

FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”  
CENTRO UNIVERSITÁRIO “EURÍPIDES DE MARÍLIA” – UNIVEM  
CURSO DE BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

**ADRIANO BEZERRA**

**APERFEIÇOAMENTO E AVALIAÇÃO DE UMA LUVA DE DADOS EM  
UM FRAMEWORK ORIENTADO A OBJETOS PARA APLICAÇÕES  
DE TREINAMENTO MÉDICO EM REALIDADE VIRTUAL**

MARÍLIA  
2008

ADRIANO BEZERRA

APERFEIÇOAMENTO E AVALIAÇÃO DE UMA LUVIA DE DADOS EM  
UM FRAMEWORK ORIENTADO A OBJETOS PARA APLICAÇÕES DE  
TREINAMENTO MÉDICO EM REALIDADE VIRTUAL

Trabalho de Curso apresentado ao Curso de  
Ciência da Computação da Fundação de Ensino  
“Eurípides Soares da Rocha”, mantenedora do  
Centro Universitário Eurípides de Marília –  
UNIVEM, como requisito parcial para obtenção  
do grau de Bacharel em Ciência da Computação.

Orientadora:  
Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Fátima L. S. Nunes Marques.

MARÍLIA  
2008

BEZERRA, Adriano

Aperfeiçoamento e avaliação de uma luva de dados em um Framework Orientado a Objetos Para Aplicações de Treinamento Médico em Realidade Virtual / Adriano Bezerra; orientadora: Fátima de Lourdes dos Santos Nunes Marques. Marília,SP:[s.n.], 2008.

87 f.

Trabalho de Curso ( Graduação em Ciência da Computação ) – Curso de Ciência da Computação, Fundação de Ensino “Eurípides de Soares da Rocha”, mantenedora do Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM, Marília, 2008.

1. Realidade Virtual 2. Luva de Dados 3. Treinamento Médico 4 Interação

CDD: 006

**BANCA**

## DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a toda minha família, em especial ao meu avô José Bezerra Neto que aos 79 anos terminou sua missão na Terra dando-me exemplo de Luta, Garra, Determinação, Fé e Perseverança.*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço ao grandioso Deus por ter me dado forças e condições para realizar este trabalho em meio de tantas dificuldades.

Agradeço meus pais pela confiança, incentivo, paciência e o investimento dedicado em mais uma etapa da minha vida.

À minha orientadora Profa. Dra. Fátima de Lourdes dos Santos Nunes Marques, pela amizade e a excelente orientação, aliados a experiência intelectual e profissional e por ter me incentivado sempre para realizar esse trabalho, uma pessoa inesquecível que merece todo o meu respeito onde quero me espelhar.

Às minhas irmãs Lidiane e Juliana e todos meus amigos Cleber, Ricardo, Ana Claudia, Larissa, Michele, Juliana, Rafael Durelli, Rafael Alves, Rodrigo, Reinaldo e todo pessoal dos laboratórios de pesquisa do UNIVEM, em especial à galera do LApIS que me ajudaram muito para que esse meu sonho se concretizasse.

À minha tia Valéria, tio Carlos e à minha avó Iraci pela ajuda e os incentivos a realizar este trabalho.

Ao Dr. Paulo e aos estudantes da Faculdade de Medicina de Marília - FAMEMA, pela contribuição na avaliação do projeto.

Ao CNPq, pelo apoio financeiro.

*"A maior recompensa do nosso trabalho não é o que nos pagam por ele, mas aquilo em que  
ele nos transforma."*

*John Ruskin*

*"Se puder ver mais longe, foi porque subi em ombros de gigantes"*

*Isaac Newton*

*"A palavra impossível só existe no dicionário dos perdedores"*

*Napoleão*

BEZERRA, Adriano. **Aperfeiçoamento e avaliação de uma luva de dados em um Framework Orientado a Objetos Para Aplicações de Treinamento Médico em Realidade Virtual**. 2008. 90 f. Trabalho de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Centro Universitário Eurípides de Marília, “Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2008.

## RESUMO

Aplicações de Realidade Virtual (RV) que utilizam luva de dados podem oferecer ferramentas de estudo mais adequadas para profissionais e estudantes da área de saúde, uma vez que, dos cinco sentidos que os humanos possuem, somente o tato é bidirecional. Ou seja, com este sentido pode-se tanto adquirir informações com um simples toque quanto provocar deformações em um ambiente pela aplicação de força, fornecendo ao usuário uma melhor sensação de imersão no ambiente. Este trabalho enfoca a inclusão de uma luva de dados no *Framework ViMeT (Virtual Medical Training)*, que tem por finalidade prover funcionalidades básicas de Realidade Virtual para construir aplicações de simulação de exames de punção. Além da implementação, o trabalho apresenta uma avaliação quanto à interação neste ambiente, como a definição de parâmetros importantes na construção e aperfeiçoamento de sistemas de Realidade Virtual neste domínio, a fim de permitir interação com maior realismo em ferramentas de treinamento médico.

**Palavras-chave:** Luva de Dados, *Framework*, Treinamento Médico, Interação, Ambientes Virtuais, Dispositivos não Convencionais.



BEZERRA, Adriano. **Aperfeiçoamento e avaliação de uma luva de dados em um Framework Orientado a Objetos Para Aplicações de Treinamento Médico em Realidade Virtual**. 2008. 90 f. Trabalho de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação) - Centro Universitário Eurípides de Marília, “Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2008.

## ABSTRACT

Applications of Virtual Reality (VR) that use the data glove can offer more appropriate study's tools for professionals and students in the health area, since the five senses that humans have, only the feeling is bidirectional. That is, in this sense it is possible acquire information with a simple touch as well as cause deformities in an environment by applying force, giving to the user a better sense of immersion in the environment. This work explores the inclusion of a data glove in the ViMeT Framework (Virtual Medical Training), which aims at providing basic functionality of Virtual Reality in order to build applications for simulation of biopsy exams. Besides the implementation, the work presents an evaluation in relation to the interaction in this environment, as the definition of parameters in the implementation and improvement of Virtual Reality systems in this field in order to allow interaction with more realism in medical training tools.

**Keywords:** Data Glove, Framework, Medical Training, Interaction, Virtual Environment, Unconventional Devices.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. 5DT <i>Ultra Wireless Kit</i> ( <i>Fifth Dimension Technologies</i> , 2008).....	27
Figura 2. Luva e <i>joystick</i> (SABBATINI, 1999).....	28
Figura 3. <i>PHANTOM Desktop</i> ( <i>SensAble Technologies</i> , 2008) .....	30
Figura 4. <i>PHANTOM Premium 1.5/6DOF</i> ( <i>SensAble Technologies</i> , 2008) .....	31
Figura 5. Óculos estereoscópicos ( <i>Absolute Technologies</i> , 2008).....	31
Figura 6. 5DT <i>Head Mounted Display</i> ( <i>Fifth Dimension Technologies</i> , 2008) .....	32
Figura 7. Monitores estereográficos ( <i>Fifth Dimension Technologies</i> , 2008).....	33
Figura 8. (a) CAVE existente na USP. (b) Equipamentos de controle. (c) Projeção das imagens nas paredes (LSI-USP, 2007).....	34
Figura 9. Projetor <i>Zscreen</i> ( <i>Fifth Dimension Technologies</i> , 2008) .....	34
Figura 10. Pesquisador usando simulador de extração de medula óssea (MACHADO, 2003a)36	
Figura 11. Sistema <i>CyberMed</i> – (a) Detalhes do modelo da bacia em malha triangular (b) Camadas do modelo de cabeça, mostrado em semi-transparência (MACHADO et al., 2004).37	
Figura 12. Sistema <i>CyberMed</i> – Estudo da região pélvica (MACHADO et al., 2004). .....	37
Figura 13. Menu disponível no SITEG (SOUZA et al., 2006).....	38
Figura 14. Execução do exame de toque (SOUZA et al., 2006).....	38
Figura 15 - Arquitetura do Sistema ACONTECe-Cardio (ALBERIO et al., 2006). .....	39
Figura 16. Interface gráfica de visualização da ferramenta de ensino de anatomia cardíaca (ALBERIO et al., 2006). .....	39
Figura 17. Dicionário com as informações das estruturas cardíacas (ALBERIO et al., 2006).40	
Figura 18. Simulador com os modelos 3D(ALBERIO et al., 2006).....	40
Figura 19. Exame real e o virtual utilizando o VHB (BURNS et al., 2004) .....	41
Figura 20. Exemplo de aplicação gerada pelo ViMeT (OLIVEIRA, 2007). .....	47
Figura 21. Diagrama com as classes proposto para o ViMeT (OLIVEIRA, 2007).....	48
Figura 22. Novo diagrama de classe do ViMeT. ....	49
Figura 23. 5DT <i>Data Glove 5 Ultra</i> ( <i>Fifth Dimension Technologies</i> , 2007) .....	50
Figura 24. Configuração do compilador para a luva de dados .....	53
Figura 25. Estrutura do Grafo de Cena em Java3D .....	53
Figura 26. Alguns métodos desenvolvidos da classe <i>NativeGlove</i> .....	54
Figura 27. Parte do código de cabeçalho que foi criado com o uso da ferramenta <i>javah</i> . .....	55
Figura 28. Diagrama de execução da luva de dados .....	57

Figura 29. Estrutura de modelagem da mão .....	58
Figura 30. Movimento dos dedos limitados a esfera.....	59
Figura 31. (a) Modelagem dos dedos normal e ereta. (b) Modelagem dos dedos com leve flexão das falanges .....	59
Figura 32. Grafo de cena anterior do ViMeT .....	60
Figura 33. Grafo de cena atual do AV .....	61
Figura 34. Estrutura da cena.....	62
Figura 35. Estrutura padrão dos objetos.....	62
Figura 36. AV gerado por meio do ViMeT.....	63
Figura 37. Diagrama atual do ViMeT .....	66
Figura 38. Funcionamento do módulo de interação.....	67
Figura 39. Flexão dos dedos captados pela luva de dados.....	67
Figura 40. Diagrama de integração e interação para a luva de dados.....	68
Figura 41. Diagrama de integração e interação para a luva de dados.....	70
Figura 42. Visão superior ao paciente ( <i>top</i> ). .....	71
Figura 43. Visão lateral do paciente ( <i>left</i> ). .....	72
Figura 44. Visão em Perspectiva ao paciente.....	72
Figura 45. Aplicação final com Mão Virtual segurando a mama.....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Preço de luvas de dados (Fontes: EST - <i>Engineering Systems Technologies</i> , 2007;5DT - <i>Fifth Dimension Technologies</i> , 2007) .....	29
Tabela 2. Principais métodos da classe <i>Native Glove</i> .....	65

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

€ - Euro

3D - Tridimensional

5DT - *Fifth Dimension Technologies*

API - *Application Programming Interfaces*

AV - Ambiente Virtual

AVs - Ambientes Virtuais

CAVE - *Cave Automatic Virtual Environment*

DOF – *Degrees Of Freedom*

FAMEMA – Faculdade de Medicina de Marília

GB – *Gigabytes*

GHz - *Gigahertz*

GUI - *Graphical User Interface*

HMD - *Head Mounted Display*

HMDs - *Head Mounted Displays*

HPV – *Human Papiloma Virus*

JDK - *Java Development Kit*

JNI - *Jana Native Interface*

JVM – *Java Virtual Machine*

MRI – *Magnetc Resonanse Imaging*

ms - milissegundos

LÁPIS - Laboratório de Aplicações de Informática em Saúde

LCD - *Liquid Crystal Display*

LSI - Laboratório de Sistemas Integráveis

PC – Computador Pessoal

PHANTOM – *Personal Haptic Interface Mechanism*

RV - Realidade Virtual

RAM – *Random Access Memory*

SITEG – Sistema Interativo de Treinamento em Exame Ginecológico

SO – Sistemas Operacionais

US\$ - Dólar Americano

USP - Universidade de São Paulo

VHB - *Virtual Haptic Back*

ViMeT - *Virtual Medical Training*

VRD - *Virtual Retinal Display*

W - *Weber*

# SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>15</b>
<b>CAPÍTULO 1. INTERAÇÃO EM SISTEMAS DE RV PARA MEDICINA .....</b>	<b>19</b>
1.1. REALIDADE VIRTUAL.....	19
1.2. AMBIENTE VIRTUAL .....	20
1.3. TÉCNICAS DE INTERAÇÃO .....	21
1.3.1. Navegação .....	22
1.3.2. Seleção ou Manipulação.....	24
1.3.3. Controle do Sistema .....	25
1.4. DISPOSITIVOS.....	26
1.4.1. Dispositivos Convencionais .....	26
1.4.2. Dispositivos Não Convencionais.....	26
1.5. TRABALHOS CORRELATOS.....	35
1.6. AVALIAÇÃO DE INTERAÇÃO EM AMBIENTES VIRTUAIS .....	41
1.6.1. Fatores Humanos de Interação .....	42
1.6.2. Critérios de avaliação do usuário .....	43
1.6.3. Critérios de avaliação do sistema de interação.....	44
1.7. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	45
<b>CAPÍTULO 2. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO .....</b>	<b>46</b>
2.1. O VIMET .....	46
2.2. MÓDULO DE INTERAÇÃO.....	48
2.3. INCLUSÃO DA LUVAS DE DADOS.....	50
2.3.1. Considerações Sobre a Tecnologia Adotada .....	51
2.3.2. Implementação da Integração.....	53
2.3.3. Integração do Dispositivo.....	56
2.3.4. Construção dos Objetos Tridimensionais.....	57
2.4. AVALIAÇÃO DE INTERAÇÃO EM APLICAÇÕES GERADAS A PARTIR DE UM <i>FRAMEWORK</i> .....	63
<b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>65</b>
3.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	73
<b>CAPÍTULO 4. CONCLUSÕES.....</b>	<b>74</b>
4.1. TRABALHOS FUTUROS .....	75
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO .....</b>	<b>84</b>

## INTRODUÇÃO

Diversos trabalhos estão sendo desenvolvidos com o propósito de construir sistemas computacionais para treinamento de estudantes e profissionais da área médica, visando o aprendizado mais efetivo de procedimentos com menor custo. Neste contexto existem Ambientes Virtuais (AVs) construídos com técnicas de Realidade Virtual (RV), que podem suportar dispositivos convencionais como *mouse*, teclado e monitores, e dispositivos não-convencionais como luva de dados e equipamento háptico, permitindo a interação entre ser humano e máquina com uma elevada imersão.

Montero (2003) afirma que o desenvolvimento de computadores e dispositivos eletrônicos permitiu o surgimento da RV, a qual é definida como a forma mais avançada de interface homem-máquina, permitindo construir AVs com o uso de alta tecnologia para induzir o usuário de que ele se encontra em outra realidade.

Segundo Machado (2000) apud Oliveira (2007), os ambientes que são criados com técnicas de RV onde há uma interação entre homem-máquina, pode ser de grande auxílio no treinamento médico.

Uma das vantagens de aplicações de RV para o treinamento médico é o aperfeiçoamento do estudante para executar um determinado procedimento, pois há a possibilidade de repetir o treinamento inúmeras vezes antes de executá-lo em um paciente real. Além disso, a RV proporciona ao cirurgião a prática do aprendizado e detalhes da cirurgia em um Ambiente Virtual (AV) ou paciente virtual, fornecendo um *feedback* de sua atuação conforme a prática adquirida no aprendizado (Liu et al., 2003).

Machado (2003) afirma que o uso de ferramentas baseadas em RV para treinamento pode oferecer uma nova forma de aprendizado, sendo que imagens tridimensionais, exploração interativa e informações táteis podem ser combinadas para oferecer uma simulação mais realista.

Os projetos para o treinamento médico necessitam de um alto grau de realismo. Além de modelagens e respostas adequadas, é necessário fornecer exatamente aquilo que o usuário vê e sente de forma realista, como se ele estivesse imerso, ou seja, dentro do ambiente sintético para desempenhar seus procedimentos com mais precisão. (SOUZA et al., 2006).

Na construção de um AV imersivo, um dos principais objetivos é fazer com que o usuário sinta-se dentro do ambiente tridimensional (CAMARERO et al., 2000). Para isto, são necessários dispositivos de interação e visualização, porém esses requisitos podem gerar um



alto custo se comparado com os sistemas não imersivos (FERRO; PAIVA, 2003). Além disso, a interação é uma característica importante na construção de um AV, pois trata-se de um cenário dinâmico, que é alterado em tempo real conforme as entradas que o usuário fornece (PINHO; REBELO, 2004). Por isso, a utilização de dispositivos não convencionais, como luva de dados, pode trazer um maior grau de imersão ao usuário, possibilitando fornecer realismo em um treinamento médico.

O grupo de pesquisa de RV do Centro Universitário Eurípides de Marília – UNIVEM tem pesquisado sobre construção de ferramentas para treinamento médico com o objetivo de reproduzir procedimentos reais, utilizando tecnologias de baixo custo. Assim está sendo desenvolvido um *framework* denominado ViMeT, que possui classes para implementar detecção de colisão, anaglifos para utilização de estereoscopia e deformação usando o método massa-mola (OLIVEIRA, 2007). A partir desses trabalhos, notou-se a necessidade de aprimorar vários aspectos, entre eles, a questão de fornecer graus adequados de integração por meio do uso de luva de dados, que consiste no foco deste projeto.

## Objetivos

A possibilidade dos sentidos humanos serem interpretados de forma realista por meio de ferramentas de simulação, propicia uma melhora na tecnologia de Realidade Virtual, assim como no desenvolvimento de simuladores de treinamento médico, promovendo a modernização de atividades de treinamento, terapia e educação de médicos e estudantes.

Dentro deste contexto e levando-se em conta a relevância do dispositivo que realiza a comunicação entre ser humano e máquina, este trabalho tem como objetivo a inclusão e avaliação de uma luva de dados em um módulo de interação no *framework* ViMeT, a fim de aumentar o realismo da aplicação e verificar a sua usabilidade. Desta forma, o equipamento não convencional foi testado inicialmente em aplicações que simulam exames de punção de mama, implementadas com auxílio deste *framework*.

