

APLICAÇÃO DE UM AMBIENTE VIRTUAL COLABORATIVO UTILIZANDO REALIDADE AUMENTADA

Trabalho de Conclusão de Curso

Engenharia da Computação

Anderson Carlos Moreira Tavares
Orientador: Prof. Dr. Sérgio Murilo Maciel Fernandes



UNIVERSIDADE
DE PERNAMBUCO

**ANDERSON CARLOS MOREIRA
TAVARES**

**APLICAÇÃO DE UM AMBIENTE
VIRTUAL COLABORATIVO
UTILIZANDO REALIDADE
AUMENTADA**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia da Computação pela Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco.

Recife, dezembro de 2009.

*A minha mãe que me ajuda e me fortalece
em todos os momentos da minha vida.*

Agradecimentos

Agradeço à minha mãe, uma guerreira que, todos os dias, dá-me a alegria de poder lutar por um futuro conspícuo.

Agradeço à minha namorada por ajudar-me na compreensão da monografia e por apoiar-me em tudo que faço.

Agradeço a todos os professores do DSC, por todo o vasto conhecimento que me foi instruído para contribuir com a sociedade, em especial ao professor Dr. Sérgio Campello e à professora Dr. Simone Cristiane, pela ajuda na construção do trabalho.

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. Sérgio Murilo, por toda a motivação que recebi, por guiar-me no projeto, e pelo incentivo de fazer o bem para a humanidade.

Agradeço a todos os colegas da turma que viram o sistema, usaram-no e contribuíram para a melhoria do mesmo.

Agradeço aos alunos que organizaram o VIII Seminário de Engenharia da Computação (VIII SEC) por me darem um espaço para realizar o seminário sobre o trabalho proposto. Também agradeço aos alunos e ao professor Dr. Byron Leite por terem visto o seminário, enriquecendo minha experiência de divulgar o conhecimento.

Agradeço à professora Dra. Verônica Teichrieb, da UFPE, pela contribuição ao sistema.

Resumo

As interfaces bidimensionais, como botões e menus, estão sendo utilizados há 35 anos. Têm-se desenvolvido tecnologias que estendem as interfaces para ambientes tridimensionais. Uma delas, a Realidade Aumentada, vem se destacando devido à facilidade na interação com o ambiente virtual. Devido à complexidade das atividades do ser humano, estes se reúnem para realizar tarefas em equipe, surgindo os sistemas colaborativos. São muitos os sistemas colaborativos que utilizam realidade virtual, como os jogos, por exemplo. Softwares de comunicação com realidade aumentada são novidades no mundo atual. O presente trabalho propõe um sistema que realize colaboração e contenha uma fácil interatividade e imersão utilizando recursos de realidade aumentada. Serão descritos os procedimentos que o projeto executa para que qualquer equipe possa desfrutar da realidade aumentada para manipular ambientes tridimensionais incorporados no mundo real, utilizando os movimentos das próprias mãos. Esta integração é difícil de ser encontrada no mercado atual, sendo uma grande motivação para tal inovação. O projeto beneficiará muitas áreas, como por exemplo, a educação à distância, engenharia, arquitetura e vendas. Os resultados comprovam a viabilidade do sistema, tornando-o interessante para qualquer sistema de colaboração que necessite de fácil manipulação dos projetos e alto grau de imersão dos usuários, facilitando as atividades em tempo real, sem nenhum congestionamento da rede.

Abstract

Interfaces in two dimensions, like buttons and menus, have been used for 35 years. Technologies have been developed to extend interfaces for tridimensional environment. One of them, called Augmented Reality, is being viewed due to the ease on interaction with the virtual environment. Due to the complexity of human tasks, people are getting together to perform tasks in group, creating collaborative systems. There are several collaboration programs using virtual reality, like games, for example. Communication software with augmented reality is new stuff for current world. This present monograph proposes a system that does collaboration and has easy interactivity and immersion by using augmented reality resources. Procedures that the project runs are going to be described for any team to use augmented reality for manipulating 3D environments embedded in the real world, by using their own hands. This integration is difficult to find on current market, and it is a great motivation for this innovation. The project will help several areas like, for example, distance education, engineering, architecture and marketing. Results show the viability of the system, and it becomes interesting for any collaboration system that needs easy manipulation of projects and high degree of immersion of users, offering facility to activities at real time, without any network congestion.

Sumário

Resumo	i
Abstract	ii
Sumário	iii
Índice de Figuras	vi
Índice de Tabelas	viii
Índice de Quadros	ix
Tabela de Símbolos e Siglas	x
Capítulo 1 Introdução	11
1.1. Caracterização do Problema	12
1.2. Metodologia	13
1.3. Estrutura da Monografia	15
Capítulo 2 Fundamentos da Realidade Virtual e Aumentada	16
2.1. Realidade Virtual	16
2.1.1. Definição	18
2.1.2. Motivação	19
2.1.3. Histórico	20
2.1.4. Equipamentos	21
2.1.5. Estereoscopia	25
2.1.6. Dificuldades Gerais da Realidade Virtual	26
2.2. Realidade Aumentada	27
2.2.1. Definição	27
2.2.2. Classificação	28
2.2.3. Motivação	29
2.2.4. Dificuldades	30
Capítulo 3 Fundamentos do Trabalho Colaborativo	31
3.1. O Modelo 3C	31
3.2. Trabalho Colaborativo Baseado em Computador	32

3.3.	Ambiente Virtual Colaborativo.....	33
Capítulo 4	O Projeto Proposto - NHE.....	35
4.1.	Objetivo.....	36
4.2.	Motivação.....	37
4.3.	Tecnologias.....	37
4.4.	Planejamento.....	42
4.4.1.	Do cliente para o servidor.....	43
4.4.2.	Do servidor para o cliente.....	44
4.5.	Servidor.....	44
4.5.1.	Servidor de Política.....	44
4.5.2.	Servidor de Aplicação e Banco.....	45
4.6.	Cliente.....	46
4.6.1.	Tela de <i>Login</i>	46
4.6.2.	Cadastro.....	47
4.6.3.	Tela Principal.....	48
4.6.4.	Tela do Projeto.....	49
4.6.5.	Visualizar Perfil do Usuário.....	51
4.7.	Vantagens.....	51
4.8.	Aplicações.....	52
Capítulo 5	Resultados.....	54
5.1.	Tempo de Resposta.....	54
5.2.	Memória.....	55
5.3.	Interatividade.....	55
5.3.1.	Grau de imersão.....	56
5.3.2.	Inovação.....	56
5.3.3.	Influência do sistema na sociedade.....	57
Capítulo 6	Considerações Finais.....	58
6.1.	Dificuldades.....	58
6.1.1.	<i>Linux</i>	58
6.1.2.	Camera.....	58
6.1.3.	Comunicação.....	59

6.1.4. Importação de Modelos Tridimensionais.....	59
6.1.5. Anaglifo	59
6.2. Trabalhos futuros	60
Bibliografia.....	62
Apêndice A Diagrama de Caso de Uso.....	66
Apêndice B Diagrama Relacional.....	67
Apêndice C Diagrama de Classes (Comunicação Remota)	68

Índice de Figuras

Figura 1.1. Diagrama de atividades do projeto	14
Figura 2.1. Exemplo de Realidade Virtual	17
Figura 2.2. Equipamentos de Realidade Virtual	18
Figura 2.3. Simulação de Vôo	19
Figura 2.4. Publicação do Sensorama.....	20
Figura 2.5. <i>Ultimate Display</i> de Ivan Sutherland[7].....	20
Figura 2.6. Os 6 Graus de Liberdade	21
Figura 2.7. Diferentes tipos de HMD[13]	22
Figura 2.8. Luva para Realidade Virtual[7]	22
Figura 2.9. Luva com sensação tátil para o usuário.[14]	23
Figura 2.10. Ambiente CAVE[15].....	23
Figura 2.11. Projetor Estereoscópico	24
Figura 2.12. Monitor exibindo em 2D um mundo em 3D	24
Figura 2.13. Efeito paralaxe: a) Olhos em posições diferentes; b) Imagem capturada pelo olho direito; c) Imagem capturada pelo olho esquerdo.....	25
Figura 2.14. Exemplo de Anaglifo no Projeto: a) Objeto 3D com as cores e b) Óculos de visualização do anaglifo.	26
Figura 2.15. Sistemas de RA: a) Não-Imersivo e b) Imersivo.....	29
Figura 3.1. Modelo 3C para sistemas colaborativos.....	32
Figura 3.2. Classificações e exemplos de sistemas colaborativos	33
Figura 4.1. Captura de Imagem.....	38
Figura 4.2. Binarização: a) Imagem em escala de cinza; b) Imagem após binarização	39
Figura 4.3. <i>Labeling</i>	39
Figura 4.4. Busca por Quadrados.....	40

Figura 4.5. Comparação entre o padrão armazenado no sistema (lado esquerdo) e padrões detectados na imagem (lado superior)	41
Figura 4.6. Inserção do objeto tridimensional.....	41
Figura 4.7. Fluxograma dos processos de rastreamento	42
Figura 4.8. Diagrama básico de uma rede para o sistema NHE.....	43
Figura 4.9. Caixa de diálogo Login	46
Figura 4.10. Caixa de diálogo Cadastrar	47
Figura 4.11. Caixa de diálogo Principal.....	48
Figura 4.12. Caixa de diálogo Projeto	49
Figura 4.13. Caixa de diálogo Visualizar Perfil do Usuário.....	51
Figura 5.1. Dois computadores utilizando o sistema	54
Figura 5.2. Uso de memória do sistema.....	55
Figura 5.3. Grau de imersão do RA no sistema.....	56
Figura 5.4. Pesquisa sobre inovação do sistema	56
Figura 5.5. Pesquisa sobre influência do sistema na sociedade	57

Índice de Tabelas

Tabela 2.1. Diferenças entre Realidade Virtual e Aumentada	28
Tabela 4.1. Comandos da caixa de diálogo Projeto.....	46
Tabela 4.2. Comandos da caixa de diálogo Cadastrar	47
Tabela 4.3. Comandos da caixa de diálogo Projeto.....	48
Tabela 4.4. Comandos da caixa de diálogo Projeto.....	49
Tabela 4.5. Comandos da caixa de diálogo perfil do usuário	51

Índice de Quadros

Quadro 4.1. Algoritmo para o <i>Labeling</i>	39
Quadro 4.2. Sintaxe das mensagens do cliente para o servidor	43
Quadro 4.3. Sintaxe das mensagens do servidor para o cliente	44
Quadro 4.4. Texto XML do cliente para o servidor	44
Quadro 4.5. Texto XML do servidor para o cliente	45

Tabela de Símbolos e Siglas

- WIMP** – Windows, Ícones, Menus e Ponteiros
- HMD** – *Head Mounted Display*
- CAVE** – *Cave Automatic Virtual Environment*
- CAD** – *Computer Aided Design* (Desenho Auxiliado por Computador)
- RA** – Realidade Aumentada
- RV** – Realidade Virtual
- VRML** – *Virtual Reality Modeling Language* (Linguagem de Modelagem de Realidade Virtual)
- XML** – *Extensible Markup Language*
- CSCW** – *Computer Supported Collaborative Work* (Trabalho Colaborativo Baseado em Computador)
- CVE** – *Collaborative Virtual Environment* (Ambiente Virtual Colaborativo)
- UTF** – *Unicode Transformation Format*

Capítulo 1

Introdução

A interatividade homem-máquina, suportada há 35 anos pelas interfaces WIMP (Windows, Ícones, Menus e Ponteiros)[1], vem apresentando novos padrões de comunicação para que as informações sejam passadas de forma mais confortável e rápida possível.

A modernização e convergência dos meios de comunicação, aliada aos processos de globalização, aproximam indivíduos que se encontram fisicamente distantes, através de ferramentas de trabalho colaborativo.

Devido à tradição de uso do mouse e do teclado para trabalhos individuais e colaborativos, torna-se difícil a utilização de ferramentas que desfrutem de diferentes equipamentos de entrada de dados.

Ferramentas WIMP tradicionais podem não ser adequadas para todos os perfis de pessoas, como, por exemplo, portadores de necessidades especiais. Portanto, para atender esse tipo de demanda, os sistemas atuais precisam ser adaptados à realidade dos usuários.

Uma das tecnologias que tem ajudado na interação entre pessoas é denominada ambiente virtual, composta pela realidade virtual e pela realidade aumentada.

A realidade aumentada incorpora objetos virtuais no mundo real. A realidade virtual integra o usuário em um mundo virtual gerado por computador[2].

Os objetos tridimensionais podem ser vistos nos computadores, em capacetes HMD (*Head-Mounted Display*), em salas CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*) ou diretamente no mundo real, a olho nu (chamado de Realidade Aumentada Espacial[3]).

A utilização dessa tecnologia apresenta algumas dificuldades, tais como:

- O tempo de desenvolvimento;
- O impacto causado nas pessoas pelos sistemas de ambientes virtuais;

- Protocolos de comunicação que tratem detalhadamente das transferências de dados dos equipamentos de realidade virtual e aumentada;
- O treinamento necessário para o uso adequado do sistema;
- O custo do projeto.
- Ausência de sistemas colaborativos que possam ser executados diretamente no browser para comunicação usando realidade aumentada.

Neste ponto, alguns questionamentos também se fazem necessários:

- a) Até que ponto um sistema baseado em realidade aumentada pode beneficiar a interação entre o homem e a máquina?
- b) Até que ponto um mesmo sistema pode ser colaborativo o suficiente para auxiliar na interação entre indivíduos fisicamente separados?
- c) Que tipos de aplicações podem se beneficiar do uso desta tecnologia?

1.1. Caracterização do Problema

Muitas aplicações não se beneficiam do uso dos equipamentos de entrada/saída tradicionais. Alguns sistemas utilizam equipamentos específicos para que os usuários desempenhem suas tarefas, como a visualização de elementos feitos em sistemas CAD (*Computer Aided Design*), por exemplo.

A RA (Realidade Aumentada) é focada em facilitar o desenvolvimento das atividades, com destaque em visualização e manipulação da informação. Não se sabe ao certo a total capacidade a ser alcançada pela RA, porém alguns projetos como o *holodeck*[4] são objetivados para reforçar a evolução da tecnologia.

Não é fácil encontrar atualmente sistemas de realidade aumentada disponíveis para estudo, embora haja um grande crescimento do número de bibliotecas de desenvolvimento em RA[5].

A construção de um sistema de RA que tenha suporte à colaboração também não é simples devido à falta de sistemas que aborde essa integração de tecnologias.

O problema se torna ainda mais complexo devido à dificuldade de se encontrar softwares de RA com suporte à colaboração que possam ser usados na web por meio de um navegador como o *Internet Explorer* ou *Mozilla Firefox*, que elimina para

o usuário os problemas inerentes à instalação do sistema, que tenha um custo muito baixo na utilização e cujo software possa ser usado maciçamente pela sociedade.

