamento em Normas de Segurança Para Manutenções de Redes Elétricas (Morais et.al., 2013).....	7
Figura 2 – Interface Ribbon do Microsoft Word (Microsoft, 2013).	13
Figura 3 – Tela de Operação do MineInside (Coelho, Coelho & Cardoso, 2011)	17
Figura 4 – Virtual Reality Training Applications for the Mining Industry, WYK (2009)	18
Figura 5– Designing a Game for Occupational Health and Safety in the Construction Industry. (Greuter, 2012)	20
Figura 6 – Interface Tradicional (Jankowski & Decker, 2012)	21
Figura 7 - Proposta de estratégia de integração (Jankowski & Decker, 2012).....	21
Figura 8 - Consulta das informações de estado de um transformador via Webservice	25
Figura 9- Diagrama de Componentes	26
Figura 10- Modelo Virtual do Reator Shunt	28
Figura 11 - Construção da Cena referente à Subestação de Emborcação	29
Figura 12 - MonoDevelop	30
Figura 13 – Diagrama de Casos de Uso	31
Figura 14 – Diagrama de classes do sistema	36
Figura 15 – Diagrama de estado.....	37
Figura 16-A – Menu em momento de utilização	41
Figura 16-B – Menu em momento de inatividade	42
Figura 17 – Sub Menu referente a troca de navegação.	42
Figura 18 – Representação dos botões e mecanismo de ativação da interface alternativa ...	43
Figura 19 – Visão em Primeira Pessoa	43
Figura 20 – Visão em Terceira Pessoa	44
Figura 21 – Visão de Topo ou Visão Geral	44
Figura 22 – Visão Lateral.....	45
Figura 23 – Visão Frontal	45

Figura 24 – Mini Mapa para acesso rápido	46
Figura 25 – Interface Alternativa em uso	46
Figura 26 – Interface alternativa ativa, mas sem utilização.....	47
Figura 27 – Interface alternativa ativa, mas sem utilização.....	48
Figura 28 – Apresentação do Sub Menu com suas camadas desativadas	48
Figura 29 – Apresentação do Sub Menu com suas camadas ativas.....	49
Figura 30 – Camada “rótulo” ativa	49
Figura 31 – Camada “envoltória” ativa	50
Figura 32 – Confusão Visual entre menu e janela de apresentação de dados.	54

Lista de Tabelas e Quadros

Tabela 1 – Quadro comparativo entre os trabalhos correlatos.....23

Quadro 1 - Atores do sistema.....32

Quadro 2 - Descrição do caso de uso “Navegar no SRV”32

Quadro 3 - Descrição do Caso de Uso “Alterar Formas de Navegação”33

Quadro 4 - Descrição do Caso de Uso “Alterar Status das Camadas de Conteúdo”33

Quadro 5 - Descrição do Caso de Uso “Monitorar Estado dos Equipamentos”34

Quadro 6 - Descrição do Caso de Uso “Consultar Estado dos Equipamentos”34

Quadro 7 - Descrição do Caso de Uso “Atuar sobre o Estado dos Equipamentos”35

Quadro 8 - Descrição do Caso de Uso “Enviar Comandos de Controle”35

Lista de Abreviaturas

WINP	Windows, Icons, Menus e Pointers
RV	Realidade Virtual
SRV	Sistema de Realidade Virtual
IHC	Interface Homem Computador
RA	Realidade Aumentada
IN	Interação Natural
DCU	Design Centrado ao Usuário
XML	eXtensible Markup Language
CEMIG	Companhia Energética de Minas Gerais

Capítulo 1

Introdução

1.1 Contextualização e Motivação

O desenvolvimento de sistemas computacionais é uma atividade complexa que procura atender às necessidades de vários campos da atuação humana. Ao longo da história foram sugeridas várias maneiras de interagir com esses sistemas, desde a manipulação de chaves eletromecânicas até o desenvolvimento de interfaces baseadas em técnicas de Realidade Virtual (RV) (Nunes, Radicchi & Botega, 2011).

Com a evolução e disseminação dos computadores pessoais a demanda por metodologias específicas para Interface Homem Computador (IHC) teve um aumento significativo, sendo que os usuários passaram a necessitar de interfaces que valorizassem sua produtividade, sendo mais intuitivas e/ou de fácil manipulação (Rogers, Sharp & Preece, 2011)

Na intenção de desenvolver um modelo de interface de operação ideal, que satisfaça completamente os requisitos de usabilidade e naturalidade durante o processo de ação, surgiu a Realidade Virtual (Tori, Kirner & Siscoutto, 2006).

Existem várias definições para o termo, podendo envolver aspectos gerais e/ou tecnológicos. Para Kirner e Ferraz (2006), é uma interface avançada do usuário para acessar aplicações executadas no computador, tendo como característica a movimentação e a interação em ambientes tridimensionais podendo ser enriquecida pelo estímulo dos sentidos do tato e da audição.

Já, Byrne (2009), complementa que RV é uma tecnologia computacional que oferece a ilusão ao usuário de estar imerso em um espaço tridimensional, com a habilidade de interagir com este espaço 3D.

Tori (2011), define imersão como um o conceito fundamental da RV, relacionando com a sensação do usuário de estar dentro do ambiente sintético. Quanto menos o participante se sentir no mundo real, e mais se perceber estando no ambiente virtual, maior será a imersão. Mesmo sem o uso de equipamentos sofisticados pode-se ter a experiência de imersão em ambientes virtuais interagindo via mouse, teclado e monitor.

Sob este contexto, a RV tornou-se uma técnica para quebrar a barreira de interação no espaço 2D, permitindo ao usuário manipular informações de forma semelhante ao mundo real sendo favorecido pela sensação de imersão. Assim, elaborar estratégias que maximizem o fator de imersão em um sistema de RV pode promover melhorias no processo de envolvimento do usuário com seu objeto de manipulação, em especial quando estas estratégias estão relacionadas às interfaces de controle bidimensionais do sistema – *widgets 2D* (Landberg, 2000).

Widgets 2D são suportadas pelo uso de um estilo de interação específica, WIMP (*Windows, Icons, Menus e Pointers*) (Rogers, Sharp & Preece, 2011). Este estilo de interação é frequentemente utilizado em sistemas de RV imersivos e semi-imersivos, no entanto, sua adaptação não é uma tarefa trivial, podendo não ser eficaz em todas as situações, devido à aspectos relacionados a usabilidade, dispositivos de entrada e saída e imersão (Bowman et al., 2011).

Perante a necessidade de desenvolver mecanismos que favoreçam a imersão durante o uso dos Sistemas de Realidade Virtual (SRV), e os possíveis impactos causados pelas interfaces de controle nos aspectos associados a imersão, a motivação central deste trabalho consiste em prover mecanismos que possibilitem a continuidade da sensação de imersão em relação as perdas causadas pela falta de integração do ambiente virtual 3D com widgets 2D, gerando confronto de paradigmas durante todo período de utilização do SRV. No capítulo de trabalhos correlatos pode-se observar este cenário.

1.2 Objetivos e Metas

O objetivo básico deste trabalho é propor uma estratégia, com uso de objetos de interface (widgets), para capacitar a visualização da informação, a navegação e o controle em Interfaces de Sistemas de Realidade Virtual - SRV. Os pilares desta proposta relacionam-se com a integração dessas widgets ao ambiente virtual 3D, provendo condições de modificação e adequação das mesmas no contexto de utilização do sistema pelo usuário final.

Considerando os aspectos fundamentais de SRV, são objetivos específicos deste trabalho:

1. Propor formas e métodos de representar e interagir com as widgets, peculiares a interfaces do tipo Windows, que favoreçam imersão em ambientes virtuais;
2. Conceber um SRV que suportará e servirá como prova de conceito à estratégia elaborada;
3. Validar as formas e métodos propostos junto a usuários finais.

Para a concretização deste objetivo, foram traçadas as seguintes metas:

1. Pesquisar e investigar estratégias utilizadas para elaboração de interfaces de controle em SRV;
2. Realizar um estudo em SRV sobre as principais formas de apresentar e interagir com interfaces de controle bidimensionais, enfatizando os seguintes aspectos: a) integração do conteúdo 2D com 3D; b) interfaces alternativas de controle; c) apresentação de conteúdo por meio de camadas; d) clareza na visualização das informações;
3. Propor um SRV para simulação, monitoramento e controle em tempo real de subestações de Energia Elétrica;
4. Elaborar métodos e estilos que transmitam a sensação de junção das *widgets* 2D ao ambiente 3D;
5. Realizar análises de usabilidade e formulários de avaliação e observação.

Esta dissertação é estruturada em sete capítulos distribuídos da seguinte forma.

O primeiro capítulo refere-se à contextualização, objetivos e metas apresentados anteriormente. O segundo capítulo apresenta conceitos de Realidade Virtual, Visualização da Informação e Design. O terceiro capítulo apresenta os trabalhos relacionados ao tema proposto, demonstrando a relevância desta pesquisa. O quarto capítulo relata a arquitetura utilizada para implementação do sistema. O quinto capítulo apresenta as partes principais para o desenvolvimento da estratégia proposta. O sexto capítulo refere-se à análise da estratégia, relatando aspectos observados no usuário.

E finalmente no sétimo capítulo são apresentados conclusões e trabalhos futuros desta pesquisa.

Capítulo 2

Fundamentos

2.1 Introdução

Neste capítulo serão abordados tópicos que fundamentam a pesquisa sobre Realidade Virtual, Visualização da Informação, Design de Interfaces e Interação em SRV.

2.2 Realidade Virtual

2.2.1 Definições

Existem muitas definições de RV desenvolvidas por diversos autores envolvendo vários aspectos. Um dos mais aceitos é: “uma interface avançada para aplicações computacionais, que permite ao usuário a movimentação (navegação) e interação em tempo real, em um ambiente tridimensional, podendo fazer uso de dispositivos multissensoriais, para atuação ou feedback.” (Kirner, Tori e Siscoutto, 2006).

Já Cardoso e Lamounier (2006), definem a RV como uma tecnologia que combina computadores de alto desempenho, programas e periféricos especializados que permitem a manipulação de objetos gráficos em um ambiente gráfico de aparência realística, e ainda apontam a possibilidade de criação de uma interface homem-máquina poderosa que oferece interação, navegação e imersão em um ambiente virtual podendo fazer uso de canais multissensoriais de visão, audição, tato, olfato ou paladar.

Um aspecto importante desta tecnologia é a interação com o usuário, que leva em consideração a capacidade do computador reagir e responder às ações do usuário, sendo que alterações sejam feitas na aplicação (Bowman et. al, 2005).

Diversas são as formas de se atuar em um ambiente virtual e a navegação representa uma das interações possíveis mais simples. A navegação é responsável pela movimentação do personagem dentro da cena para uma completa visualização e exploração do ambiente. A navegação por si só não aplica modificações, mas possibilita a visualização de novos pontos de vista no ambiente. Manipulações e interações com alterações ocorrem quando o usuário entra no espaço virtual, visualiza e exerce algum tipo de modificação, como por exemplo, a rotação ou a posição de um objeto e a iluminação da cena (Kirner & Siscoutto, 2007).

Uma aplicação feita a partir dos conceitos propostos pela RV possibilita ao usuário atuar de forma intuitiva e manipular os objetos virtuais. Ele também pode desencadear eventos e animações que podem ser visualizadas e analisadas. Essa interação pode ser realizada através de dispositivos tecnológicos especiais, como por exemplo, capacetes especiais, luvas, leitores gestuais, comando de voz, ou até mesmo com dispositivos convencionais como teclado, mouse e um monitor comum. Independentemente da interface, é importante que o usuário seja capaz de manipular o espaço e executar atividades em tempo real. O tempo de resposta também é importante para que o usuário tenha a sensação de manipulação em tempo real e por isso, a máquina responsável por executar a aplicação deve ser capaz de fazê-lo com taxas consideráveis de renderização por segundo (Kirner & Siscoutto, 2007).

2.2.2 Classificações de Realidade Virtual

De acordo com Kirner, Tori & Siscoutto (2006), o sentido da visão é predominantemente utilizado em aplicações de Realidade Virtual, mas outros sentidos, como tato, audição, entre outros também podem ser explorados para enriquecer a experiência do usuário. ARRUDA et. al. (2008) confirma que a classificação da Realidade Virtual pode ser feita em função do senso de presença do usuário com o uso de uma aplicação separando a Realidade Virtual em Imersiva e Semi-Imersiva. CARDOSO et. al. (2007) ainda esclarece que para se classificar os tipos de Realidade Virtual, é preciso levar em consideração o uso ou não de dispositivos multissensoriais.

2.2.3 Realidade Virtual aplicada em Simulações Visuais

A RV pode ser utilizada para a visualização de eventos, propriedades e comportamentos presentes em uma simulação. Ao mesmo tempo, uma simulação pode integrar a tecnologia da RV para demonstrar comportamentos específicos. Geralmente, um sistema de RV procura reproduzir características presentes no mundo real. Essas mesmas características devem ser obtidas através de simulações que podem ser realizadas por meio de SRV, definindo-se ações sobre objetos específicos ou sobre todo o ambiente. A física, o movimento e a colisão entre objetos exemplificam a simulação de comportamentos apresentadas em um ambiente virtual (Kirner & Siscoutto, 2008).

O uso da RV para o monitoramento de dados e comportamentos presentes em uma simulação é possível e muito útil. Nesse caso, a RV é utilizada como um módulo da simulação possibilitando análises visuais. Este módulo pode ser complexo e apresentar funções voltadas para uma visualização realística e interativa de uma simulação. Para que isso aconteça, os objetos 3D devem ser modelados em uma ferramenta de autoria e, posteriormente, ser integrado ao simulador. Ainda é necessária uma interface especial que possibilita visualizações interativas, além da possibilidade de alteração de parâmetros que definem aspectos da simulação (Bellinger, 2004).



Figura 1– Sistema de Treinamento em Normas de Segurança Para Manutenções de Redes Elétricas (Morais et.al., 2013)

2.2.4 Interação 3D

Novas tendências no campo da Interação Homem-Computador (IHC) começaram a surgir com a ascensão dos SRV, como Realidade Aumentada (R.A.), Interação Natural (I.N) e Sistemas dotados de grandes telas para exibição de aplicações tridimensionais. Nesse campo de desenvolvimento, a interação acontece em um contexto espacial com diferentes graus de liberdade. Com o tempo, pesquisadores e desenvolvedores perceberam diferenças fundamentais entre as interfaces presentes em ambientes tridimensionais e em computadores convencionais. Com isso, uma área de pesquisa separada passou a ser necessária para estudar as técnicas de interação que as novas aplicações tridimensionais exigem (Bowman et al. 2011).

Em uma interação 3D, as atividades de um usuário representam uma atuação sobre o ambiente em um contexto tridimensional. Mas isto não quer dizer que sistemas tridimensionais interativos exijam interações 3D. Por exemplo, se um usuário explora o modelo em seu computador desktop escolhendo pontos de vista dispostos em um menu tradicional, não ocorreu interações tridimensionais, não exigindo o uso de dispositivos 3D especiais de interação (Bowman et al. 2011).

Técnicas de interação são métodos utilizados pelos usuários para completar alguma tarefa através de uma interface, sendo que suas vantagens e desvantagens dependem diretamente dos requisitos particulares de um sistema. Dessa forma, padrões não são adotados e hardware e software devem ser levados em consideração. Para que interações homem-máquina sejam naturais e intuitivas, metáforas são utilizadas. Metáforas podem ser entendidas como modelos mentais que permitem ao usuário a aplicação de conhecimentos cotidianos em um ambiente virtual (Schlattmann & Klein, 2007).

A seguir são apresentados os principais aspectos no processo de Interação 3D.

2.2.4.1 Manipulação e Seleção

A manipulação é essencial em qualquer ambiente, seja ele físico ou virtual. Logo, a seleção de um objeto para posicioná-lo ou alterá-lo de alguma forma é muito importante para um

sistema interativo. Existem várias abordagens para a realização de tal tarefa e cada uma possui vantagens e desvantagens (Kirner & Kirner, 2008).

2.2.4.2 Navegação

Técnica importante e muito utilizada em ambientes tridimensionais e exemplificada até mesmo pela navegação na internet através de um navegador. Exige uma noção espacial na qual o usuário deve saber onde ele está em relação a outros objetos. Esta técnica pode ser implementada através de viagens ou pela busca de caminhos. Em viagens, o usuário pode “saltar” de um lugar para o outro quase que imediatamente sendo o componente motor da navegação. Na busca de um caminho, o usuário deve definir o percurso dentro do ambiente para chegar a seu objetivo. Neste caso, conhecimento espacial é necessário e pode ser suportado por sugestões, naturais ou artificiais, durante o percurso (Kirner & Kirner, 2008).

2.2.4.3 Controle do Sistema

Em um controle do sistema, o usuário desenvolve suas tarefas inserindo comandos no sistema. Estes comandos podem ter intuitos distintos, como executar uma função específica, mudar as formas de interação, navegação, o estado do sistema, entre outros. O usuário deve dar um comando ao sistema e este, por sua vez, executa o comando da forma como foi programado. Janelas, ícones, menus e ponteiros exemplificam esta técnica, ilustrada em interfaces bidimensionais (Kirner e Kirner, 2008).

2.2.4.4 Entradas Simbólicas

Informações simbólicas são exemplificadas por textos, números, símbolos, marcas ou rótulos. Em sistemas com entradas simbólicas, o usuário trabalha com esse tipo de informação tão comum no cotidiano. O envio de um e-mail para outro indivíduo faz uso dessa técnica de interação. Assim, fica clara a importância desse tipo de informação em interfaces 2D. Ao dividir um ambiente 3D, o usuário pode demandar funcionalidades que permitem a troca de informações. Em um ambiente tridimensional, esse tipo de linguagem pode ser utilizada para

informar o usuário sobre objetos na cena (nome, status, alerta), além de ser indispensável para possibilitar a comunicação (Kirner e Kirner, 2008).