Foi realizada uma avaliação do módulo de interação com vários dispositivos, dentre eles a luva de dados. Esta avaliação foi feita posteriormente aos testes de implementação, levando em conta aspectos como o conhecimento da área, a usabilidade da aplicação, o tempo de resposta, o tipo de dispositivo empregado no protótipo de simulação, além de fatores ergonômicos relacionados ao usuário (grau de percepção, familiarização com equipamento e experiência do usuário em relação ao exame de biópsia).

## Justificativa

Considerando-se a simulação de procedimentos como exames de biópsia, por exemplo, a interação entre usuário e sistema computacional deve propiciar um treinamento virtual semelhante à execução do procedimento no mundo real.

As características como a modelagem adequada de objetos tridimensionais, a reprodução de ações executadas (movimentos da mão do profissional da área médica na manipulação do órgão) e as reações possíveis (deformação do órgão, perfuração de diversos tipos de tecidos) do exame precisam ser levadas em consideração durante a elaboração do AV.

O *framework* ViMeT permite uma maior produtividade na construção de novas ferramentas para treinamento médicos e estudantes de Medicina. A interação do usuário com a aplicação usando uma luva de dados pode facilitar o aprendizado com os benefícios oferecidos pela RV, haja vista que a luva de dados torna os movimentos feitos pelo usuário mais livres e precisos. Assim, a avaliação foi útil para o aperfeiçoamento do módulo de interação e para a definição de parâmetros que podem ser utilizados na construção de aplicações futuras.

Gnneco et al., (2007) relatam que o *mouse* e o teclado são os dispositivos mais comuns de entrada de dados em computadores, no entanto, para a maior parte das aplicações de RV e RA são pouco práticos, provendo uma forma não intuitiva de manipulação do mundo e restringindo o usuário a uma mesa fixa e entradas bidimensionais.

## Disposição do Trabalho

Esta monografia possui, além desta introdução, três capítulos, a saber:

- **Capítulo 1:** apresenta conceitos relacionados à RV, aplicações de RV em Medicina, conceitos de AV e formas de interação. Além disso, aborda a avaliação de interação em AV sob o aspecto computacional e humano, bem como a definição de parâmetros mensuráveis. Neste capítulo, também são apresentados os tipos de dispositivos utilizados na interação e a importância da avaliação do usuário em sistemas de treinamento médico.

- **Capítulo 2:** aborda de maneira detalhada a metodologia utilizada no projeto e no processo de avaliação juntamente com alguns aspectos de modelagem 3D.
- **Capítulo 3:** descreve os resultados e discussões do projeto.
- **Capítulo 4:** finaliza a monografia apresentando as conclusões.

Por fim são apresentadas as referências bibliográficas que serviram como embasamento teórico para a elaboração desta monografia.

## **CAPÍTULO 1. INTERAÇÃO EM SISTEMAS DE RV PARA MEDICINA**

Bowman et al., (2004) define interação como um método que permite um usuário realizar determinada tarefa por meio da interface do usuário. Quando se trata de interface homem-máquina, a interação é a maneira pela qual o usuário faz a comunicação com a aplicação, podendo ser por meio de dispositivos ou forma simbólica (SCHNEIDERMAN; PLAISANT, 2004).

Em ferramentas de RV são necessárias algumas técnicas de interação que lidam com o ambiente 3D. Esta interação pode ocorrer tanto no sentido usuário-aplicação quanto no sentido inverso (KELNER; TEICHRIEB, 2007).

Muitas destas ferramentas de RV têm sido desenvolvidas para o treinamento e simulação de procedimentos médicos, com o intuito de auxiliar profissionais da saúde e estudantes de Medicina na aquisição de experiência, antes dos mesmos realizarem procedimentos em pacientes reais. Neste capítulo são apresentados conceitos de RV, aplicações de RV em Medicina, formas e técnicas de interação. Além disso, são apresentados os tipos de dispositivos e a importância da avaliação do usuário em sistemas de treinamento.

### **1.1. Realidade Virtual**

Segundo Kirner e Siscoutto (2007), RV é uma “interface avançada do usuário” que acessa aplicações executadas no computador fazendo com que seja possível a visualização, movimentação e interação do usuário em tempo real, em ambientes tridimensionais gerados por computador. O sentido da visão ainda é preponderante em aplicações de RV, mas os outros sentidos como o tato e a audição são de vital importância para enriquecer a experiência do usuário.

Com o desenvolvimento de novas tecnologias e dispositivos, a RV passou a ser utilizada frequentemente em inúmeras áreas do conhecimento (NETO et al., 2002), inclusive na construção de ferramentas de simulação e treinamento médico.

No Brasil, inúmeras pesquisas vêm sendo desenvolvidas aplicando RV à Medicina. Em 2003 foi desenvolvido um simulador de coleta de medula óssea no Laboratório de

Sistemas Integráveis da Escola Politécnica da USP (LSI-EPUSP) (MACHADO, 2003), relatado como o primeiro projeto de RV para Oncologia Pediátrica no país.

Nos últimos anos, a área médica tem se beneficiado de diversas linhas de estudo dentro da RV, como: educação médica, planejamento e simulação de cirurgias, reabilitação e avaliação neuropsicológica e simulação de procedimentos como a endoscopia virtual (RIVA, 2003). Também é possível observar a utilização de RV para planejar, simular e customizar procedimentos cirúrgicos invasivos e minimamente invasivos (GREENLEAF, 2004).

Há alguns anos, a única maneira de interagir com o mundo tridimensional (3D) no computador era utilizando *mouse*, teclado ou outro dispositivo convencional que permitisse a navegação 3D, porém esta interação não era muito realista. Com o surgimento dos equipamentos não convencionais foi possível “tocar” e sentir os objetos no mundo 3D, aumentando o grau de imersão e interação do usuário e, assim, fornecendo um ambiente mais real.

Atualmente, há uma série de equipamentos que permitem manipulação com retorno tátil e/ou de força. Esses dispositivos permitem movimentos com diferentes graus de liberdade e valores de força, oferecendo manipulação em um espaço limitado e utilizando diversas tecnologias.

## **1.2. Ambiente Virtual**

Um Ambiente Virtual (AV) pode ser definido como um cenário dinâmico, gerado com o auxílio de computação gráfica e armazenado em um computador, cujas cenas são exibidas em tempo real (PINHO, 2000). Os Ambientes Virtuais (AVs) são ambientes que proporcionam ao usuário uma sensação de imersão e a possibilidade de manipulação, construídos pela combinação de tecnologias, criando uma interação em tempo real com modelos 3D (BISHOP; FCHS, 1992 apud BERALDIN et al., 1996).

Os AVs podem ser classificados em imersivos e não imersivos. O primeiro utiliza dispositivos como capacetes, luvas de dados (*data gloves*), equipamentos hápticos e salas de projeção, e o segundo, monitores, teclado e mouse (GARCIA et al., 2003).

Na construção de AV imersivo, um dos principais objetivos é permitir ao usuário sentir-se “dentro” do ambiente 3D (CAMARERO et al., 2000), entretanto, isto provoca um custo mais elevado se comparado com os sistemas não imersivos (FERRO; PAIVA, 2003).

Freitas et al., (2003) afirmam que a interação nesses tipos de ambientes ocorre quando o usuário realiza operações de seleção, manipulação e navegação no mundo sintético 3D. Estas operações consistem de comandos e dados que devem ser enviados para o sistema de RV, os quais devem estar bem definidos na implementação para a execução de determinadas tarefas.

Para ocorrer a interação, os dispositivos de entrada e saída devem ser levados em consideração na construção de AVs, pois é necessário haver trocas de informações entre usuário e sistema, bem como suas vantagens e suas limitações (BOWMAN et al., 2001). De acordo com Pinho (2000), existem basicamente três componentes em um sistema que constitui uma interface homem-máquina:

- dispositivo de entrada: captura alguma ação ou estímulo emitido pelo usuário, por exemplo, a captura do movimento;
- função de transferência: transfere a ação capturada para um ou mais elementos controlados pelo sistema, por exemplo, o movimento do usuário para um avatar ou modelagem em um AV;
- dispositivo de saída: exhibe os resultados da ação inicial, como as modificações impostas pela função de transferência em um dado avatar na tela do computador.

### **1.3. Técnicas de Interação**

As técnicas de interação são responsáveis pela transferência ou mapeamento das entradas, da localização e orientação do usuário. Por isso, a manipulação dos objetos deve ocorrer de forma natural e o controle dos movimentos do usuário deve ser intuitivo e contínuo, por exemplo, com a utilização da força e do tato para o apoio a algumas tarefas (STANNEY et al., 2003).

Uma técnica de interação inclui tanto componentes de *hardware* (dispositivos de entrada e saída) quanto de *software* (BOWMAN et al., 2004).

Estas técnicas podem ser classificadas em três categorias (BOWMAN et al., 2001):

- navegação: movimento do usuário dentro do AV durante uma simulação;
- seleção ou manipulação: a escolha de algum objeto virtual é denominada de seleção e, a manipulação é a modificação de suas características, por exemplo, tamanho, forma, cor, posição e orientação;

- controle do sistema: comandos específicos disponíveis para alterar o estado do sistema.

Outro importante conceito em relação à interação é o recurso da metáfora. Metáfora significa a maneira como o usuário se relaciona com o AV. A idéia é permitir ao usuário como pensar em termos de interação com objetos que estão diretamente relacionados a tarefas disponíveis, em vez de pensar em termos de interação com um computador (KIRNER; SALVADOR, 2007).

Conforme Pinho (2000), a metáfora facilita o aprendizado, pois tem como princípio um domínio previamente conhecido por parte do usuário. Exemplos de metáforas serão tratados nas seções seguintes.

Quanto às formas de interação, observa-se que diversas técnicas podem ser implementadas. Segundo Mine (1995), estas formas de interação podem ser classificadas em três grandes categorias:

- interação direta do usuário: um movimento de uma parte do corpo do usuário resulta em uma ação no mundo virtual, como: reconhecimento de gesto, apontamento e direção do olhar;
- controles físicos: envolve a utilização de botões, *joysticks* e outros dispositivos, com o intuito de que o usuário interaja com o AV. Nessa categoria, o tipo de dispositivo a ser utilizado afeta na interação do ambiente, pois a utilização de um tipo de capacete, por exemplo, pode restringir a movimentação do usuário em uma simulação;
- controles virtuais: um objeto pode ser utilizado como controle, proporcionando uma flexibilidade, sendo que qualquer objeto no mundo virtual pode ser usado para isto, em contrapartida, isso pode gerar certa dificuldade de interação, pois o objeto pode ser selecionado e manipulado.

### **1.3.1.Navegação**

A navegação consiste no movimento do usuário dentro do AV. Segundo Kirner e Sicouto (2007), em AVs a interação mais simples é a navegação decorrente da movimentação do usuário no espaço tridimensional, usando algum dispositivo convencional ou não convencional, resultando na visualização de novos pontos de vista do cenário.

Mine (1995) classifica a navegação conforme dois componentes denominados *travel* e *wayfinding*. O componente *travel* se relaciona à mudança do ponto de vista do usuário de um lugar para outro. Existem cinco metáforas triviais para técnicas do tipo *travel*:

- movimento físico: utiliza os movimentos do próprio corpo do usuário para movê-lo através do ambiente. Esta metáfora utiliza dispositivos de locomoção como bicicletas fixas ou tambores que são rotacionados para mover o mesmo no AV;
- manipulação manual do ponto de vista: define os movimentos dos usuários no AV por meio dos movimentos das mãos do próprio usuário ou participante da simulação;
- apontamento: consiste na especificação contínua da direção do movimento, além de incluir a técnica de pilotagem na qual a orientação da cabeça do usuário determina a direção do movimento. É a metáfora mais comum, porém eficiente.
- navegação baseada em objetivo: o usuário especifica o destino, e o mesmo é transportado imediatamente para um novo local, como uma espécie de “teletransporte”;
- planejamento de rota: o sistema controla o movimento definido como caminho a ser percorrido pelo usuário através do ambiente. O usuário pode manipular ícones ou escolher um caminho sobre o mapa do ambiente.

Satalich (2006) entende o *wayfinding* como um processo dinâmico do uso da habilidade espacial e percepção humana quando está em um determinado ambiente, com o objetivo de encontrar um local, ou seja, o ser humano utiliza o conhecimento que possui e adquire conhecimento durante a navegação para encontrar o caminho no AV.

A navegação também pode ser dividida em três categorias (BOWMAN et al., 2001):

- exploração: o participante de uma simulação realiza uma investigação do ambiente;
- busca: consiste na movimentação do participante para um local específico;
- manobras: são caracterizadas por movimentos de alta precisão.

Mine (1995) define ainda dois outros parâmetros que referem-se à navegação: a direção e a velocidade, em que controles físicos e virtuais, ou até mesmo partes do corpo do usuário podem determinar para qual direção o usuário deve mover-se e com qual velocidade. A velocidade pode também ser determinada por uma constante calculada de acordo com a dimensão do AV.

Um fator a ser ressaltado na navegação é a desorientação do usuário durante a interação. Como forma de resolver o problema, pode-se utilizar diversas visões e escalas no



AV, auxiliando o usuário na percepção espacial (FUKATSU et al., 1998). É comum os AVs oferecerem aos usuários um ponto de vista e uma escala 1:1 (CONWAY et al., 2006). Para melhorar a percepção do usuário durante a interação, recomenda-se representar ao usuário um mundo em miniatura semelhante ao mundo virtual em escala menor, onde o usuário está representado, sendo atualizados simultaneamente durante a interação. No entanto, isso pode confundir o usuário, pois ele terá dois pontos de vista (BROCKWAY et al., 2006).

### **1.3.2. Seleção ou Manipulação**

Para Kelner e Teichrieb (2007), para que as técnicas de manipulação 3D sejam eficazes, é necessário conhecer as tarefas para as quais serão aplicadas. A mesma técnica pode ser intuitiva e fácil de usar em algumas condições, porém imprópria em outras. É necessário que a interação seja real, o que significa que o usuário, por exemplo, possa agarrar ou mover o objeto virtual como manipularia esse objeto no mundo real.

Forsberg et al., (1996) relatam que a seleção é a indicação de qual objeto ou objetos o usuário manifesta desejo de interagir no AV. Desta forma, Mine (1995) lembra da necessidade da utilização de mecanismos ou técnicas para identificar um ou mais objetos que se deseja manipular, podendo destacar-se:

- entrada de voz: no ambiente cada usuário deve saber o nome ou um identificador do objeto a ser identificado e selecionado ao pronunciar seu nome;
- seleção de lista: o usuário utiliza a voz para selecionar um objeto que estiver em uma lista falando o nome ou o identificador do objeto.

A seleção também pode ser dividida em (HUFF et al., 2006):

- local: o objeto a ser selecionado encontrar-se ao alcance do usuário;
- à distância: o objeto desejado não encontrar-se perto do usuário na simulação, portanto não há um contato direto. Neste caso, utiliza-se técnicas como apontamento para indicar o objeto, já citada anteriormente.

Para explorar e manipular os objetos no mundo real, sendo esta uma forma natural de interação com o AV, o usuário pode fazer uso das suas mãos (HSU, 2007). Deste modo, luvas de dados são desejáveis nessas aplicações, pois permitem que os movimentos das mãos do usuário, sejam capturados e refletidos no AV. Seria de vital importância que o usuário

pudesse visualizar uma representação de sua mão ou mãos dentro do AV por meio de modelos tridimensionais.

### 1.3.3. Controle do Sistema

No controle do sistema, técnicas de interação atuam essencialmente na modificação ou no modo de interação do estado do sistema. Normalmente, estas ações são realizadas por meio de comandos disponíveis na interface e muitas vezes estes são integrados com outras tarefas de interação, quando modificam o estado do sistema, ou com todas as outras atividades de interação disponíveis no sistema, quando o usuário utiliza-os para controlar o modo de interação a ser empregado. Um exemplo clássico são comandos acessíveis via menus, como abrir ou salvar um arquivo, entre outros. (KELNER; TEICHRIEB, 2007).

O controle de sistema pode ser definido em comandos para a comunicação com a aplicação, permitindo alterações no estado do sistema ou no modo de interação. Para o usuário mover um objeto que está distante da sua área de alcance, deve utilizar uma determinada técnica de navegação para se aproximar deste objeto, necessitando alterar o modo de interação. Para isso, deve finalizar o procedimento de manipulação dos objetos para chamar uma função de navegação (FLASAR, 2000).

Segundo Bowman et al., (2001) e Flasar (2000), as técnicas de controle de sistema podem ser classificadas em quatro grupos a seguir:

- Sistemas fundamentados em GUI (*Graphical User Interface*): são comandos representados visualmente, com os quais podem ser implementados no AV em uma, duas ou três dimensões;
- Comando de voz: a voz usuário é reconhecida e interpretada pelo sistema reconhecedor de voz;
- Interação via gesto: comandos são representados e interpretados por movimentos dos dedos das mãos, por exemplo;
- Ferramenta: consiste em controles físicos e virtuais, como pedais, rodas de determinados dispositivos e objetos dentro do próprio mundo virtual, que representam algum tipo de comando para o sistema.

Visto que uma técnica pode ser mais útil do que outra durante o processo de interação, essas técnicas apresentadas podem ser combinadas (FLASAR, 2000).

## **1.4.Dispositivos**

Em Sistemas de RV, a utilização de dispositivos de hardware ligados ao computador, propende suprir a necessidade de interação e imersão em um AV. Estes dispositivos recebem e enviam informações ao usuário, fazendo a interface deste com o ambiente real. Kirner e Siscoutto (2007) lembram que essa interface permite que habilidades e conhecimento intuitivo do usuário possam ser utilizados para manipular os objetos no AV, seja ela com dispositivos convencionais ou não convencionais.