A geração de informação em formatos além dos abordados em multimídia (como texto, som e imagem) também não apresenta um nível satisfatório para as pessoas. Isso prejudica as aplicações que essencialmente utilizam informações no espaço tridimensional (sem contar a dimensão temporal).

Com base nestes problemas, sugere-se neste trabalho um projeto de sistema colaborativo que suporte recursos de realidade aumentada, e permita demonstrar o potencial de contribuição desse tipo de software para várias aplicações, como o ensino (tanto à distância como presencial), a engenharia, a arquitetura e a publicidade.

1.2. Metodologia

A metodologia adotada está fundamentada em situações experimentais, com as análises sendo construídas sob o funcionamento do sistema, para avaliação das diversas variáveis.

As atividades listadas nesta seção serão de fundamental importância para o desenvolvimento do projeto, e são as seguintes:

1. Definição do escopo do projeto, para um planejamento efetivo da conclusão do sistema, incorporando elementos dentro do prazo estabelecido.
2. Levantamento de requisitos do projeto baseado no escopo anterior. Devem ser levantados tanto os requisitos do servidor como os do cliente, de modo a produzir a documentação necessária do sistema, seguindo padrões de Engenharia de Software focado na construção de sistemas de Realidade Virtual e Aumentada[6].
3. Modelagem do banco de dados de modo a contemplar a extensão do projeto no desenvolvimento de uma evolução futura.
4. Documentação de todo o processo a ser desenvolvido por meio da criação de diagramas UML.

5. Construção do servidor e do banco de dados pela guarda dos dados persistentes dos objetos envolvidos.
6. Construção do cliente respeitando o objetivo geral que trata do desenvolvimento da maior parte da complexidade nos usuários finais e não no centro (servidores, roteadores), mantendo, assim, o servidor não sobrecarregado.
7. Testes do servidor e dos clientes, tanto isolados, para auxiliar o desenvolvimento dos requisitos, como em conjunto, para analisar a efetiva comunicação.
8. Análise de desempenho do sistema, pela execução do cliente e do servidor no mesmo computador e em computadores diferentes, porém na mesma rede.
9. Análise do nível de interatividade do sistema, baseado em pesquisas de satisfação do usuário. Dessa forma, espera-se definir o grau de funcionalidade diferenciada, em relação a um sistema colaborativo tradicional.

O diagrama, descrito na Figura 1.1, organiza a interação entre estas atividades.

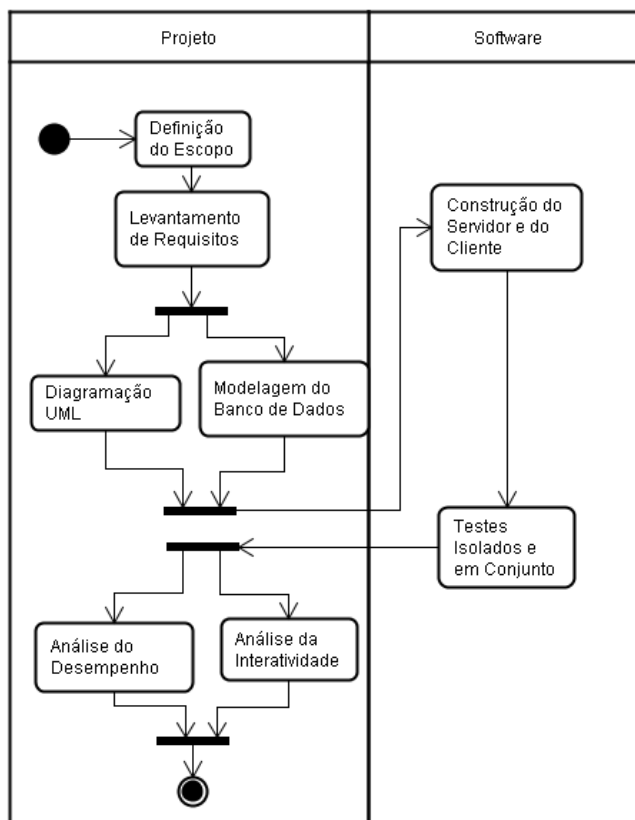


Figura 1.1. Diagrama de atividades do projeto

As fases do projeto foram planejadas para o desenvolvimento em quatro meses, contemplando a documentação presente neste trabalho.

1.3. Estrutura da Monografia

O capítulo 2 desta monografia descreve os fundamentos da realidade virtual e aumentada, suas características principais, suas diferenças, vantagens, desvantagens, e o estado de desenvolvimento nos dias atuais.

O capítulo 3 explora os conceitos do trabalho colaborativo, focando nos estudos da colaboração auxiliada por computador. Será descrito em detalhes algumas tecnologias e a importância da colaboração para sistemas de realidade aumentada.

O capítulo 4 define o projeto, com os requisitos abordados e incorporados, arquitetura, implementações, tecnologias usadas, dificuldades e fatores de sucesso.

Detalhes adicionais do projeto, tais como diagramas de classes definidas para o sistema, requisitos funcionais e não funcionais, estão relacionados nos apêndices.

Capítulo 2

Fundamentos da Realidade Virtual e Aumentada

Devido à natureza tridimensional do mundo em que vivemos, a representação bidimensional da informação pode não retratar fielmente os elementos a serem observados.

De acordo com [7], o desenvolvimento da realidade virtual e aumentada permitiu que a representação interativa e imersiva do imaginário fosse mais fácil de ser obtida.

Muitas aplicações, como tratamento de fobias, simulação de exames cirúrgicos e de técnicas de extração de petróleo podem ser beneficiadas com o uso da Realidade Virtual.

Outras aplicações, como a alteração virtual de um imóvel real no momento em que está sendo visualizado, em tempo real através de uma câmera, e a manipulação de um motor virtual usando as próprias mãos estão sendo realizados com técnicas de realidade aumentada.

Nas próximas seções serão detalhadas as características que envolvem essas duas tecnologias.

2.1. Realidade Virtual

A RV (Realidade Virtual) é uma tecnologia que permite integrar elementos reais em um ambiente virtual gerado por computador. Um dos exemplos são os simuladores de vôos, em que uma pessoa pilota uma aeronave de uma forma virtual.

A RV pode ser vista como a imersão do usuário em um mundo virtual utilizando equipamentos de interação como capacetes e luvas, de forma que o mundo virtual receba ações dos usuários e responda a estes estímulos, como na Figura 2.1



Figura 2.1. Exemplo de Realidade Virtual

Quando o usuário termina de realizar a imersão no sistema de realidade virtual, o usuário sofre uma brusca transição visual, ao passar do mundo virtual para o real. Por outro lado, a realidade aumentada, descrita na seção 2.2, faz com que o usuário perceba essa mudança de uma forma bastante suavizada.

Para possibilitar a união e a comunicação entre empresas, e também usuários de RV, pela web, a Web3D Consortium formalizou uma série de regulamentações para o desenvolvimento de padrões de RV. Dessa forma surgiu a Linguagem de Modelagem de Realidade Virtual, VRML (*Virtual Reality Modeling Language*) [8], que tem passado por revisões e apresenta diversas versões. É uma linguagem interpretada, a qual pode ser criada ou editada, em qualquer editor de texto.

Para a visualização de objetos VRML no navegador, é necessário um *plugin* que servirá como um *viewer*. Internamente, o VRML pode ser manipulado usando linguagens de script (como o *Javascript*) para uma melhor interação inserindo e removendo objetos em tempo real.

O VRML passou pelas versões 1.1 e 2.0, esta última conhecida como VRML97. Há também a versão 3.0 que, devido a sua importância e abrangência, tornou-se um projeto especial, inclusive com um nome específico. A linguagem recebeu a denominação X3D[9]. Houve grandes modificações, como o suporte ao XML (*Extensible Markup Language*), ampliando consideravelmente a integração com sistemas de diferentes tecnologias e propósitos. Além do suporte XML, há o suporte à sintaxe VRML por retrocompatibilidade e a opção de se obter o arquivo binário (com a extensão x3db), embora este ainda esteja em desenvolvimento.

Outras tecnologias estão sendo desenvolvidas para dar suporte à realidade virtual como *Papervision3D*[10], *Java3D*, *Ogre*[11], e outros. Algumas são utilizadas

na *Web* por um navegador, outras são aplicadas em sistemas *standalone* para distribuição, instalação e uso.

Com a realidade virtual, o usuário pode realizar navegação pelo mundo virtual usando mouse e teclado, ou pode usar equipamentos não tradicionais, como capacetes e luvas de forma a realizar as ações necessárias. O usuário também pode realizar ações que atualmente não poderiam ser feitas no mundo real, como voar ou teletransportar.

2.1.1. Definição

Várias podem ser as definições acerca deste conceito. Uma delas, mostrada em [2] propõe que:

“Realidade virtual é uma interface avançada para aplicações computacionais, que permite ao usuário navegar e interagir, em tempo real, com um ambiente tridimensional gerado por computador, usando dispositivos multissensoriais”

RV é uma interface, pois é o meio de comunicação entre o ser humano e a máquina. Pode ser utilizada em qualquer aplicação executável por um sistema computacional. O ambiente da realidade virtual normalmente é tridimensional, para simular com fidelidade o mundo real, embora nada impeça que elementos 2D, como menus e botões, possam ser expostos no ambiente.

Os dispositivos multissensoriais, citados na descrição, são equipamentos que o usuário pode utilizar para interação e imersão no ambiente virtual. O termo multissensorial relaciona-se com a possibilidade de trabalho com os diversos sentidos, como a audição e a visão. Quanto mais sentidos o sistema utilizar, mais realístico será o ambiente virtual.



Figura 2.2. Equipamentos de Realidade Virtual

Interação em RV significa realizar ações no ambiente e receber *feedback* sobre as consequências dessas ações.

Imersão em RV significa estar dentro do ambiente virtual. Os sistemas podem utilizar dispositivos como *displays* estereoscópicos, som 3D e dispositivos hápticos[12] para aumentar o grau de imersão e realismo do sistema.

Atualmente o termo preferencial utilizados pelos pesquisadores é o de Ambiente Virtual, mais genérico, que pode abranger tanto realidade virtual como realidade aumentada.

2.1.2. Motivação

A necessidade do ser humano em querer ver apenas o que lhe é desejado, associada com a evolução do *hardware*, tem proporcionado um vertiginoso crescimento para a tecnologia de realidade virtual, cujo impacto será sentido no modo de vida das pessoas.

Muitas vezes o imaginário não é bem representado apenas por interfaces de até duas dimensões, como textos e imagens. A realidade virtual pretende facilitar, desse modo, os comandos do usuário.

Ao invés de acionar comandos através de interfaces como botões e menus, as pessoas podem executar tais comandos diretamente sobre os objetos tridimensionais, como por exemplo, abrir porta, dirigir e voar em um avião, como na Figura 2.3.

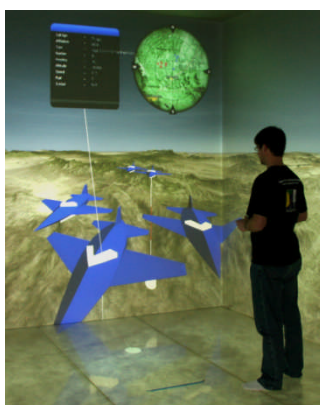


Figura 2.3. Simulação de Vôo

Em um ambiente virtual, o usuário pode estender ou contrair o tempo, pode visualizar galáxias ou simples átomos, instantaneamente deslocar-se em diferentes

lugares, ou fazer análises de fenômenos físicos difíceis de serem vistos e observados no mundo real [7].

2.1.3. Histórico

A realidade virtual, embora ainda esteja em fase de pesquisa e desenvolvimento, não é uma tecnologia recente em relação ao histórico da computação.

Na década de 1950, um cineasta chamado Morton Heilig projetou o primeiro dispositivo que realizaria imersão do usuário, chamado de *Sensorama*. Este equipamento seria o cinema do futuro, na visão do Heilig, pois o usuário poderia sentir o vento, o mar e outros elementos que estariam sendo vistos no filme. [7]



Figura 2.4. Publicação do Sensorama.

Na década de 1960, um engenheiro chamado Ivan Sutherland desenvolveu o primeiro capacete, denominado "*Ultimate Display*" que propiciava interação do usuário na realidade virtual.[7]



Figura 2.5. *Ultimate Display* de Ivan Sutherland[7]

O nome Realidade Virtual foi cunhado na década de 1980, por Jaron Lanier, que conseguiu combinar dois conceitos para formar a base do objetivo da RV, que é a fusão entre o virtual e o real.[7]

Apenas a partir dos anos 90 que a RV ganhou força graças ao avanço tecnológico dos equipamentos eletrônicos.

Atualmente a RV está bastante difundida, com uma infinidade de aplicações, embora ainda não tenha atingido todo o potencial estimado.

2.1.4. Equipamentos

Os projetistas dos sistemas de realidade virtual podem utilizar equipamentos para que permitam aos usuários imergirem e interagirem nos mundos virtuais projetados. Deve-se ter cautela no projeto para não colocar muitos equipamentos no corpo do usuário de modo a não sofrer perda de liberdade no movimento do corpo.

Cada equipamento pode ser categorizado pelo número de graus de liberdade DOF (*Degrees Of Freedom*), ou seja, pelo número de translações e rotações que pode realizar em um objeto tridimensional.

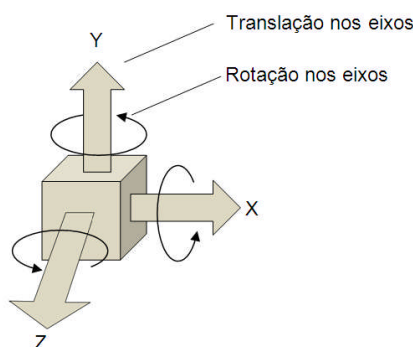


Figura 2.6. Os 6 Graus de Liberdade

Alguns equipamentos são usados nas mãos, enquanto outros podem ser usados na cabeça para captar a orientação do usuário e realizar a transformação necessária do mundo virtual, porém outras partes do corpo de forma a deixarem a cabeça e as mãos livres.

Apenas serão citados alguns equipamentos já bastante conhecidos, uma vez que a quantidade de itens de entrada/saída que servem para um sistema de RV é de difícil mensuração. Em [4], o leitor poderá ter acesso a alguns equipamentos não-convencionais de RV.

- **HMD (*Head-Mounted Display*):**

Este tipo de equipamento mostrado na Figura 2.4 é acomodado na cabeça de forma a cobrir os olhos. Fones também podem ser disponibilizados de modo a prover sons além de imagens ao sistema. Os HMDs também podem ser estereoscópicos, um recurso bastante usado em cinemas 3D.



Figura 2.7. Diferentes tipos de HMD[13]

Este tipo de equipamento captura a orientação e o posicionamento da cabeça de forma a alterar o ângulo de visualização, como se o usuário estivesse realmente imerso no ambiente.[13].

- **Luvras:**

Equipamentos que se adaptam aos movimentos minuciosos dos dedos e da mão, capturando a orientação, posição, distância entre os dedos. A aplicação pode usar estes parâmetros para definir ações no mundo virtual.