2.3 Visualização da Informação

2.3.1 Conceitos

A grande quantidade de informações torna o processo de busca, análise e compreensão dos dados uma tarefa árdua, tanto para a máquina quanto para o homem. Pode-se considerar então que uma tomada de decisão baseada em um grande volume de dados é uma tarefa difícil de realizar, mesmo esta sendo uma tarefa realizada de forma muito mais rápida pela máquina do que pelo homem. Em todo caso, ruídos (dados irrelevantes), vão estar dispostos nos bancos de informações e, ao mesmo tempo, informações importantes poderão ser ignoradas devido ao grande volume de dados. Diante deste cenário, inovações surgiram para melhorar as formas de representar a informação (Zorzal, 2007).

A Visualização da Informação é um campo de estudo muito útil que auxilia no entendimento de algum assunto através de representações visuais. A utilização do espaço tridimensional pode despertar o interesse em diversos tipos de usuário, não somente pela forma de representação dos dados, mas também pelas novas propostas de interação. A Realidade Virtual e Aumentada apresentam formas de visualização tridimensional facilitando a análise e compreensão dos dados que, por sua vez, podem estar dispostos de forma intuitiva e interativa (Zorzal, 2007).

2.3.2 Técnicas de Visualização

Segundo Keim (2002) e Zorzal (2007), existem técnicas de visualização que possibilitam combinações para o surgimento de técnica híbridas como:

- Exibição 2D ou 3D: compreendem técnicas simples de apresentação como gráficos, por exemplo.

-Exibição de Transformações Geométricas: converte dados multidimensionais para padrões bidimensionais usando dados presentes no banco resultando em formas geométricas.

-Exibição baseada em ícones: a informação é apresentada como um ícone, que deve ser reconhecido pelo indivíduo para que possa ser associada aos itens de dados em análise.

-Exibição baseada em pixels: dados multidimensionais são utilizados e, através dos pixels do dispositivo de exibição, cores são usadas para representar valores.

-Exibição Hierárquica: ocorre uma divisão dos dados para a criação de uma estrutura hierárquica. A técnica Dimensional Stacking exemplifica esta técnica de visualização.

2.4 Design de Interfaces

Toda interface deve ser bem desenhada a fim de obter melhor aproveitamento do software e do uso do hardware disponível. Para o desenvolvimento destas interfaces, existem diversos padrões de design de interfaces que se encaixam com a plataforma e domínio da aplicação (Microsoft, 2013)

Um dos padrões e estilos de interação utilizados em SRV é o WIMP (*Windows, Icons, Menus e Pointers*). Esse padrão é baseado no uso de janelas e *widgets*, que são sub-interfaces do mesmo sistema direcionadas a uma ação específica. Por se tratar de um padrão antigo e muito utilizado em computadores pessoais o usuário comum assimila rapidamente suas funções. Assim, este padrão utiliza o conhecimento prévio e nível de experiência do usuário para manipular e interagir com maior facilidade (Bowman et al., 2011).

2.4.1 Design Centrado no Usuário

O Design Centrado no Usuário (DCU) surgiu da Interface Humano Computador (IHC) e consiste em uma metodologia de desing de software para desenvolvedores e designers. Essencialmente, esta voltada a criar interfaces de sistemas que atendam às necessidades de seus usuários, garantindo boa usabilidade. (Lowdermilk, 2013).

Ainda de acordo com Lowdermilk (2013), o DCU pode ser implementado para garantir que a interface elaborada proporcione uma ótima experiência ao usuário, pois seu

desenvolvimento fundamenta-se em colocar os usuários no centro do processo de desenvolvimento, eliminando ambiguidades e enfatizando suas necessidades. Além do mais, há a questão da experiência por parte do usuário ao design interfaces com estilos já conhecidos, englobando as funcionalidades, modelos mentais e quanto elas são cativantes e agradáveis de ser utilizadas. Por fim, os processos de DCU não estão focados somente em estética ou em fazer com que tudo pareça mais bonito, embora possa ser importante em um aplicativo, a estética não representa todo o cenário.

2.4.2 Princípios de Design

Os princípios de Design são relativamente constantes e foram concebidos ao longo de vários anos a partir do estudo da cognição e do comportamento humano, ajudando a oferecer diretrizes baseadas na compreensão do ser humano e na interpretação do mundo que o cerca (Yvonne, Sharp & Preece, 2011)

A seguir são apresentados alguns princípios de Design de acordo com Yvonne, Sharp & Preece (2011).

2.4.2.1 Princípio da Proximidade

A proximidade é um dos principais princípios da percepção da Gestalt para a construção de interfaces. Este, estabelece que nós percebemos relacionamentos entre objetos que estão mais próximos. Inversamente, objetos que estão mais distantes, aparentemente, teriam menos relação. Assim no contexto de interfaces do usuário é mais fácil ver e entender mecanismos de controle (widgets) quando estão agrupados de acordo com suas funções. Um layout organizado por estes princípios (Gestalt) faz com que seja mais fácil aprender a utilizar as funcionalidades e exige menos do usuário para que ele possa encontrar os itens (Yvonne, Sharp & Preece, 2011 e Lowdermilk, 2013).

Um dos exemplos de proximidade e agrupamento é a interface Ribbon do Microsoft Office Word, as funções que alteram a formatação do texto são colocadas próximas, já as funções que manipulam imagens e layout do documento possuem outro espaço específico, sendo apresentadas de forma contextual. A Figura 2 apresenta a interface.

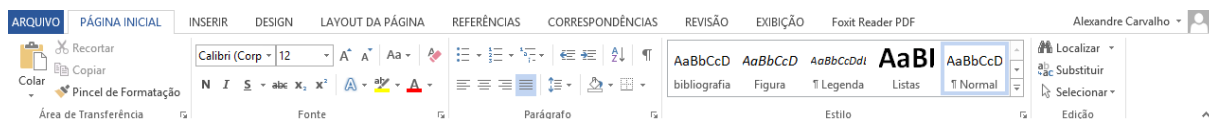


Figura 2 – Interface Ribbon do Microsoft Word (Microsoft, 2013).

2.4.2.2 Visibilidade, Feedback e Proeminência Visual

A visibilidade corresponde a todos os mecanismos utilizados para concentrar o foco visual em um elemento ou uma ação na interface do usuário em determinado momento. Yvonne, Sharp & Preece (2011), e Lowdermilk (2013) apresentam as diversas maneiras.

- Tipo de Letra – Diferentes tamanhos de textos podem atrair a atenção do usuário.
- Opacidade – Ajustar a opacidade de um item ajuda a reduzir ou aumentar sua visibilidade, além de influenciar na sensação de integração dos itens.
- Proeminência – Elementos maiores que outros terão mais visibilidade.
- Status e Feedback – Indicar que a aplicação está processando um solicitação ou que recebeu dados de entrada do usuário.
- Cor/Contraste – Tradicionalmente, itens com cores mais fortes ou contrastes atrairão mais atenção.

2.4.2.3 Hierarquia

Em sistemas mais complexos, torna-se mais difícil organizar todos os recursos da aplicação. O princípio da hierarquia visual, estabelece que a interface deve fornecer indicadores visuais para auxiliar o usuário a perceber como o aplicativo está organizado, Uma das estratégias é a utilização de submenus e de outros elementos de navegação, aplicados por intermédio do princípio da proximidade (Yvonne, Sharp & Preece, 2011 e Lowdermilk, 2013).

2.4.2.4 Modelos Mentais e Metáforas

Independente de plataforma, o usuário utiliza seus conhecimentos provenientes de outras experiências para entender e manipular uma interface. Ícones e a linguagem devem representar, com precisão, o funcionamento da interface. A escolha de imagens e termos inadequados podem gerar deduções e conclusões confusas, reduzindo assim a eficiência do sistema (Yvonne, Sharp & Preece, 2011)

Pode-se ter como exemplo de modelos mentais, as funções Cortar e Colar, estas baseiam-se na familiaridade com a ação de cortar papéis em pedaços e colá-los. Com isso, a maioria dos aplicativos indicam o recurso de Cortar com imagem de uma tesoura. Esse ícone ajuda a reforçar a metáfora da função Cortar devido a grande parte dos usuários saberem como uma tesoura funciona (Lowdermilk, 2013).

2.4.2.5 Disponibilidade e Confirmação

Yvonne, Sharp & Preece (2011), apontam que uma das maneiras de evitar que os usuários comentem erros é pedir confirmação da ação, assim este princípio estabelece que um aplicativo deva evitar ações indesejadas ao solicitar uma verificação, além de desenvolver mecanismos que impeça a utilização de forma inadequada de ações correspondentes as interfaces, partindo do princípio da disponibilidade e restrição.

2.4.2.6 Lei de Fitt

A Lei de Fitt auxilia a determinar o tamanho dos elementos alvo, tais como botões, campos de texto para o desenvolvimento de interfaces, tendo como base a distância que o dispositivo apontador do usuário deve percorrer. Este modelo prova que, quanto maior a distância que o usuário tiver de percorrer entre dois elementos, menor será a precisão com que o usuário alcançará o alvo. A lei de Fitt é correlativa, ou seja, quanto maior a distância que o usuário deve percorrer, maiores deverão ser os objetos alvo (Yvonne, Sharp & Preece, 2011).

2.5 Considerações Finais

Os tópicos abordados nestes capítulos são muito importantes para o pleno entendimento de conceitos e visualizações das diversas potencialidades que os Sistemas de Realidade Virtual permitem.

Logo, o objetivo deste capítulo é prover os conceitos básicos e necessários para o entendimento dos fundamentos desta pesquisa relatando definições, critérios e conclusões.

No próximo capítulo apresenta-se o estado da arte por meio de trabalhos relacionados a esta pesquisa.

Capítulo 3

Trabalhos Correlatos

3.1 Introdução

São apresentados a seguir, a descrição de trabalhos de diferentes áreas que utilizam técnicas de Realidade Virtual Semi Imersivas, enfatizando as estratégias adotadas para apresentar e interagir com mecanismos de controle do usuário (widgets 2D).

3.2 MineInside

Coelho, Coelho & Cardoso (2011), apresentam o *MineInside* como uma plataforma de RV que permite aos operadores de mineração ter uma visão completa de todo o processo que envolve a atividade e simula o ambiente de uma mina. Este ambiente virtual funciona de forma interligada com todos os outros softwares utilizados no processo, mostrando a operação de mineração em uma tela em tempo real.

Uma das principais propostas é que o ambiente ajuda, inclusive a reduzir o tempo ocioso do maquinário, o que acaba por tornar mais eficiente o processo como um todo, além de tornar a operação mais segura. Como a mina em questão é uma mina a céu aberto, e possui características diferentes, os autores do MineInside salientam que ele também leva em consideração informações topográficas e geológicas.

A Figura 3 representa uma tela de operação do sistema, onde pode ser observado o ambiente virtual 3D com sua interface de controle.

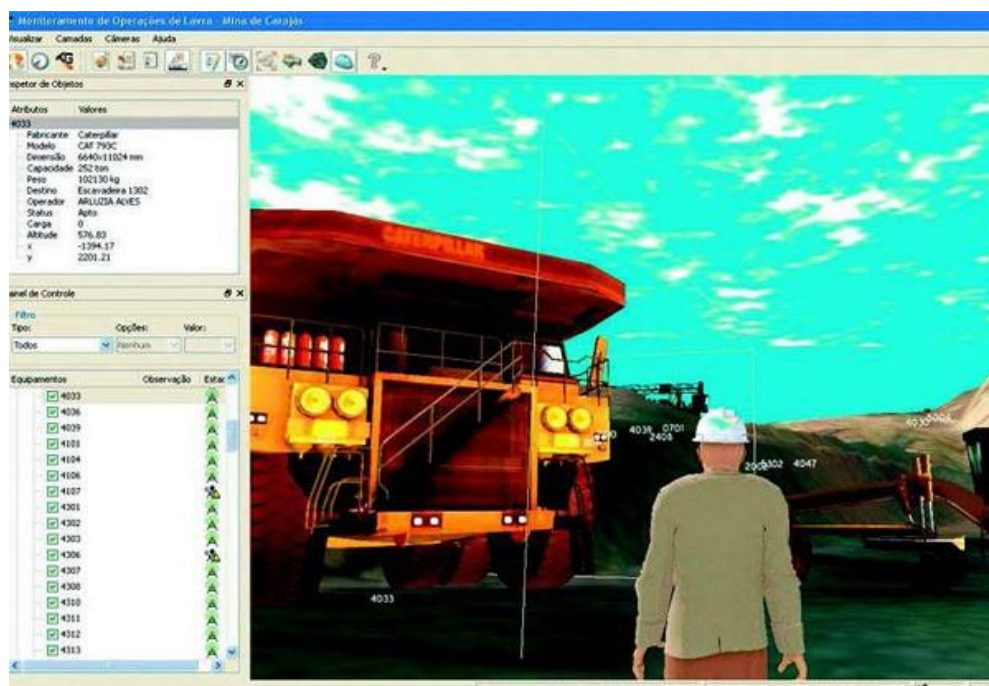


Figura 3 – Tela de Operação do MineInside (Coelho, Coelho & Cardoso, 2011)

Com relação às interfaces de controle (widgets 2D) pode-se observar os seguintes aspectos:

- Nota-se que a interface de controle do usuário (Painel, Menu, Botões) não está integrada ao ambiente virtual 3D. Assim, sempre que o usuário necessita utilizar os mecanismos de controle, que possui um paradigma totalmente distinto, seu foco de atenção é deslocado do ambiente virtual, possibilitando a perda de imersão.
- Outro aspecto notável é falta de interfaces alternativas de controle para a realização de tarefas de forma mais rápida. Este recurso torna-se uma espécie de atalho para a execução de atividades.
- Por fim, o sistema possui uma camada de conteúdo responsável por apresentar e gerenciar os nomes dos componentes tridimensionais, sendo um aspecto positivo com relação aos critérios de visualização da informação, mas não é possível notar se existe a possibilidade de modificar o status de exibição.
- Apresenta boa visibilidade dos componentes.

3.3 Virtual Reality Training Applications for the Mining Industry

Wyk (2009) apresenta um sistema que aborda a segurança em trabalhos de mineração, justificando o uso da RV em treinamentos e simulações. No sistema, o usuário utiliza um ambiente tridimensional que apresenta, aleatoriamente, cinco ameaças provenientes de uma lista já estabelecida pelos desenvolvedores. Além dos cenários de risco apresentados, o controlador deve selecionar os equipamentos de proteção corretos no intuito de evitar acidentes. Durante a reprodução da aplicação, o usuário deve identificar ameaças apresentadas na cena e selecionar qual medida de segurança deve ser tomada. Em caso de equívoco, uma cena ilustrará consequências trágicas relacionadas com a tomada de decisão do jogador.

Uma câmera navega pelo espaço da mina e disponibiliza uma interface de controle composta por dois botões: REPLAY E STOP. Com o clique no botão REPLAY, a cena anterior é reproduzida novamente, enquanto o STOP disponibiliza os botões IDENTIFY e GO, como é apresentado na figura 4.

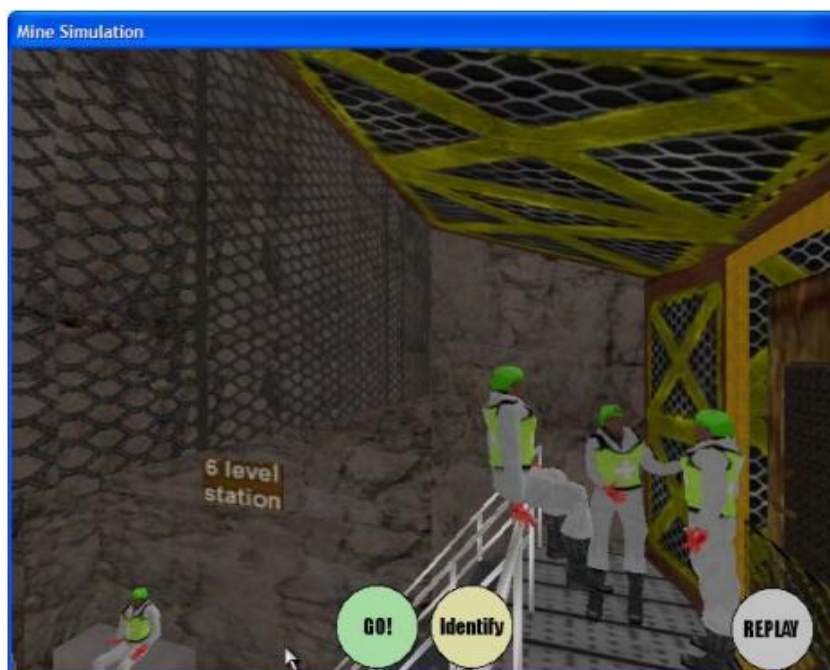


Figura 4 – Virtual Reality Training Applications for the Mining Industry, WYK (2009)

O botão IDENTIFY deve ser utilizado caso o usuário perceba alguma ameaça, já o botão GO dá continuidade a reprodução da simulação. Por fim, o usuário acumula pontos com suas

ações corretas, enquanto uma resposta incorreta resulta na reprodução de uma animação que mostra as desastrosas consequências de tal decisão.

Neste trabalho, o realismo foi um aspecto fundamental para garantir uma melhor experiência ao treinando. Tal característica foi alcançada não somente com a qualidade gráfica, mas também com aspectos lógicos, como por exemplo, a aleatoriedade de eventos.