A seguir são apresentados alguns dispositivos convencionais e não convencionais, dando ênfase ao equipamento que está diretamente relacionado com este trabalho.

### **1.4.1.Dispositivos Convencionais**

Segundo Pinho (2000), a interação em AVs pode ser feita por meio de dispositivos convencionais, como *mouse*, teclado, *joystick* e monitores. Estes dispositivos são mais familiares aos usuários quando comparados aos não convencionais, pois são baratos e de fácil acesso, todavia, sua utilização é limitada nos AVs. O *mouse*, por exemplo, pode ter uma limitação quanto à navegação nesses ambientes possibilitando-a somente em dois eixos (HSU, 2007). Sendo assim não é viável utilizar esses dispositivos em ambientes imersivos, mas somente em ambientes não-imersivos. Neste tipo de ambiente o usuário consegue realizar operações de seleção, manipulação e navegação, por meio de comandos do teclado ou do *mouse*, escolher um objeto, alterar sua posição, orientação e escala, alterar o ângulo de visão e a direção do observador.

### **1.4.2.Dispositivos Não Convencionais**

Para permitir uma interação com os mundos virtuais com mais realismo, é viável que os usuários utilizem dispositivos denominados não convencionais como capacete de visualização, luvas, trajes, óculos, equipamentos hápticos, rastreadores, dentre outros.

Principalmente em aplicações de RV para a área médica, o realismo desejado é obtido somente com a utilização desses dispositivos não convencionais (NUNES; COSTA, 2008). Em alguns casos, a sensação de toque durante a interação pode ser necessária, como por exemplo, durante a inserção de uma agulha ou o corte de um tecido, para aumentar o realismo da simulação (MACHADO et al., 2004).

Segundo Gnecco et al., (2007) um dispositivo que costuma estar associado à RV é a luvas de dados com sensores, sendo que há vários modelos com sensibilidades e movimentos distintos. A maioria delas não requer calibragem. Como desvantagem, destaca-se a necessidade de treinamento dos usuários para usá-las, pois é preciso memorizar posições e movimentos dos dedos e das mãos. Usuários treinados, no entanto, conseguem manipular objetos virtuais facilmente.

O reconhecimento de gesto é uma forma de interação com ótima eficiência e leva uma grande intuição por parte dos usuários nos AVs (EISENSTEIN et al., 2003). Assim sendo, as luvas de dados são muito viáveis em ambientes de RV. Na Figura 1 é mostrado um par de luvas desenvolvido pela empresa *Fifth Dimension Technologies*.



Figura 1. 5DT *Ultra Wireless Kit* (*Fifth Dimension Technologies*, 2008)

A luva de dados (*dataglove*) é um equipamento projetado para capturar os movimentos das mãos do usuário. Em sua grande maioria, as luvas de dados são dispositivos que possuem sensores mecânicos ou de fibra ótica a fim de determinar o movimento dos dedos do usuário (NETTO et al., 2002). As luvas também podem identificar a posição e a

orientação do pulso com o auxílio de sensores (THALMANN, 2007). Na Figura 2, pode-se observar uma luva com sensores para captação de movimentos e um *joystick* para movimentos em três dimensões, denominado de *3DWand* (SABBATINI, 1999).



Figura 2. Luva e *joystick* (SABBATINI, 1999)

Entre os anos de 1977 e 1982 foram surgindo as primeiras luvas desenvolvidas respectivamente pelo grupo de pesquisadores da Universidade de Illinois e por Thomas Zimmerman para serem acopladas a computadores. Em 1987, a VPL Research Inc. comercializou pela primeira vez produtos de RV com uma luva chamada *DataGlove* (Luva de Dados) (RODRIGUES, 2004). Esses projetos de luvas capturam os movimentos das mãos e dos dedos, fazendo com que as respostas dos ambientes sejam compatíveis com os movimentos. Essas luvas funcionam com diferentes mecanismos de captura de movimentos: tinta condutiva, esqueletos externos e medidores de luminosidade (NUNES; COSTA, 2008). No caso dos medidores de luminosidade, um fio ou cabo óptico com junções é empregado no dispositivo para transferência de informações para o computador. Por isso, quando o usuário move seus dedos, conseqüentemente move as juntas, ocasionando a dobra do fio e a redução de passagem de luz, o que indica um movimento. Existem diversos tipos de luvas de dados no mercado, com variação de preço, número de sensores, desempenho e precisão (MACHADO et al., 2002). A Tabela 1 apresenta algumas luvas de dados existentes no mercado, os seus preços e fabricantes.

Tabela 1. Preço de luvas de dados (Fontes: EST - *Engineering Systems Technologies*, 2007;5DT - *Fifth Dimension Technologies*, 2007)

Nome do Produto	Fabricante	Preço
5DT <i>Glove 5 Ultra</i>	<i>Fifth Dimension Technologies</i>	US\$ 995
5DT <i>Data Glove 14 Ultra</i>	<i>Fifth Dimension Technologies</i>	US\$ 5,495
5DT <i>Data Glove MRI Series</i>	<i>Fifth Dimension Technologies</i>	US\$ 3,495
5DT <i>Data Glove 16 MRI</i>	<i>Fifth Dimension Technologies</i>	US\$ 6,995
5DT <i>Data Glove Ultra Wireless Kit</i>	<i>Fifth Dimension Technologies</i>	US\$ 1,495
<i>CyberGlove System</i> (18 sensores)	<i>Immersion</i>	€ 13.632
<i>CyberGlove2 System</i> (18 sensores)	<i>Immersion</i>	€ 11.177
<i>CyberGlove System</i> (22 sensores)	<i>Immersion</i>	€ 19.995
<i>CyberGlove2 System</i> (22 sensores)	<i>Immersion</i>	€ 16.177
<i>CyberTouch System</i>	<i>Immersion</i>	€ 21.995
<i>CyberGrasp System</i>	<i>Immersion</i>	€ 59.995
<i>CyberForce System</i>	<i>Immersion</i>	€ 109.995

Denominados também como dispositivos não convencionais e utilizados em aplicações médicas, pode-se citar os dispositivos hápticos. Burns et al., (2004) definem o termo háptico como a ciência do sentido do tato, envolvendo força e sensação induzidas pelo toque. Esses dispositivos possibilitam ao usuário desempenhar toques que geram sensações, que permitem perceber quando a pele é submetida a estímulos mecânicos, elétricos, térmicos e químicos (CHOLEWIAK; COLLINS, 1991 apud BURDEA, 1996). Segundo Burdea (1996), a sensação tátil pode ser dividida em senso háptico e controle senso-motor. Em relação ao senso háptico, leva-se em consideração o tato, que pode ser entendido como um conjunto de eventos que dá início a estímulos sobre a pele, tais como pressão ou vibração, os quais são captados por receptores de temperatura e mecânicos, para registrar uma sensação. O controle senso-motor está ligado ao fato de que os seres humanos combinam o senso de posição e cinestesia, ou seja, postura e movimentos, para exercer um controle motor durante uma atividade.

Segundo BURDEA (1996), quando se discute sobre geração de força e sensação tátil, alguns conceitos devem ser levados em consideração, como:

- *feedback* tátil: sinal aplicado à pele que indica alguma sensação;
- *feedback* de força: retorno de sensação de peso ou resistência de algo;
- *feedback* cinestésico: percepção de movimentos por órgãos existentes em músculos, tendões e juntas;
- *feedback* proprioceptivo: movimentos definidos por informações oferecidas de acordo com a postura (juntas do esqueleto).

Segundo Kim et al., (2002), em aplicações de RV onde as interfaces homem-máquina dos AV's são intuitivas, os equipamentos hápticos são desejáveis. Na Figura 3 é mostrado um

equipamento háptico *PHANTOM*, fabricado pela *SensAble Technologies*, que oferece 6 graus de liberdade.



Figura 3. *PHANTOM Desktop* (*SensAble Technologies*, 2008)

Portanto, é possível programar esses equipamentos hápticos a fim de imitar a interação háptica semelhante à que é realizada pelos seres humanos (BASDOGAN et al., 2000), sendo que esses equipamentos funcionam como dispositivos de entrada e saída (DONALD; HENLE, 1999), como mostrado na Figura 4.



Figura 4. *PHANTOM Premium 1.5/6DOF* (*SensAble Technologies*, 2008)

Assim, o usuário pode fazer uso do senso de toque para enviar e receber informações do computador, pois o equipamento háptico é movimentado pelo usuário e pode produzir um retorno de força na superfície da pele (BREWSTER et al., 2000). Kopper et al., (2006), afirmam que pode ou não haver uma integração com estímulos sonoros e visuais quando se tem o sentimento de textura e peso de objetos.

Os óculos estereoscópicos como os fabricados pela *Stereographics*, geram imagens diferentes para cada olho referentes a uma mesma cena virtual. Um exemplo é mostrado na Figura 5 (CELES et al., 2004).



Figura 5. Óculos estereoscópicos (*Absolute Technologies*, 2008)



Outros dispositivos visuais são os video-capacetes, os *head-coupled displays* (visores montados sobre um braço mecânico com sensores de movimentação), os monitores convencionais ou autoestereoscópicos e os sistemas de projeção. No caso dos sistemas de projeção, estes são compostos por óculos polarizadores, obturadores ou de filtros coloridos que permitem a visualização estereoscópica em monitores ou telas (MACHADO, 2003).

Os capacetes, denominados *Head Mounted Displays* (HMDs), permitem que o usuário se submeta a uma imersão visual, combinando rastreadores de movimentos na cabeça e sistemas de geração de imagens. Esses HMDs podem oferecer uma visão estereoscópica (um *display* para cada olho) juntamente com um campo de visão de 360 graus, de acordo com a orientação da cabeça, e sistemas de áudio (BERNIER et al., 2004). Na Figura 6 é mostrado um HMD construído pela *Fifth Dimension Technologies* (OOMS, 2004).

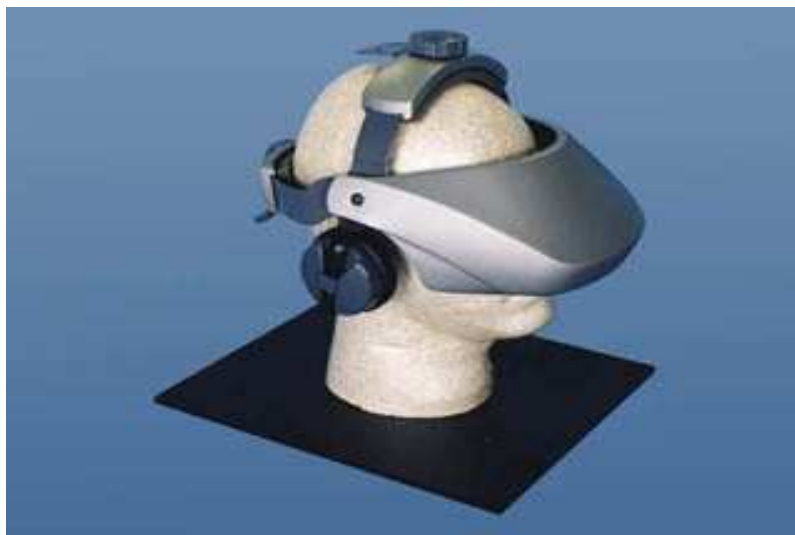


Figura 6. 5DT Head Mounted Display (*Fifth Dimension Technologies*, 2008)

Semelhante aos HMDs, existem diversos outros equipamentos que geram imagens como: VRD (*Virtual Retinal Display*), que exhibe imagens diretamente na retina, óculos estereoscópicos, *displays* autoestereoscópicos, que produzem imagens estéreo por meio de monitores LCD (*Liquid Crystal Display*) e telas de plasma (BERNIER et al., 2004).

A visão estéreo, é um dos principais mecanismos e permite ao ser humano ter a percepção e a noção de profundidade. Cada olho do ser humano vê imagens diferentes (apesar de muito parecidas) (NUNES et al., 2007). Santos (2000) apud Nunes (2007), lembra que o

cérebro usa esta diferença na hora de fazer a montagem da imagem. Para a maioria dos dispositivos estereoscópicos, esse deve ser o princípio de funcionamento para proporcionar sensação de profundidade.

Na Figura 7 é demonstrada a geração de imagens estéreas realizada por monitores LCD, fabricados pela empresa *Fifth Dimension Technologies*.



Figura 7. Monitores estereográficos (*Fifth Dimension Technologies*, 2008)

Outro dispositivo de visualização construído para diminuir a exaustão causada aos usuários pelo volume de dispositivos (como determinados capacetes), são as CAVE (*Cave Automatic Virtual Environment*) que foram desenvolvidas para construir AVs a partir de um conjunto de telas projetadas ao redor do usuário (de duas a seis telas), formando um cubo dispendo de dispositivos, tais como óculos estereoscópicos (ZIEGELER, 2002). No Laboratório de Sistemas Integráveis (LSI) da Universidade de São Paulo (USP), há uma CAVE que pode ser visualizada na Figura 8(a) com os equipamentos de controle e a projeção das imagens geradas, na Figura 8(b) e Figura 8(c) respectivamente.



Figura 8. (a) CAVE existente na USP. (b) Equipamentos de controle. (c) Projeção das imagens nas paredes (LSI-USP, 2007)

Existem outras formas de projeção, como o Projetor *Zscreen*, fabricado pela *Fifth Dimension Technologies*, mostrado na Figura 9, que propicia a geração de imagens 3D.

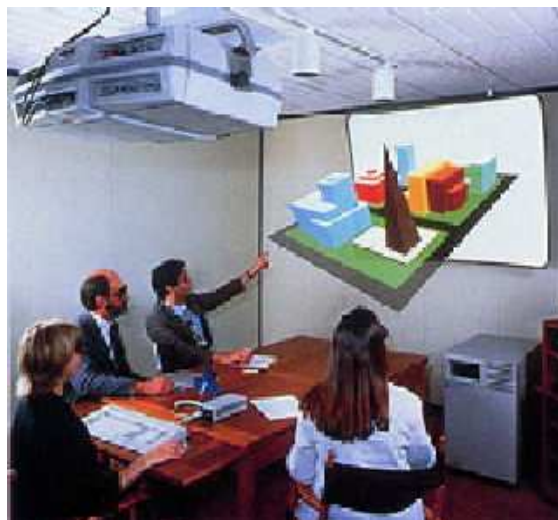


Figura 9. Projetor *Zscreen* (*Fifth Dimension Technologies*, 2008)

## 1.5.Trabalhos Correlatos

Em diversos centros de pesquisa, a simulação cirúrgica baseada nas tecnologias de RV tem sido fonte de pesquisa com o objetivo de incrementar métodos de treinamento e planejamento de procedimentos da Medicina já existentes. Estes sistemas de simulação permitem o estudo e a observação de casos específicos de forma realista e com novas metodologias. Machado (2003), relata que tais simuladores podem oferecer interação, baseada no toque de objetos ou visualização 3D, de modelos reconstruídos a partir de imagens reais.

Na educação médica, sistemas de RV são capazes de gerar visualizações em três dimensões permitindo, por exemplo, o ensino da anatomia humana, com a exploração dos órgãos em 3D. Além de uma ferramenta didática, os AVs podem ser utilizados para ferramenta de educação experimental e para testes de procedimentos médicos.

Riva (2003) afirma que no planejamento e simulação de cirurgia, os simuladores de treinamento médico oferecem uma possibilidade do uso de computadores, facilitando a obtenção de habilidade, uma vez que estudantes de Medicina geralmente realizam o seu treinamento médico em cadáveres ou objetos artificiais.

O planejamento de cirurgia consiste em localizar alvos para intervenção médica, visualizar a anatomia local, verificar estruturas da anatomia e pontos sensíveis de um determinado paciente. Neste contexto, dados reais de um paciente podem ser utilizados, podendo ser obtidos por meio de tomografias computadorizadas, ultra-som, ressonância magnética, entre outros (MACHADO, 2004a). Em endoscopias virtuais, essas ferramentas permitem que o médico visualize os procedimentos e adquira conhecimento do exercício, pois tais procedimentos são denominados como invasivos, limitando a visão do cirurgião, que dispõe geralmente de uma câmera na ponta do tubo do endoscópio.

Na reabilitação e avaliação neuropsicológica, quando se trata de algum problema relacionado a um distúrbio, os pacientes controlam de forma satisfatória os AVs, contribuindo para sua recuperação e servindo como uma forma dos médicos avaliarem suas respostas ao tratamento (RIVA, 2003).

Portanto, pode-se perceber, que aplicações de RV na área médica vêm sendo pesquisadas no sentido de desenvolver simuladores cirúrgicos, planejar operações e tratamentos radioterápicos, realizar diagnósticos mais precisos com imagens 3D geradas

muitas vezes em tempo real e sobrepostas sobre o paciente, para facilitar o treinamento de estudantes de Medicina e substituir alguns métodos (COELHO; PEPPE, 2006).

Machado (2003a) ressalta que estas aplicações começaram a ser desenvolvidas de modo auxiliar essas pessoas, procurando elevar o grau de realismo nas imagens e nas sensações geradas pelo computador por meio de dispositivos de entrada e saída.

Machado (2003a) desenvolveu um sistema que simula o procedimento de extração de medula óssea, utilizando um computador e um dispositivo háptico, conforme é mostrado na Figura 10.



Figura 10. Pesquisador usando simulador de extração de medula óssea (MACHADO, 2003a)

Na tela do computador é gerado um modelo 3D, composto por pele e tecidos internos da região com suas resistências e propriedades físicas. Quando o médico insere a agulha no modelo 3D utilizando o dispositivo háptico, são retornadas as diferentes resistências na região que foi inserida. Equipamentos hápticos podem ser projetados como instrumentos cirúrgicos (endoscópio, agulha, seringa, bisturi, entre outros), proporcionando aos usuários um grau elevado de realismo.