Alguns sistemas permitem que o usuário execute comandos através de gestos. Outros sistemas podem, por exemplo, obter o movimento da mão e realizar o mesmo movimento em um objeto 3D, como se o estivesse segurando.



Figura 2.8. Luva para Realidade Virtual[7]

As luvas podem ter suporte a recursos hápticos, os quais simulam a força de reação do objeto, quando da realização do toque, através de pressão exercida na mão do usuário, conforme mostrado na Figura 2.9 [14].

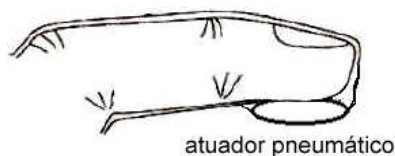


Figura 2.9. Luva com sensação tátil para o usuário.[14]

Vários outros tipos de luvas e equipamentos a serem colocados nas mãos adicionam funcionalidades na navegação do usuário no mundo virtual. Mais detalhes podem ser obtidos em [14].

- **CAVE (Cave Automatic Virtual Environment):**

Outro ambiente, denominado CAVE, consiste de uma pequena sala, parcialmente ou totalmente fechada, cujas paredes são telas projetoras para o ambiente tridimensional. O usuário é transferido do mundo real para o mundo virtual mostrado no CAVE.

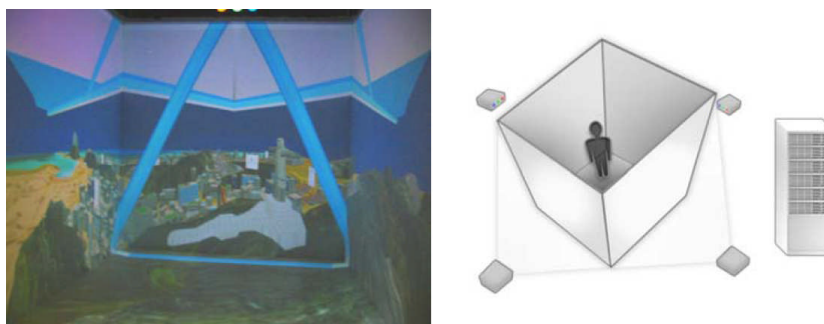


Figura 2.10. Ambiente CAVE[15]

Neste ambiente, o usuário também pode, normalmente, usar óculos ou HMD para realçar o realismo do ambiente gerado no CAVE, ou ainda adicionar estereoscopia.

- **Projektor Estereoscópico:**

Equipamento responsável por projetar duas imagens com mínimas diferenças de ângulo e posição, e realizar a imagem estereoscópica. Pode-se ver um exemplo na Figura 2.11.



Figura 2.11. Projetor Estereoscópico

Os olhos de uma pessoa captam imagens diferentes e o cérebro processa-os dando a sensação de três dimensões do ambiente capturado. Esta capacidade é chamada de estereoscopia.

A seção 2.1.5 descreve em detalhes esta capacidade e demonstra uma técnica de estereoscopia usada na monografia, o anaglifo.

- **Monitor:**

Uma tela de computador também pode servir para exibir ambientes tridimensionais. O monitor é de fácil acesso e de baixo custo para o usuário, embora o grau de realismo não seja alto, como na Figura 2.12. Para aumentar o realismo, o ambiente virtual pode ser visto de forma estereoscópica, com a técnica do anaglifo.



Figura 2.12. Monitor exibindo em 2D um mundo em 3D

Monitores holográficos estão sendo desenvolvidos para poder adicionar sensação de profundidade e realismo tridimensional à medida que o usuário caminha em volta da tela.

2.1.5. Estereoscopia

A palavra estereoscopia vem do grego, que significa visão sólida. Ela define que qualquer ser vivo que contenha os olhos em posições cujas orientações possam ser cruzadas possa ter noções de profundidade de qualquer objeto no campo de visão.

Cada olho capta uma imagem um pouco diferente da imagem do outro. O cérebro combina as imagens, recebe o grau de convergência dos pontos de vista dos olhos e processa a informação de tridimensionalidade dos elementos.

A estereoscopia é bastante usada nas tecnologias de áudio. O usuário tem a sensação de imersão no ambiente onde originou o som, percebendo a distância do objeto que gerou o som, a posição, e outras características.

Um sistema estereoscópico utiliza o efeito da paralaxe para reproduzir a profundidade. Paralaxe é a distância do mesmo objeto nas imagens captadas em posições diferentes, cuja exemplificação é encontrada na Figura 2.13.

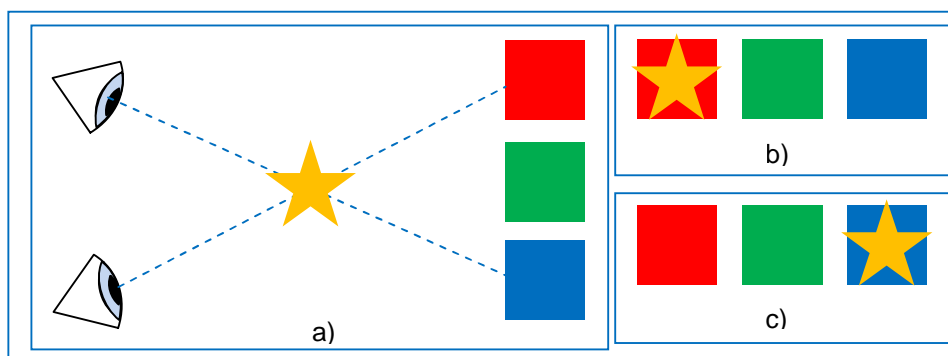


Figura 2.13. Efeito paralaxe: a) Olhos em posições diferentes; b) Imagem capturada pelo olho direito; c) Imagem capturada pelo olho esquerdo

Várias técnicas têm sido criadas para reproduzir computacionalmente o efeito estereoscópico, como por exemplo, o efeito por disparidade cromática (*ChromaDepth*), display auto-estereoscópico e o efeito *Pulfrich*[16].

Outra técnica bastante conhecida, e a mais barata, é o anaglifo, que exibe a profundidade usando cores complementares, geralmente vermelho e ciano. Cada olho utilizará um filtro de uma das cores, captando apenas uma imagem e o cérebro processará o resultado.

A Figura 2.14a mostra o anaglifo sendo usado no projeto. O usuário utilizará óculos contendo os dois filtros, como na Figura 2.14b.



Figura 2.14. Exemplo de Anaglifo no Projeto: a) Objeto 3D com as cores e b) Óculos de visualização do anaglifo.

O projeto proposto usa a técnica de anaglifo para prover o recurso estereoscópico com um mínimo de custo. Para visualizar a profundidade, foram criados óculos com lentes feitas de celofane vermelho (no olho esquerdo) e azul (no olho direito).

2.1.6. Dificuldades Gerais da Realidade Virtual

O desenvolvimento de um ambiente virtual ainda é custoso em relação a um ambiente apenas com menus e botões. Algumas informações abstratas podem não ter representação direta em um ambiente tridimensional, devendo o desenvolvedor criar metáforas bem planejadas para tal aspecto.

Caso a representação do usuário no ambiente sofra colisão com um objeto tridimensional, o usuário no mundo real não tem a sensação tátil deste “toque”. Nesse caso, usam-se equipamentos hápticos para dar o senso de força de reação do objeto tridimensional ao usuário.[17]

Norman, em [18], diz que o conhecimento da manipulação de um objeto está no próprio objeto. Dessa forma, a pessoa percebe que um botão só pode ser pressionado e que um controle de volume só pode ser girado[17]. Esta característica não pode ser aplicada a objetos virtuais, que demandam manipulações previamente desenvolvidas pelos programadores.

Atualmente um ambiente virtual não consegue captar todas as características do mundo real, fazendo com que o usuário siga regras rígidas pouco comuns no mundo real[17].

2.2. Realidade Aumentada

Nestes últimos tempos, a realidade aumentada vem ganhando destaque no mercado, embora ainda não tenha chegado à sua maturidade esperada.

RA (Realidade Aumentada) é o enriquecimento de elementos virtuais (não necessariamente tridimensionais) a um ambiente físico. Normalmente é utilizado um padrão de desenho capturado por uma câmera, e o objeto virtual é projetado sobre este padrão, sendo exibido em um *display* de saída, como o HMD ou monitor.

Muitas aplicações estão obtendo um ganho de interatividade considerável ao usar a RA. Para citar um exemplo, pode-se obter um raio-x em uma pessoa e em tempo real projetar o esqueleto humano, de acordo com o raio-x, diretamente na pessoa.

2.2.1. Definição

A realidade aumentada tem várias definições como se segue[2]:

- Enriquecimento do ambiente real com objetos virtuais, usando algum dispositivo tecnológico, funcionando em tempo real;
- Melhoria do mundo real com textos, imagens e objetos virtuais , gerados por computador;
- Mistura de mundos reais e virtuais em algum ponto da realidade/virtualidade contínua, que conecta ambientes completamente físicos a ambientes completamente virtuais

Azuma em [19] resumiu o conceito da RA em três características básicas:

- Combina real e virtual
- Interativo em tempo real
- Registrado em 3D

Um filme como o Jurassic Park contém muitos efeitos reunindo real e virtual, porém não é interativo. Isso não impede o sistema de RA de utilizar os recursos multimídia como texto, som e imagem para complementar um ambiente tridimensional da RA.

Os sistemas de RA necessitam do rastreamento do ambiente real, denominado *tracking*[20]. Com o *tracking*, o software pode executar algoritmos de processamento de imagens e visão computacional para identificar os elementos presentes no ambiente, e poder incorporar objetos virtuais nos lugares adequados.

Com o aumento da largura de banda de conexão e da capacidade de processamento dos computadores, a RA está tornando-se mais acessível para os usuários de computadores pessoais.

O sentido de presença em um sistema de realidade aumentada não é totalmente controlado pelo sistema, diferentemente da realidade virtual, em que o usuário sai completamente do mundo real para interagir no ambiente virtual.

Na Tabela 2.1 são definidas diferenças entre a realidade virtual e a realidade aumentada.

Tabela 2.1. Diferenças entre Realidade Virtual e Aumentada

	Realidade Virtual	Realidade Aumentada
Ambiente Principal	Gerado por computador	Mundo Real
Sentido de Presença	Controlado pelo sistema	Natural do usuário
Impacto da transição dos mundos virtual ↔ real	Alta	Baixa
Representação do usuário	Através de um avatar	Direta

2.2.2. Classificação

Podemos categorizar um sistema de RA em duas partes[5]:

- **Imersiva:**

Quando o usuário vê o mundo misturado olhando diretamente para a posição no mundo real. O usuário manipula o padrão e o ambiente virtual é visto diretamente no padrão. A Figura 2.15.a mostra um usuário utilizando HMD para um sistema imersivo.

- **Não-Imersiva:**

O usuário vê o mundo misturado olhando para alguma tela de saída, ao invés de olhar para o real padrão. O usuário manipula o padrão, a tela captura imagens da

cena real e exibe a cena junto com os objetos virtuais. A Figura 2.15.b mostra um usuário em um sistema de RA não-imersivo usando um monitor.

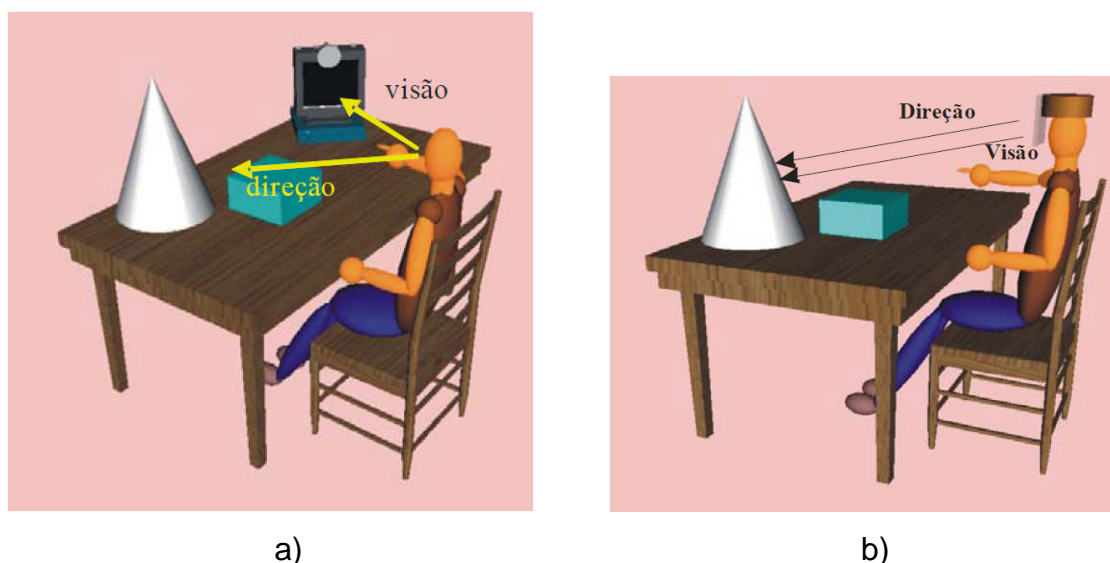


Figura 2.15. Sistemas de RA: a) Não-Imersivo e b) Imersivo

Os sistemas imersivo e não-imersivo também podem ser chamados de sistemas de visão direta e visão indireta.

2.2.3. Motivação

A tecnologia de realidade aumentada vem ganhando popularidade com uma grande velocidade. Sistemas locais ou em rede, fixos ou móveis, têm encontrado muitas oportunidades de desenvolvimento utilizando RA.

Muitas aplicações estão tendo grandes impactos pelo uso dessa tecnologia. A medicina tem obtido sucesso ao prover treinamento dos estudantes em protótipos sintéticos do corpo humano pela incorporação de objetos virtuais representando aparelhos internos (reprodutor, respiratório...) sobre o protótipo.

A visualização de dados em tempo real para informações a turistas sobre lugares históricos, também estão tendo boa aceitação pela aplicação de técnicas de realidade aumentada.

Realidade virtual e realidade aumentada podem ser futuramente evoluídas para a hiper-realidade, através da combinação do mundo real com o mundo virtual, cada qual realizando ações e respondendo a eventos da outra, cabendo às pessoas visualizarem apenas o que lhe interessa.

2.2.4. Dificuldades

As técnicas de realidade aumentada têm evoluído para obtenção de respostas cada vez mais rápidas. A realidade aumentada pode utilizar dispositivos de realidade virtual, porém a tendência é o uso do sistema sem a necessidade de aparatos no corpo.

Algoritmos de visão computacional e processamento de imagens são imprescindíveis para um sistema de realidade aumentada, embora o uso de GPS possa ser usado para rastreamento.