É importante observar que neste trabalho correlato o usuário não tem controle sobre nenhum personagem e possui uma posição passiva diante a execução da aplicação.

Com relação às interfaces de controle (widgets 2D) pode-se observar os seguintes aspectos:

- Possui integração com ambiente 3D, mas pouco harmônica, devido a ausência dos princípios de design, sendo eles visibilidade, feedback e proeminência visual.
- Não há interfaces alternativas e camadas de conteúdo.
- Visibilidade dos componentes adequada.

3.4 Designing a Game for Occupational Health

Neste trabalho, Greuter (2012) apresenta um sistema que atua no setor industrial, mais especificamente na área de construção civil, propondo um sistema informativo capaz de motivar usuário a conhecer mais sobre os riscos apresentados por uma obra. Personagens animados, não controláveis, trabalhando em uma construção são visualizados durante a execução deste software, os quais enfrentam diferentes cenários como controle de riscos, comunicação e relatórios, além de procedimentos em resposta a acidentes.

Durante a execução do sistema, os personagens enfrentam diversas ameaças que precisam ser superadas para que o trabalho continue. Cabe ao usuário controlar a situação com as ferramentas disponibilizadas pela aplicação e em caso de exposição ao perigo, os personagens se machucam e o ritmo do desenvolvimento da obra fica comprometido. Com uma abordagem construtivista, o jogador experimenta as ferramentas disponíveis e visualiza imediatamente o resultado do seu gerenciamento.

Neste trabalho, Greuter (2012), relata que os parâmetros referentes às ações dos riscos acidentais foram retirados diretamente da OH&S (Occupational Health and Safety),

órgão responsável por garantir a segurança no espaço de trabalho. Para estimular o aprendizado e ajudar o usuário, é possível visualizar informações sobre os elementos inseridos na aplicação. Essas informações foram retiradas da SWMS (Safe Work Methods Statements), documentos requisitados em locais de trabalhos australianos.



Figura 5– Designing a Game for Occupational Health and Safety in the Construction Industry. (Greuter, 2012)

Com relação às interfaces de controle (widgets 2D) pode-se observar os seguintes aspectos:

- Possui boa integração com ambiente virtual tridimensional.
- Não possui interfaces alternativas para a realização das ações de interação.
- Não possui visualização de conteúdo por meio de camadas.
- Visibilidade dos componentes adequada, sem apresentar conflitos ou confusões visuais, tornado-se de fácil entendimento para utilização dos comandos.

3.5 A Dual-Mode User Interfaces

Jankowski & Decker (2012), relata neste trabalho uma estratégia onde hipertextos, vídeos, gráficos e interfaces de controle são integrados aos gráficos 3D (ambiente virtual).

A pesquisa apresenta dois tipos de estratégias: tradicionalista e de integração (proposta produzida do autor) para análise comparativa em termos de eficiência e usabilidade

da interface. Para o desenvolvimento da estratégia proposta, alguns fatores determinantes foram analisados, sendo eles:

- Análise para as principais tarefas do usuário.
- Nível de Experiência dos Usuários.
- Princípios de Multimídia.
- Design do corpo de trabalho de uma Interface Gráfica do Usuário.
- Princípios de Usabilidade.
- Princípios de Design 3D (baseado em Jogos e Ambientes Virtuais).

A Figura 6 representa a estratégia de interface tradicionalista, já a Figura 7 representa a estratégia de interface integrada.



Figura 6 – Interface Tradicional (Jankowski & Decker, 2012)



Figura 7 - Proposta de estratégia de integração (Jankowski & Decker, 2012)

Por fim, mostra-se que esta integração na apresentação da interface de controle e leitura agregada ao ambiente virtual 3D, resultou em ganhos significativos nos aspectos de imersão, navegação, usabilidade, visualização e entendimento das informações quando comparados ao modelo tradicionalista.

Com relação aos objetos de interface (widgets) pode-se observar os seguintes aspectos:

- Utiliza fortemente o conceito de integração, reduzindo o confronto de paradigmas.
- Não possui interfaces alternativas para facilitar as ações de interação que ocorrem diversas vezes.
- Apresenta conceitos similares em relação às camadas de conteúdo.
- Visibilidade dos componentes regular, podendo apresentar dificuldades de visualização em momentos de sobreposição de conteúdos.

3.6 Resumo Comparativo dos Trabalhos Analisados

Apresentando estratégias distintas, os trabalhos analisados contribuem para a elaboração desta dissertação em diferentes formas. O trabalho de maior contribuição é o Dual Mode User Interfaces. Nele é possível perceber a preocupação de desenvolver estratégias de integração dos paradigmas (2D e 3D), além de apresentar formas distintas de interação, entretanto, a falta de interfaces alternativas que propõem acesso rápido para realização de ações podem prover dificuldades em relação a usabilidade.

Pensando em desenvolver uma interface de estética agradável, o trabalho Designing a Game for Occupational Health and Safety in the Construction Industry apresenta bons atributos relacionados ao uso de cores, layout e elaboração de ícones.

Com relação ao trabalho *Virtual Reality Training Applications For The Mining Industry* pode-se levar em consideração a facilidade e simplicidade de realizar as ações facilitando o modo de operação do usuário.

Já o sistema MineInside, apresenta o contraste quando associado as estratégias apresentadas para representação de widgets 2D em ambientes virtuais tridimensionais.

A Tabela 1 apresenta os tópicos abordados em cada trabalho, comparando-os entre si.

Tabela 1 – Quadro comparativo entre os trabalhos correlatos

Tópico Abordado	MineInside	VR Mining	Designing Game Health	Dual Mode Interfaces
Integração de Widgets 2D com A.V.	✗	✓	✓	✓
Estratégias Alternativas para Controle da Interface	✗	✗	✗	✗
Apresentação de conteúdos por meio de Camadas	✱	✗	✗	✱
Clareza na Visualização das Informações	✓	✓	✓	✓

✓ - SIM ✗ - NÃO ✱ - FORMA PARCIAL OU APROXIMADA

Com base nos tópicos abordados e analisados, criou-se o escopo para elaboração de estratégia de representação e interação com as interfaces de controle em Sistemas de Realidade Virtual, apresentado nos seguintes capítulos.

Capítulo 4

Arquitetura e Desenvolvimento do Sistema

4.1 Introdução

Este capítulo apresenta as especificações de Engenharia de Software de um Sistema baseado em técnicas de Realidade Virtual, desenvolvido para suportar as estratégias de representação de widgets em ambientes virtuais, além de um breve conceito das tecnologias de apoio utilizadas e detalhes de implementação.

4.2 Descrição do SRV para Monitoramento e Controle de subestações de Energia Elétrica.

O sistema proposto consiste num ambiente virtual realístico que representa uma subestação de Energia Elétrica da Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG), dotado de interfaces de monitoramento e controle.

Por meio de uma arquitetura interna elaborada para a *engine Unity*, dados referentes aos estados dos equipamentos (ligado, desligado, aberto, fechado, medições elétricas) que compõem uma subestação da concessionária de Energia Elétrica CEMIG, são recebidos e processados em tempo real via *WebService*. Dispondo dessas informações o ambiente virtual é atualizado representando fielmente o estado dos dispositivos.

Com essa arquitetura, é possível fornecer uma abordagem para controlar e operar dispositivos da subestação de energia por meio do uso das técnicas Realidade Virtual,

propiciando maior imersão e interações mais intuitivas. Outro aspecto pertinente é que os operadores podem navegar das mais diversificadas formas e customizar ângulos de navegação, explorando e visualizando as condições dos componentes elétricos para controlar a subestação com maior segurança.

Devido à reconstrução virtual ser fiel ao ambiente real, há a possibilidade de utilizar o sistema para fins de treinamento. Assim, os operadores podem explorar e conhecer detalhes físicos dos objetos, além de simular diferentes possibilidades de operação do circuito sem comprometer a sua segurança e o desempenho do sistema.

A Figura 8 apresenta o sistema durante a operação de consulta do estado de um dos componentes da subestação.

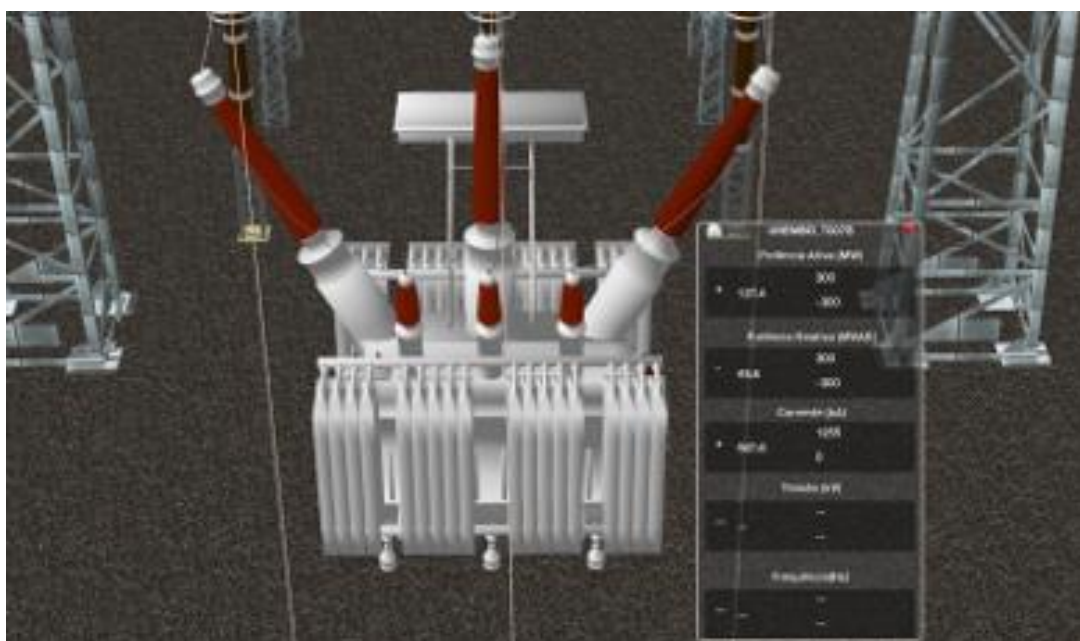


Figura 8 - Consulta das informações de estado de um transformador via Webservice

4.2.1 Arquitetura de Atualização do SRV

O sistema proposto deve representar uma subestação real apresentando informações corretas dos equipamentos. Neste sentido, torna-se viável a elaboração de uma arquitetura interna que se adeque à engine. Essa foi concebida utilizando o paradigma de orientação a objetos. Os dados dos equipamentos são coletados e enviados via Webservice, que por sua vez é disponibilizado pela operadora de Energia - CEMIG.

A Figura 09 apresenta o fluxo bidirecional de aquisição e envio de dados. Por meio de um sistema de controle e coleta de dados, os estados dos equipamentos reais que compõem a subestação elétrica são coletados, processados e disponibilizados via WebService. Posteriormente, o ambiente virtual faz o consumo destas informações e realiza a atualização do sistema, correspondendo de forma fiel a subestação real. Por se tratar de uma arquitetura bidirecional torna-se possível alterar o estado dos equipamentos por meio do ambiente virtual, modificando assim o estado dos componentes reais.

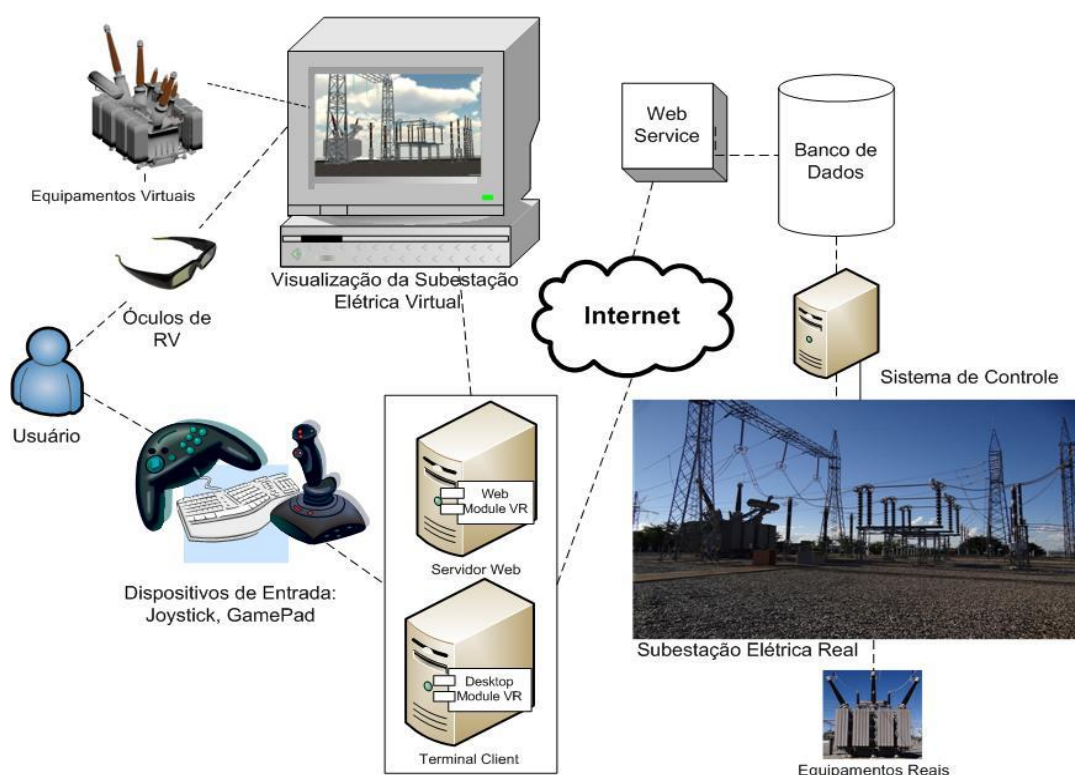


Figura 9- Diagrama de Componentes

4.3 Tecnologias de Apoio

Sementille (1999) apud Ribeiro (2006) aponta que novas tecnologias têm sido criadas para dar suporte ao desenvolvimento de aplicações em RV.

Sendo assim, no desenvolvimento desse projeto são utilizadas algumas dessas tecnologias para a realização das técnicas de RV, onde as quais serão apresentadas a seguir.

4.3.1 3D Studio Max

Como em toda aplicação em Realidade Virtual, objetos tridimensionais são essenciais. Para a modelagem dos objetos tridimensionais que compõem uma subestação (Transformadores, Chaves Seccionadoras, Para-Raios), foi utilizado o Software Autodesk 3D Studio Max 2014.

Almeida, (2007) relata que software 3D Studio Max 2014 é um aplicativo de modelagem tridimensional que aceita converter uma sequência de símbolos gráficos num arquivo visual e produzir animações. É uma das principais ferramentas para a criação de objetos e cenários virtuais.

O software realiza a criação de modelos de alta qualidade, com transparências, sombreamentos, luzes, etc. Possui tecnologia de programação orientada a objetos, ou seja, tudo possui nomes e propriedades que podem ser modificados a qualquer instante e é considerado como um dos softwares de modelagem tridimensional mais utilizados, oferecendo uma solução completa para modelagem, simulação, renderização, animação entre outros (Almeida, 2007).

Para a construção dos modelos, foi elaborada uma convenção de modelagem para que todos os objetos tridimensionais fossem desenvolvidos com os mesmos padrões, por exemplo, alto grau de realismo, baixa quantidade de polígonos e dimensões em escala real. Para tanto, foram utilizados catálogos dos equipamentos, plantas e imagens.

Após a modelagem dos componentes o 3DS Max foi responsável também pela exportação dos objetos, através do seu plugin FBX. Foi possível exportar objetos ou até mesmo cenas inteiras em formatos perfeitamente reconhecidos pela engine na qual o SRV foi desenvolvido.

A Figura 10 apresenta um componente elétrico modelado no 3D Studio Max.

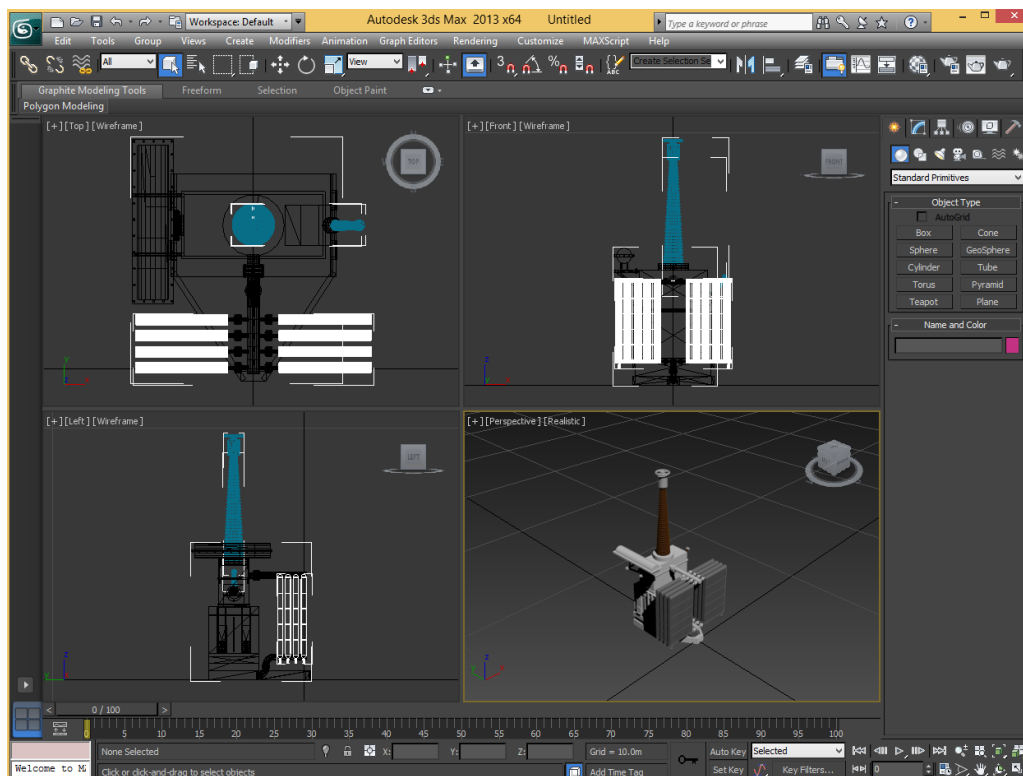


Figura 10 - Modelo Virtual do Reator Shunt

4.3.2 Engine Unity 3D

A Unity3D, o *engine* escolhido para o desenvolvimento deste projeto, é um exemplo de software popular para o desenvolvimento de aplicações tridimensionais.