Machado et al., (2004) desenvolveram o *CyberMed* que tem como objetivo simular de forma realista os procedimentos médicos em um AV imersivo, por meio de explorações interativas do corpo humano. O sistema aborda seis principais características: a visualização 3D, a utilização de modelos realistas, o tato, a deformação interativa das estruturas “tocadas”, o compartilhamento visual, a supervisão e avaliação das ações do usuário.

O usuário tem a possibilidade de observar detalhes da estrutura real e das camadas que compõem o objeto 3D apresentados na Figura 11(a) e Figura 11(b) respectivamente. A Figura 12 mostra os usuários utilizando o sistema para o estudo da região pélvica.

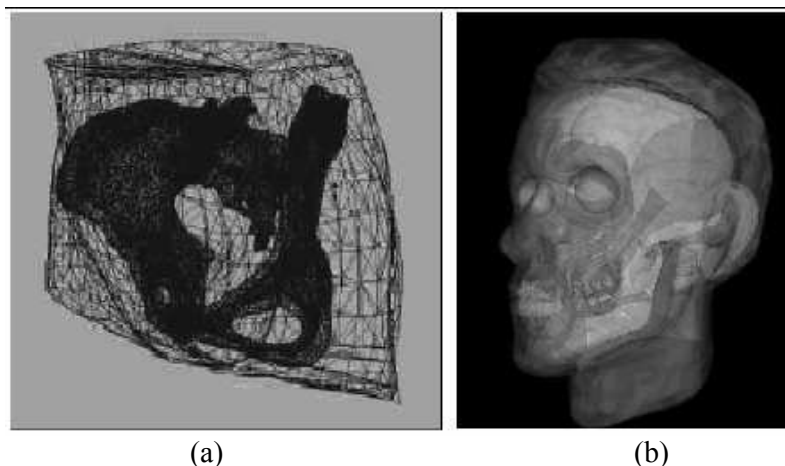


Figura 11. Sistema *CyberMed* – (a) Detalhes do modelo da bacia em malha triangular (b) Camadas do modelo de cabeça, mostrado em semi-transparência (MACHADO et al., 2004).

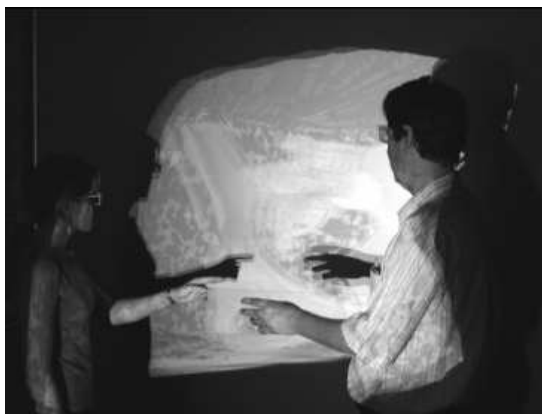


Figura 12. Sistema *CyberMed* – Estudo da região pélvica (MACHADO et al., 2004).

Souza et al., (2006) desenvolveram um sistema, denominado SITEG – Sistema Interativo de Treinamento em Exame Ginecológico. O objetivo desta ferramenta é identificar doenças relacionadas ao colo de útero. Os casos em que o SITEG oferece suporte são: colo normal, Herpes e HPV (*Human Papiloma Virus*). A interação em tempo real é feita a partir de dispositivos específicos e a visualização é feita a partir de imagens estereoscópicas fornecidas quando o usuário “toca” no modelo virtual. Os autores explicam que o sistema oferece a

simulação do exame de acordo com o exame ginecológico real. Na Figura 13 é apresentado o menu de informações sobre as patologias, o objetivo de cada etapa e os modos de interação. Na Figura 14 é apresentada a execução do exame de toque. Além disso, um módulo de avaliação foi incorporado a fim de avaliar e monitorar as ações do usuário.

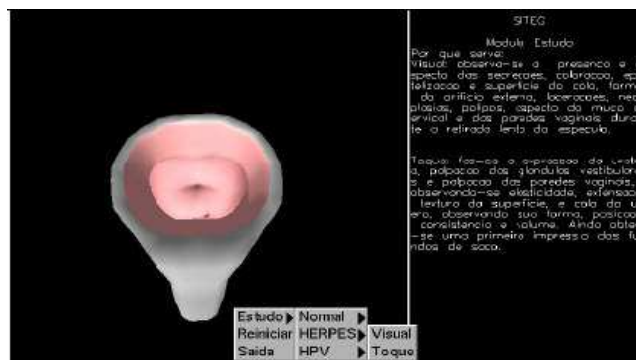


Figura 13. Menu disponível no SITEG (SOUZA et al., 2006).

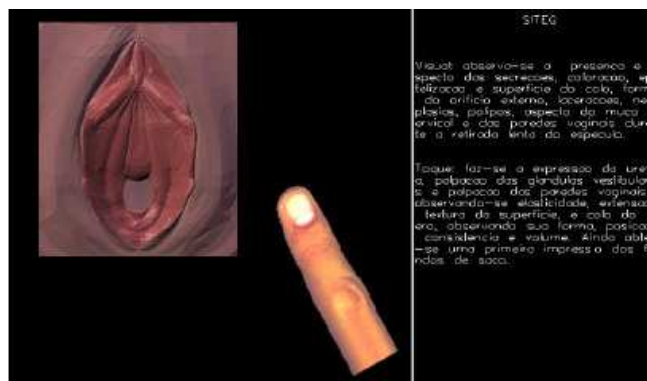


Figura 14. Execução do exame de toque (SOUZA et al., 2006).

Alberio et al., (2006) desenvolveram o ACOnteCe-Cardio, um protótipo de ambiente colaborativo para simular um transplante de coração. Tal protótipo também proporciona a possibilidade dos usuários apenas assistirem a simulação.

No simulador, o transplante simulado é o ortotópico, em que o coração do paciente é retirado e em seu lugar é implantado um coração recebido de um doador.

O protótipo do ACOnteCe-Cardio é não-imersivo, executado em plataforma *desktop* e utiliza dispositivos convencionais para interação. O simulador possui uma interface de

comunicação com o usuário e outra de comunicação para troca de informações entre os usuários. Na Figura 15 é mostrada a arquitetura do sistema.

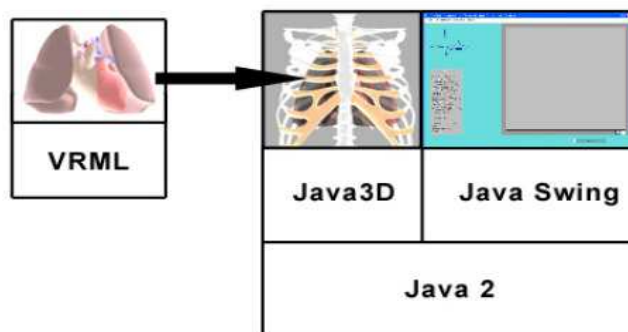


Figura 15 - Arquitetura do Sistema ACOnteCe-Cardio (ALBERIO et al., 2006).

O sistema é dividido em dois módulos: módulo anatômico e módulo de treinamento. O primeiro módulo é uma ferramenta de ensino da anatomia cardíaca, disponibilizando uma interface gráfica de visualização e um dicionário com as informações das características físicas e das funcionalidades de cada estrutura representada pela Figura 16 e Figura 17, respectivamente. No módulo de treinamento é encontrado o simulador para cirurgia cardíaca, em que são carregados modelos 3D do coração, pulmão e tórax, representados pela Figura 18. No simulador, cada participante exerce uma função no treinamento, porém todos possuem a mesma visualização do ambiente, como se estivessem em uma sala de cirurgia real. Os participantes podem também se comunicar a partir de áudio, auxiliados pelo *software Skype*.

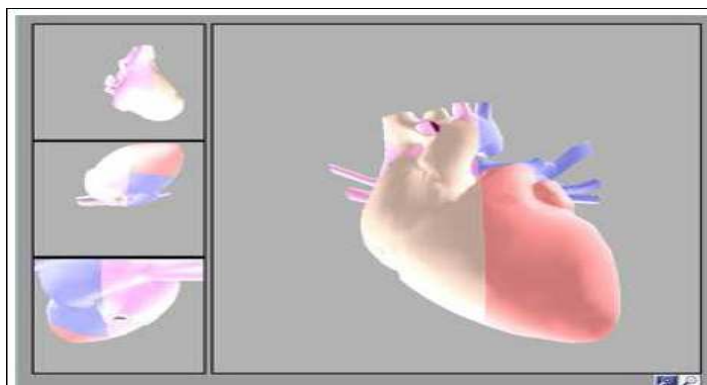


Figura 16. Interface gráfica de visualização da ferramenta de ensino de anatomia cardíaca (ALBERIO et al., 2006).



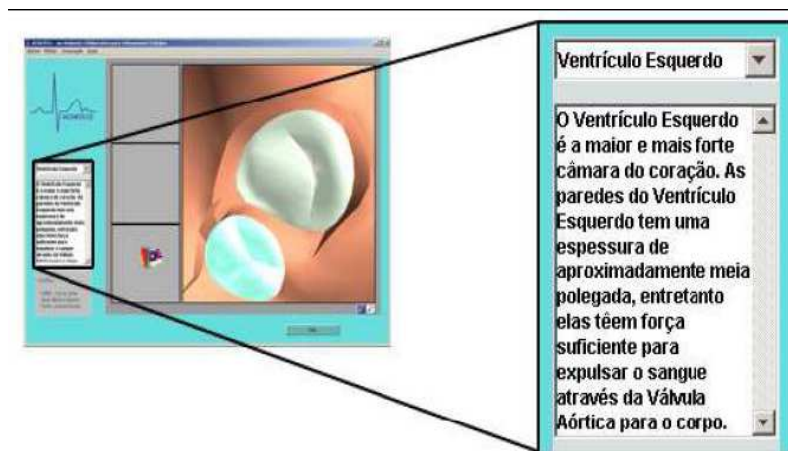


Figura 17. Dicionário com as informações das estruturas cardíacas (ALBERIO et al., 2006).

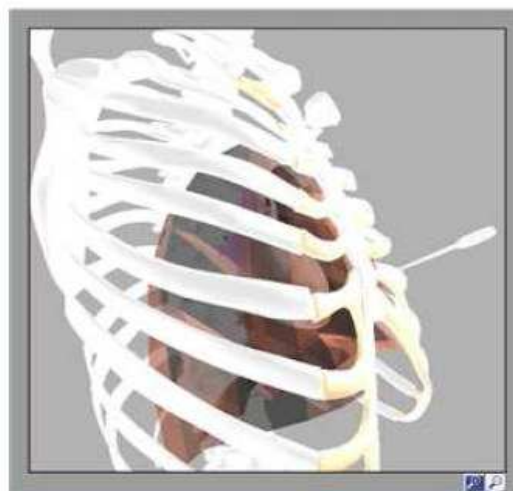


Figura 18. Simulador com os modelos 3D(ALBERIO et al., 2006).

Na Universidade de Ohio, Estados Unidos, Burns et al., (2004) desenvolveram o VHB (*Virtual Haptic Back*), com o propósito de simular diagnósticos executados pela palpação de pacientes. Segundo os pesquisadores, a palpação é um importante exame no diagnóstico de muitas doenças, pois permite a detecção de tumores, hérnias e anomalias em movimentos de certos órgãos, como coração, pulmões, intestinos e músculos.

O simulador VHB é composto de um computador, responsável pela geração de imagens de alta definição de partes do corpo humano, e dois dispositivos hápticos *PHANTOM*

3.0, para que o usuário possa trabalhar com as duas mãos. Na Figura 19 é demonstrado o exame real e o exame virtual utilizando o VHB.



Figura 19. Exame real e o virtual utilizando o VHB (BURNS et al., 2004)

O sistema fornece na tela de execução, botões para auxiliar o usuário no controle da seqüência durante a interação, possibilitando a escolha da coluna vertebral, sua posição, o grau de anormalidade, o nível de dificuldade, bem como a seleção e a rotação de uma vértebra.

Os *PHANTOM* 3.0, utilizam como entrada a posição definida pelo usuário para determinar as forças que serão retornadas. Isso possibilita ao usuário mover o *PHANTOM* com seus dedos para localizações cartesianas desejadas ( $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ ). Essas coordenadas são transferidas para o *software* gráfico/háptico do computador para determinar o vetor de força cartesiana ( $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ ) que o usuário deverá sentir. Este equipamento causa certa força nos dedos do usuário por meio dos motores (BURNS et al., 2004).

## 1.6.Avaliação De Interação Em Ambientes Virtuais

Em sistemas de RV, a imersão e o grau de realismo devem ser adequados, para isso é necessário, primeiro, que o computador processe ou renderize uma determinada quantidade de *frames* (quadros) a ser exibida por segundo e que as imagens sejam de boa qualidade

(HADWIGER, 2007). Segundo Bowman et al., (1999) um sistema de RV envolve uma certa quantidade de polígonos para compor uma cena, resolução de texturas, número de usuários, tempo de renderização, características da tarefa a ser executada, número de objetos no AV e características do sistema.

Para desempenhar uma avaliação de sistemas, deve-se criar uma lista de atributos mensuráveis de interação em um AV. Um exemplo citado por Bowman et al., (2001), é o conjunto de atributos de qualidade desenvolvido em Atlanta, Estados Unidos, para uma técnica de *travel* imersiva, que inclui:

- velocidade: definindo uma velocidade ideal de navegação;
- acurácia: que consiste na aproximação do objetivo que se deseja atingir;
- consciência espacial: é o conhecimento do usuário com relação a sua posição e orientação no AV;
- facilidade de aprendizado: aborda a habilidade de um novo usuário em utilizar o sistema;
- facilidade de uso: compreende as dificuldades de execução da técnica sob o enfoque do usuário;
- ganho de informação: engloba a habilidade do usuário na obtenção de informações do ambiente durante a interação;
- presença: compreende o senso de imersão;
- conforto do usuário: sentimentos expressados pelo próprio usuário durante a navegação, como: náuseas, stress, entre outros (BOWMAN et al., 2006).

Contudo, um modo ou uma técnica de avaliação desejável identifica os problemas de usabilidade em um sistema, apresenta resultados precisos e confiáveis, não necessitando de avaliadores experientes para execução (BARCIA et al., 2007).

### **1.6.1.Fatores Humanos de Interação**

Kennedy et al., (1998) relatam que fatores humanos são significativos para avaliação de interação entre homem e computador, envolvendo capacidades e limitações do usuário, e podendo ser divididos em três áreas: questões de segurança e saúde, eficiência do desempenho humano e implicações sociais. Neste contexto, o entendimento de algumas questões deve ser realizado, como: quais características do usuário podem afetar o

desempenho do AV, possíveis problemas de saúde no usuário devido à exposição ao AV, limitações do AV percebidas pelo usuário, tarefas realizadas de forma satisfatória e o nível de entendimento da tarefa e do uso do sistema por parte do usuário.

Na área da eficiência do desempenho do participante, o objetivo é definir princípios que melhorem a eficiência na execução de uma determinada tarefa, englobando complexidade de navegação, grau de presença, características da tarefa e do usuário, interação de múltiplos modos, formas de visualização, audição e retorno háptico, além de limitações sensoriais e motoras dos indivíduos. O impacto social causado pela tecnologia trata de problemas relacionados ao comportamento na vida real influenciado por interações em AVs, principalmente naqueles que apresentam cenário de violência e destruição (KENNEDY et al., 1998).

Os dispositivos tornam a interação homem-máquina dos simuladores mais intuitiva e eficiente (GRANTZ; ROESSLER, 1998). Então, é apresentado na próxima seção um estudo para avaliar um simulador de treinamento médico com equipamento não convencional acoplado, com a coleta de informações no AV, tempo de processamento e percepção do usuário, uma vez que determinadas interações envolvem visualização e deformação.

### **1.6.2. Critérios de avaliação do usuário**

Um AV pode ser a solução e um equipamento que simule a mão do cirurgião é indispensável para um treinamento altamente realístico em simuladores cirúrgicos. De acordo com BATTEAU et al., (2004) pesquisadores estão estudando a percepção háptica desses simuladores, e um dos problemas encontrados foi a latência, o atraso entre a ação do usuário e a resposta do sistema, uma vez que isto pode prejudicar o treinamento, pois é necessária uma determinada precisão.

Os autores afirmaram, ainda, que os experimentos demonstraram que a consistência de respostas hápticas pode variar amplamente de pessoa para pessoa, e a habilidade não depende da experiência. A métrica W (Weber) oferece uma comparação entre os participantes dos testes e como 99% das pessoas não perceberam uma latência de 54 milissegundos (ms), esse tempo pode ser utilizado para processamento e refinamento do *feedback* háptico.

### 1.6.3. Critérios de avaliação do sistema de interação.

Para facilitar a compreensão e o estudo do sistema, a interação do mesmo pode ser dividida em tarefas, que por sua vez podem ser agrupadas de acordo com as características semelhantes, definindo cada etapa do processo interativo. A avaliação de sistemas interativos está relacionada com o procedimento que o usuário deve executar para interagir com o ambiente.

Bowman (1999) apud Kopper et al., (2006), afirmaram que a identificação e o estudo de comportamento de procedimentos básicos permitem analisar o desempenho de um AV imersivo, levantando vantagens e desvantagens de usabilidade e utilidade, como a verificação de um dispositivo, se ele está sendo usado corretamente ou não. Sendo assim, no processo de manipulação de objetos virtuais, deve-se levar em conta quatro etapas:

- Seleção: define-se a ocorrência quando o usuário está tentando localizar um objeto para manipular;
- Anexação: consiste na ocorrência, no momento que o usuário confirma o objeto a ser selecionado e este é anexado ao seu apontador;
- Posicionamento: trata de como e o que acontece quando o objeto está sendo posicionado pelo usuário;
- Liberação: especifica o que ocorre no momento que o objeto é liberado.