Algumas dificuldades para RV também se aplicam a RA, como por exemplo:

- 1) o modo de interação, que deve ser o mais natural possível;
- 2) a quantidade de dispositivos no corpo do usuário, que deve ser o mínimo possível;
- 3) o comprometimento do sistema na entrega dos dados para o usuário de, no máximo, 100 milissegundos de atraso entre os quadros de imagens, deve ser estabelecido. Acima desse tempo, o usuário começa a perceber a artificialidade do ambiente e o sistema começa a perder realismo;
- 4) os algoritmos de rastreamento devem ser rápidos o suficiente para que o resultado seja atualizado por, no mínimo, 10 quadros por segundo. Todo o conjunto de hardware e software usado no sistema deve obedecer esta meta.

Capítulo 3

Fundamentos do Trabalho Colaborativo

A colaboração como expressão da comunicação entre pessoas que trabalham juntas e com um mesmo objetivo, tem sido essencial desde os tempos mais remotos para a evolução de todo o ecossistema. Para que o ser humano pudesse realizar as suas atividades de um modo cada vez mais eficiente e prazeroso, foram desenvolvidas ferramentas que viessem a facilitar o seu trabalho. Todavia, determinadas atividades atingiram um nível tal de complexidade que inviabilizaria a sua execução caso não houvesse a ajuda de outras pessoas.

No caso de um sistema computacional, tem havido uma evolução nos sistemas que suportam colaboração, pela incorporação de subsistemas de chat e videoconferência. Determinadas atividades, devido a sua complexidade, vem sendo executadas simultaneamente por mais de uma pessoa, de modo a que se possa obter um desenvolvimento eficiente do produto ou serviço.

A partir desta necessidade de colaboração, alguns estudos estão sendo consolidados pela engenharia de groupware, para a construção de aplicações que tenham suporte a CSCW (*Computer Supported Collaborative Work*)[21].

Esta seção tem como objetivo explicar os fundamentos do Trabalho Colaborativo Baseado em Computador, denominado CSCW, e a aplicação do CSCW em ambientes virtuais, o Ambiente Virtual Colaborativo, denominado CVE (*Collaborative Virtual Environment*)[22].

3.1. O Modelo 3C

Para se construir um sistema colaborativo eficaz, os usuários devem realizar entre si a transferência de informações (comunicação), ajudar na execução do trabalho em um espaço compartilhado por um grupo (cooperação), de um modo organizado (coordenação). [23]

O modelo 3C, a partir destes objetivos, foi criado para facilitar a construção de tais sistemas. A Figura 3.1 mostra o relacionamento entre estes conceitos.

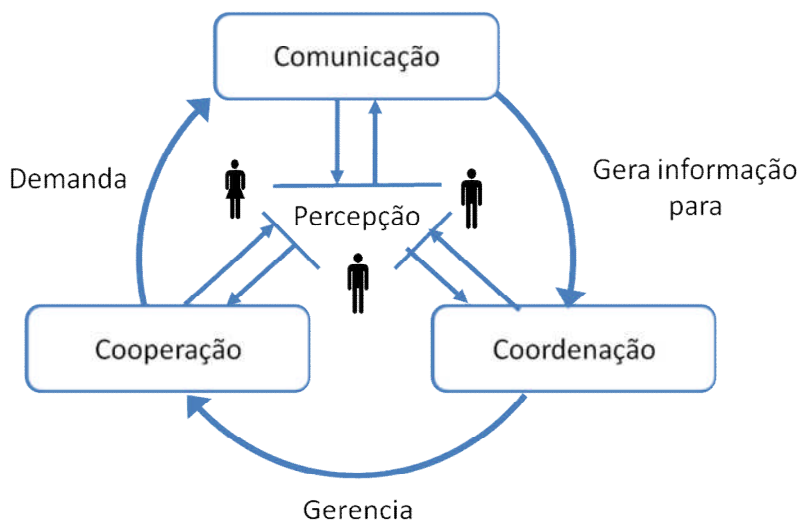


Figura 3.1. Modelo 3C para sistemas colaborativos

A partir destes conceitos, um usuário consegue obter a percepção das ações executadas por uma outra pessoa, informar-se da situação do trabalho e saber o necessário para continuar suas atividades.

3.2. Trabalho Colaborativo Baseado em Computador

Todos os sistemas computacionais que têm suporte a colaboração estão contidos na classe CSCW. CSCW é uma área de estudo que aborda conceitos de atividades que são realizadas por um grupo.

Para se ter um sistema colaborativo, é necessário um espaço compartilhado de modo que os usuários possam executar atividades em suas especialidades e contribuir com o objetivo do grupo. Define-se os grupos de trabalho colaborativo como sendo espaços virtuais concebidos para que um conjunto de pessoas possam comunicar, colaborar e intercambiar informações entre si.

Os sistemas de multimídia que são usadas por grupos de pessoas, como por exemplo, bate-papo e redes sociais, são chamados de *Groupware*.

Quanto aos ambientes colaborativos, estes podem ser classificados como sendo assíncronos ou síncronos. Sistemas assíncronos são aqueles que não

obrigam os usuários a executarem as suas tarefas ao mesmo tempo. Por outro lado, nos sistemas síncronos, os interlocutores precisam executar as suas tarefas ao mesmo tempo.

Outro modo de categorizar os ambientes colaborativos é em termos de espaço. Com relação ao espaço de colaboração, os ambientes podem ser locais ou distribuídos. Pode-se haver uma combinação destas classificações, como na Figura 3.2.

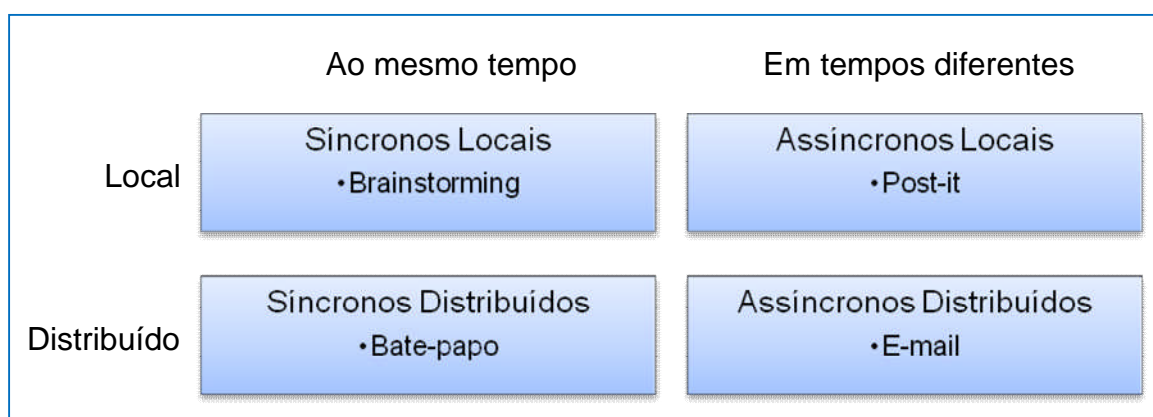


Figura 3.2. Classificações e exemplos de sistemas colaborativos

O projeto proposto pode ser categorizado como um sistema síncrono, pois é necessário que os usuários o estejam usando ao mesmo tempo, e distribuído, pois pode ser executado em uma rede de computadores.

3.3. Ambiente Virtual Colaborativo

O conceito de trabalho colaborativo pode ser aplicado para ambientes virtuais. Nesse ponto, a realidade virtual e aumentada se beneficia do uso de atividades colaborativas para simular toda a complexidade de uma sociedade.

As pessoas podem ser representadas por um avatar, um objeto dentro do mundo virtual, com o qual outras pessoas podem realizar a comunicação. O usuário explora, navega e interage com o mundo virtual através do avatar.

Conforme descrito em [24], define-se um CVE como sendo:

“Um espaço virtual ou conjunto de lugares, distribuído e baseado em computador. Nestes lugares, pessoas podem encontrar-se e

interagir com outras, com agentes ou objetos virtuais. CVEs podem variar em riqueza da representação em ambientes 3D, 2.5D e 2D, até em ambientes baseados em texto. O acesso ao CVE pode ser feito por dispositivos fixos e móveis.”

Nesta definição, qualquer sistema computacional que tenha um espaço compartilhado em que pessoas possam realizar colaboração se enquadra como um CVE, embora o termo CVE normalmente esteja associado ao ambiente tridimensional.

Para a criação de um CVE, o desenvolvedor deve planejar o sistema de acordo com os critérios abaixo:

- Contexto compartilhado, ou espaço compartilhado;
- Consciência das atividades de outras pessoas;
- Negociação e comunicação, para realizar colaboração;
- Múltiplos e flexíveis pontos de vista.

O último item supracitado é inerente em um sistema de RV, porém é necessário um esforço adicional do desenvolvedor para prover este serviço em um sistema de RA.

Capítulo 4

O Projeto Proposto - NHE

Muitos sistemas colaborativos já se encontram disponíveis para facilitar o trabalho de equipes com ênfase em coordenação, cooperação e comunicação. Também já existem sistemas de realidade virtual e realidade aumentada como simuladores de vôlei, jogos, simuladores de extração de poços de petróleo, entre outros. Porém é bastante difícil e incomum, encontrar sistemas de realidade aumentada que tenham suporte ao trabalho colaborativo para as aplicações definidas nesta monografia.

Com esse escopo em mente, objetiva-se nesse projeto demonstrar a capacidade de uso de tecnologias de realidade aumentada em um ambiente colaborativo, mais precisamente em um CVE. A idéia é mostrar como outras tecnologias que não sejam do conjunto WIMP possam ser usadas de forma que o trabalho de um usuário flua muito mais rapidamente.

A palavra “NHE” significa, em Tupi-guarani, fala ou língua, devido ao objetivo do projeto proposto. Conforme descrito em [21], pode-se categorizar este projeto como sendo um sistema colaborativo estacionário distribuído:

1. É um sistema colaborativo, pois envolve a interação de mais de uma pessoa, não apenas abordando comunicação (chat), todavia envolvendo cooperação e colaboração, requisitos necessários a um sistema baseado em CSCW no modelo 3C.
2. É um sistema estacionário, pois não envolve a mobilidade do usuário, ou seja, não requer conhecimento da posição e orientação do usuário no mundo real para o exercício das atividades no sistema.
3. E por fim, é um sistema distribuído pois não há obrigação de que todos os usuários estejam fisicamente próximos.

A dificuldade percebida por este tipo de sistema é a limitação com relação a interação social dos usuários. Além disso há um problema de sincronização e definição de regras para que os usuários não interfiram no trabalho dos outros. Desse modo, o projeto utiliza um chat para aumentar a interação entre os participantes.

Na seção 4.1, serão descritos os objetivos do projeto, enquanto nas na seção 4.2 serão apresentadas as motivações para o desenvolvimento do sistema. A seção 4.3 trata das tecnologias usadas, enquanto a seção 4.4 trata do planejamento do sistema proposto. O desenvolvimento do servidor e do cliente é detalhado nas seções 4.5 e 4.6, respectivamente. As vantagens advindas da utilização do projeto são citadas na seção 4.7. A seção 4.8 mostra as aplicações que serão beneficiadas com o projeto.

4.1. Objetivo

O projeto tem como objetivo principal o desenvolvimento de uma aplicação que demonstre o poder da realidade aumentada como nova forma de interação com o usuário auxiliando na visualização e resolução de tarefas que necessitem de trabalho em equipe.

Para se atingir este objetivo é necessário o estabelecimento de objetivos intermediários, denominados específicos, de modo a organizar as metas e facilitar a compreensão da evolução do projeto durante o seu desenvolvimento:

1. Construção de um sistema de trabalho colaborativo em uma rede local abordando o modelo 3C: Comunicação, Cooperação e Coordenação. Isto fará com que o sistema seja completo o suficiente para dar interatividade aos usuários, de modo organizado, sem que o trabalho de um usuário possa destruir o trabalho de outro[25].
2. Capacitação do sistema de modo a realizar colaboração usando tecnologias de realidade aumentada[25]. Verificação do grau de dificuldade na implantação de realidade virtual e aumentada em um ambiente virtual colaborativo e o grau de expansão do sistema de modo a atender às mudanças de necessidades.
3. Avaliação do nível de dependência dos usuários com o sistema de interfaces WIMP e o desenvolvimento de softwares de interfaces alternativas.
4. Desenvolvimento de um ambiente virtual de interação a ser utilizado por instituições como escolas, indústrias e governos, de modo a facilitar o aprendizado, o desenvolvimento de sistemas complexos ou a execução de tarefas,

por meio da realidade aumentada usando a própria infraestrutura da *World Wide Web*, de modo a atingir um grande número de pessoas.

5. Construção de um protótipo do sistema executando num servidor web que utilize webcam para captura do marcador, para exibição do objeto 3D correspondente e para transferência das ações realizadas no objeto 3D pelo marcador para os outros usuários participantes do projeto. Os demais usuários do grupo devem ter uma funcionalidade mínima para poder participar das ações do projeto.

4.2. Motivação

O projeto apresenta um grande potencial para transformar-se em produto, beneficiando desse modo tanto o mercado, pela construção de projetos que demandem parceria remota entre as equipes, quanto o ambiente acadêmico, através de pesquisas e estudos.

Com o rápido desenvolvimento da realidade aumentada, as pessoas em suas residências ou mesmo nas corporações podem vir a usufruir dessa tecnologia, pela utilização do sistema proposto na realização de trabalhos que demandem colaboração.

O projeto atual pode também servir de base para futuras extensões pelo simples acesso automático dos usuários à *Web*, sem a necessidade de instalações de componentes adicionais.

4.3. Tecnologias

Para que se possa atingir uma grande quantidade de pessoas, foi planejada a utilização do *Adobe Flash* como tecnologia para exibição do sistema ao usuário no navegador. Para o ambiente tridimensional do sistema, foi usada uma biblioteca de geração de objetos tridimensionais, o *Papervision3D*[10], que é executado sob a plataforma *Flash*[26].

Para obter os recursos de rastreamento da câmera e manipular os objetos tridimensionais através do movimento de padrões exibidos na tela, foi usada outra biblioteca do *Flash*, o *FLARToolkit*[27].

Há várias outras bibliotecas no *Flash* que realizam a mesma função do *Papervision3D*, como o *Sandy3D*[28], *Alternativa3D*[29] e *Away3D*[30]. O *FLARToolkit* tem suporte a essas quatro bibliotecas.

O programador pode utilizar outra plataforma de desenvolvimento ao invés do *Flash*, como o *Java3D* e *Ogre3D*. Para a *Web*, no entanto, a construção de um sistema de realidade aumentada está acessível pelo uso da plataforma *Flash* e da biblioteca *FLARToolkit*.

O objetivo do *FLARToolkit* no trabalho proposto é saber a orientação necessária (rotação e translação) para sincronização do modelo tridimensional visto pelos participantes. Esta orientação é armazenada em uma matriz de transformação. Os passos para a obtenção do processo são os seguintes[27]:

1. Captura de Imagem

O primeiro passo é obter as imagens da câmera. No *Flash*, a câmera é obtida usando *Camera.getCamera()*. No projeto, a imagem da câmera serve como fonte para o detector de realidade aumentada do *FLARToolkit*.