Assim como várias outras engines, oferece um ecossistema de desenvolvimento com ferramentas próprias para a criação de conteúdo 3D com possibilidade de interação. Também oferece suporte a diversas plataformas como o iOS, Android, PS3, Linux, Web Player com boa qualidade visual e performance, disponível em versão gratuita ou paga. A Unity 3D ainda suporta sistemas de iluminação, áudio, efeitos especiais e animação oferecendo ao desenvolvedor a possibilidade de testar e editar, simultaneamente, a aplicação que está sendo desenvolvida (Unity, 2013).

Um dos maiores motivos para a escolha deste motor foi a sua completa documentação e a disponibilidade da comunidade Unity. Possui uma comunidade com milhares de membros e com uma grande diversidade de conteúdos capaz de auxiliar os desenvolvedores, desde os iniciantes até os mais experientes, assim todas essas funcionalidades e pontencialidades

contribuem drasticamente para redução do tempo e custo do trabalho, justificando a escolha da Unity para o desenvolvimento deste projeto.

Todo cenário tridimensional, arquitetura de aquisição e envio de dados e mecanismos de interação que compõem o SRV foram construídos utilizando a Engine, com a importação de objetos tridimensionais e desenvolvimento de scripts (Códigos de Programação). É importante lembrar que algumas animações também foram criadas na própria Unity 3D, como as transições de câmeras, por exemplo, trabalhando em conjunto com animações desenvolvidas no software de modelagem.

A Figura 11 apresenta a engine em processo de desenvolvimento do SRV proposto.

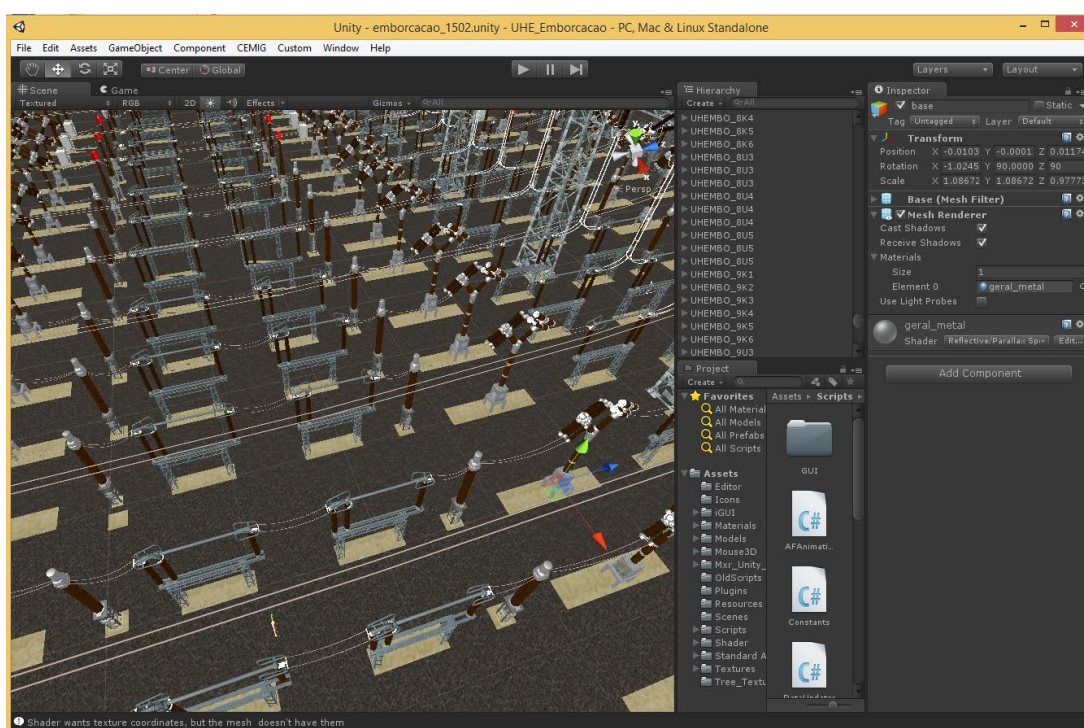


Figura 11 - Construção da Cena referente à Subestação de Emborcação

4.3.3 Codificação – MonoDevelop

A instalação da Engine *Unity3D* oferece o ambiente de desenvolvimento MonoDevelop, um ambiente integrado de desenvolvimento no qual toda a codificação do SRV foi realizada. O ambiente foi desenvolvido originalmente para o C#, mas atualmente oferece suporte a diversas linguagens de programação. Possui funcionalidades interessantes para o desenvolvimento como o auto complemento de código, localização e layout personalizável,

assim como o modo Debug, que possibilita a verificação de cada linha de código durante a execução da aplicação.

Apesar de ser o editor de script padrão, este software é um complemento opcional para a Unity3D e pode ser substituído por outros editores nas configurações de preferências da Engine. O MonoDevelop é um editor externo ao Motor Gráfico, mas ambos compartilham funcionalidades. Na criação de um script dentro da interface da Unity3D, por exemplo, o novo arquivo gerado, se aberto, poderá ser imediatamente editado no MonoDevelop e já incluirá trechos de código básico quase sempre utilizados no desenvolvimento de uma aplicação.

Para o desenvolvimento foi utilizado a plataforma MonoDevelop 4.0.1, com extensões escritas na linguagem C#, aplicando os conceitos de orientação à objetos.

A Figura 12 apresenta o ambiente de desenvolvimento.

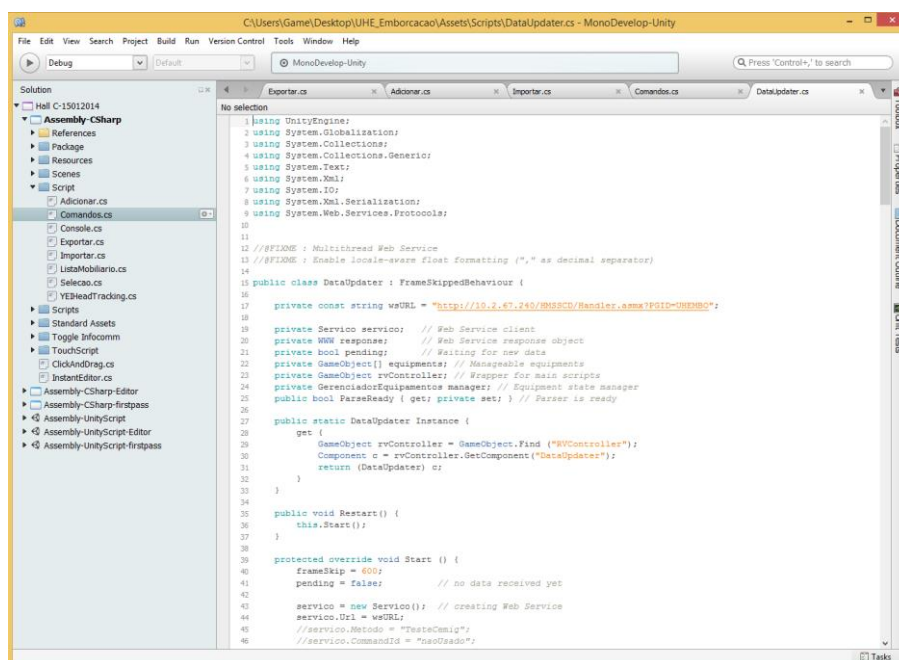


Figura 12 - MonoDevelop

4.4 Modelagem UML

Segundo Bezerra (2002), UML é definida como uma linguagem visual para modelar sistemas orientados a objetos. Isso quer dizer que, a UML é uma linguagem constituída de elementos gráficos (visuais) utilizados na modelagem que permitem representar os conceitos do paradigma da orientação a objetos. Por meio dos elementos gráficos definidos nesta linguagem podem-se construir diagramas que representam diversas perspectivas de um sistema (Bezerra, 2002).

4.4.1 Casos de Uso

Nesta sessão serão apresentados os principais casos de usos do SRV CEMIG, desde as mudanças da forma de navegação, passando por consultas de estado dos equipamentos, envio de comandos, até a manipulação (ativação/desativação) das camadas de conteúdos.

Observa-se que a interação do usuário com o sistema baseia-se na navegação pela subestação virtual e monitoramento e controle dos equipamentos que compõe a mesma.

Os casos de uso distribuem-se nessas grandes áreas, conforme apresentado na Figura 13.

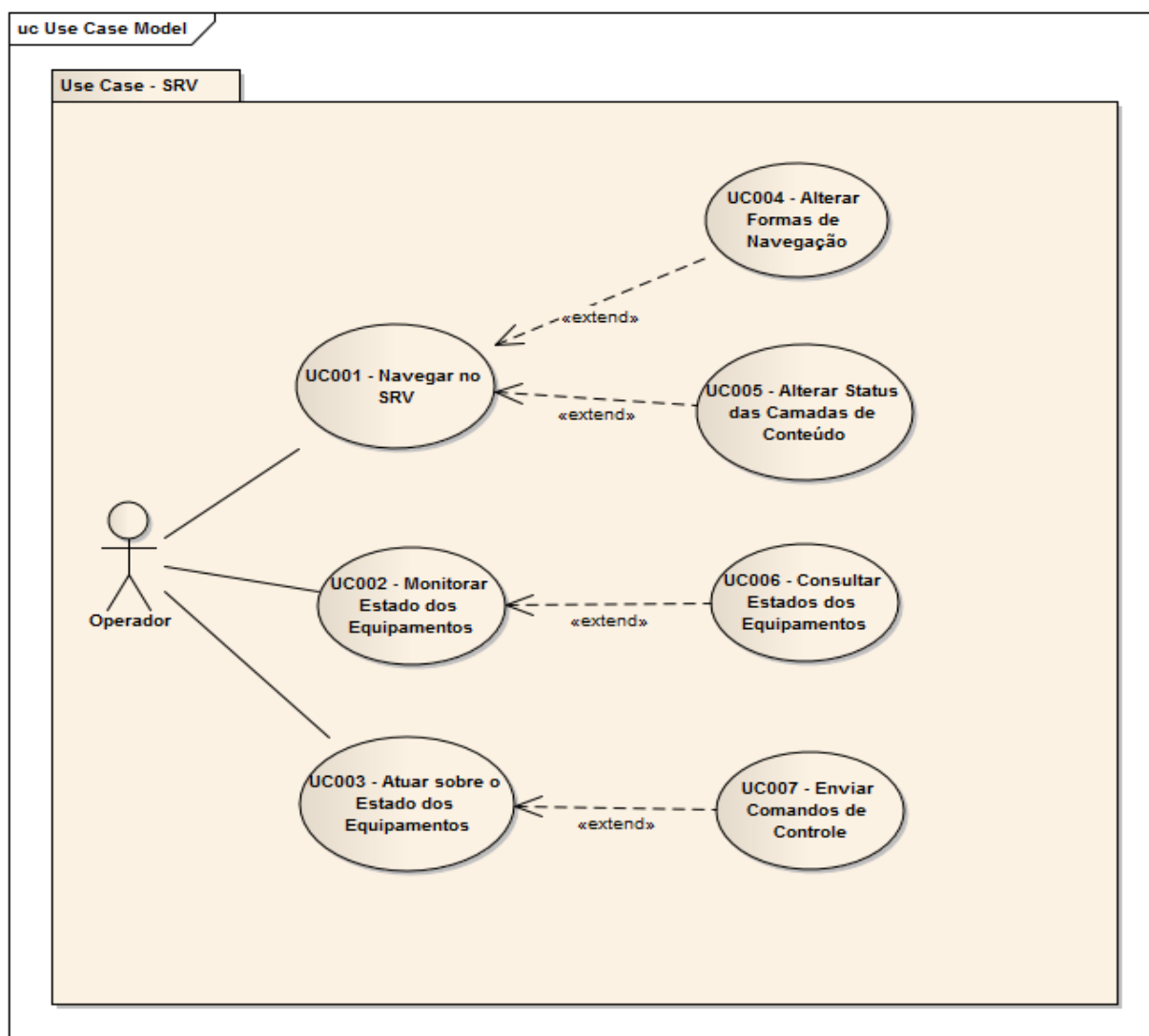


Figura 13 – Diagrama de Casos de Uso

São descritos a seguir os atores e os casos de uso do sistema, enfatizando suas funções para o funcionamento geral do aplicativo.

4.4.2 Descrição dos Atores

Os atores do sistema, bem como suas atribuições podem ser vistos na Figura 13. Tendo em vista que o SRV desenvolvido possa atuar como ferramenta de treinamento, optou-se por não separar os usuários “Operador” e “Aprendiz” em grupos diferentes, uma vez que a primeira versão do sistema não permite privilégios distintos e regras específicas para treinamento. Para simplificar o sistema, adotou-se a notação “usuário” para todo o grupo.

Quadro 1 - Atores do sistema

Nome	Descrição	Atribuições
Operador	Operador da Subestação	Navegar pela Subestação Virtual para realizar atividades de monitoramento e controle dos equipamentos elétricos.

Para as próximas versões do sistema, estima-se a preparação de um módulo específico para treinamento, concedendo privilégios limitados a simulação.

4.4.3 Descrição dos Casos de Uso

São descritos nos Quadros 2 a 8 os casos de uso apresentados anteriormente.

Quadro 2 - Descrição do caso de uso “Navegar no SRV”

Caso de Uso	<i>Navegar no SRV</i>
Ator Principal	<i>Usuário</i>
Descrição	<i>Possibilitar o usuário navegar pelo ambiente tridimensional por distintos ângulos, pontos de vista e graus de liberdade.</i>
Pré-Condição	-
Fluxo Normal	<i>1. Utilizar os dispositivos de entrada (teclado, joystic, gamepad), combinado graus de liberdade para efetuar a navegação.</i>
Fluxos Excepcionais	<i>1. Utilizar Mini Mapa.</i>
Pós-Condição	<i>Atualização do ponto de visão</i>

Quadro 3 - Descrição do Caso de Uso “Alterar Formas de Navegação”

Caso de Uso	<i>Alterar Formas de Navegação</i>
Ator Principal	<i>Usuário</i>
Descrição	<i>Possibilitar o usuário navegar pelo ambiente tridimensional em primeira e terceira pessoa, visão de topo com possibilidade de alterar ângulo de visão, visão lateral e visão frontal.</i>
Pré-Condição	-
Fluxo Normal	<ol style="list-style-type: none"> <i>1. Acessar menu principal da aplicação.</i> <i>2. Acessar sub menu Navegação;</i> <i>3. Clicar no botão que representa a forma de navegação desejada.</i>
Fluxos Excepcionais	<i>Utilizar Interface Alternativa</i> <ol style="list-style-type: none"> <i>1. Ativar Interface Alternativa pelo botão representativo, localizado no menu principal, submenu Navegação.</i> <i>2. Aproximar ícone do ícone representativo.</i> <i>3. Clicar no botão que representa a forma de navegação desejada.</i>
Pós-Condição	<i>Atualização do ponto de visão</i>

Quadro 4 - Descrição do Caso de Uso “Alterar Status das Camadas de Conteúdo”

Caso de Uso	<i>Alterar Status das Camadas de Conteúdo</i>
Ator Principal	<i>Usuário</i>
Descrição	<i>Pemitir o usuário ligar e desativar camadas de conteúdo, como rótulos que identificam equipamentos, e efeitos visuais que representam estados dos equipamentos.</i>
Pré-Condição	-
Fluxo Normal	<ol style="list-style-type: none"> <i>1. Acessar menu principal da aplicação.</i> <i>2. Acessar sub menu Camadas;</i> <i>3. Clicar no botão para ativar/desativar a camada desejada.</i>
Fluxos Excepcionais	<i>Utilizar Interface Alternativa</i>

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ativar Interface Alternativa pelo botão representativo, localizado no menu principal, submenu Camadas. 2. Aproximar ícone do ícone representativo. 3. Clicar no botão para ativar/desativar a camada desejada.
Pós-Condição	<i>Apresentar/Ocultar conteúdo desejado</i>

Quadro 5 - Descrição do Caso de Uso “Monitorar Estado dos Equipamentos”

Caso de Uso	<i>Monitorar Estado dos Equipamentos</i>
Ator Principal	<i>Usuário</i>
Descrição	<i>Permitir o usuário a monitorar os estados dos componentes, por meio de navegação ou interface de pesquisa.</i>
Pré-Condição	-
Fluxo Normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar os dispositivos de entrada (teclado, joystic, gamepad), combinando graus de liberdade para efetuar a navegação. 2. Clicar no equipamento que deseja gerenciar. 3. Realizar ação de Controle
Fluxos Excepcionais	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ativar camada de conteúdo que apresenta rótulos que identificam nome e dados de equipamentos.
Pós-Condição	-