Na etapa de seleção, estímulos vibratórios podem ajudar o usuário a confirmar um objeto para escolha. Já na etapa de anexação, o objeto identificado por um apontador na fase anterior deve ser confirmado como o alvo da seleção, podendo o usuário utilizar um botão ou um comando visual ou sonoro, para indicar uma correta seleção e um estímulo para mostrar que o comando ou o botão pressionado foi detectado pelo sistema. A tarefa de posicionamento consiste na manipulação do objeto, colocando em uma posição conforme um objetivo pré-estabelecido. Nesta etapa, os estímulos táteis poderiam informar que o objeto está próximo do objetivo ou a ocorrência da colisão entre os objetos. Na etapa de liberação, os estímulos podem ser úteis para indicar ao usuário que o objeto foi liberado realmente (KOPPER et al., 2006).

## 1.7.Considerações Finais

Sistemas de RV para treinamento médico, projetados para auxiliar profissionais da área da saúde permitem a realização de inúmeros treinamentos com diferentes níveis de dificuldade e situações, podendo minimizar a necessidade de testes em pacientes reais, cadáveres e animais. Esse tipo de treinamento pode evitar o constrangimento dos pacientes, experiências mal sucedidas e minimizar o receio de cometer erros por parte dos estudantes e médicos.

Assim, uma decisão que pode definir como vai ser o simulador, é a escolha dos dispositivos, uma vez que envolve questões como grau de realismo do dispositivo e custo. Dispositivos convencionais são mais baratos que os não convencionais, entretanto, os equipamentos não convencionais fornecem ao usuário um grau de realismo mais elevado em uma simulação, pois têm uma grande semelhança a objetos do mundo real.

O objetivo da avaliação de interação em um AV é definir fatores relacionados a aspectos computacionais como tempo de resposta, e humanos como conforto, facilidade de uso, intuição, tempo de execução e erros ocorridos, para um melhor desenvolvimento de aplicações de RV que exigem uma interação amigável. Mas para isso, é necessário levar em consideração o tipo de dispositivo empregado, envolvendo resolução, número de graus de liberdade, campo de visão; a tarefa a ser realizada no ambiente, como a seleção de um objeto entre outros objetos e movimentação de objetos em um eixo; a experiência do usuário com o dispositivo, e fatores que podem influenciar seu desempenho como o *feedback* visual ou tátil. Na construção de ferramentas de RV voltadas ao treinamento médico, verifica-se que alguns fatores são objetivos, podendo ser medidos na própria aplicação, e outros subjetivos, necessitando de questionários aplicados aos usuários do sistema.

No próximo capítulo será apresentado o desenvolvimento e a implementação da inclusão da luva de dados no módulo de interação do ViMeT, bem como o planejamento e a avaliação das aplicações geradas por esse *framework*.

## CAPÍTULO 2. IMPLEMENTAÇÃO DO PROJETO

No Laboratório de Aplicações de Informática em Saúde (LApIS), do Centro Universitário Eurípides de Marília, foi desenvolvido um *framework* de RV para treinamento médico, o ViMeT (*Virtual Medical Training*), o qual até o momento não possui suporte para interação com luvas de dados.

A mão do médico é de extrema importância para que o usuário se sinta imerso no AV, pois é com ela que o médico tem a sensação de poder tocar o órgão humano, objeto do exame. Neste trabalho foi considerado um exame de biópsia para o treinamento médico em RV. O procedimento do exame consiste em segurar o órgão com a mão, inserir uma seringa no órgão, até atingir um determinado alvo (nódulo ou outra estrutura de curso, por exemplo) e aspirar o material para enviar ao laboratório. Em um AV imersivo que simula um exame, cada uma dessas fases merece especial atenção em relação à interação do usuário com a aplicação.

Nas próximas seções serão apresentadas a descrição do *framework* ViMeT e a implementação de um módulo de interação para este *framework*, considerando a inclusão da luva de dados, objeto de estudo deste projeto.

### 2.1. O ViMeT

O ViMeT é um *framework* de RV orientado a objetos que utiliza tecnologia Java, juntamente com a *Application Programming Interfaces* (API) Java 3D (SUN, 2008). Esse *framework* é voltado à geração de aplicações de treinamento médico. O ViMeT disponibiliza determinadas funcionalidades classificadas como importantes para simulações de treinamento médico, a citar: interface gráfica, detecção de colisão, deformação, interação com equipamentos convencionais e não convencionais, estereoscopia, importação e modelagem de objetos 3D e geração de AVs (OLIVEIRA, 2007).

As aplicações geradas até o momento, disponibilizam dois objetos sintéticos que representam um órgão humano e um instrumento médico. O usuário pode manipular o instrumento médico até que a aplicação identifique que houve uma colisão entre tais objetos,

realizando a deformação do local selecionado no objeto que representa o órgão humano, conforme pode ser verificado na Figura 20.

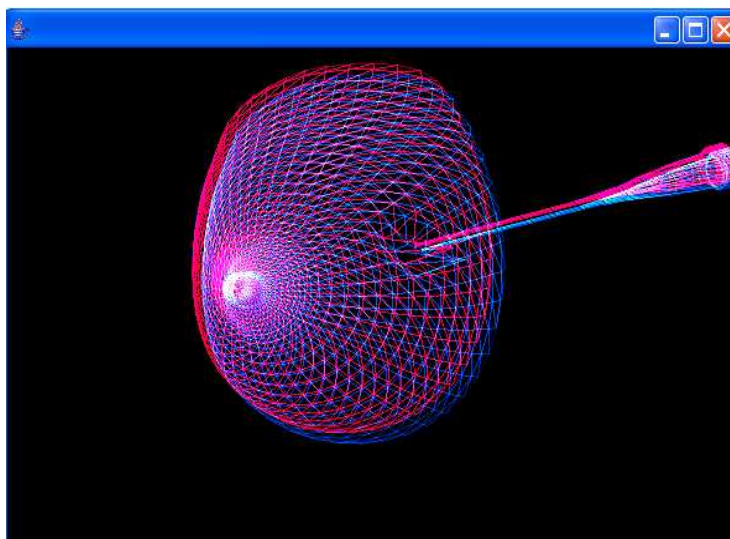


Figura 20. Exemplo de aplicação gerada pelo ViMeT (OLIVEIRA, 2007).

As funcionalidades do ViMeT foram implementadas com classes e métodos que permitem a criação do AV, a inclusão e a definição dos objetos 3D, a especificação da estereoscopia, da deformação e colisão, além de determinar parâmetros como a iluminação e a interação, como é apresentada na Figura 21. As classes em cinza são correspondentes ao módulo de interação que foi implementado no ViMeT. Uma ferramenta de apoio, denominada *ViMeTWizard*, fornece ao desenvolvedor facilidades para instanciação das classes. É possível também utilizar o *framework* sem esta ferramenta, através da utilização de suas classes diretamente (OLIVEIRA, 2007).



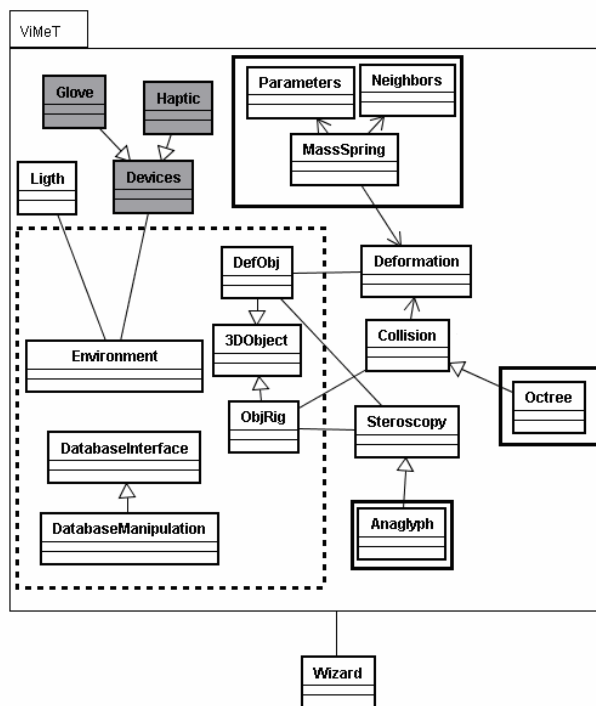


Figura 21. Diagrama com as classes proposto para o ViMeT (OLIVEIRA, 2007)

Portanto, o ViMeT foi empregado inicialmente na construção de aplicações de simulação de exames de punção, havendo, neste caso, a necessidade de inserir dois objetos modelados: um que representa o órgão humano em que o exame será realizado, e outro que representa o instrumento que coleta material deste órgão. O desenvolvedor deve selecionar os objetos e especificar as características no que diz respeito à colisão, deformação e interação. Com essas características o sistema cria um AV conforme a aplicação desejada (OLIVEIRA, 2007).

## 2.2. Módulo de Interação

No ViMeT as classes e os métodos implementados em Java são responsáveis pelas funcionalidades e características. O módulo de interação que realiza a comunicação entre o sistema e o dispositivo (luva da dados) foi construído da mesma forma, incluindo a classe *Glove* no projeto, conforme apresentado na Figura 21 (classe em cinza no diagrama).



### 2.3. Inclusão da luva de dados

A luva de dados utilizada neste módulo de interação do ViMeT é uma 5DT *Data Glove Ultra*, contendo 5 sensores de fibra ótica localizada na região dos dedos, mostrada na Figura 23. Esses sensores permitem a captação da informação sobre a flexão das falanges dos dedos, permitindo desta forma, a captura de movimentos, que são transmitidos à aplicação (*Fifth Dimension Technologies, 2007*).

As informações provenientes da luva de dados em relação à flexão das falanges dos dedos são transmitidas ao sistema fazendo com que os dedos representados na mão virtual se movam corretamente e no ângulo desejado. A flexão captada proveniente da luva de dados indica o ato de segurar e soltar o órgão humano pelo usuário. Neste momento, nota-se a utilização de um terceiro objeto no AV gerado pelo ViMeT, uma mão virtual para representar a mão do usuário, que pode ser importado facilmente e será definida detalhadamente em seções posteriores.



Figura 23. 5DT *Data Glove 5 Ultra* (*Fifth Dimension Technologies, 2007*)

Neste projeto, três abordagens poderiam ser adotadas: a utilização de um *driver* próprio em linguagem Java, construção de um novo *driver* em linguagem Java, ou a integração das diferentes linguagens de programação Java e C/C++, fazendo com que tenha uma interface entre a aplicação em Java e as bibliotecas e *driver* em C/C++.

Um *driver* construído em linguagem Java foi testado a fim de ser utilizado no trabalho mas não apresentou um bom funcionamento. Assim não foi possível até o momento encontrar um *driver* desenvolvido em linguagem Java que funcionasse corretamente para a luva de dados utilizada no projeto. A construção de um novo *driver* por sua vez, poderia apresentar certas dificuldades, tais como: conhecimento de programação em baixo nível e das portas de entrada para conexão do equipamento, além do tempo dedicado à implementação e testes do *driver* e de métodos para realização de operações com a luva de dados. A terceira abordagem envolveria pesquisa sobre as linguagens de programação a serem integradas e formas de realizar a integração.

Corrêa et al., (2008b) lembra que a utilização da integração das linguagens elimina alguns problemas, já que os *drivers* e as bibliotecas foram testados e aprovados pelo fabricante, no entanto, o conhecimento das linguagens adotadas é necessário. Entretanto, visto que há uma nova camada de *software* para realizar a integração, o tempo de resposta pode se tornar um problema o que pode causar atrasos em sistemas interativos.

Por isso, a integração entre as linguagens de programação Java e C++ foi adotadas, já que o fabricante do equipamento disponibiliza um *driver* e uma biblioteca com funções em linguagem C/C++ já testadas e aprovadas. Esta biblioteca tem funções pré-definidas, o que facilita o desenvolvimento de aplicações com a luva de dados.

Com isso, foi estudada a *Java Native Interface* (JNI), que integra o JDK (*Java Development Kit*) e possibilita a interoperabilidade entre programas escritos em Java com outras linguagens. Usando a JNI, métodos implementados em Java podem chamar funções escritas em C, e funções em C podem criar e manipular objetos, chamar métodos de classes criados em Java (SUN, 2008(a)).

O JDK é um pacote de desenvolvimento Java que oferece bibliotecas, como os arquivos *jni.h* e *jni\_md.h*, e ferramentas, como o *javah*, que permitem a construção de métodos nativos, a geração de arquivos de cabeçalho, o carregamento de bibliotecas de ligação, que são responsáveis pela interface entre as partes escritas em Java e C, a especificação de chamadas e as ligações entre os métodos JNI (Java) e as funções nativas (Linguagem C) fazendo com que a integração entre as linguagens seja possível (CORRÊA et al., 2008)

### **2.3.1.Considerações Sobre a Tecnologia Adotada**

Em nível de *hardware*, foi utilizado um computador pessoal, com processador *Pentium 4*, de 3.0 GHz, 1GB de RAM, com placa de vídeo *NVIDIA GeForce 5500*, além da luva de dados.

Em nível de *software*, foi considerada a linguagem de programação Java juntamente com sua API *Java3D*, escolhidas anteriormente pela sua reutilização de código e custo reduzido, aumentando a produtividade na construção de aplicações desta natureza a um baixo custo e a linguagens de programação C. Em relação ao sistema operacional foi utilizado a plataforma *Windows XP*.

O compilador utilizado para criar as bibliotecas de ligação foi o *Microsoft Visual C++ 6.0*, devido à familiaridade da tecnologia, contudo podem ser utilizados outros compiladores como *Microsoft Visual C++ Toolkit*, *Borland C++ Compiler*, *Bloodshed Dev-C++* (CORRÊA et al., 2008)

Na configuração do compilador *Microsoft Visual C++ 6.0*, que permite o desenvolvimento de aplicações com funções existentes nas bibliotecas disponibilizadas pelo fabricante, os arquivos *fglove.h* e *fdgloved.dll*, carregados durante a instalação do *software* que acompanha a luva de dados, devem ser copiados para o diretório anterior ao do *framework*, onde encontra-se a aplicação. No campo *Object/library modules* da aba *Link* no compilador, é necessário informar a biblioteca *fgloved.lib*, categoria *General*, indicando assim as funções pré-compiladas da luva de dados, conforme a Figura 24.

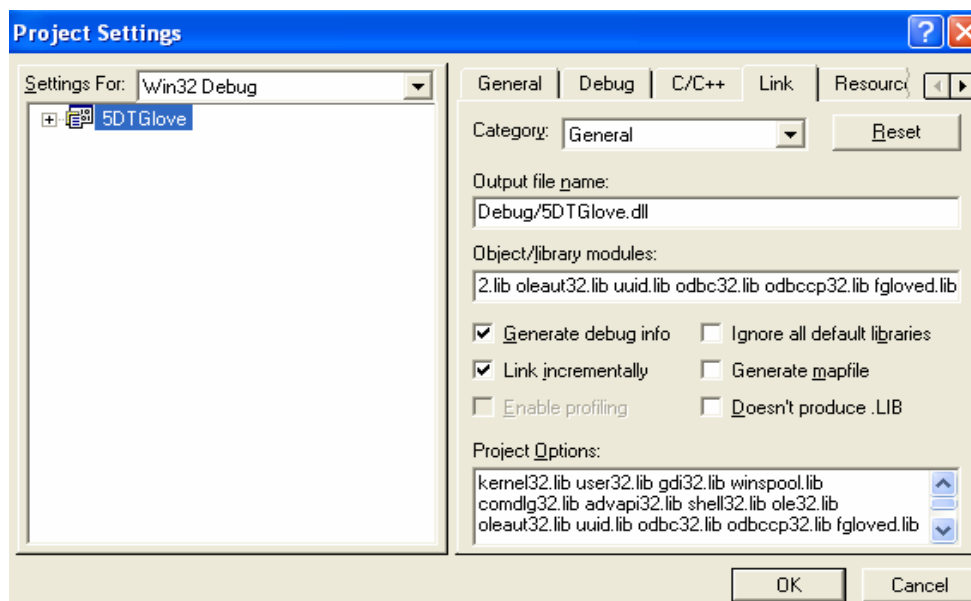


Figura 24. Configuração do compilador para a luva de dados

A linguagem Java oferece sintaxe similar as linguagens de programação C e C++, possui um grande número de APIs, carga dinâmica de código e desalocação automática de memória, facilidade para implementação de aplicações distribuídas e multitarefa (DEITEL; DEITEL; 2001).

A API Java3D é uma biblioteca composta por diversas classes e métodos que permitem a criação e especificação do comportamento de AVs. Essa API permite a importação de objetos modelados 3D construídos por meio de outras ferramentas, facilidade para inclusão de determinados dispositivos de RV. As propriedades (geometria, textura e cor) dos objetos, e as suas relações entre eles em uma cena são definidas através de uma estrutura hierárquica de nós denominada grafo de cena. Na Figura 25 é apresentada a estrutura de um grafo de cena em Java3D e a representação dos nós (JAVA3D, 2008).

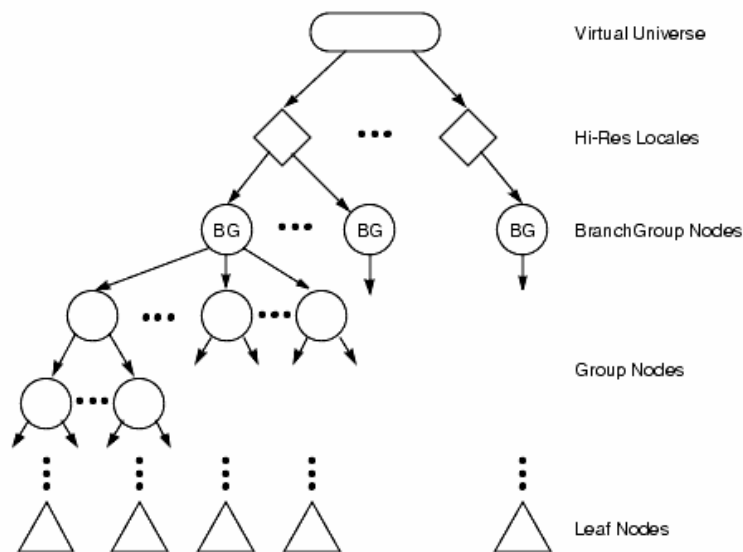


Figura 25. Estrutura do Grafo de Cena em Java3D

### 2.3.2. Implementação da Integração

Nesta seção são descritas as etapas para a realização da tarefa de integração das linguagens de programação Java e C++. Para a implementação de métodos nativos em uma

classe definida em linguagem Java, deve-se colocar a palavra-chave *native* na definição dos métodos da classe, indicando à JVM (*Java Virtual Machine*) que estes métodos serão executados em uma outra linguagem, denominada de código nativo (CORRÊA et al., 2008). Além disso, deve estar presente na classe, o método *System.loadLibrary*, que recebe como parâmetro a biblioteca de ligação a ser gerada, no caso de sistemas operacionais *Windows*, as denominadas DLLs (*Dynamic-Link Libraries*) (CORNELL; HORSTMANN; 2003).