Figura 4.1. Captura de Imagem

Na figura Figura 4.1, a câmera é exibida dentro de um arquivo no formato SWF, uma extensão utilizada para animações em *Flash*.

2. Binarização

Após a captura, é realizado o processo de binarização, pela transformação da imagem em escala de cinza (0 a 255), como na Figura 4.2a, e em seguida, em preto-e-branco, como na Figura 4.2b, através de um valor limiar, denominado *threshold*[27]. O limiar é definido no sistema. O algoritmo para binarização é fornecido na biblioteca. A Figura 4.2 mostra as etapas da binarização.



Figura 4.2. Binarização: a) Imagem em escala de cinza; b) Imagem após binarização

Se o valor do pixel for menor que o *threshold*, ele terá a cor branca, caso contrário terá a cor preta. O algoritmo utiliza o método *BitmapData.applyFilter* para a imagem em escala de cinza e *BitmapData.threshold* para a efetiva binarização.

3. Labeling

O processo de *labeling* identifica (rotula) áreas contíguas colorindo-as com cores diferentes. A Figura 4.3 mostra o resultado após o *labeling*.

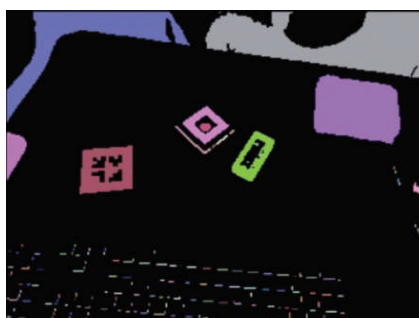


Figura 4.3. Labeling

Esse processo facilita a separação dos objetos, principalmente quando dois ou mais marcadores são usados em conjunto.

O algoritmo usado para o *labeling*, descrito no Quadro 4.1, utiliza o método *floodfill* do objeto *BitmapData* do *Flash*, que preenche os elementos dando como parâmetros o pixel branco mais à esquerda de cada parte encontrada.

Quadro 4.1. Algoritmo para o *Labeling*

1	Enquanto todas as áreas não foram rotuladas, faça
2	Buscar áreas contíguas de branco (os elementos a serem analisados)

	estarão brancos após a binarização).
3	Capturar uma linha e encontrar o primeiro pixel branco.
4	Realizar o preenchimento usando o método <i>BitmapData.floodfill</i> .
5	Incrementar o índice da cor (para preencher outra área com outra cor).
6	Capturar a área que foi preenchida pelo método <i>floodfill</i> .
7	Guardar a área apenas se o tamanho for maior que o mínimo permitido.
8	Reduzir a imagem total para analisar outras áreas
9	Fim-enquanto

Este algoritmo é fornecido pela biblioteca *FLARToolkit*. Utilizou-se a classe que contém apenas a detecção de marcadores simples, para o escopo pretendido.

4. Busca por Quadrados

Devido ao uso de padrões quadrados, a etapa de busca por quadrados foi criada para facilitar a detecção do padrão, como na Figura 4.4.

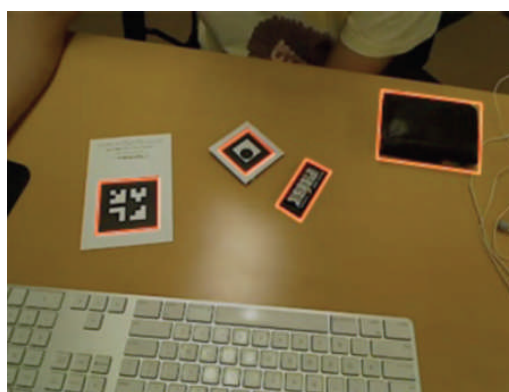


Figura 4.4. Busca por Quadrados

Após a busca, a imagem está pronta para o reconhecimento de padrões de forma a gerar a matriz de transformação. O algoritmo para a busca foi desenvolvido na biblioteca *FLARToolkit*.

5. Reconhecimento de Padrões

Para recuperar a imagem dos quadrados com os lados paralelos aos lados da tela do computador, removendo a distorção visual que um plano apresenta em um mundo 3D, o FLARToolkit utiliza o algoritmo homográfico.

Todos os quadrados detectados serão comparados com o padrão que o sistema utiliza, como na Figura 4.5. O algoritmo multiplica cada valor de pixel do padrão do sistema pelo correspondente pixel de cada elemento detectado, sendo feito 4 vezes por causa das 4 rotações do padrão. O cálculo com maior valor em cada rotação torna-se o nível de confiança das imagens detectadas.









				
	0,38	0,29	-0,15	-0,11
	0,86	0,20	-0,01	-0,14
	0,27	-0,03	0,03	-0,14
	0,13	0,16	-0,08	-0,01

Figura 4.5. Comparação entre o padrão armazenado no sistema (lado esquerdo) e padrões detectados na imagem (lado superior)

A imagem da comparação com o maior nível de confiança será a escolhida.

6. Cálculo das Transformadas

O FLARToolkit utiliza o algoritmo do cálculo da matriz de transformação usado no *ARToolkit*, descrito em [31]. Essa matriz contém aspectos como rotação, escala e translação (por ser uma transformação afim)[32].

7. Inserção do Objeto Tridimensional

Com a matriz capturada, o objeto virtual é inserido no mundo real usando a orientação calculada, como na Figura 4.6.



Figura 4.6. Inserção do objeto tridimensional

Um resumo dos processos está no fluxograma da Figura 4.7.

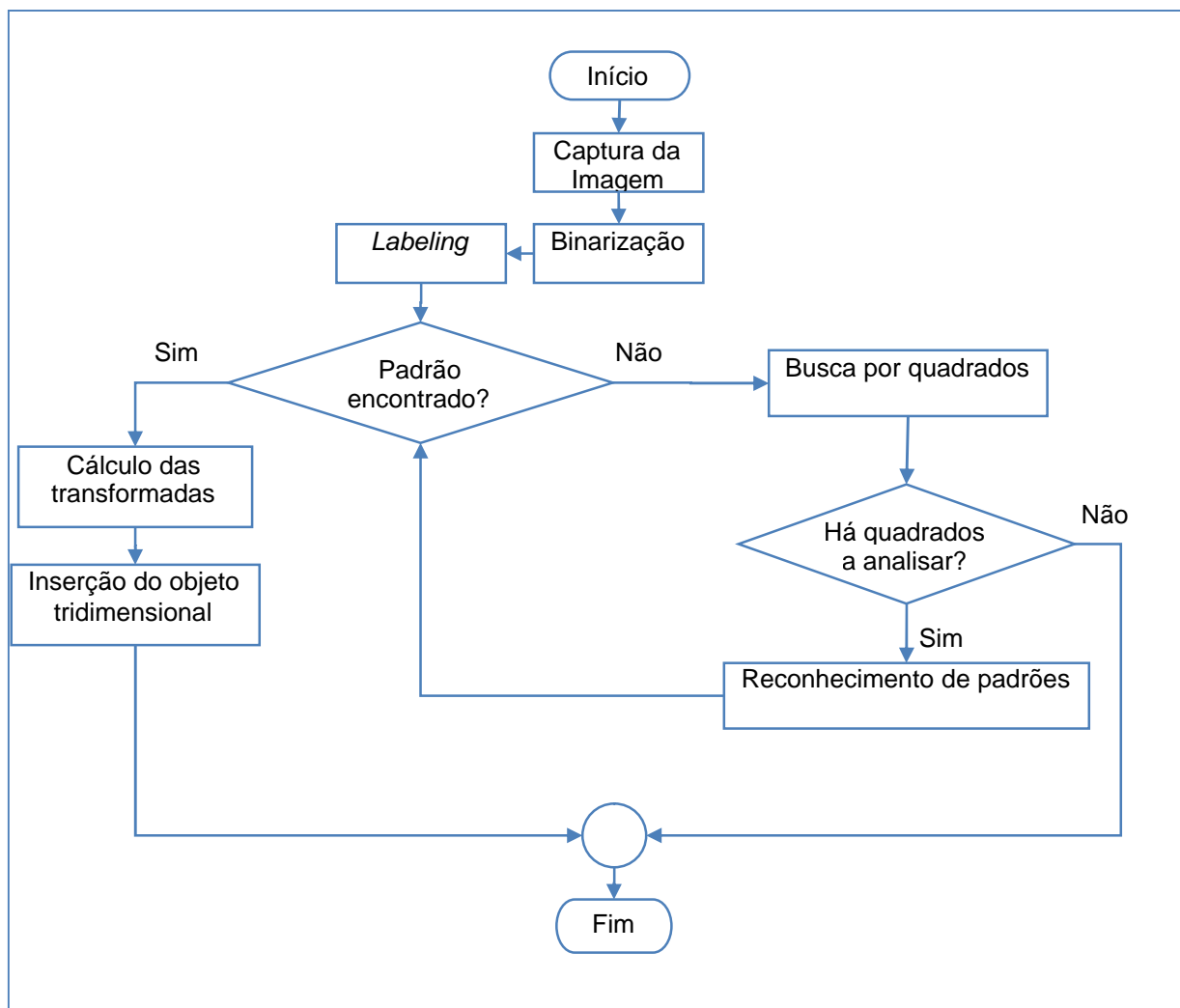


Figura 4.7. Fluxograma dos processos de rastreamento

O sistema descrito neste trabalho expande o processo, pela incorporação de passos adicionais para envio da matriz a outros computadores e realização da colaboração, conforme descrito detalhadamente na seção 4.4.

4.4. Planejamento

O sistema foi planejado inicialmente para trabalhar em uma rede local, para um melhor foco nos resultados. Conforme haja uma evolução do sistema e da infraestrutura usada, o aplicativo pode ser estendido para redes mais abrangentes, como redes WAN.

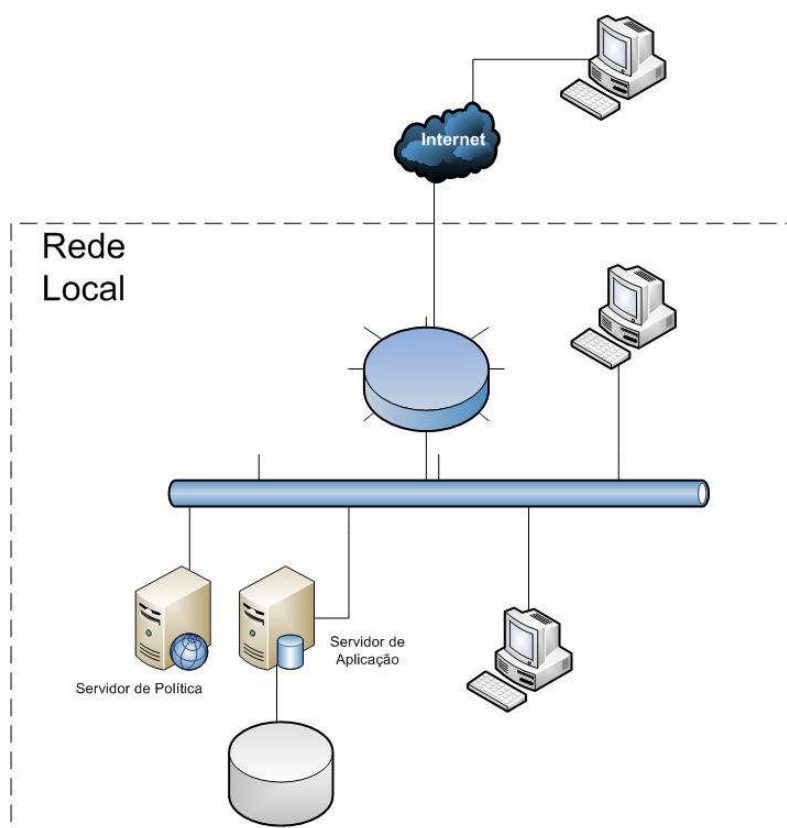


Figura 4.8. Diagrama básico de uma rede para o sistema NHE

Um protocolo de comunicação foi criado para realização da interação entre o servidor e o cliente. De acordo com as camadas do protocolo TCP/IP, este protocolo está na camada de aplicação e usa o protocolo da camada de transporte TCP. As seções abaixo definem o protocolo.

Para separar os elementos do protocolo, foram usados separadores que os usuários não fossem capazes de digitar.

Por questões de visualização gráfica na monografia, o *pipe* '|', a vírgula e os parênteses são na verdade caracteres UTF-16 (*Unicode Transformation Format*) de códigos \u0001, \u0002, \u0003, para permitir que o usuário digite os caracteres citados em alguma conversação dentro do projeto.

4.4.1. Do cliente para o servidor

O cliente envia para o servidor comandos em texto no formato:

Quadro 4.2. Sintaxe das mensagens do cliente para o servidor

Janela Comando (Parametro1, Parametro2, ...)
--

A janela define qual caixa de diálogo enviou o comando. Em seguida é inserido o comando seguido dos parâmetros com separadores entre eles.

4.4.2. Do servidor para o cliente

O servidor recebe o comando e envia a resposta no formato abaixo:

Quadro 4.3. Sintaxe das mensagens do servidor para o cliente

```
Janela | Resposta | Parametro1, Parametro2, ...
```

Devido à dificuldade da tecnologia *Flash* poder apenas programar em um *thread*, foi necessário a criação de um separador para concatenação dos comandos e envio de uma só vez. Desta forma, não haverá mais de um pacote sendo recebido ao mesmo tempo e, por consequência, não haverá pacotes perdidos.

4.5. Servidor

O servidor foi desenvolvido na tecnologia Java. Foram feitos dois servidores: um servidor de política para permitir ao domínio de rede acesso ao sistema, e um servidor de aplicação e banco, que é o elemento principal do projeto.

4.5.1. Servidor de Política

Para que o cliente possa utilizar as funcionalidades do servidor, ele precisa pedir permissão. Este processo acontece antes de qualquer serviço do sistema, inclusive a autenticação.

A plataforma *Flash* contém um processo de segurança para permitir que a aplicação não realize tarefas indevidas, como por exemplo, acesso aos arquivos do usuário sem autorização. Um destes processos se refere à autorização do computador do usuário à realização da comunicação com o servidor via socket.

No caso de um cliente em *Flash*, é necessário um servidor de política que receba um texto em XML e envie a resposta também em XML. A solicitação de permissão que um cliente envia é a seguinte:

Quadro 4.4. Texto XML do cliente para o servidor

```
<policy-file-request/>
```


Após o envio da solicitação, o servidor de política recebe a requisição, cria um *thread* para o tratamento, verifica se o domínio do computador do usuário tem permissão, e envia a resposta no seguinte formato:

Quadro 4.5. Texto XML do servidor para o cliente

```
<?xml version="1.0"?>
<cross-domain-policy>
  <allow-access-from domain="*" to-ports="*" />
</cross-domain-policy>
```

Para simplificar o processo, o servidor de política aceita pedidos de qualquer computador em qualquer domínio. Por questões de segurança da tecnologia *Flash*, é necessário um servidor que entregue esta resposta antes de qualquer comunicação efetiva.