Quadro 6 - Descrição do Caso de Uso “Consultar Estado dos Equipamentos”

Caso de Uso	<i>Consultar Estado dos Equipamentos</i>
Ator Principal	<i>Usuário</i>
Descrição	<i>Permitir usuário realizar leitura dos valores e consultar estados dos equipamentos que compõem a subestação.</i>
Pré-Condição	<i>Clicar sobre um equipamento, ou pesquisar pelo nome, ou ativar camada de conteúdo referente às informações dos mesmos.</i>

Fluxo Normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar os dispositivos de entrada (teclado, joystic, gamepad), combinado graus de liberdade para efetuar a navegação. 2. Clicar no equipamento que deseja gerenciar. 3. Realizar a leitura dos dados.
Fluxos Excepcionais	Ativar camada de conteúdo que apresenta rótulos que identificam nome e dados de equipamentos.
Pós-Condição	-

Quadro 7 - Descrição do Caso de Uso “Atuar sobre o Estado dos Equipamentos”

Caso de Uso	<i>Atuar sobre o Estado dos Equipamentos</i>
Ator Principal	<i>Usuário</i>
Descrição	<i>Permitir o usuário alterar estados dos equipamentos que compõem a subestação.</i>
Pré-Condição	---
Fluxo Normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar os dispositivos de entrada (teclado, joystic, gamepad), combinado graus de liberdade para efetuar a navegação. 2. Clicar no equipamento que deseja gerenciar. 3. Realizar ação de Controle
Fluxos Excepcionais	Ativar camada de gerenciamento e controle que permite o envio de dados de equipamentos.
Pós-Condição	-

Quadro 8 - Descrição do Caso de Uso “Enviar Comandos de Controle”

Caso de Uso	<i>Enviar Comandos de Controle</i>
Ator Principal	<i>Usuário</i>
Descrição	<i>Permitir o usuário enviar comandos alterando estados dos equipamentos que compõem a subestação.</i>
Pré-Condição	<i>Clicar sobre um equipamento, ou pesquisar pelo nome.</i>

Fluxo Normal	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acessar a tela “Ambiente Virtual” 2. Pressionar sobre o elemento para abrir a tela de edições; 3. Definir as propriedades físicas do objeto; 4. Ajustar posição do objeto no espaço; 5. Repetir os passos 1 a 3 para cada elemento virtual;
Fluxos Excepcionais	<ol style="list-style-type: none"> 1. Utilizar os dispositivos de entrada (teclado, joystic, gamepad), combinado graus de liberdade para efetuar a navegação. 2. Clicar no equipamento que deseja gerenciar. 3. Realizar alterações desejadas por meio da interface de controle.
Pós-Condição	---

4.5 Diagrama de Classes

Nesta sessão será apresentado o diagrama de classes do sistema. As classes foram criadas com base nos diagramas apresentados anteriormente, a fim de satisfazer os requisitos do sistema.

A Figura 14 apresenta as principais classes utilizadas no sistema, bem como seus atributos e principais funções.

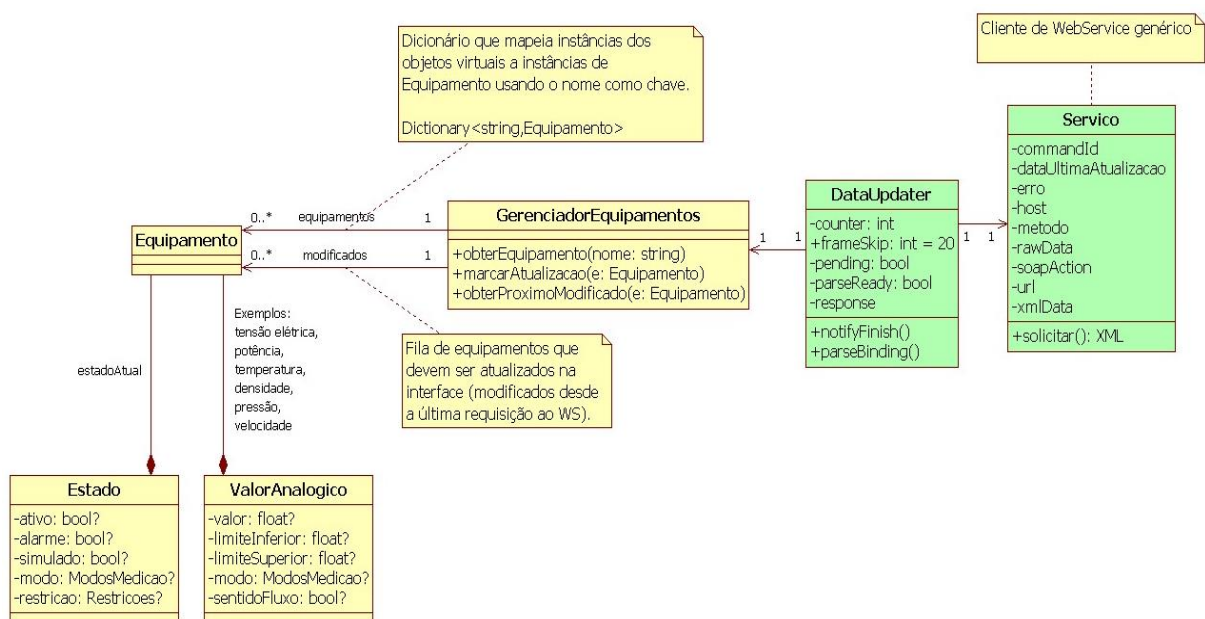


Figura 14 – Diagrama de classes do sistema

Sendo o ambiente SRV multitarefa ou com um sistema interno de escalonamento, pois realiza atualizações dos estados dos equipamentos periodicamente (valores de medidas, *status* e alarme) e permite a manipulação do ambiente virtual 3D, um componente de software chamado DataUpdater se responsabiliza pela rotina a ser executada (atualização). Deve ser usado um cliente de Web Service, responsável pela criação das requisições e obtenção das respostas. Esse cliente é uma instância da classe Servico.

Um objeto do tipo GerenciadorEquipamentos é responsável pela transformação linear necessária para mapear cada instância de Equipamento a um componente elétrico virtual da ambiente, usando o identificador do equipamento como chave. Além disso, essa entidade gerencia uma fila de equipamentos modificados, necessitando de atualização na exibição da interface.

As entidades GerenciadorEquipamentos e DataUpdater podem usar o padrão de projeto Singleton, com o objetivo de garantir uma única instância em tempo de execução.

4.6 Diagrama de Estado

A seguir, na Figura 15 será apresentado o diagrama de estado do SRV ilustrando seu comportamento diante de um evento de atualização.

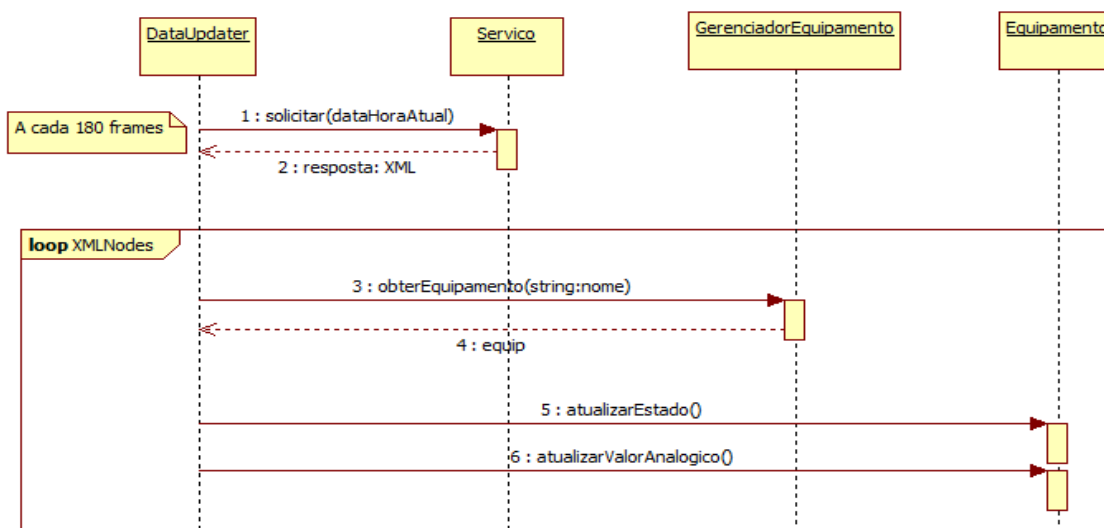


Figura 15 – Diagrama de estado.

A instância de DataUpdater faz uma solicitação ao Web Service, por meio de uma chamada ao método solicitar(). Cada equipamento tem seu estado atualizado por meio do processamento do XML retornado pelo Web Service e uma interação com GerenciadorEquipamentos. Todo equipamento modificado é “marcado” no gerenciador de equipamentos, sendo adicionado a uma fila de elementos que precisam ser atualizados na interface.

O XML retornado pelo Web Service tem o formato ilustrado no exemplo abaixo:

```
<!-- cabeçalho do envelope SOAP... -->
<!-- Exemplo: equipamento ESTEIRA_12U4 (transformador) -->
<Equipamento nome="ESTEIRA_12U4">
    <!-- Exemplo de tag para a medição da velocidade -->
    <ValorAnalogico ref="V" value="19,6" mod="C" stf="-" li="0,0" ls="25,0"/>
    <Estado value="0" mod="C"/>
</Equipamento>
<!-- rodapé do envelope SOAP... -->
```

Nesse exemplo consideramos que o equipamento em questão é uma esteira cuja velocidade atual é 19,6 unidades. Os limites inferior e superior da velocidade para esta esteira estão ajustados para 0 e 25 unidades. Se o valor da velocidade não estiver nesta faixa, o sistema RV deve apresentar um alarme. O atributo stf indica o sentido do fluxo. No atributo ref coloca-se uma referência para a variável lida (no exemplo citado, “V” indica que se trata de uma velocidade). Um equipamento pode conter vários valores analógicos (um para cada variável medida).

Capítulo 5

Elaboração da Estratégia de Representação e Interação com os Objetos de Interface

5.1 Introdução

Este capítulo apresenta detalhes sobre a criação de uma nova estratégia para representar e interagir com as interfaces de controle (widgets 2D) em Sistemas de Realidade Virtual, justificando o uso dos princípios de visualização da informação, design centrado no usuário e usabilidade.

5.2 Descrição da Estratégia

Para elaboração desta estratégia de interação e representação de interfaces de controle em Sistemas de Realidade Virtual foram definidos alguns requisitos relacionados a aspectos de usabilidade, layout e design com intuito de favorecer a sensação de imersão do usuário. São eles:

- Toda interface de controle deve estar integrada no ambiente virtual e seguir os princípios da proximidade (Gestalt) com relação as suas funções.
- Todos os mecanismos devem favorecer os princípios de facilidade, agilidade e intuitividade.

- A interface de controle deve promover mecanismos que possibilitem seu acesso e uso rapidamente.
- Os mecanismos de controle devem ser apresentados apenas quando necessários ao contexto da interação ou quando ativos pelo usuário, evitando assim, apresentação de conteúdos fora do escopo da ação.
- Todos componentes da interface de controle devem ter transparência de 50%, favorecendo o aspecto da integração e criando um padrão design para as widgets, aplicando os conceitos de visibilidade, feedback e proeminência visual.
- Produção de estratégias de interfaces alternativas para controle que possuam mecanismos que possibilitem ao usuário sua ativação e desativação, além da opção de deslocamento para qualquer espaço desejado no ambiente virtual.
- Desenvolver camadas de controle de conteúdo que possibilitem ao usuário sua ativação e desativação em qualquer momento, assim, o usuário tem a flexibilidade de apresentar somente informações desejadas.
- Toda interface de controle deve ser livre de ambiguidade e segura para o propósito que se destina.

5.3 Elaboração da Estratégia

Nessa sessão, sera apresentado à forma de criação da estratégia proposta e a aplicação das mesmas no SRV desenvolvido para monitoramento e controle de subestações de Energia Elétrica, descrito no capítulo 4.

5.3.1 Representação e Interação do *Menu*

A estratégia elaborada contém uma única barra para seleção de opções de controle (*menu*) podendo estar situado em qualquer sentido (vertical ou horizontal). O tamanho ocupado pelo menu, caso seja posicionado em sentido vertical do sistema de projeção é 100%, em relação ao sentido horizontal, em momentos de inatividade, são ocupados apenas 1,5% (espaço suficiente para referenciar sua existência) da área e não apresenta nenhum item referente às opções de seleção contidas nela. Entretanto, em momentos de atividade seu espaço é

alterado para 15% e os itens contidos são apresentados. O tempo para os efeitos de transição e animação é de 0.5 segundo para todos os itens que compõem a interface. Para elaboração das dimensões das widgets foi utilizado os conceitos da Lei de Fitt.

Caso seja prototipado um menu no sentido horizontal, os valores horizontais e verticais serão inversos.

A Figura 16-A apresenta o menu em momento de utilização. Esta ativação é feita pelo apontamento do mouse sobre o mesmo.

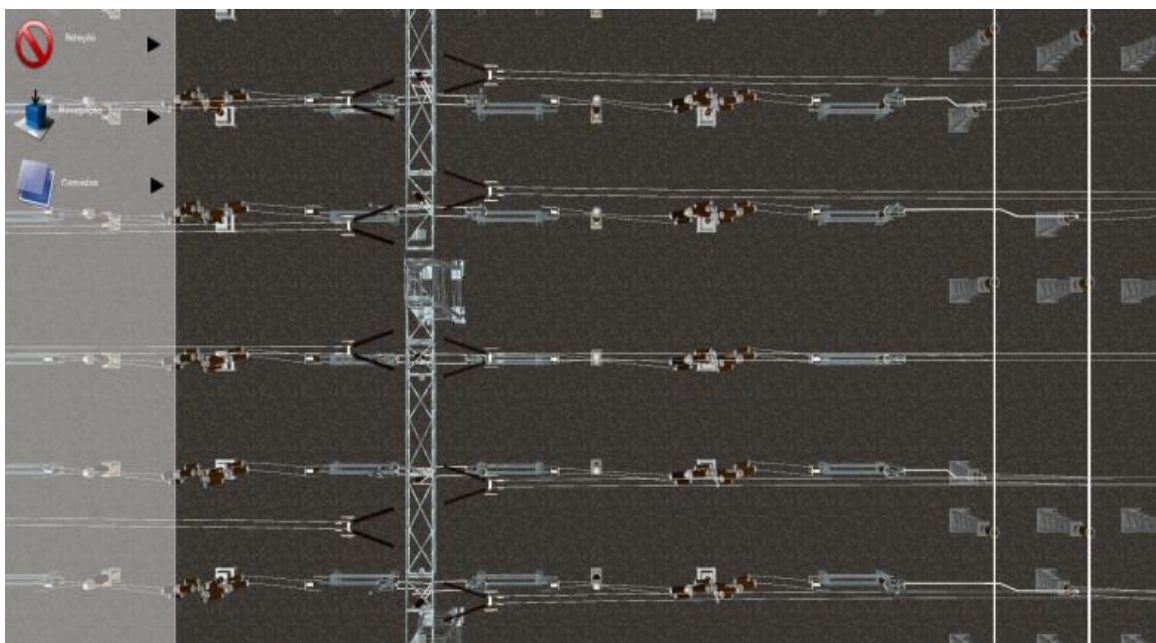


Figura 16-A – Menu em momento de utilização

Já a Figura 16-B representa o cenário inverso.

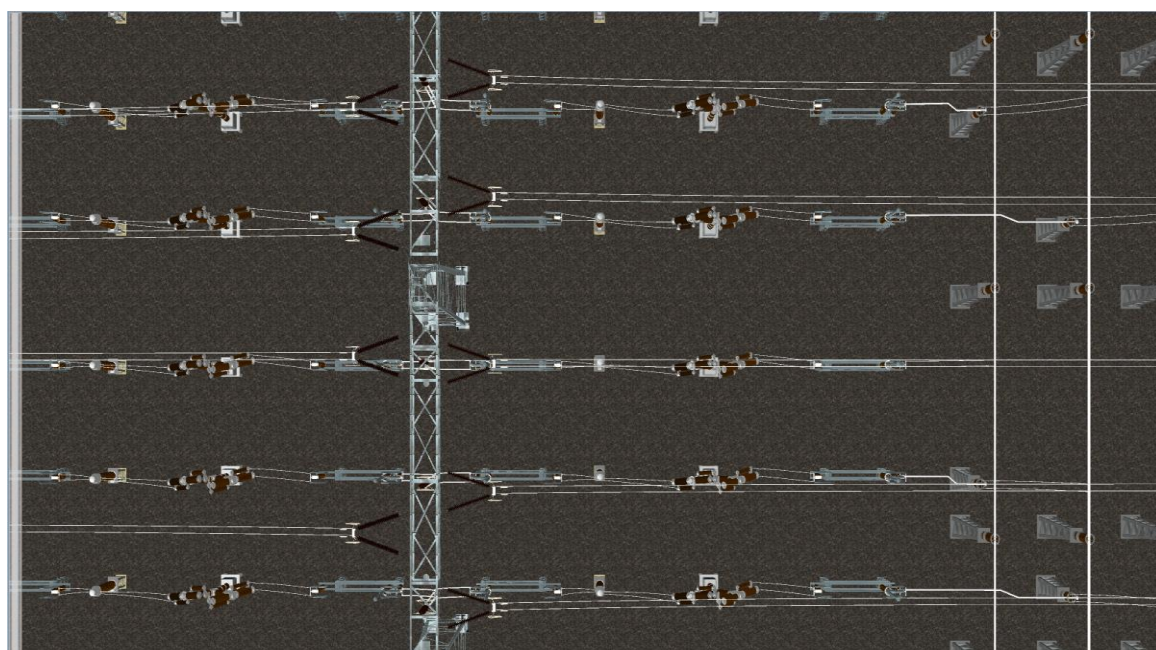


Figura 16-B – Menu em momento de inatividade

Pode-se notar que a interface de controle referida está inserida no contexto da aplicação 3D, seguindo o padrão de transparência de 50%, e transição entre ativo e inativo refere-se ao conceito da apresentação do conteúdo apenas no momento necessário.