Na Figura 26 é apresentado o código da classe *NativeGlove*, que contém alguns dos métodos nativos em linguagem Java desenvolvido no projeto, com seus respectivos comentários.

```

package ViMeT;

/*Classe que contém métodos nativos para acesso as funções em
Linguagem C da luva de dados*/

public class NativeGlove {

    /*Abre comunicação com a luva, scanear as portas USB, verificar
    número de sensores*/
    public native int openGlove();

    //Obtém as escalas dos sensores
    public native float[] getScaledSensorData();

    //Obtém o valor de um sensor específico
    public native int getSensorRaw(int number);

    protected void finalize()
    {
        closeGlove();
    }
    static
    {
        try
        {
            //Carregamento da DLL
            System.loadLibrary("luva");
        }
        catch (Exception e) {
            System.out.println("Erro no Java Nativo: "
+e.getMessage());
            e.printStackTrace();
        }
    }
}

```

Figura 26. Alguns métodos desenvolvidos da classe *NativeGlove*

No *prompt* de comandos, após a compilação do *arquivo.java*, é necessário executar o seguinte comando no diretório onde se encontra o arquivo *.class* gerado na compilação, para criar o arquivo de cabeçalho:

```
javah -jni ClasseNativa.java
```

Entretanto, se a classe pertence a um pacote, como é o caso deste projeto, o comando é executado com algumas alterações no diretório pai do diretório onde está a classe com os métodos nativos, sendo definido da seguinte forma:

```
javah -jni -classpath . Pacote.ClasseNativa.java
```

Na Figura 27, pode ser observado uma parte do código de cabeçalho que foi criado com o uso da ferramenta *javah*, criado na compilação da classe *NativeGlove*. Nota-se a assinatura do método em código nativo, apresentando o prefixo *Java*, o nome do pacote *ViMeT*, o nome da classe e o nome do método separados por *underline*.

```

/* DO NOT EDIT THIS FILE - it is machine generated */
#include <jni.h>
/* Header for class ViMeT_NativeGlove */

#ifdef _Included_ViMeT_NativeGlove
#define _Included_ViMeT_NativeGlove
#ifdef __cplusplus
extern "C" {
#endif
/*
 * Class:      ViMeT_NativeGlove
 * Method:     openGlove
 * Signature:  ()I
 */
JNIEXPORT jint JNICALL Java_ViMeT_NativeGlove_openGlove
    (JNIEnv *, jobject);

/*
 * Class:      ViMeT_NativeGlove
 * Method:     closeGlove
 * Signature:  ()V
 */
JNIEXPORT void JNICALL Java_ViMeT_NativeGlove_closeGlove
    (JNIEnv *, jobject);

#ifdef __cplusplus
}
#endif
#endif

```

Figura 27. Parte do código de cabeçalho que foi criado com o uso da ferramenta *javah*.



Segundo Corrêa et al., (2008), as *strings JNIEXPORT* e *JNICALL*, definidas no arquivo *jni.h*, são utilizadas para a identificação das chamadas e as ligações entre os métodos JNI e as funções nativas. *JNIEnv* é o ponteiro da interface JNI e aponta para uma matriz de ponteiros, que por sua vez apontam para as funções JNI. O tipo *object* indica que um método não-estático foi implementado, e este obtém uma referência para o objeto, como um argumento *this* implícito.

### 2.3.3. Integração do Dispositivo

As etapas do código descrito em linguagem C para o dispositivo luva de dados é realizada de acordo com o diagrama da Figura 28. Primeiramente, é feita a verificação das portas USB, o que é feito pelo comando *fdScanUSB*, que realiza uma busca para verificar em qual porta a luva está conectada. Em seguida, ocorre a definição do tipo de luva de dados conectada, levando em consideração o número de sensores e se o dispositivo em questão é para a mão esquerda ou para a mão direita.

Depois de definido o tipo de luva, a função *fdOpen* juntamente com a porta identificada permite o estabelecimento da comunicação da aplicação com o dispositivo, armazenando o endereço que representa a luva de dados no ponteiro *pGlove*, definido como sendo do tipo *fGlove*. Caso ocorra um erro na inicialização do equipamento, uma mensagem é apresentada ao usuário.

A função *fdGetNumSensors* também é utilizada. Esta função é responsável pela obtenção do número de sensores do dispositivo, uma vez que o *software* pode ser utilizado por outras luvas de dados do mesmo fabricante.

A função *fdGetSensorRawAll* é adotada para captar os valores de todos os sensores do equipamento, simultaneamente.

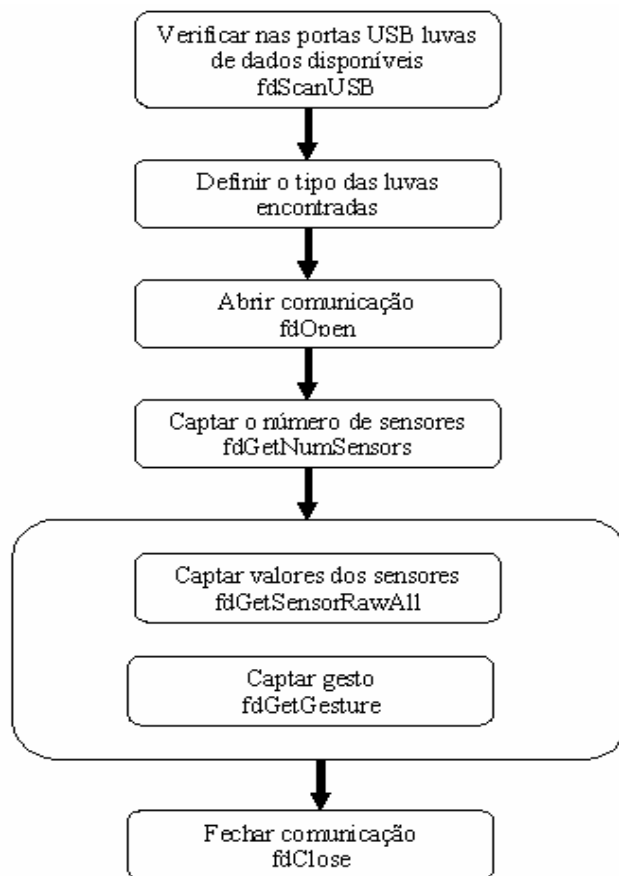


Figura 28. Diagrama de execução da luva de dados

A função *fdGetGesture* é empregada para obter o número de um gesto definido pela posição dos dedos, e a função *fdClose* é usada para fechar a comunicação com a luva de dados, recebendo como parâmetro o ponteiro *pGlove*.

#### 2.3.4. Construção dos Objetos Tridimensionais

Um fator importante na construção do objeto 3D que representa a mão no AV é a forma que a sua modelagem foi constituída, uma vez que a luva de dados utilizada não possui três sensores para fazer a representação correta das falanges de cada um dos dedos.

A modelagem da mão virtual foi projetada seguindo a estrutura mostrada na Figura 29, a qual mostra a maneira pelas quais os membros da mão foram divididos e interligados, visando à obtenção de uma maior sensação de realismo, pois há uma hierarquia no movimento das falanges dos dedos. Pode-se observar que os dedos são presos na palma da mão da

seguinte forma: os objetos que representam as pontas dos dedos são penduradas no corpo dos objetos que representam os dedos (corpos dos dedos), e os corpos são pendurados nas esferas de rotação, as quais são penduradas na palma da mão.

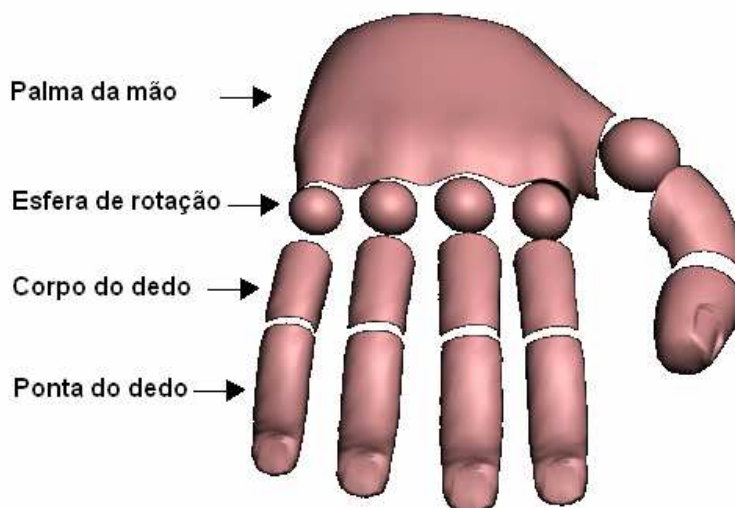


Figura 29. Estrutura de modelagem da mão

Em testes realizados, verificou-se que os dedos modelados sem as esferas utilizadas como guia na rotação do mesmo, não proporcionavam rotação correta. Por isso, houve a necessidade da inserção de esferas, permitindo que a rotação se limite ao centro de cada uma delas, para propiciar um maior realismo e realizar o movimento mostrado na Figura 30.

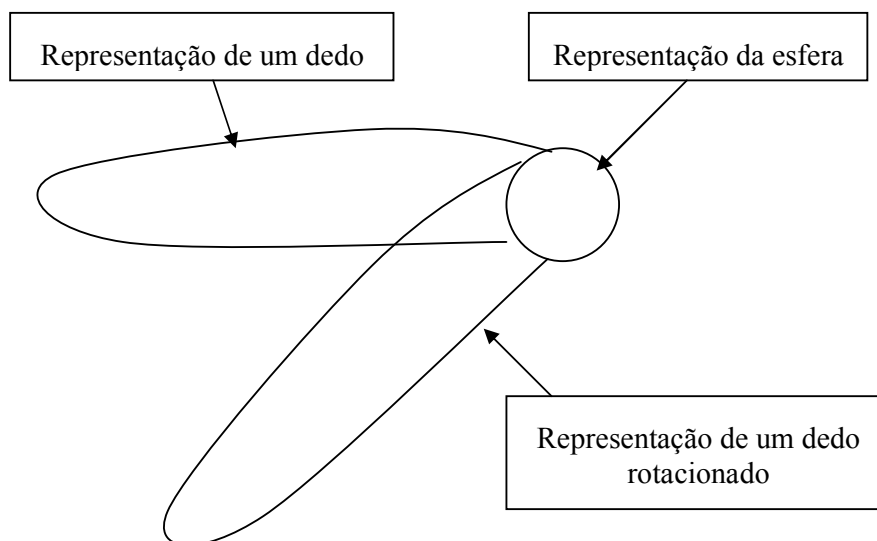


Figura 30. Movimento dos dedos limitados a esfera.

Com essa modelagem utilizando uma estrutura hierárquica e devido ao fato da luva de dados utilizada no projeto só possui um sensor por dedo, decidiu-se fazer as modelagens dos dedos de forma ter um leve grau de flexão das falanges mais distantes da esfera, ao invés de modelar os dedos de uma forma visualmente normal e ereta. Tal procedimento também foi realizado para propiciar um maior realismo. A flexão é mostrada na Figura 31, apresentando a modelagem de um único dedo.

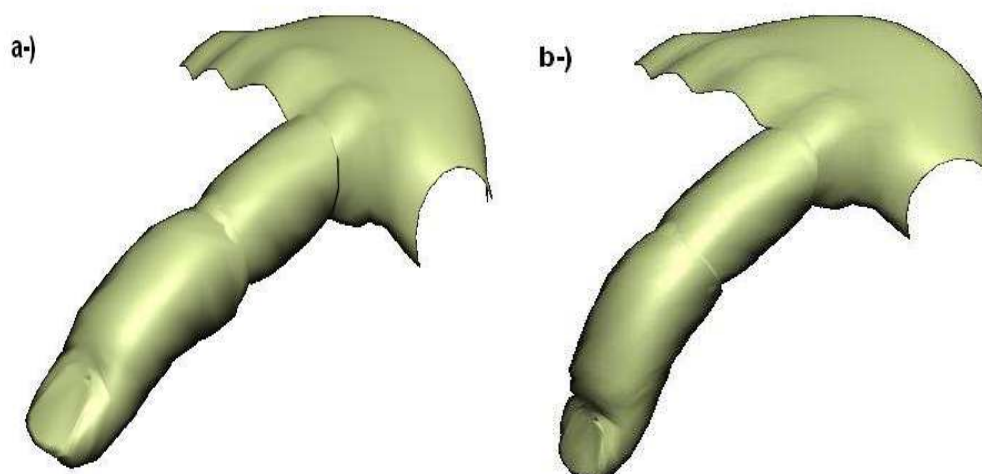


Figura 31. (a) Modelagem dos dedos normal e ereta. (b) Modelagem dos dedos com leve flexão das falanges

Assim, algumas alterações no grafo de cena foram realizadas para inserir as esferas e os dedos virtuais. Na Figura 32 é apresentado o grafo de cena anterior do ViMeT e na Figura 33 é apresentado o grafo de cena atualizado incluindo a mão virtual.

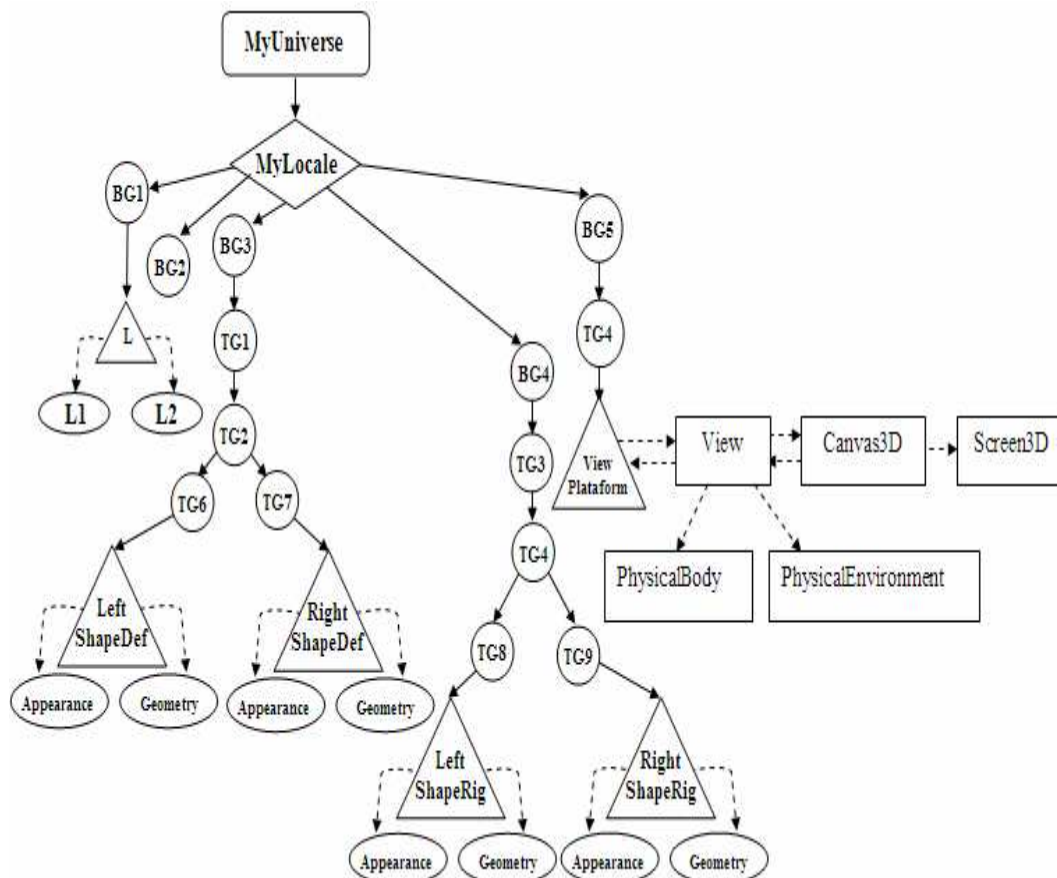


Figura 32. Grafo de cena anterior do ViMeT

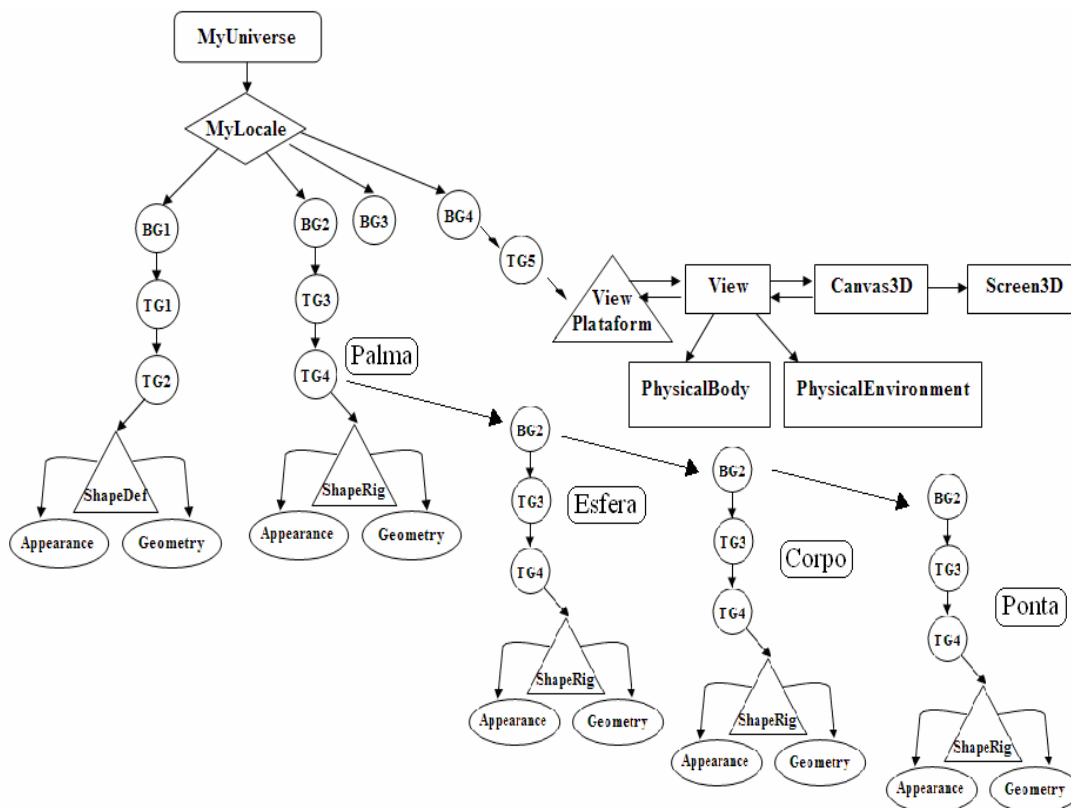


Figura 33. Grafo de cena atual do AV

No grafo de cena atual podemos visualizar uma mudança na hierarquia do *BranchGroup* BG2, na qual é estabelecido um BG2 filho a partir da ramificação do TG4, ocorrendo devido ao fato da existência da hierarquia na modelagem da mão. Assim o BG2 folha se refere ao objeto Ponta do Dedo, o BG2 anterior ao Corpo do Dedo, o BG2 anterior a esfera de rotação e o BG2 ligado ao *MyLocale* se refere a Palma da Mão.