Após este processo, o servidor de política fecha a *thread* e termina a conexão com o cliente, porém continua funcionando para outras futuras conexões, usando um *thread* supervisor.

4.5.2. Servidor de Aplicação e Banco

Após receber a permissão, o cliente inicia a conexão com o servidor de aplicação. Este servidor é o núcleo da aplicação que conterà toda a lógica necessária para a comunicação entre os clientes.

O servidor recebe as requisições e retorna as informações solicitadas. Foi feito um planejamento nas classes e no banco de dados para persistir os dados necessários para a colaboração. O relacionamento entre as classes estão definidas no Apêndice C.

Cada classe básica contém repositório e classe de negócio. Todas as funcionalidades destas classes são reunidas na fachada[33]. As classes de conexão com o cliente utilizam a fachada para acessar os dados do banco.

O servidor de aplicação contém um *thread* supervisora que verifica constantemente se algum cliente realiza a conexão. Caso isso ocorra, o servidor cria um

thread para o cliente. O novo *thread* define a interface de comunicação com o cliente e o servidor.

4.6. Cliente

O cliente não necessita instalar nenhum aplicativo para o uso do sistema. Basta apenas acessar o sistema por um navegador. Normalmente o usuário verá todas as telas na ordem descrita neste trabalho.

4.6.1. Tela de *Login*

A primeira funcionalidade do sistema é a realização do *login*. Para isso, o sistema exibe uma caixa de diálogo como na Figura 4.9.

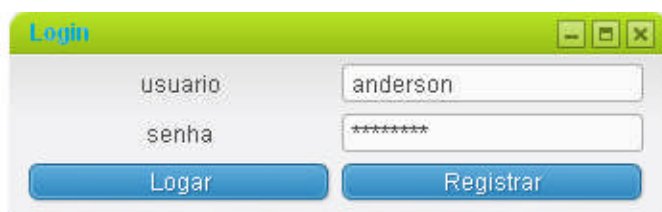


Figura 4.9. Caixa de diálogo Login

A caixa de diálogo login pode enviar os seguintes comandos

Tabela 4.1. Comandos da caixa de diálogo Projeto

Comando	Descrição
RealizarLogin	Envia os dados de usuário e senha para o servidor verificar a validade dos dados.

Por exemplo, para enviar os dados ilustrados na figura 1, o cliente manda o texto “Login|RealizarLogin(anderson|89ba023086e37a345839e0c6a0d272eb)”, onde o segundo parâmetro é a senha com criptografia MD5[34].

Caso o usuário não exista, a senha esteja errada ou já esteja conectado em outro computador, o servidor envia a resposta de falha no login e o cliente exibe a mensagem de alerta. Se o usuário for autenticado corretamente, a caixa de diálogo de login se fecha e é exibida a tela principal.

4.6.2. Cadastro

Se o usuário clicar no botão Registrar da caixa de diálogo do login, a tela de cadastro é aberta para criação de um usuário no sistema. Todos os campos devem ser escritos antes de clicar em Cadastrar, como na Figura 4.10:

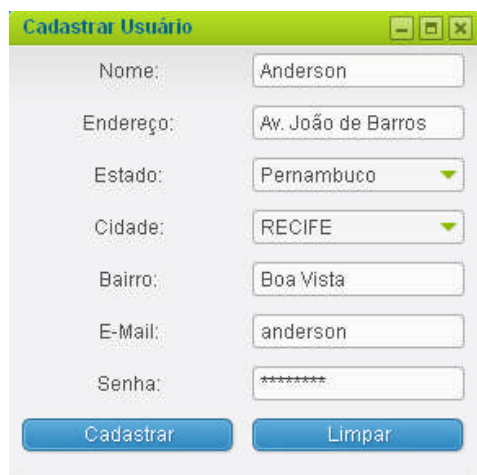


Figura 4.10. Caixa de diálogo Cadastrar

A caixa de diálogo do cadastro pode enviar os seguintes comandos:

Tabela 4.2. Comandos da caixa de diálogo Cadastrar

Comando	Descrição
CadastrarUsuario	Envia os dados digitados para criar um novo usuário.
PreencherEstado	Solicita ao servidor a lista de todos os estados cadastrados e preenche-a no campo do estado
PreencherCidade	Solicita ao servidor a lista de todas as cidades do estado selecionado para preencher o campo cidade.
ProcurarCliente	Solicita ao servidor uma busca para não cadastrar um usuário já existente.

O comando PreencherEstado é executado automaticamente. O comando principal desta caixa de diálogo é CadastrarUsuario. Após o cadastro, a caixa de diálogo é fechada e o usuário volta à tela de login.

4.6.3. Tela Principal

É na tela principal que o usuário inicia a colaboração. Ele verifica quais usuários estão conectados e quais não estão. Algumas funcionalidades foram deixadas em segundo plano para priorizar os serviços essenciais para o trabalho. A Figura 4.11 exibe um *screenshot* da tela.



Figura 4.11. Caixa de diálogo Principal

Na parte superior esquerda, observam-se todos os projetos cadastrados no sistema; na parte inferior esquerda, todos os projetos em que o usuário se inscreveu. A caixa de diálogo da tela principal pode enviar os seguintes comandos

Tabela 4.3. Comandos da caixa de diálogo Projeto

Comando	Descrição
ListarProjetos	Envia os dados digitados para criar um novo usuário.
ListarProjetosInscritos	Solicita ao servidor a lista de todos os estados cadastrados e preenche-a no campo do estado

ListarUsuarios	Solicita ao servidor a lista de todas as cidades do estado selecionado para preencher o campo cidade.
Desconectar	Realiza a desconexão no servidor do usuário. O servidor avisa a todos os outros clientes sobre a desconexão.

Se um usuário entrar no sistema, automaticamente todos os outros serão avisados na lista de usuários conectados. Os três primeiros comandos são executados automaticamente, ou através dos botões de atualização.

4.6.4. Tela do Projeto

A caixa de diálogo do projeto é o foco principal do sistema proposto na monografia. Contém o painel que exibirá a webcam para executar os algoritmos de realidade aumentada. A figura abaixo mostra a tela em funcionamento.

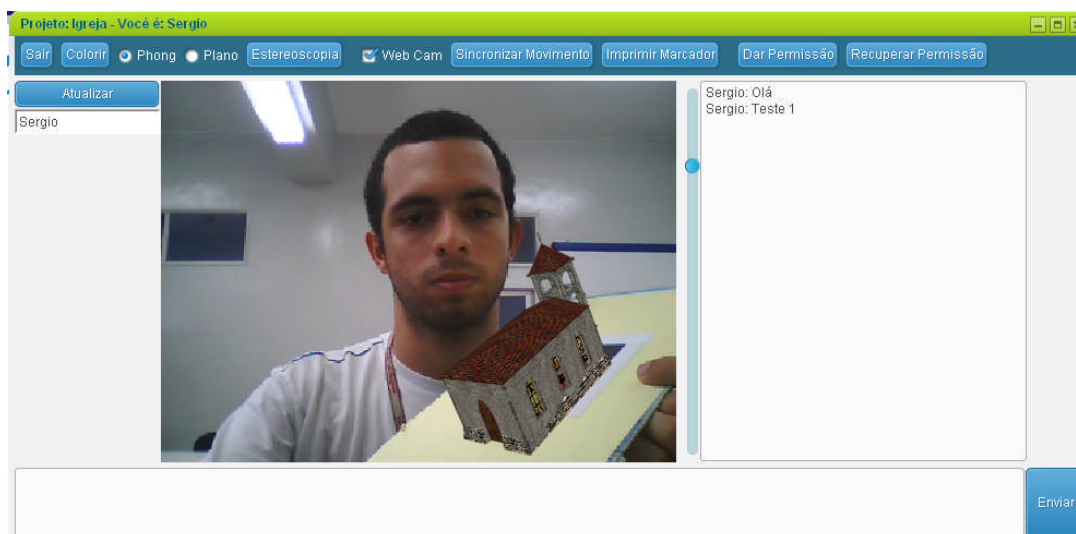


Figura 4.12. Caixa de diálogo Projeto

Na parte inferior, o usuário pode conversar com os outros participantes. Todas as mensagens são visualizadas no lado direito. O lado esquerdo contém a lista dos usuários que estão conectados e entraram no sistema.

Tabela 4.4. Comandos da caixa de diálogo Projeto

Comando	Descrição
EnviarMensagem	Envia a mensagem para todos os outros usuários

EnviarMatriz	Envia a matriz de transformação para os outros usuários
EnviarEscala	Caso um usuário altere o tamanho do objeto, todos os participantes do projeto automaticamente veem a modificação.
EnviarMaterial	Caso um usuário altere a textura do objeto, todos os participantes do projeto automaticamente veem a modificação.
DarPermissao	O dono do projeto pode permitir que outro participante do projeto possa usar a webcam para manipular o objeto pela RA
CapturarPermissao	O dono, em qualquer momento, pode recuperar a permissão de manipular o objeto.
SincronizarTodos	O dono pode forçar todos os participantes a assistirem à manipulação se estiverem usando o projeto individualmente.
ListarUsuarios	Obter a lista dos usuários conectados que entraram no projeto.
EntrarNoProjeto	Registrar no servidor a entrada no projeto para avisar aos outros participantes.
SairDoProjeto	Registrar no servidor a saída no projeto para avisar aos outros participantes.
AlterarSincronizacao	Avisar ao servidor que iniciará a manipulação individual do projeto.

O principal comando desta caixa de diálogo, e de todo o projeto, é o EnviarMatriz. Números representando a matriz de transformação são transferidos até o servidor, e este os distribui para os outros clientes. É executado apenas quando o sistema detecta o padrão utilizando o algoritmo da seção 4.3.

A matriz de transformação é convertida em texto, usando os separadores entre os números. Como são enviados simples textos entre o servidor e o cliente, o sistema tem a grande vantagem de trabalhar em tempo real, sem congestionar em nenhum momento a rede.

Qualquer um dos participantes pode manipular o objeto tridimensional, bastando o dono do projeto determinar a pessoa selecionando-a na lista de usuários e clicando no botão “Dar Permissão”.

Para demonstrar a interação da equipe de participantes, foi desenvolvido um recurso de coloração do modelo. Quando um usuário modifica a cor do modelo, au-

tomaticamente os outros usuários perceberão a alteração. Isso enfatiza o conceito de consciência de atividades das outras pessoas.

A coordenação das tarefas foi desenvolvida permitindo apenas um manipulador por vez. Todos podem alterar o modelo ao mesmo tempo, porém apenas um pode utilizar o marcador de realidade aumentada para mudar a orientação.

4.6.5. Visualizar Perfil do Usuário

Ao selecionar um usuário na lista da tela principal, informações sobre a pessoa selecionada podem ser vistas clicando no botão “Ver Perfil”, pela exibição da tela como na Figura 4.13.



Figura 4.13. Caixa de diálogo Visualizar Perfil do Usuário

A maioria das informações é exibida instantaneamente, pois estão armazenados na lista de usuários conectados. Apenas a cidade e o estado são recuperados no servidor. A caixa de diálogo do perfil do usuário pode enviar os seguintes comandos:

Tabela 4.5. Comandos da caixa de diálogo perfil do usuário

Comando	Descrição
ObterCidadeEstado	Recuperar informações adicionais do usuário.

Apenas o comando acima é executado automaticamente no momento em que exibe a tela de visualização do perfil.

4.7. Vantagens

Enfatizando o sistema cujo planejamento está sendo descrito neste trabalho, pode-se dizer que este apresenta um custo bastante baixo, sendo necessário um *browser*,

um servidor *Web* (foi usado o *Apache*, por ser gratuito) e uma *Webcam*, itens facilmente acessíveis aos usuários.

Os projetos terão uma maior facilidade de serem planejados, devido à visualização dos mesmos em tempo real, por meio da realidade aumentada. Várias aplicações citadas na seção 4.8 poderão ser beneficiadas.

Com a evolução dos estudos e aplicações, as tecnologias abordadas podem vir a influenciar de forma conspícua a sociedade e o modo como as pessoas interagem entre si.

Existem sistemas de autoria gratuitos e comerciais que proporcionam a criação de sistemas de Realidade Aumentada colaborativa, como Studierstube[35] e MARS[36], porém não há sistemas em *Flash* que realizam a mesma atividade. Até onde foi pesquisado, não foram encontrados sistemas *Web* para RA com colaboração.

4.8. Aplicações

Vários benefícios podem ser obtidos e impactos observados, com o desenvolvimento e uso de um sistema com essas características, nas mais diversas áreas:

1. Educação: o docente pode exibir tridimensionalmente elementos de estudo para estudantes presentes em sala de aula, ou remotamente, ou ainda para grupos de aprendizagem colaborativa[37].
2. Engenharia: peças podem ser construídas por membros de uma equipe mesmo que remotamente distribuídos, usando realidade aumentada, como forma de facilitar a visualização e a construção de tarefas.
3. Automação Industrial: o usuário pode visualizar uma simulação da linha de produção, remotamente, de forma animada, interagindo por meio de marcadores da realidade aumentada[38].
4. Vendas: imóveis podem ser visualizados pelos clientes, remotamente, num ambiente 3D, em tempo real, enquanto explicações podem ser dadas pelo corretor a respeito de tal empreendimento, também remotamente;

5. Jogos: novas aplicações em jogos podem ser desenvolvidas por meio de realidade aumentada, usando marcadores ou o próprio corpo, o que torna a interação homem-máquina mais realista;
6. Medicina: uma equipe médica pode realizar simulações cirúrgicas nas suas próprias residências e compartilhar informações do procedimento cirúrgico adotado[39].

O uso da tecnologia de realidade aumentada, em trabalho colaborativo, pode afetar os custos nas áreas acima citadas, os quais poderão ser reduzidos, a priori, pela não necessidade de construção de protótipos físicos, que consomem recursos naturais e capital humano.

Pode ser construída uma base física do protótipo, modificada pela realidade aumentada, e transferida para o ambiente colaborativo. A equipe continuaria tendo a sensação de trabalho em equipe com a telepresença associada ao projeto.

Capítulo 5

Resultados

Neste capítulo são mostrados os resultados do projeto, com base no tempo de sincronização entre os clientes, a memória que o projeto utiliza no sistema operacional e o nível de interatividade através de uma pesquisa junto com os usuários

5.1. Tempo de Resposta

O sistema apresenta atraso na comunicação apenas quando a rede está congestionada. O atraso também pode ser ocasionado pelo processamento do computador, além da quantidade de programas sendo executados.

O projeto atendeu as expectativas não tendo sido observado nenhum atraso por causa da própria comunicação desenvolvida. Embora o projeto trabalhe bastante com o visual, apenas textos são transferidos entre os computadores. A Figura 5.1 mostra dois computadores usando o aplicativo.