5.3.2 Representação e Interação do Sub *Menu*

Cada item que compõe o *menu* possui um painel com as opções referentes às determinadas ações. Para apresentar este painel é necessário apenas apontar o mouse sobre o ícone de desdobramento (▶). Assim, o mesmo é apresentado apenas quando a ação envolvida está sendo solicitada. Quando o apontamento do mouse é deslocado fora da interface de controle (Menu/Sub Menu) o painel sai e não é mais apresentado. Daí, a barra lateral volta para o estado inativo. Esta estratégia de elaboração de sub menu refere-se ao conceito de hierarquia.

A Figura 17 apresenta parte da barra lateral e painel referente a uma ação de controle (Forma de Navegação) contido no ambiente virtual.

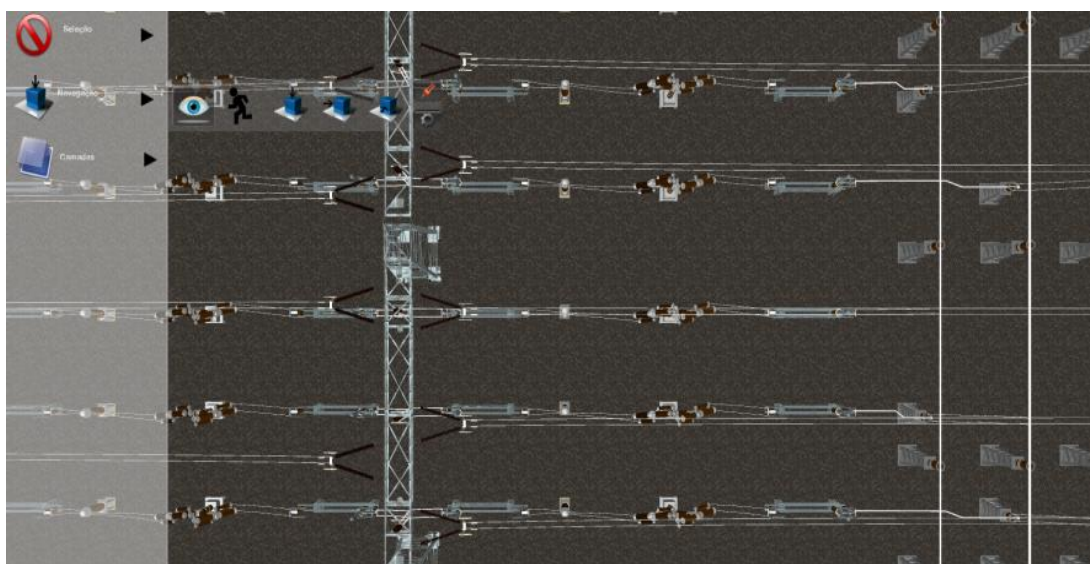


Figura 17 – Sub Menu referente a troca de navegação.

Todo painel de uma ação de controle possui um botão (🔍) de ativação de interfaces alternativas para o mesmo controle. Este é situado na parte superior direita do painel.

A Figura 18 apresenta as características dos botões e o mecanismo de ativação de interface alternativa, seguindo todos os requisitos estabelecidos para construção da estratégia.

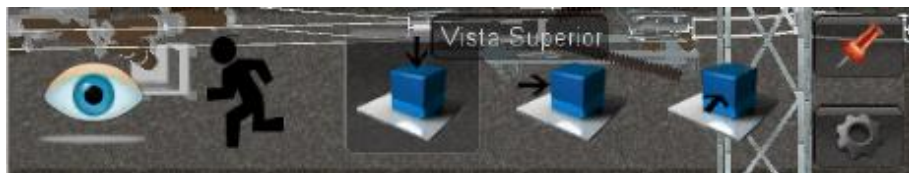


Figura 18 – Representação dos botões e mecanismo de ativação da interface alternativa

No sub menu representado nas Figuras 17 e 18, pode-se observar 5 formas de navegação e visualização.

Na Figura 19, pode-se observar a vista em primeira pessoa, onde o usuário pode se aproximar dos dispositivos em diferentes velocidades, e utilizar diferentes graus de liberdade para visualizar a cena em ângulos distintos.



Figura 19 – Visão em Primeira Pessoa

Na Figura 20, representa a visão em terceira pessoa, e a representação do usuário como um avatar no ambiente virtual.



Figura 20 – Visão em Terceira Pessoa

A Figura 21 apresenta a visão de topo ou visão geral, onde o usuário pode combinar a manipulação de diversos graus de liberdade, como mover o ângulo de visão (pan), inclinar o ângulo de visão em sentido longitudinal (pitch), inclinar o ângulo de visão em sentido transversal (roll) e aproximar ou afastar o ângulo de visão (zoom) possibilitando a visualização de componentes dos mais diversificados e privilegiados ângulos.



Figura 21 – Visão de Topo ou Visão Geral

Já na Figura 22 e 23 pode-se observar respectivamente a visão lateral e visão frontal da subestação.

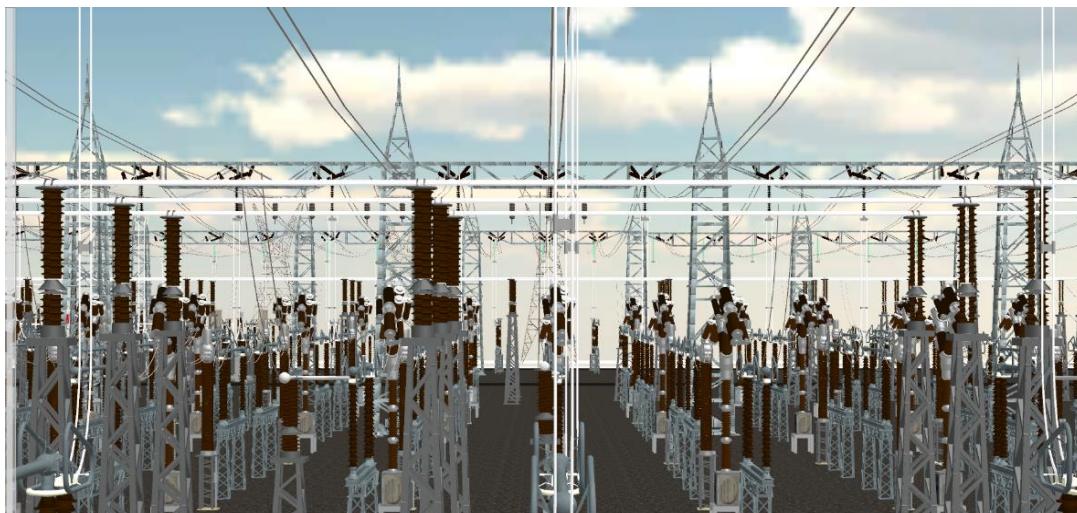


Figura 22 – Visão Lateral

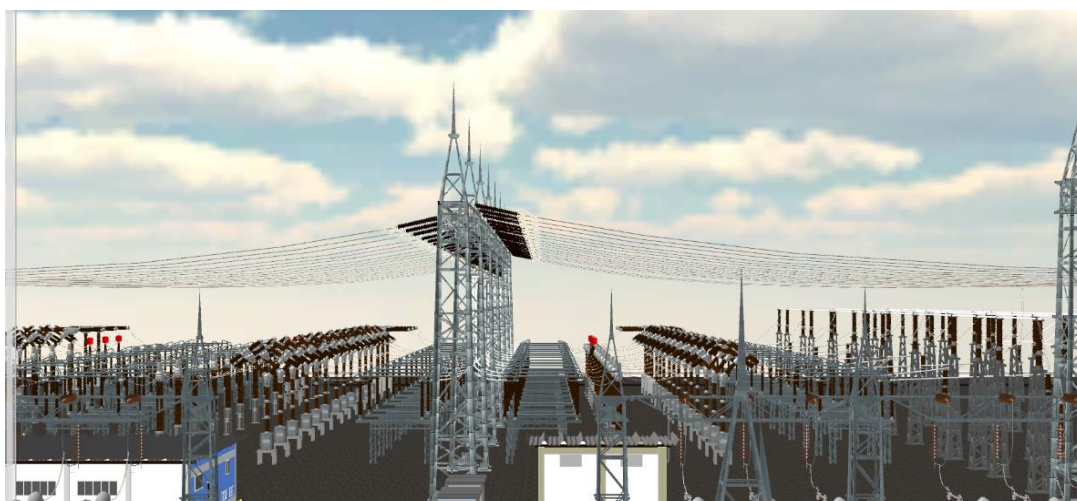


Figura 23 – Visão Frontal

Além destas 5 formas, existe a possibilidade de visualização da posição no ambiente virtual por meio de um minimapa, utilizado para acesso rápido aos locais do ambiente. Durante a navegação, os usuários podem utilizar diversos dispositivos de entrada e saída, como joystick, gamepad, mouse, teclado e óculos de Realidade Virtual.

Na Figura 24 mostra o mini mapa.

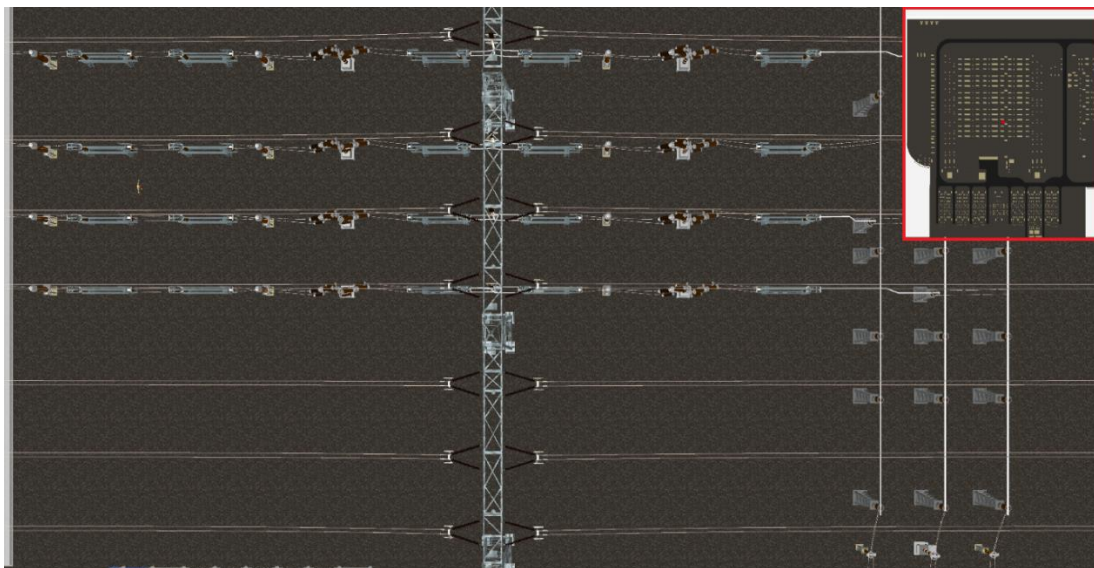


Figura 24 – Mini Mapa para acesso rápido

5.3.3 Representação e Interação de Interface Alternativa de Controle

As interfaces alternativas de controle possuem como função realizar as mesmas ações dos painéis. Porém, de maneira mais rápida, pois não há necessidade deslocar ao menu, tornando-se um recurso eficaz em momentos onde a interação é rotineira. Cada item que compõe a barra lateral deve possuir uma janela alternativa, sendo opção do usuário ativar e desativar quando julgar necessário, além da possibilidade de movê-la para qualquer posição.

A Figura 25 apresenta a janela alternativa em processo de execução de comandos, contendo os mesmos recursos e padrões de design e layout dos botões.

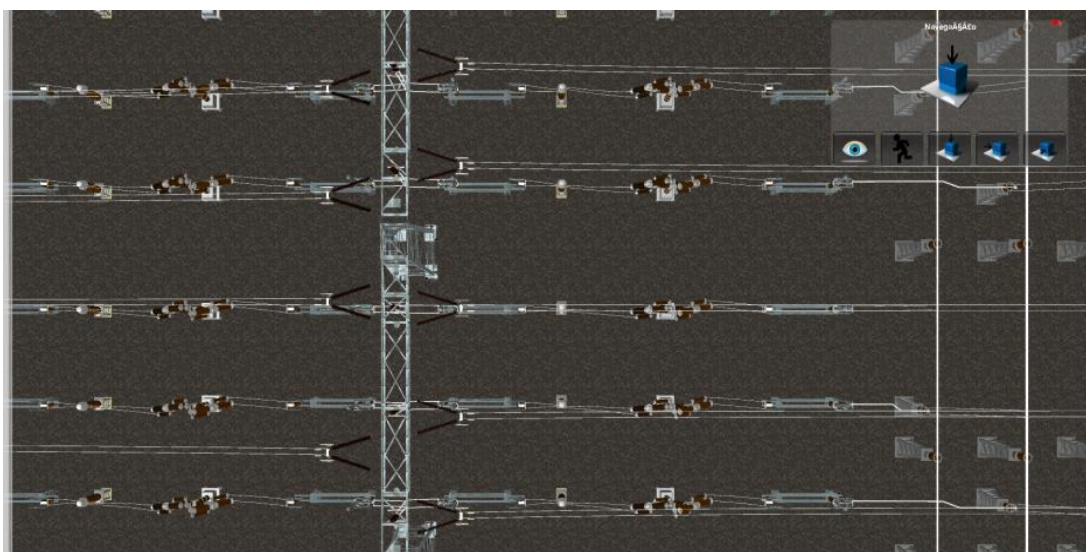


Figura 25 – Interface Alternativa em uso

Quando uma janela alternativa não estiver em modo de utilização, ou seja, não havendo apontamento do mouse sobre a janela, a mesma tem como função informar apenas o resultado da seleção apresentando apenas o ícone ativo. A Figura 26 demonstra o resultado de uma janela quando não há utilização.

Pode-se observar que em momentos de utilização, a mesma aumenta sua dimensão em 100% e apresenta todos os botões que compõem o comando, criando agrupamentos de uma determinada ação (princípio da proximidade), caso contrário é visualizado apenas o ícone referente à opção ativa. O usuário pode desativar este recurso durante qualquer momento da utilização.

A interface segue todos os princípios da estratégia, sendo que o principal intuito é favorecer os aspectos de usabilidade.



Figura 26 – Interface alternativa ativa, mas sem utilização.

5.3.4 Representação e Interação com Janelas de Controle e de Apresentação de Dados

Quando o usuário necessita manipular um componente virtual, janelas e elementos de controle são apresentados após a seleção dos mesmos. Estas janelas também são integradas no ambiente virtual e sua exibição é finalizada automaticamente após a execução ou cancelamento da ação, tornando o ambiente virtual menos sobrecarregado e mais intuitivo. Todo funcionamento destas janelas é baseado no princípio da disponibilidade e confirmação, sendo apresentado ao usuário somente o conteúdo referente a operação e solicitando ao mesmo a confirmação da ação.

A Figura 27 apresenta estas janelas.

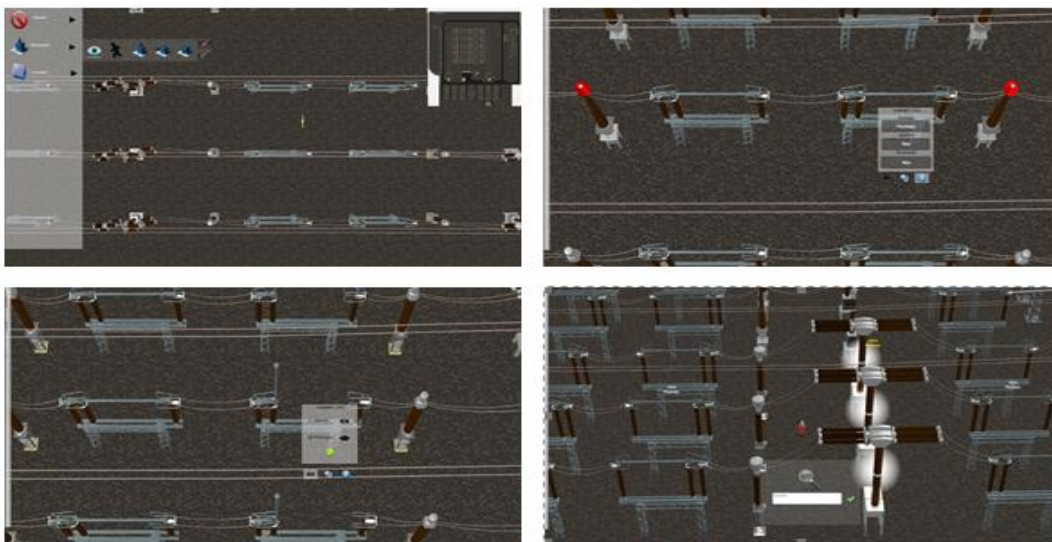


Figura 27 – Janelas de Controle e Apresentação de Dados

5.3.5 Apresentação e Interação das Camadas de Conteúdo

O menu contido na aplicação, contém um sub menu referente ao acionamento das camadas. Por meio de um botão, o usuário pode alterar o status da mesma, sendo que o ícone que representa o conteúdo se torna opaco quando a camada esta desativada, e sem opacidade em momentos de ativação.