De uma forma mais simples, o grafo de cena da aplicação ViMeT está estruturado de acordo com a Figura 34. É possível observar que a estrutura da cena consiste de um *MyLocale* no qual serão pendurados os objetos como órgão humano e a palma da mão virtual. Todos esses objetos inseridos na cena contêm a estrutura padrão formada por um *BranchGroup*. Nesse é pendurado um *TransformGroup* denominado *tgm*. No *tgm* é pendurado outro *TransformGroup* denominado *tg*, que permite a execução de transformações geométricas como translação, rotação e escala, no qual podem ser pendurados outros objetos, se apresentarem hierarquia, como no caso da mão virtual. Seguindo desse *tg* são pendurados dois outros *TransformGroups*, *tg1* e *tg2*, que são responsáveis pela estereoscopia dos objetos pendurados nos nós *shapes sh1* e *sh2*. É importante salientar que cada parte que representa a

mão, é sempre pendurada no nó *TransformGroup* *tg*, correspondente à hierarquia definida na Figura 35.

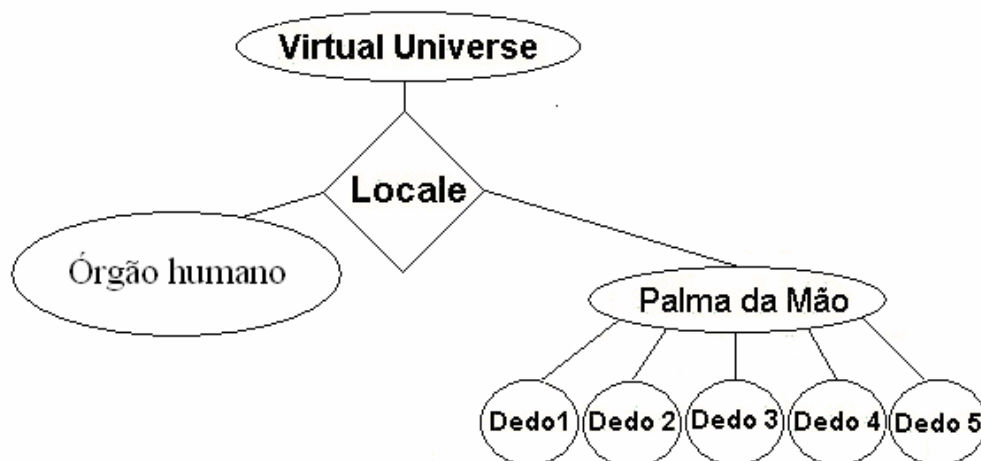


Figura 34. Estrutura da cena

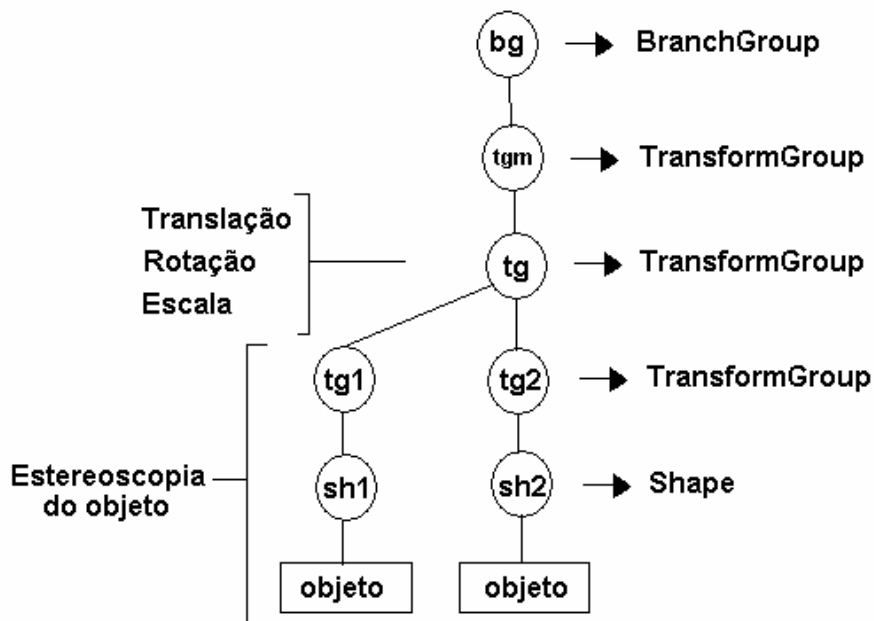


Figura 35. Estrutura padrão dos objetos.

A composição do AV, conforme o grafo de cena descrito anteriormente deve ser igual à apresentada na Figura 36. A aplicação deve ser responsável pela importação dos objetos

virtuais, que são definidos pelo usuário durante a geração da mesma, o qual também precisa definir algumas características, como: posição, rotação e tamanho dos objetos. As posições da palma da mão, dos dedos e da esfera são definidas na geração da aplicação, sem a intervenção do usuário nesta etapa. O usuário pode alterar tais parâmetros na aplicação gerada.

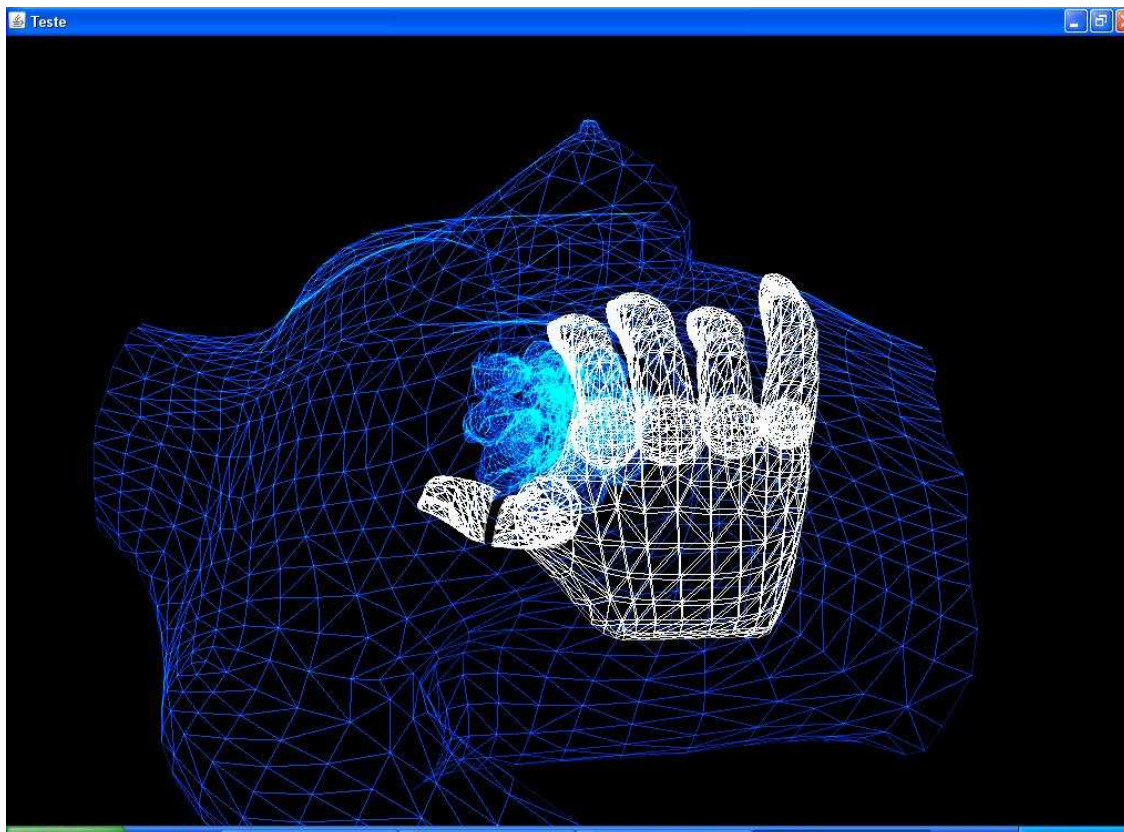


Figura 36. AV gerado por meio do ViMeT

## **2.4.Avaliação de Interação em Aplicações Geradas a Partir de um *Framework***

A avaliação da interação em aplicações construídas com o *framework* ViMeT é uma fase de grande importância para o aperfeiçoamento do sistema. A avaliação procurou levar em consideração aspectos computacionais, como desempenho computacional, mensurando o



tempo de resposta diante de um comando do usuário e número de quadros exibidos por segundo.

Além disso, o tipo de dispositivo utilizado é determinante, pois envolve questões como: graus de liberdade, eficiência no processamento, maior ou menor grau de realismo, as quais estão interligadas, já que, por exemplo, um número alto de graus de liberdade de um dispositivo pode significar um número maior de cálculos ou instruções por execução, influenciando na eficiência do processamento. Em relação ao processamento, pode-se destacar também a camada adicional para a integração entre as linguagens de programação Java e C++ proposta neste trabalho.

Outra questão relacionada à avaliação diz respeito aos aspectos humanos, tais como: conforto com os dispositivos, satisfação do usuário, tempo de execução de uma determinada tarefa, experiências anteriores com aplicações de RV e com o procedimento médico a ser executado (exames de punção).

Dois questionários para a coleta dos dados foram elaborados: pré-teste e pós-teste. Foi realizada uma descrição do processo de avaliação para os voluntários definindo suas etapas, objetivos e explicando também conceitos de RV, como definições sobre dispositivos convencionais e não-convencionais, bem como algumas peculiaridades do sistema e dos dispositivos (APÊNDICE A).

Para cálculos de tempo de resposta e número de *frames* por segundo, foram utilizadas classes estendidas da classe *Behavior*, com métodos *initialize* e *processStimulus*, e a classe *WakeupOnElapsedFrames*, que propicia a criação de um *loop* de simulação. Como *WakeupOnElapsedFrames*, com parâmetro igual a zero, define que o código escrito no método *processStimulus* seja executado a cada *frame*, foi inserido dentro deste método, variáveis e comandos para obter o tempo de resposta e o número de *frames* por segundo. Os métodos para acionar as funções em código nativo são colocados neste bloco para permitir que as informações entre dispositivo e aplicação sejam trocadas em tempo real. Desta forma, a cada ação do usuário, o sistema realiza uma reação, propiciando a interação.

Os questionários foram importantes para identificar as opiniões dos voluntários com relação à aplicação para treinamento médico, englobando visualização do AV, objetos e métodos empregados, utilização da luva de dados, e contribuindo para o aperfeiçoamento do ViMeT.

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A inclusão de uma luva de dados no *framework* ViMeT por meio do uso do recurso de JNI como mencionado no capítulo anterior, colaborou no avanço da literatura em se tratando de RV. No início havia certa preocupação quanto ao desempenho da aplicação, devido à integração entre as linguagens Java e C++ e o processamento do equipamento, entretanto, os testes mostraram um nível satisfatório de interação quanto ao tempo de resposta. Durante a execução do procedimento o tempo que levou para apresentar um quadro na tela variou de 16,39 a 17,54 milissegundos e o número correspondente de quadros por segundo variou de 57 a 61.

No ViMeT, as classes e métodos implementados em Java são responsáveis pelas funcionalidades e características da aplicação, deste modo para que a inclusão da luva de dados no *framework* ocorresse, um módulo de interação que realizasse a comunicação entre o sistema foi construído, incluindo as classes *Glove* e *NativeGlove*, conforme a parte destacada no diagrama de classes mostrado na Figura 37. Nesta parte, tem-se a classe *NativeGlove* que possui os métodos responsáveis pela execução das funções na linguagem nativa C++, como mostra a Tabela 2.

Tabela 2. Principais métodos da classe *Native Glove*

<b>Métodos</b>	<b>Função</b>
openGlove( )	Abre a conexão com a luva, verifica portas existentes e o número de sensores
closeGlove ( )	Fecha a comunicação com a luva de dados
getRawSensorData( )	Obtém os valores de todos os sensores
getScaledSensorData ( )	Obtém as escalas de todos os sensores
setCalibration(upper, lower)	Realiza a calibração em um intervalo de dois valores
getGesture ( )	Obtém o número do gesto
getSensorRaw (number)	Obtém o valor de um único sensor
getSensorScaled (number)	Obtém a escala de um único sensor



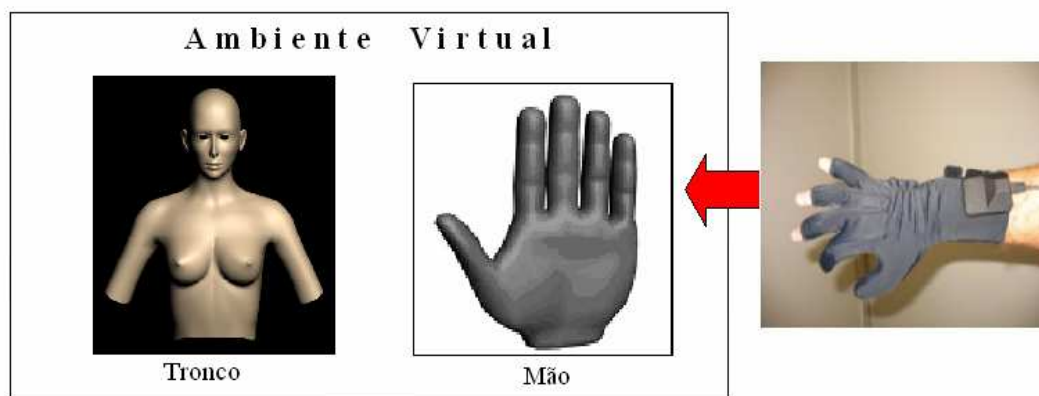


Figura 38. Funcionamento do módulo de interação

A luva de dados representa a ação de segurar e soltar o órgão por meio da mão virtual. Os dedos da mão virtual são rotacionados de acordo com a flexão captada pelos sensores da luva, conforme a Figura 39, que apresenta as modificações causadas pela aplicação no objeto virtual mão, quando os dedos do usuário são flexionados. A translação da mão virtual não pôde ser implementada, visto que a luva de dados não possui um detector de posição da mão do usuário, entretanto um detector de posição poderia resolver este problema. Vale ressaltar que os movimentos da mão virtual são limitados, uma vez que a luva de dados possui somente um sensor por dedo, insuficiente para uma simulação mais real.

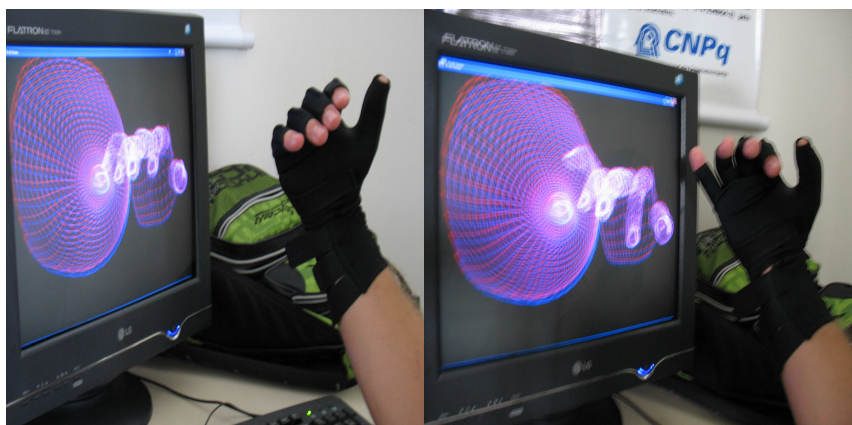


Figura 39. Flexão dos dedos captados pela luva de dados.

Nos testes empíricos iniciais, a aplicação apresentou um tempo de resposta satisfatório, ou seja, o usuário recebe as respostas em tempo real, simulando de maneira visível os movimentos dos dedos das mãos.