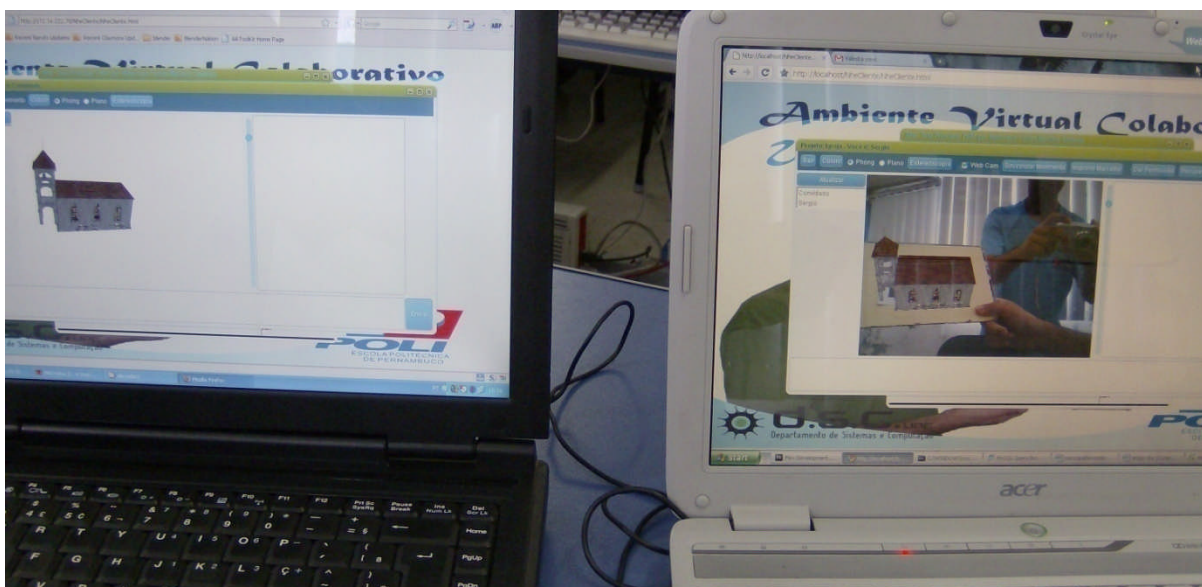


Figura 5.1. Dois computadores utilizando o sistema

O tempo de resposta pode ser crítico se for usado um modelo 3D complexo, com muitos polígonos, aumentando desse modo a utilização da CPU.

5.2. Memória

Foram feitos testes de memória com três *browsers* bastante conhecidos: *Internet Explorer*, *Mozilla Firefox* e *Google Chrome*. Em todos os três, foi aberta apenas a página do sistema.

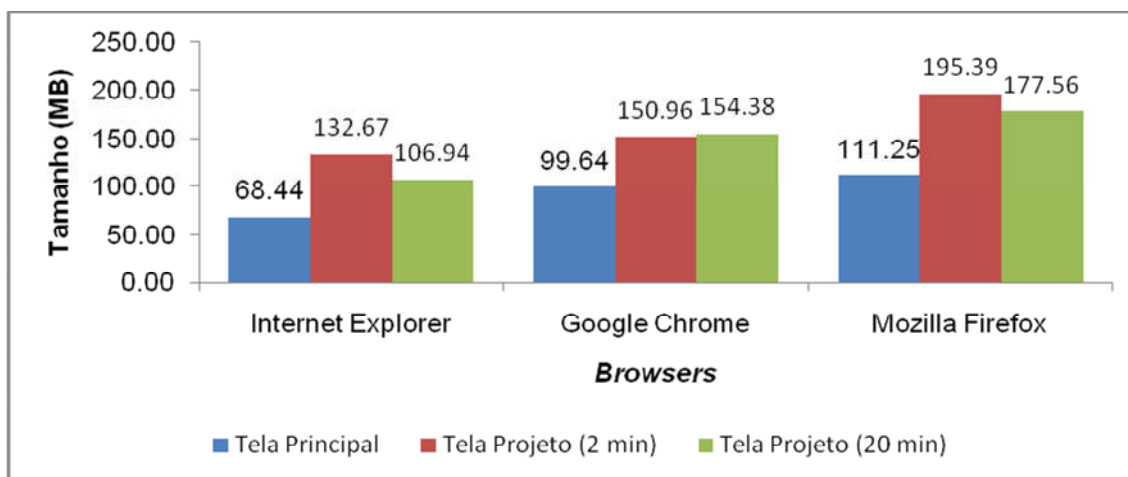


Figura 5.2. Uso de memória do sistema

A informação da memória usada foi capturada no momento em que:

- 1) O usuário entra no sistema.
- 2) O usuário inicia a manipulação de um projeto usando realidade aumentada.
- 3) O usuário manipula o projeto após 20 minutos de uso do sistema.

Uma alteração no sistema para reduzir o uso de memória é a utilização da plataforma *Flash* apenas na tela do projeto, usando recursos de *AJAX* no resto do sistema.

5.3. Interatividade

Algumas perguntas foram estabelecidas para coletar estatísticas de forma a mensurar a influência que o sistema proposto pode provocar nas pessoas, além de verificar o mercado atual.

Vale ressaltar que cerca de 15 pessoas foram entrevistadas, a maioria alunos da área de computação e, dessa forma, não reflete totalmente a situação do sistema e das tecnologias abordadas na sociedade. Entretanto, serve de auxílio para a representatividade em meio acadêmico.

Para responder o questionário, os entrevistados testaram o sistema proposto, desde a autenticação até a tela do projeto, manipulando objetos virtuais e a efetiva colaboração entre pessoas.

5.3.1. Grau de imersão

A pergunta é: “Você acha que a realidade aumentada substituirá as interfaces WIMP?”. O gráfico abaixo mostra as respostas dos entrevistados.

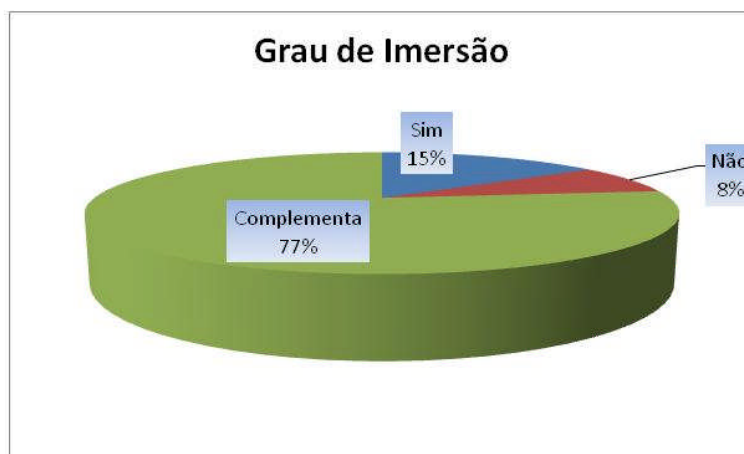


Figura 5.3. Grau de imersão do RA no sistema

A maioria deduziu que a realidade aumentada pode complementar as interfaces tradicionalmente conhecidas. Esta integração pode facilitar a aceitação das pessoas no uso de sistemas de RA.

5.3.2. Inovação

Os entrevistados responderam se o sistema traz inovação em relação a tudo que viram antes. Foi utilizada uma escala de 0 a 10 no gráfico da Figura 5.4.

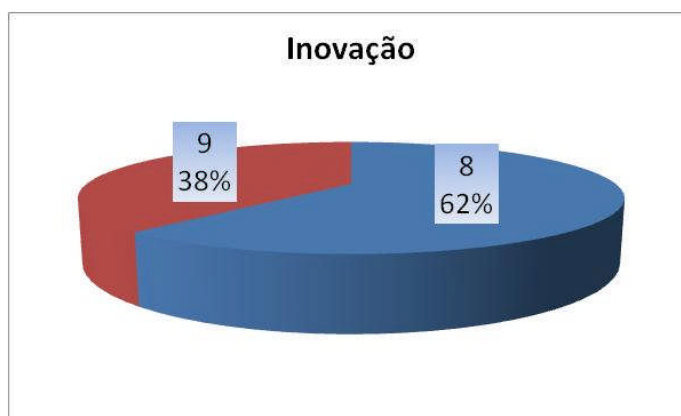


Figura 5.4. Pesquisa sobre inovação do sistema

De acordo com o gráfico, o projeto apresenta recursos bastante promissores e inovadores para manipulação de projetos tridimensionais.

5.3.3. Influência do sistema na sociedade

Para este tópico, foi questionado se a realidade aumentada com colaboração, proposta no projeto, pode influenciar o dia-a-dia das pessoas. A Figura 5.5 exibe o gráfico da pesquisa.



Figura 5.5. Pesquisa sobre influência do sistema na sociedade

Todos afirmaram que a realidade virtual em sistemas colaborativos, áreas utilizadas no projeto, podem influenciar o modo como as pessoas se comunicam, coordenam atividades e cooperam entre si.

Capítulo 6

Considerações Finais

A realidade aumentada apesar de ser uma tecnologia que vem se desenvolvendo num ritmo lento, atrai cada vez mais pesquisadores interessados em sua evolução.

Pode integrar-se a diversas outras tecnologias de telepresença, em desenvolvimento, tais como holograma e vida artificial[40], que combina ambiente virtual, inteligência artificial e biologia. Assim, juntamente com a colaboração, pode-se criar um ecossistema virtual com todos os elementos do mundo real, ou então combiná-las.

6.1. Dificuldades

À medida que a implementação foi se desenvolvendo, alguns problemas começaram a ser observados, os quais devido à importância do relato, estão sendo citados nas seções abaixo.

6.1.1. *Linux*

Para que o sistema carregue apenas o necessário no momento certo, foi usada a biblioteca *FlashDLL*, que facilita o carregamento do sistema por partes. Porém em sistemas *Linux*, o carregamento da parte que continha a biblioteca *FLARToolkit* não estava sendo feita, inutilizando o software.

Para solucionar esta dificuldade, o *FLARToolkit* e seus dependentes ficaram incorporados no arquivo inicial, para evitar o problema. O tamanho inicial do arquivo aumentou, embora a portabilidade também cresceu.

6.1.2. *Camera*

Em computadores sem webcam, o sistema estava com problemas no funcionamento. Foi feito um tratamento de erros para ligar a webcam (caso ela exista).

6.1.3. Comunicação

Toda aplicação em Flash que utiliza comunicação em *socket* solicita permissão antes de qualquer troca de informações. Dessa forma, a complexidade do projeto foi ampliada para tratar esta pendência. Não há obstáculos para que o cliente possa ser feito em Java3D para a comunicação direta com o servidor em Java, porém optou-se por *Flash* pela ubiquidade da plataforma na *Web* e pela experiência adquirida ao longo dos anos na plataforma *Flash*.

Outra dificuldade relacionada à comunicação foi o fato do *Flash* ser *monothread*. Caso dois pacotes chegassem ao mesmo tempo no cliente, apenas um seria tratado e outro seria perdido.

O projeto sofreu uma reformulação para evitar a perda. O cliente envia várias solicitações em apenas um pacote e o servidor, embora *multithread*, trata todos os pedidos enviando um pacote por vez.

6.1.4. Importação de Modelos Tridimensionais

Alguns arquivos de modelos estavam dando erro na importação, como, por exemplo, modelos com animação. Foram testados modelos com extensão 3ds (*3D Studio Max*) e DAE (*Collada*).

Alguns objetos não importavam as texturas e outros vinculavam texturas em localizações fixas, sendo difícil realizar o *upload* com sucesso, pois os objetos e texturas certamente estariam em outras pastas após o processo.

A biblioteca que realiza a importação de modelo, *Papervision3D*, não é desenvolvida junto com as extensões de modelos usadas e, dessa forma, não é totalmente compatível com as mesmas.

Foram usadas duas classes da biblioteca *Papervision3D* para realizar a importação: *Collada* e *DAE*. A última apresentou mais estabilidade na importação, com menos erros apresentados.

6.1.5. Anaglifo

Foi difícil achar papel celofane de cores exatamente complementares para não distorcer a visão do ambiente. Foi um pouco complicado visualizar realmente a profundidade do objeto tridimensional com esta técnica de custo baixo. Além disso, medir o

nível de percepção de profundidade que as pessoas conseguem não é fácil pois a resposta de cada usuário é subjetiva.

6.2. Trabalhos futuros

O sistema pode transformar-se em biblioteca para colaboração usando RA de forma que um desenvolvedor possa usá-lo na aplicação de forma mais fácil.

A partir desta biblioteca, outras podem ser feitas usando-a. O software terá capacidade de desempenhar funções de simulação física em tempo real, colaborativamente usando Realidade Aumentada para melhorar o desenvolvimento de peças mecânicas, simulando atrito, tração, resistência e outros fenômenos.

O usuário também poderá contar com um sistema que contenha técnicas de inteligência artificial e vida artificial, dando um maior grau de realismo na mistura dos mundos real e virtual, aproximando um passo rumo a hiper-realidade.

Pode-se desenvolver um protótipo de uma melhoria do sistema incorporando realidade aumentada sem marcador, denominado MAR (*Markerless Augmented Reality*).

Em MAR, qualquer objeto torna-se um padrão, inclusive o próprio corpo do usuário. Assim, pode-se usar o conceito de propriocepção para realizar ações nos projetos utilizando mãos, a cabeça e outras partes.

Como um exemplo, torna-se muito mais natural a manipulação dos objetos usando as próprias mãos, sendo bastante chamativo um projeto com estas características.

Outra evolução interessante é o suporte a códigos QR (*Quick Response*), uma melhoria do código de barras que utiliza o espaço 2D, podendo codificar mais informação no mesmo espaço.[41]

Devido à natureza visual dos códigos QR, eles se tornam soluções interessantes para a identificação exclusiva de cada projeto. O sistema pode exibir dois projetos ao mesmo tempo apenas identificando-as por códigos QR diferentes.

Como o NHE é baseado em web, o projeto se torna acessível para RA com colaboração em sistemas móveis, embora deva ser levada em conta a questão de desempenho.

Com o suporte a MAR e a códigos QR, o usuário terá a habilidade de escolher entre os modos “com marcador”, que tem a vantagem de identificar os projetos pelos padrões através do QRCode, e “sem marcador”, que tem a facilidade de manipulação dos modelos tridimensionais usando as mãos.