A Figura 28 e 29 representam estas ações.

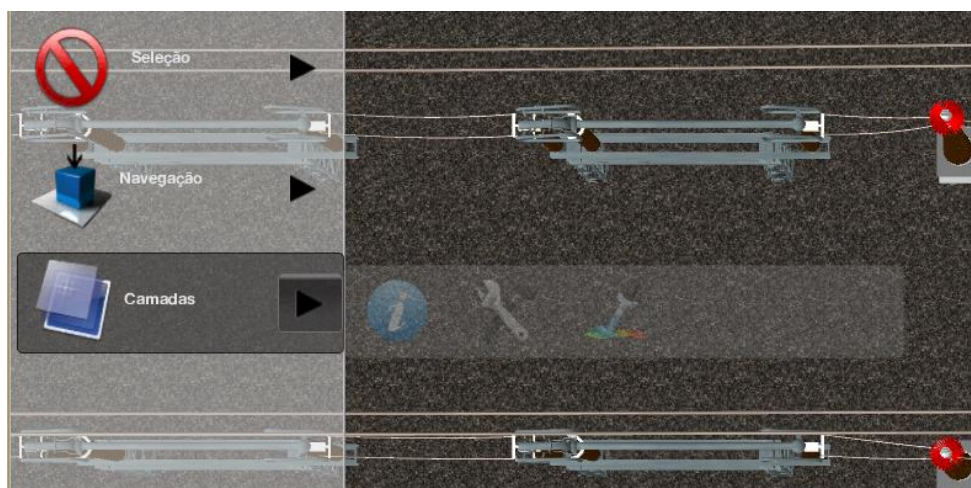


Figura 28 – Apresentação do Sub Menu com suas camadas desativadas

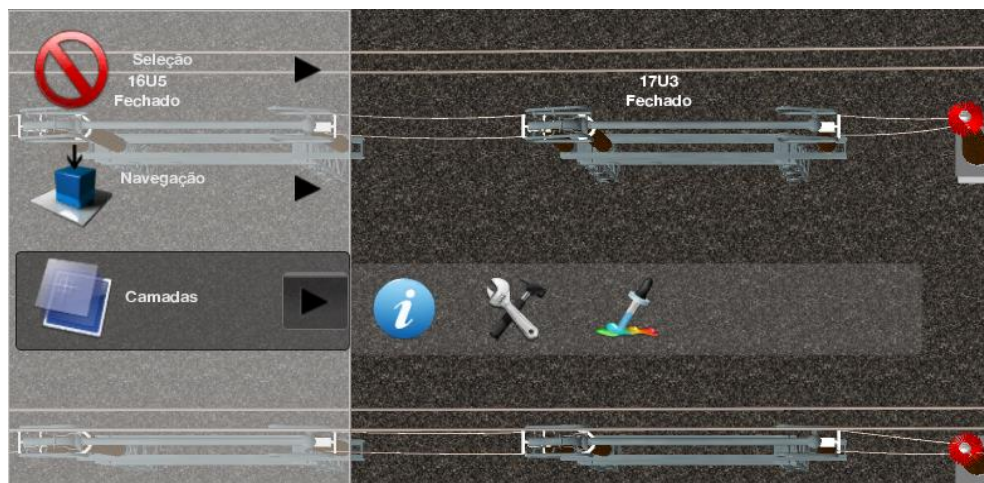


Figura 29 – Apresentação do Sub Menu com suas camadas ativas

Estas camadas têm como função controlar a visualização de conteúdo de forma independente, possibilitando ativação/desativação durante o uso do SRV. O usuário é livre para manipular este recurso de acordo com sua necessidade, em qualquer momento da aplicação, agregando ao ambiente virtual informações complementares.

Na figura 30, apresenta-se a camada nomeada como rótulo ativa. É possível observar nos equipamentos (cada 3 componentes elétricos, compõem um conjunto trifásico), seus respectivos nomes e valores, caso a camada seja desativada estas informações serão ocultadas.

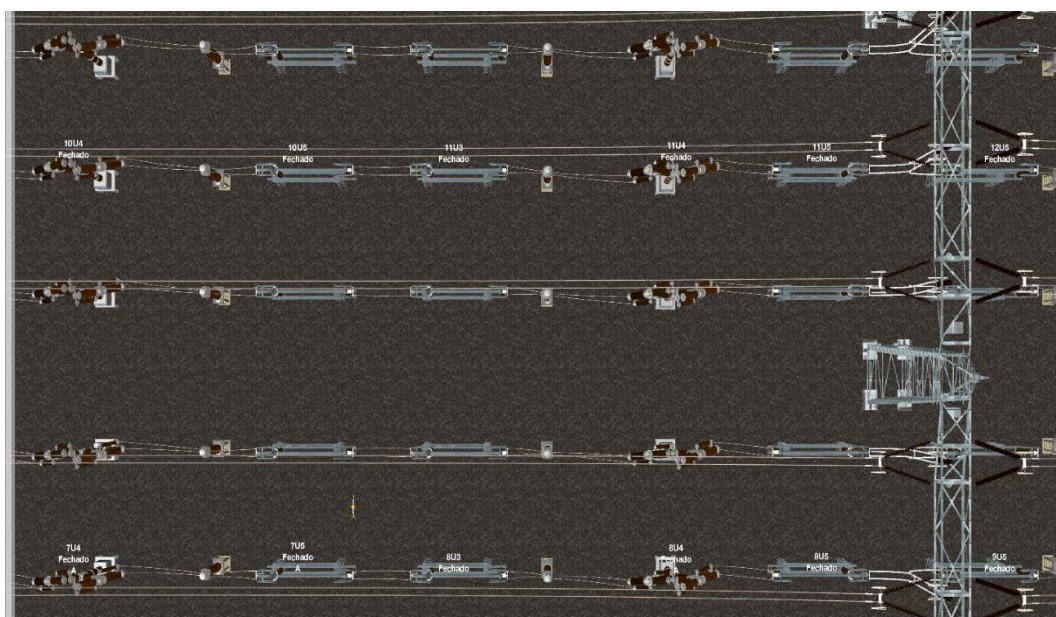


Figura 30 – Camada “rótulo” ativa

Outro conteúdo controlado é a camada nomeada de “envoltória”. Seu valor de agregação ao ambiente virtual é a aplicação de um contorno sobre os equipamentos virtuais.

Caso o estado do equipamento seja fechado o cortorno será de cor vermelha, caso contrário a cor representativa será o verde, assim com a ativação desta camada o usuário obterá uma interpretação mais rápida sobre o estado dos equipamentos. O uso destas cores, está relacionado ao conceito de modelo mental utilizado pelo operador da subestação, pois o mesmo utiliza estas atribuições para representar estes estados (aberto e fechado).

Já em momentos em que desejar apenas uma navegação sobre a subestação virtual poderá desligar a camada, evitando sobrecarga visual no ambiente virtual.

A Figura 31 apresenta esta camada de conteúdo em estado ativo.

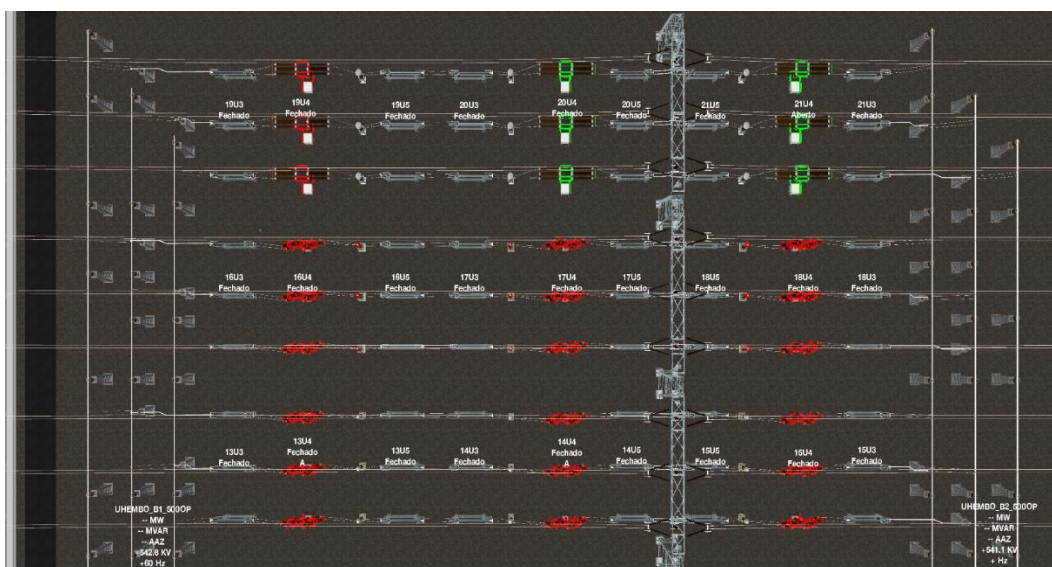


Figura 31 – Camada “envoltória” ativa

5.3.6 Ícones

Os ícones de um aplicativo apresentam forte importância para interface, pois fazem parte do processo de identificação do comando de interação. Se bem aplicado, um ícone pode contribuir nos aspectos de aprendabilidade e intuitividade dos comandos.

Os ícones também ajudam o usuário a retomar uma determinada funcionalidade do sistema (Ware, 2004).

No SRV desenvolvido foram escolhidos desenhos simples, a fim de facilitar a assimilação do mesmo à sua ação e seguir as atuais tendências de interfaces.

5.4 Considerações Finais

Este capítulo apresentou os detalhes da elaboração da estratégia de representação e interação com widgets 2D em SRV.

Abordaram-se também aspectos de desenvolvimento da interface, detalhes de funcionamento e interação aplicados ao protótipo desenvolvido.

Com a finalidade de apresentar a contribuição desta pesquisa, o próximo capítulo trata dos relatos obtidos.

Capítulo 6

Análise da Estratégia

6.1 Introdução

Neste capítulo apresentam-se os critérios de análise da estratégia, além de relatos sobre os benefícios e impactos que a mesma causou aos usuários durante sua utilização. Esta análise tem como intuito apresentar o desempenho da estratégia de representação elaborada evidenciando aspectos relacionados à imersão, confronto de paradigmas em SRV.

6.2 Critérios de Análise

Durante todo período de desenvolvimento e aplicação desta estratégia houve envolvimento por parte dos potenciais usuários (operadores de subestações de Energia Elétrica da CEMIG).

Para análise da estratégia, foram aplicados diversos métodos como: reuniões, entrevistas, apresentação do SRV aos usuários, momentos de observação durante a utilização da estratégia, aplicação de questionários avaliação (Apêndice 1) e formulários para aplicação de tarefas para análise de desempenho (Apêndice 2).

O desenvolvimento do questionário de avaliação baseou-se na ferramenta QUIS (*Questionnaire for User Interaction Satisfaction*), O QUIS foi projetado para avaliar a satisfação subjetiva dos usuários com aspectos específicos da interface homem-computador (QUIS, 2014).

Lowdermilk (2013) relata que os usuários podem dizer muito bem sobre o que está funcionando e o que não está. No entanto uma maneira eficiente de perceber as necessidades dos usuários é observando-os diretamente.

Nos sub tópicos desta seção, apresentam-se os critérios analisados juntamente com os relatos dos métodos de análise.

6.2.1 Reação à utilização do Sistema

Critério que analisa a satisfação do usuário em relação à proposta do protótipo: utilização para monitoramento e controle de subestações. Pode-se notar e concluir os seguintes aspectos por parte dos usuários:

- Alto grau de interesse pela aplicação;
- Técnicas de RV propiciaram boa visualização do estado dos componentes da subestação;
- Dificuldade moderada de utilização do sistema (navegar pela subestação, considerando todas as possíveis formas de navegação);

É importante salientar que grande parte dos usuários se consideram com baixa experiência em utilização de ambientes virtuais tridimensionais.

6.2.2 Interface de Controle – Widgets 2D

Critério que analisa menu, sub menu, interface alternativa, janelas de controle e de apresentação de dados. Pode-se observar e concluir os seguintes aspectos por parte dos usuários:

- Facilidade de utilização e aprendizagem;
- Eficiência para efetuar comandos de interação (mudança da forma de navegação, leitura do estado dos equipamentos). Pode-se observar maior utilização do menu em relação a interface alternativa;
- Uso da interface alternativa demonstrou interesse apenas em tarefas em que era necessário o uso repetitivo de um determinado comando.
- Aparência e estética agradável;

- Em determinados momentos houve dificuldades de visualização, ou confusão visual, a Figura 32 apresenta um exemplo.
- Transmitiu forte sensação de integração ao ambiente 3D, aspecto positivo e de grande interesse para pesquisa.

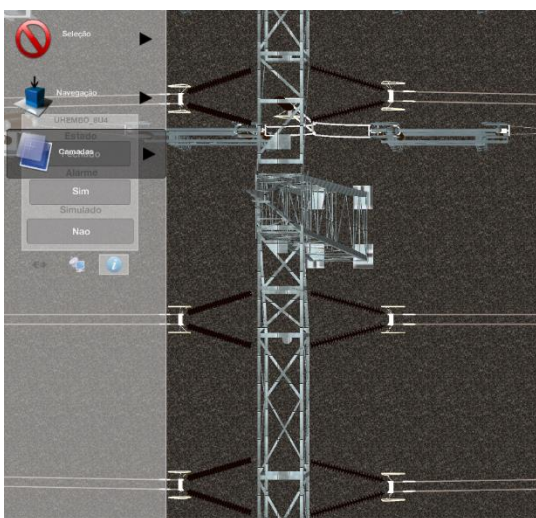


Figura 32 – Confusão Visual entre menu e janela de apresentação de dados.

Pretende-se aplicar técnicas de visualização da informação (exibição baseada em pixel) para correção desta falha.

6.2.3 Camadas de Conteúdo

Critério que analisa a utilização, eficiência, visualização das Camadas de Conteúdo. Pode-se observar e concluir os seguintes aspectos por parte dos usuários:

- Apresentou fácil utilização e eficiência para o manuseio;
- Recurso adequado para atividades de monitoramento;
- Transmitiu boa sensação de integração ao ambiente virtual;
- Relatou-se necessidade da criação de recursos que permita ao usuário criar suas próprias camadas de acordo com sua necessidade.

6.2.4 Formas de Navegação

Critério que analisa a usabilidade das distintas formas de navegação que o SRV possui. Pode-se observar e concluir os seguintes aspectos por parte dos usuários:

- Apresentou dificuldade de navegação no modo visão geral;
- Navegação em 1ª pessoa e 3ª pessoa mais aceita e melhor resultado em relação a usabilidade e tarefas de monitoramento;
- Visão Lateral e Frontal pouco utilizada;
- Mini mapa recurso importante em tarefas que necessitam de deslocamento rápido (Em caso de alarme e alertas).

6.2.5 Capacidades e Aprendizagem da Interface

Critério que analisa a forma de apresentação da interface (velocidade das animações e transições, layout), tempo de resposta e atualização. Pode-se observar e concluir os seguintes aspectos por parte dos usuários:

- Apresentou velocidade de transição e animação um pouco lenta;
- Exigiu determinada dependência ao nível de experiência do usuário em relação a sistemas 3D;
- Layout e dimensões dos componentes de forma ideal;
- Apresentou facilidades de realizar tarefas (ações de interação) mesmo conhecendo poucos comandos;
- Tempo de aprendizagem mediano;
- Velocidade de exibição dos conteúdos adequada.

6.2.6 Imersão

Critério que analisa a sensação de presença do usuário, considerando a integração das interfaces de controle no ambiente virtual e o confronto o paradigmas (widgets 2D e ambiente virtual 3D). Pode-se observar e concluir os seguintes aspectos por parte dos usuários:

- Apresentou grande empatia, interesse e envolvimento com as atividades realizadas;
- Sentiu forte sensação de realismo durante a execução dos comandos;
- Relatou homogeneidade entre os componentes de controle (widgets 2D) com ambiente 3D;
- Mostrou dificuldade em operar gamepad em alguns momentos, reduzindo o fator de imersão.

6.2.7 Visualização Esterescópica

Critério que analisa de forma geral a apresentação das interfaces de controle durante o uso dos óculos 3D ativo. Pode-se observar e concluir os seguintes aspectos por parte dos usuários:

- Apresentou certo desconforto em utilizar os óculos;
- Conseguiu visualizar bem o efeito de profundidade;
- As interfaces de controle apresentam destaque, e boa visualização durante a utilização, se posicionado a frente do plano de projeção;

6.3 Relatos Finais

Neste capítulo apresentou-se o conteúdo relacionado à análise da estratégia desenvolvida. De acordo com relatos, percebe-se que aderência da proposta aos objetivos de melhoria da imersão e navegação.

Capítulo 7

Conclusões e Trabalhos Futuros

7.1 Introdução

Neste capítulo, destacam-se os aspectos da pesquisa e conclusões do trabalho apresentado nesta dissertação. Além disso, serão apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros e a contribuição científica do presente trabalho.

7.2 Conclusões

Como mencionado, é relevante que o usuário não perca seu sentimento de imersão quando está interagindo com objetos de interesse em um ambiente virtual.

Técnicas e conceitos tradicionais de interação em Realidade Virtual podem prejudicar o sentimento de imersão do usuário, quando este necessita de informações adicionais de controle. Tal fato impacta, negativamente, a interação.

Assim, este trabalho apresentou estratégias e exemplos de representação e interação de interfaces do usuário, baseadas e orientadas ao contexto da ação exigida. As técnicas aqui propostas contribuíram com a sensação de imersão, posto que não há janelamento, sobreposição de objetos de interface e demanda por perda do contato visual com o ambiente virtual para uma ação, em se tratando de sistemas de Realidade Virtual. Pressupõe-se, com estas técnicas, a redução da poluição de informações relativas a objetos do ambiente virtual e melhora do tempo no processo interação do controle.