Bibliografia

- [1] CORDIS. Ícones, janelas, menus, ponteiros - Quando a informática vai evoluir? **Inovação Tecnológica**, 2009. Disponível em: <<http://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=icones-janelas-menus-quando-informatica-vai-evoluir&id=010150090717>>. Acesso em: 29 set. 2009.
- [2] KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. A. **Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada**. IX Symposium on Virtual and Augmented Reality. Petrópolis-RJ: SBC. 2007. p. 2-21.
- [3] RASKAR, R.; WELCH, G.; FUCHS, H. **Spatially Augmented Reality**. First International Workshop on Augmented Reality. San Francisco: IEEE. 2008.
- [4] PINHANEZ, C. **Interfaces Não-Convencionais**. VII Symposium of Virtual Reality. Belém-PA: SBC. 2006. p. 173-198.
- [5] KIRNER, C.; TORI, R. **Fundamentos de Realidade Aumentada**. VII Symposium on Virtual Reality. Belém-PA: SBC. 2006. p. 22-38.
- [6] KIRNER, T. G.; SALVADOR, V. F. M. **Desenvolvimento de Ambientes Virtuais**. IX Symposium on Virtual and Augmented Reality. Petrópolis-RJ: SBC. 28 Maio 2007. p. 90-107.
- [7] TORI, R.; KIRNER, C. Fundamentos de Realidade Virtual. In: TORI, R.; KIRNER, C.; SISCOOTTO, R. **Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada**. Belém-PA: SBC, 2006. Cap. 1, p. 2-21.
- [8] THE Virtual Reality Modeling Lan. **Web3D Consortium - Royalty Free, Open Standards for Real-Time 3D Communication**, 2003. Disponível em: <<http://www.web3d.org/x3d/specifications/vrml/ISO-IEC-14772-VRML97/>>. Acesso em: 16 dez. 2009.
- [9] X3D for Developers. **Web3D Consortium**, 2009. Disponível em: <<http://www.web3d.org/x3d/>>. Acesso em: 17 dez. 2009.
- [10] PAPERVISION3D. **Papervision3D**, 2009. Disponível em: <<http://blog.papervision3d.org/>>. Acesso em: 16 dez. 2009.

- [11] . **OGRE – Open Source 3D Graphics Engine**, 2009. Disponível em: <<http://www.ogre3d.org/>>. Acesso em: 17 dez. 2009.
- [12] MACHADO, L. D. S. **Dispositivos Hápticos para Interfaces de Realidade Virtual e Aumentada**. IX Symposium on Virtual and Augmented Reality. Petrópolis-RJ: SBC. 2007. p. 152-167.
- [13] GUTIÉRREZ, M. A.; VEXO, F.; THALMANN, D. Vision. In: _____ **Stepping into Virtual Reality**. London: Springer, 2008. Cap. 7, p. 125-137.
- [14] MACHADO, L. D. S. **Dispositivos Hápticos para Interfaces de Realidade Virtual e Aumentada**. IX Symposium on Virtual and Augmented Reality. Petrópolis, RJ: SBC. 2007. p. 152-167.
- [15] SOARES, L. P.; CABRAL, M. C.; ZUFFO, M. K. **Sistemas Avançados de Realidade Virtual**. VII Symposium on Virtual Reality. Belém-PA: SBC. 2006. p. 51-58.
- [16] SISCOUTTO, R. A. et al. **Estereoscopia**. VII Symposium on Virtual Reality. Belém-PA: SBC. 2006. p. 221-245.
- [17] PINHO, M. S.; REBELO, I. B. **Interação em Ambientes Virtuais Imersivos**. VIII Symposium on Virtual Reality. Belém-PA: SBC. 2006. p. 145-172.
- [18] NORMAN, D. A. **The psychology of everyday things**. New York: Basic Books, 1988.
- [19] AZUMA, R. T. A Survey of Augmented Reality. **Presence: Teleoperators and Virtual Environments**, Los Angeles, CA, v. 6, n. 4, p. 355-385, ago. 1995.
- [20] NEWMAN, J. et al. Ubiquitous Tracking for Augmented Reality. **International Symposium on Mixed and Augmented Reality**, Arlington-VA, 2 nov. 2004. 192- 201.
- [21] WANG, X.; DUNSTON, P. S. **Groupware Concepts for Augmented Reality Mediated Human-To-Human Collaboration**. Proceedings of Joint International Conference on Computing and Decision Making in Civil and Building Engineering. Montreal, Canadá: [s.n.]. 2006. p. 1836-1842.
- [22] SNOWDON, D.; CHURCHILL, E. F.; MUNRO, A. J. Collaborative Virtual Environments: Digital Spaces and Places for CSCW: An Introduction. In:

- SNOWDON, D.; CHURCHILL, E. F.; MUNRO, A. J. **Collaborative Virtual Environments**: Digital Spaces and Places for Interaction. [S.l.]: Springer-Verlag, 2001. Cap. 1, p. 3-17.
- [23] FUKS, H.; RAPOSO, A. B.; GEROSA, M. A. **Do Modelo de Colaboração 3C à Engenharia de Groupware**. IX Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web. Salvador, Bahia: WebMidia. 2003. p. 445-452.
- [24] DAVE SNOWDON, E. F. C. A. A. J. M. Collaborative Virtual Environments: Digital Spaces and Places for CSCW. In: DAVE SNOWDON, E. F. C. A. A. J. M. **Collaborative Virtual Environments**: Digital Places and Spaces for Interaction. London: Springer - Verlag, 2001. Cap. 1, p. 3-17.
- [25] FILIPPO, D. et al. **Ambientes Colaborativos de Realidade Virtual e Aumentada**. IX Symposium on Virtual and Augmented Reality. Petrópolis-RJ: SBC. 2007. p. 168-191.
- [26] ADOBE Flash - Wikipedia, a enciclopédia livre. **Wikipedia**, 2009. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Adobe_Flash>. Acesso em: 12 nov. 2009.
- [27] KOYAMA, T. **Introduction to FLARToolkit**, 2009. Disponível em: <<http://saqoosha.net/lab/FLARToolKit/Introduction-to-FLARToolKit.pdf>>. Acesso em: 19 nov. 2009.
- [28] . **Sandy 3D engine (AS3 & AS2) for Adobe Flash/about**, 2009. Disponível em: <<http://www.flashesandy.org/>>. Acesso em: 16 dez. 2009.
- [29] . **AlternativaPlatform - Alternativa3D**, 2009. Disponível em: <<http://alternativaplatform.com/en/alternativa3d/>>. Acesso em: 16 dez. 2009.
- [30] . **Away3D Flash Engine**, 2009. Disponível em: <<http://away3d.com/>>. Acesso em: 16 dez. 2009.
- [31] BILLINGHURST, H. K. A. M. **Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-Based Augmented Reality Conferencing System**. Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality. Washington, DC: IEEE Computer Society. 1999. p. 85.
- [32] DUNN, F.; PARBERRY, I. **3D Math Primer for Graphics and Game Development.pdf**. Plano, Texas: Wordware Publishing, Inc, 2002.

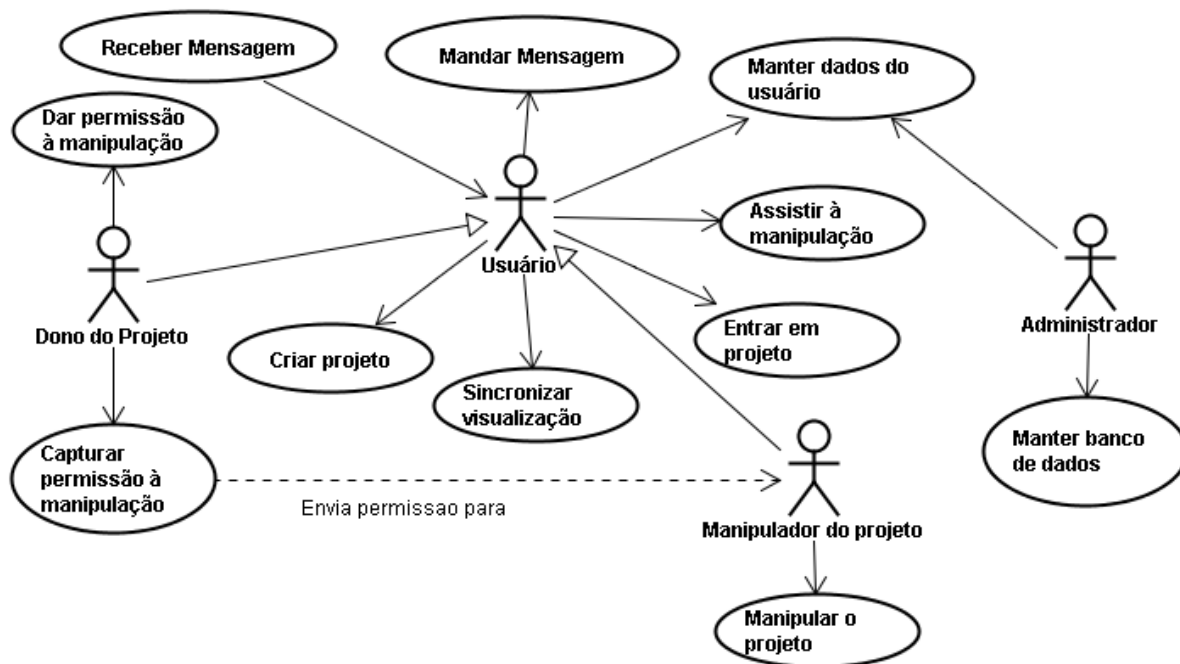
- [33] JACOBSON, I.; BOOCH, G.; RUMBAUGH, J. **UML - Guia Do Usuário**. 1ª Edição. ed. [S.I.]: CAMPUS, 2006.
- [34] THE MD5 Message-Digest Algorithm. **IETF Tools**, abr. 2002. Disponível em: <<http://tools.ietf.org/html/rfc1321>>. Acesso em: 17 dez. 2009.
- [35] SCHMALSTIEG, D. et al. The Studierstube Augmented Reality Project. **Presence: Teleoperators & Virtual Environments**, v. 11, n. 1, p. 32-54, Fevereiro 2002.
- [36] GÜVEN, S.; FEINER, S. **Authoring 3D Hypermedia for Wearable Augmented and Virtual Reality**. Proceedings of the Seventh IEEE International Symposium on Wearable Computers. Sinem Güven Steven Feiner: IEEE Computer Society. 2003. p. 118-126.
- [37] KIRNER, T. G. et al. **Development of a Collaborative Virtual Environment for Educational Applications**. Web3D 2001. Paderborn: ACM. Fevereiro 2001. p. 61-68.
- [38] BUCCIOLI, A. A. B.; ZORZAL, E. R.; KIRNER, C. **Usando Realidade Virtual e Aumentada na Visualização da Simulação de Sistemas de Automação Industrial**. VIII Symposium on Virtual Reality. Belém-PA: SVR. 2006.
- [39] NUNES, F. L. S. et al. **Aplicações Médicas usando Realidade Virtual e Realidade Aumentada**. IX Symposium on Virtual and Augmented Reality. Petrópolis: SBC. 2007. p. 223-255.
- [40] LANGTON, C. G. **Artificial Life: An Overview**. 1st Edition. ed. Massachusetts: MIT Press, v. I, 1995.
- [41] LIU, T.-Y.; TAN, T.-H.; CHU, A. Y.-L. **2D Barcode and Augmented Reality Supported English Learning System**. International Conference on Computer and Information Science. Taipei-TW: IEEE. 2007.

Apêndice A

Diagrama de Caso de Uso

O projeto pode ser usado por 4 atores:

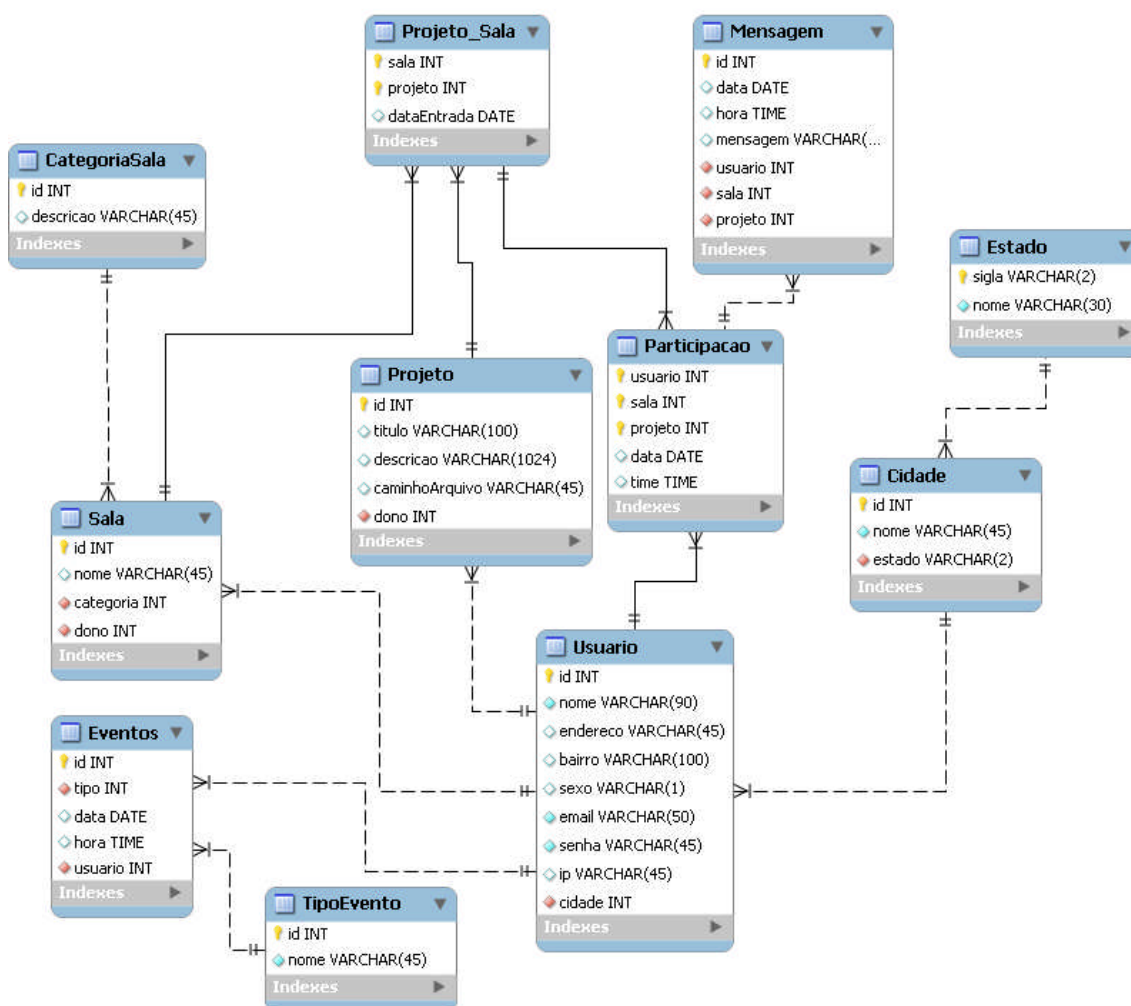
- **Administradores:** Responsável por manipular o banco de dados
- **Usuários:** qualquer pessoa que usará o subsistema cliente
- **Dono do projeto:** usuário com recursos adicionais nos projetos criados por eles.
- **Manipulador do projeto:** usuário designado pelo dono a manipular o modelo 3D pelo marcador.



Apêndice B

Diagrama Relacional

O diagrama ilustrado na contempla a criação de um banco de dados na plataforma MySQL para o projeto.



Apêndice C

Diagrama de Classes (Comunicação Remota)

O servidor utiliza a fachada para manipular o banco de dados. Cada comando que o cliente envia, é transferido para a classe correspondente.