Baseado nas testes realizados, a proposta atingiu os objetivos da melhoria da integração de informações com o ambiente virtual, quebrando o confronto entre os paradigmas de janelamento e SRV.

A utilização de camadas de conteúdo facilita o domínio da utilização, possibilitando a autonomia e flexibilidade ao usuário para filtrar dados visuais necessários, tornando-se uma ferramenta eficiente na visualização da informação.

Pode-se concluir também, que em casos de tarefas em que é necessário o uso repetitivo de um determinado comando justifica-se a utilização e elaboração de interfaces de alternativas no sistema, caso contrário, torna-se desnecessária.

O sistema desenvolvido incluindo as interfaces de controle integradas ao ambiente 3D foi analisado junto com público alvo (operadores da companhia de energia elétrica) e pode-se observar aderência aos propósitos da solução e dos usuários finais.

Relativas ao desenvolvimento do protótipo, pode-se observar que a *engine Unity*, em versão 4, apresentou desempenho e quantidade de recursos satisfatórios com relação: a) ao suporte a cenas com grandes quantidades de polígonos, b) ao recurso LOD (*Level of Detail*); c) à flexibilidade para escolha de linguagens de programação (C#, JavaScript e Boo); d) à criação e utilização de pacotes com funcionalidades suficientemente genéricas que propiciam o reaproveitamento de funções; e) à possibilidade de criação de componentes para automatização do editor de cenas.

Por outro lado, deve-se relatar que em alguns momentos a *engine* apresentou comportamento confuso com relação à ordem de execução das atividade no momento em que se inicializa o SRV. Com isso, foram implementados mecanismos específicos para assegurar a ordem correta do fluxo de execução, complementados com uma interface disponibilizada pelo próprio editor de cenas, eliminando estas ocorrências.

Em suma, pode-se concluir que a *engine Unity* correspondeu com eficiência e eficácia nos requisitos envolvidos na construção do SRV, se mostrando razoavelmente flexível às adequações e possibilitando a criação de sistemas de interface gráfica 3D em diferentes plataformas de desenvolvimento.

7.3 Trabalhos Futuros

A estratégia desenvolvida neste trabalho apresenta várias outras possibilidades de aplicação em diferentes tipos de ambientes virtuais. Como trabalhos futuros, pretende-se elaborar novos componentes de controle para inclusão no conceito desenvolvido, viabilizando a utilização da estratégia elaborada em diversos projetos.

Também, considera-se importante realizar testes que confrontem usabilidade *versus* segurança da interface frente aos modelos mentais formulados pelos operadores de subestações, comparando se estas interfaces possuem resultados distintos entre os operadores em controlam remotamente com os que atuam em campo (subestação real).

Outro aspecto importante seria o desenvolvimento de requisitos específicos para a estratégia, considerando sistemas de Realidade Virtual estereoscópicos com paralaxe positiva e negativa, reavaliando layout, visibilidade e aspectos visuais relacionados ao stress causado durante um longo tempo de utilização.

Também é relevante, aplicar as estratégias em SRV com propósitos distintos ao apresentados, por exemplo, ambientes virtuais aplicados a reabilitação física, educação e visualização espacial.

Por fim, realizar um estudo específico sobre quantificação da imersão e aplicar testes, com intuito de comparar as técnicas tradicionais de representação de widgets 2D em SRV com a estratégia elaborada.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA, M. **Desvendando o 3ds Max**. São Paulo: Digerati Bools, 2007.

ARRUDA, R. V.; SILVA, W. A.; LAMOUNIER, E. A; RIBEIRO, M. W; CARDOSO, A. & FORTES, N. **Realidade virtual não-imersiva como tecnologia de apoio no desenvolvimento de protótipos para reconstituição de ambientes históricos para auxílio ao ensino**. V Workshop de Realidade Virtual e Aumentada – WRVA 2008, Unesp-Bauru, 2008.

BELLINGER, G. **Modeling & simulation: An introduction**. Disponível em: <<http://www.systems-thinking.org/modsim/modsim.html>>. Acesso em 16/06/2013.

BEZERRA, E. **Princípios de análise e projeto de sistemas com UML**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

BOWMAN, D.; KRUIJFF, E.; LaVIOLA, J.; POUPYREV, I. **3D User Interfaces – Theory and Practice**, Addison Wesley; 2011.

BOWMAN, D.; RAJA, D.; LUCAS, J.; and DATEY, A. **Exploring the Benefits of Immersion for Information Visualization**. Proceedings of HCI International, 2005.

BYRNE, C. **Water On Tap: The Use Of Virtual Reality As An Educational Tool**. Doctoral Dissertation, University of Washington, Human Interface Technology Lab, 2009.

CARDOSO, A.; LAMOUNIER, E. **A Realidade Virtual na Educação e Treinamento**. In: TORI, Romero; KIRNER, Claudio; SISCOUTO, Robson. Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Belém: SBC, 2006. P. 304-312.

CARDOSO, A; LAMOUNIER, E; KIRNER, C; KELNER, J. **Tecnologias e Ferramentas para o Desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual e Aumentada**. Recife: Editora Universitária UFPE, 2007.

COELHO, D.; COELHO, R. and CARDOSO, A. **“Use of Virtual Reality in process control in a mine in Brazil – a case study”**. Anais do XIII Symposium on Virtual and Augmented Reality, Uberlandia, MG, 2011.

DIX, A.; FINLAY, J.; ABOWD, G. **Human-Computer Interaction**: Prentice hall, 2004.

JANKOWSKI, J.; and DECKER, S.; **A Dual-Mode. User Interface for Accessing 3D Content on the World Wide Web**, WWW 2012 – Session: User Interfaces and Human Factor, Lyon – France, 2012.

KEIM, D. **"Information Visualization and Visual Data Mining."** IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 7, n. 1, jan-mar, 2002.

KIRNER, C. and KIRNER, T. **Evolução e Tendência da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada**. Uberlândia-MG: XII Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2011.

KIRNER, C.; KIRNER, T. **“Evolução e Tendências da Realidade Virtual e da Realidade Aumentada”** In: Livro do XIII Pré-Simpósio de Realidade Virtual e Aumentada, Uberlândia, 2011, pp. 10-25.

KIRNER, C.; KIRNER, T. **Virtual Reality and Augmented Reality Applied to Simulation Visualization**. In: SHEIKH, El Asim; AJEELI, Abid Thyab Al; ABU-TAIEH. Simulation and Modeling: Current Technologies and Applications. New York: IGI Publishing, 2008

KIRNER, C.; SICOUTO, R. **Realidade Virtual e Aumentada: Conceitos, Projeto e Aplicações**. Rio de Janeiro: IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, 2007. 292 p.

LANDBERG, V. **Developing User Interfaces in Virtual Reality**; Department of Computing Science; Umeå University, Master's Thesis, 2000.

LOWDERMILK, T. **Design Centrado no Usuário**, O'Reilly Novatec; 2013.

LUZ, R.; KIRNER, T. **Processo de desenvolvimento de Sistemas de Realidade Virtual**. In: TORI, Romero; KIRNER, Cláudio; SISCOUTO, Robson (Ed.). Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada. Livro do pré96 simpósio SVR 2006. Belém: Editora SBC, 2006, cap.8, p.109-127.

MICROSOFT. **Windows User Experience Interaction Guidelines**. Microsoft Download Center, 2012. Disponível em: <<http://www.microsoft.com/en-us/download/confirmation.aspx?id=2695>>. Acesso em: 19 de Novembro de 2013.

MORAIS, I.; ANDRADE, H.; SILVA, A.; CARDOSO, A. **Realidade Virtual Para Treinamento em Normas de Segurança Para Manutenções de Redes Elétricas**; Anais do Workshop de Realidade Virtual e Aumentada de 2013; Jataí, GO, 2013.

NUNES, A.; RADICCHI, A.; BOTEAGA, L. **Interfaces Tangíveis: Conceitos, Arquitetura, Ferramentas E Aplicações**. Uberlândia-Mg: XII Symposium On Virtual And Augmented Reality, 2011.

PREECE, J.; SHARP, R.; SRARP, H. **Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction**, John Wiley & Sons 2002.

QUIS. **Questionnaire for User Interaction Satisfaction**, 2014. Disponível em: <<http://www.lap.umd.edu/quis>>. Acesso em: 07 de Janeiro de 2014.

RIBEIRO, M. **Arquitetura para Distribuição de Ambientes Virtuais Multidisciplinares**. Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Engenharia Elétrica – UFU, Uberlândia, 2006. 176f.

SCHLATTMANN, M. and KLEIN, R. **Simultaneous 4 gestures 6 DOF real-time two-hand tracking without any markers**. In: ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology (VRST '07). Newport Beach, California, pp. 39-42.

TORI, R. **A presença das Tecnologias Interativas na Educação**. Revista de Computação e Tecnologia da PUC-SP. 2011

TORI, R.; KIRNER, C. and SISCOOTTO, R. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Belém: VIII Symposium on Virtual Reality, 2006.

UNITY3D. **Game Engine, tools and multiplatform**. Disponível em: <<http://unity3d.com/unity>> Acesso em: 27 de novembro de 2013.

WYK, E. **Virtual Reality Training Applications for the Mining Industry**. University of South Africa, Afrigraph: 2009.

YVONNE,R; SHARP, H; PREECE, J. **Design de interação: além da interação homem-computador**. 3 ed. Bookman, 2011.

ZORZAL, E. **Estratégia para o desenvolvimento de aplicações Adaptativas de Visualização da Informação com Realidade Aumentada**; Tese (Doutorado em Ciências) – Faculdade de Engenharia Elétrica – UFU, Uberlândia, 2007.

Apêndice I

FORMULÁRIO DE AVALIAÇÃO DE INTERFACE

Nome: _____ Data de Nascimento: __/__/__ () UFU () CEMIG

Avalie sua experiência em ambientes virtuais 3D:

- () Nenhuma Experiência () Experiência Moderadamente Alta
() Alguma Experiência () Experiência Alta
() Experiência Moderada

		Grau de Concordância					
a) Reação ao Sistema		1	2	3	4	5	
Satisfação em relação a proposta do protótipo: Utilização para Monitoramento e Controle de Subestações.	Desinteressante						Interessante
	Tedioso						Estimulante
	Difícil						Fácil
	Frustrante						Satisfatório
	Inadequado						Adequado
Comentários:							
b) Tela - Interface de Controle – Menu, Interfaces Alternativas, Janelas		1	2	3	4	5	
Com relação a utilização:	Inadequado						Adequado
	Desinteressante						Interessante
	Difícil						Fácil
Com relação a eficiência:	Pouco						Muito
Com relação a visualização:	Inadequado						Adequado
	Desinteressante						Interessante
	Pouco Legível						Muito Legível
Com relação a estética:	Desinteressante						Interessante
Oferece facilidade de aprendizagem:	Pouco						Muito
Transmite a sensação de Integração ao ambiente 3D.	Pouco						Muito

Comentários:							
c) Camadas – Rótulos, Leitura e Controle, Envoltória		1	2	3	4	5	
Com relação a utilização:	Inadequado						Adequado
	Desinteressante						Interessante
	Difícil						Fácil
Com relação a eficiência:	Pouco						Muito
Com relação a visualização:	Inadequado						Adequado
	Desinteressante						Interessante
	Pouco Legível						Muito Legível
Com relação a estética:	Desinteressante						Interessante
Oferece facilidade de aprendizagem:	Pouco						Muito
Transmite a sensação de Integração ao ambiente 3D.	Pouco						Muito
Comentários:							
d) Formas de Navegação – 1ª Pessoa, 3ª Pessoa, Visão Geral e MiniMap		1	2	3	4	5	
Com relação a navegação:	Inadequado						Adequado
	Desinteressante						Interessante
	Difícil						Fácil
Com relação a eficiência:	Pouco						Muito
Com relação a visualização:	Inadequado						Adequado
	Desinteressante						Interessante
Oferece facilidade de aprendizagem:	Pouco						Muito
Transmite a sensação de presença durante a utilização	Pouco						Muito
Comentários:							
e) Capacidades do Sistema		1	2	3	4	5	
A velocidade do sistema é:	Muito Baixa						Rápida o Bastante
O tempo de resposta para maioria das operações é:	Muito Longo						Rápido o Bastante
A velocidade em que tela é atualizadas	Muito Baixa						Rápida o Bastante

A facilidade de operar o sistema depende do nível de experiência – (em relação a sistemas 3D e jogos)	Nunca						Sempre
Você pode realizar tarefas conhecendo poucos comandos:	Com Dificuldade						Com Facilidade
Comentários:							
f) Aprendizagem do Sistema		1	2	3	4	5	
Aprender a operar o sistema é:	Difícil						Fácil
Iniciar o uso é:	Difícil						Fácil
Aprender a funções avançadas (Formas de Navegação – Visão Geral)	Difícil						Fácil
O tempo de aprendizagem é:	Longo						Curto
Explorar uso por tentativa e erro é:	Desencorajador						Encorajador
Relembra nomes e uso de comandos é:	Difícil						Fácil
O número de etapas por tarefa é:	Excessivo						Adequado
As etapas para completar tarefas seguem uma sequência lógica:	Nunca						Sempre
A resposta do sistema ao completar uma sequência de etapas é:	Confusa						Clara
Comentários:							
g) Terminologia e Informações do Sistema		1	2	3	4	5	
Uso dos termos relacionados à atividade	Inconsistente						Consistente
Uso dos termos relacionados à tecnologia	Inconsistente						Consistente
Os termos utilizados se relacionam com as tarefas desempenhadas	Nunca						Sempre
Os termos utilizados são:	Ambíguos						Precisos
Lembrança de nomes e uso dos comandos	Nunca						Sempre
A posição das interfaces são:	Inconsistente						Consistente
Instruções para comandos ou funções são:	Confusas						Claras
O sistema mantém informado sobre o que está sendo feito	Nunca						Sempre
Realizar uma operação/função no sistema leva a resultados previsíveis:	Nunca						Sempre
Duração da espera entre operações/funções do sistema é:	Inaceitável						Aceitável

Comentários:							
<i>h) Imersão</i>		1	2	3	4	5	
<i>Sentiu empatia com sistema:</i>	<i>Pouca</i>						<i>Muita</i>
<i>Sentiu interesse no sistema:</i>	<i>Pouco</i>						<i>Muito</i>
<i>Sentiu envolvido no sistema:</i>	<i>Pouco</i>						<i>Muito</i>
<i>Sentiu realismo com as ações exercidas</i>	<i>Pouco</i>						<i>Muito</i>
<i>Gostou da qualidade gráfica do sistema (Modelagem, Construção da Cena e Interfaces)</i>	<i>Pouco</i>						<i>Muito</i>
<i>Gostou de utilizar o protótipo:</i>	<i>Pouco</i>						<i>Muito</i>
<i>Os controles e comandos foram fáceis de utilizar:</i>	<i>Pouco</i>						<i>Muito</i>
Comentários:							
<i>g) Utilização do óculos 3D (estereoscopia) e GamePad (controle)</i>		1	2	3	4	5	
<i>Sentiu algum desconforto em utilizar óculos:</i>	<i>Pouco</i>						<i>Muito</i>
<i>Conseguiu visualizar efeito de profundidade:</i>	<i>Nunca</i>						<i>Sempre</i>
<i>Com relação as interfaces de controle (menu, janelas, interface alternativa) utilizando o óculos:</i>	<i>Inadequado</i>						<i>Adequado</i>
	<i>Desinteressante</i>						<i>Interessante</i>
	<i>Pouco Legível</i>						<i>Muito Legível</i>
<i>Com relação a utilização do GamePad</i>	<i>Inadequado</i>						<i>Adequado</i>
	<i>Desinteressante</i>						<i>Interessante</i>
	<i>Difícil</i>						<i>Fácil</i>
<i>Sentiu algum desconforto em utilizar o GamePad</i>	<i>Pouco</i>						<i>Muito</i>
<i>Sentiu facilidade de utilizar o GamePad</i>	<i>Pouca</i>						<i>Muita</i>
Comentários:							

Apêndice II

FORMULÁRIO DE ATIVIDADES

Nome: _____

TAREFAS

Tarefa 01 - Navegação: Alterar o modo de navegação para 3ª Pessoa, posteriormente 1ª Pessoa e por fim voltar ao modo visão geral.

Tarefa 02 - Camadas: Em modo visão geral, manipular (ligar, navegar e desligar) camada rótulos.

Tarefa 03 – Camadas: Em 3ª pessoal, realizar leitura do equipamento na camada controle, e posteriormente alterar o estado do equipamento.

Tarefa 04 – Camadas: Em visão geral, manipular (ligar, aplicar zoom e desligar), a camada envoltória.

Tarefa 05 – Interfaces Alternativas – Utilizando a camada de controle alternativa altere o modo de navegação para 1ª pessoa.

Tarefa 06 – Minimap – Utilizando minimap, navegue até um dos transformadores de 500Kv

Tarefa 07 – Manipulação Direta – Clique no transformador, realize a leitura pela janela de informações e posteriormente feche a janela.

	<i>Tempo Gasto</i>	<i>Nº de Acesso de Ajuda</i>	<i>Nº de Erros</i>	<i>Comentário do Participante e Observações</i>
<i>Tarefa 01</i>				
<i>Tarefa 02</i>				
<i>Tarefa 03</i>				
<i>Tarefa 04</i>				
<i>Tarefa 05</i>				
<i>Tarefa 06</i>				
<i>Tarefa 07</i>				