Na Figura 40 é apresentado um diagrama de integração e interação para a luva de dados destacando os fluxos de informações entre as partes da aplicação no computador, e entre o usuário e o dispositivo, demonstrados pelas setas.

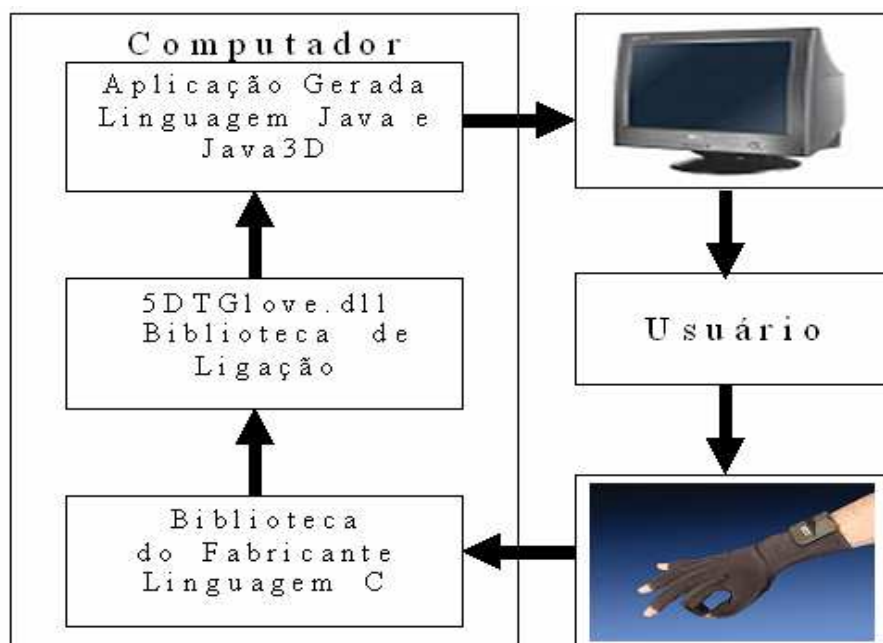


Figura 40. Diagrama de integração e interação para a luva de dados.

No diagrama mostrado acima podem ser observadas as informações da luva de dados sendo captadas por funções escritas em linguagem C, fornecidas por bibliotecas oferecidas pelo fabricante e transferidas à aplicação por meio de uma biblioteca de ligação, no caso *5DTGlove.dll*. Tais informações são tratadas pela aplicação desenvolvida em Java e Java3D, que mostra ao usuário por meio do monitor de vídeo os movimentos do objeto virtual associado ao equipamento. Desta forma, quando os dedos do usuário são flexionados, os objetos virtuais que representam os dedos são rotacionados.

Quanto à avaliação, foi realizada com 12 pessoas, sendo 1 monitor do laboratório de informática e 11 estudantes de medicina. Esta avaliação foi realizada nas dependências da

Faculdade de Medicina de Marília – FAMEMA – com pessoas de aproximadamente 23 anos de idade.

Como mencionado no capítulo anterior, na avaliação foi aplicado um questionário pré-teste, que tratava de conhecimento relativo às áreas de RV e Medicina, no que diz respeito à execução de exames de biópsia, bem como a opinião sobre sistemas de RV em saúde.

Todos os entrevistados conheciam a área de RV, sabendo inclusive sobre algumas definições e aplicações, sendo que dois deles já tinham usado algum tipo de equipamento de RV. No entanto, nenhum voluntário tinha até aquele momento, trabalhado ou participado de simulações que envolviam luva de dados.

Dos 11 estudantes de Medicina participantes na avaliação, três executavam procedimentos de biópsia, sendo que 1 com experiência de 1 mês sem especificação do número de procedimentos realizados, outro com experiência de 2 meses com média de dez procedimentos executados e, o último com experiência de 3 meses com média de doze procedimentos realizados.

No questionário pré-teste, todos os voluntários disseram que simuladores de RV podem ser utilizados no aprendizado de procedimentos médicos, como exames de biópsia, sendo que dois ressaltaram a necessidade do aprimoramento de tais aplicações. Esta questão foi repetida no questionário pós-teste.

Os voluntários que participaram das simulações de treinamento tiveram dificuldades durante a interação com problemas para perceber a posição dos objetos no AV, principalmente em consideração à percepção de profundidade. Uma proposta sugerida pelos estudantes foi a inclusão de mais visões na tela da aplicação, assim o usuário pode ter mais noção de espaço dentro do AV.

Somente seis estudantes e o monitor do laboratório de informática preencheram o questionário pós-teste. Um destes estudantes acompanhou os testes, mas não participou das simulações e não respondeu determinadas questões. Dos seis voluntários que participaram dos testes, um não se adaptou ao dispositivo e cinco não tiveram dificuldades com a luva de dados.

Na Figura 41 é mostrada a comparação feita sobre a facilidade de uso do dispositivo luva de dados com mouse, teclado e equipamento háptico, em uma escala de 1 a 4, sendo que o dispositivo que apresentasse maior facilidade deveria receber o valor 1 e o que apresentasse a menor facilidade o valor 4. Dos 6 voluntários, quatro consideraram a luva de dados como nível 1 (mais fácil de usar), um como nível 3 e um como nível 4. A luva de dados foi

considerada a mais fácil de usar pela maioria possivelmente devido ao tipo de tarefa executada com este dispositivo.

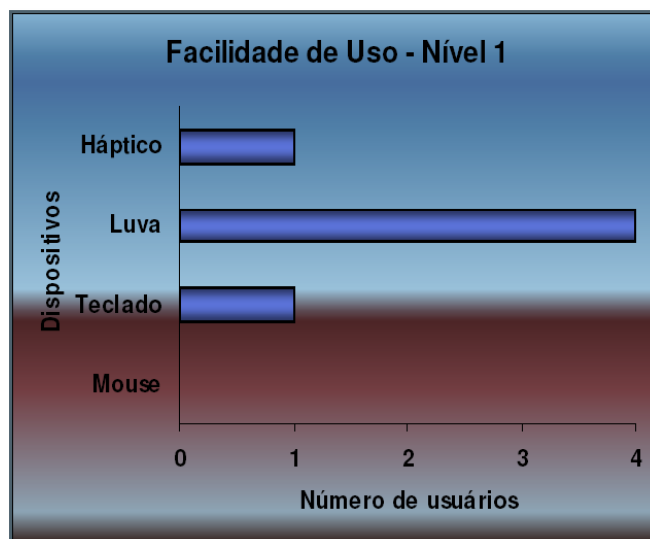


Figura 41. Diagrama de integração e interação para a luva de dados.

Considerando a aparência e o comportamento dos objetos nos aspectos visuais do AV, quatro voluntários responderam que este aspecto teve importante papel na simulação de treinamento e três responderam que o mesmo pouco contribuiu para a simulação.

Com relação à utilização de dispositivos não convencionais na realização do treinamento: quatro responderam que eles foram determinantes e dois disseram que tais equipamentos contribuíram satisfatoriamente para a realização da simulação de treinamento.

Foi perguntado sobre a utilização de simuladores no auxílio ao aprendizado de procedimentos médicos. Dois responderam que eles podem ser considerados de grande importância neste sentido e, cinco responderam que eles podem auxiliar mas precisam ser aperfeiçoados. Esta questão foi apresentada no questionário pré-teste, observando que quatro voluntários mudaram de idéia, o que ocorreu devido ao simulador ser um protótipo, estando em fase de implementação e aperfeiçoamento.

Quanto aos tipos de procedimentos de Medicina que podem ser beneficiados com simuladores, os avaliadores responderam: aprendizagem de fisiologia e anatomia, desde simulações de pequenas cirurgias, até anestésias, aplicações de vacinas e outras cirurgias mais complexas, outros procedimentos invasivos, no aprendizado de técnicas incisivas, na aplicação de injeções, punções, e na identificação da textura de tecidos patológicos.

Em se tratando do tipo de visão (*front, top, perspective, right or left*), foi feita uma pesquisa de qual visão seria a melhor para simuladores de exame de punção. Foram mostradas três visões (Figuras 41, 42 e 43). Todas elas assumem que o paciente virtual está deitado em uma maca cirúrgica.

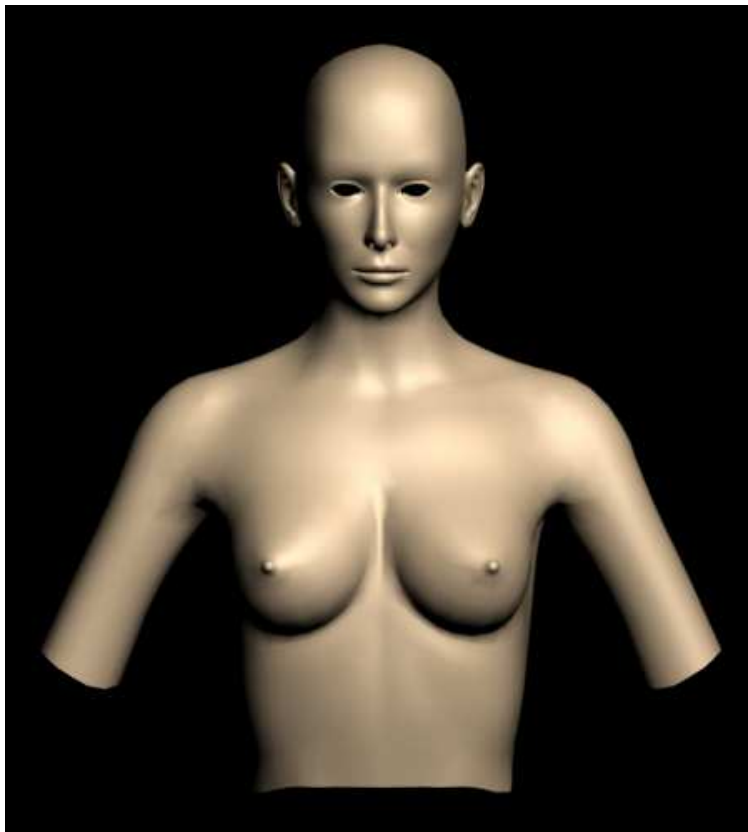


Figura 42. Visão superior ao paciente (*top*).



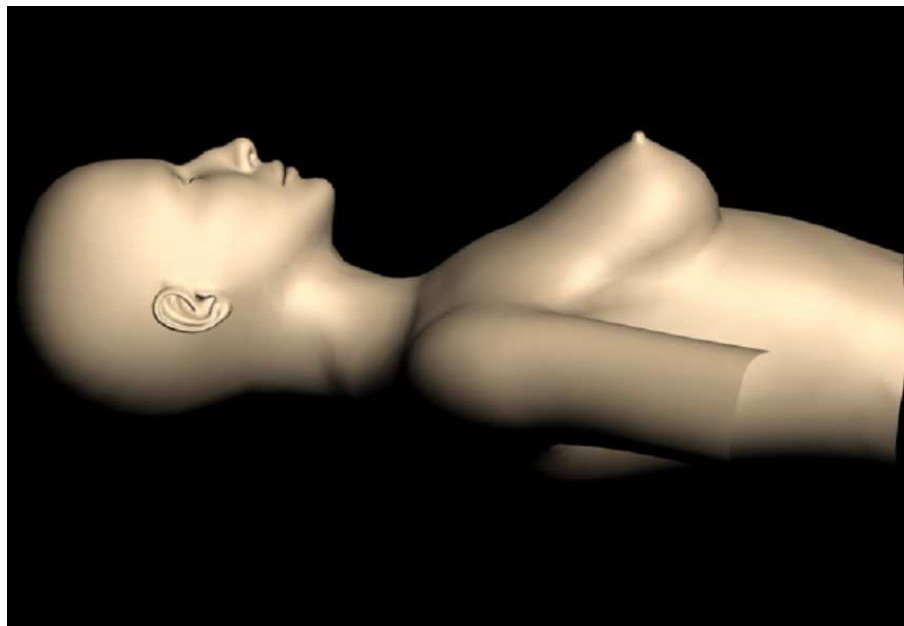


Figura 43. Visão lateral do paciente (*left*).

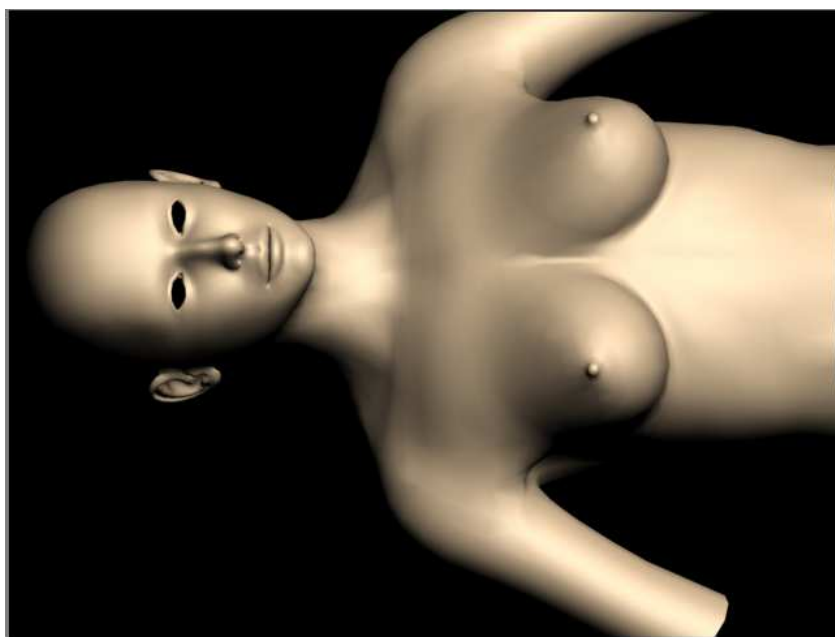


Figura 44. Visão em Perspectiva ao paciente.

Dentre as visões apresentadas, todas as pessoas concordaram que a melhor é a visão da Figura 43, pois assume-se que o médico vai ter uma visão de cima do paciente, mais do lado do corpo.

Essa avaliação do primeiro protótipo foi determinante para planejar as próximas etapas da construção do simulador. No que diz respeito a trabalhos futuros, diversas questões poderão ser tratadas: construção de modelos tridimensionais com textura mais próxima da realidade, inclusive modelos com diferentes camadas que compõem a pele e a inclusão de um sensor de posição para a luva de dados, podendo desta forma, captar os movimentos da mão do usuário.

Na Figura 44, pode-se visualizar a aplicação com a luva de dados na sua fase final.

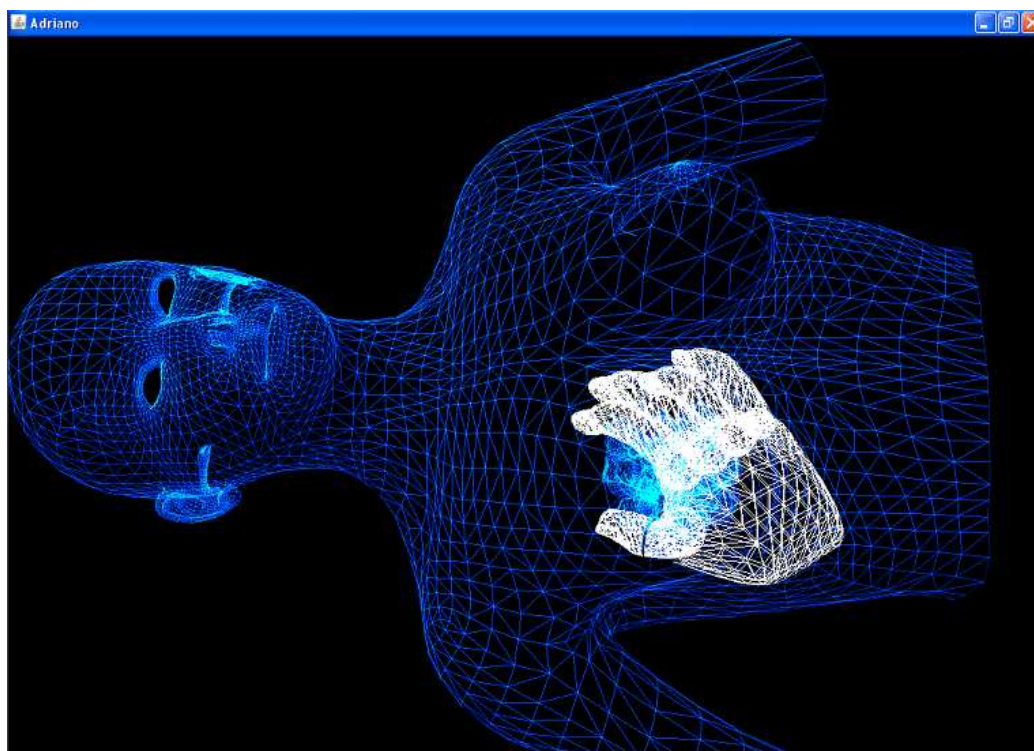


Figura 45. Aplicação final com Mão Virtual segurando a mama.

### 3.1. Considerações Finais

Neste capítulo foram abordados os resultados e as discussões sobre a inclusão de uma luva de dados em *framework* para treinamento médico, desde a implementação do *software* e a construção dos objetos virtuais até a avaliação do sistema.

A avaliação comprovou a preferência dos usuários pela luva de dados em comparação com os dispositivos teclado, *mouse* e equipamento háptico, bem como a sua usabilidade.

## CAPÍTULO 4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentado o processo completo da inclusão, implementação e avaliação de uma luva de dados em um módulo de interação do ViMeT. Para o seu desenvolvimento foi prevista a reutilização da aplicação ViMeT e a modelagem dos objetos utilizados na simulação do exame.

Na modelagem dos objetos tridimensionais tomava-se cuidado quanto a sua estrutura, pois dependendo do número de vértices a aplicação pode necessitar de mais processamento acarretando uma perda de desempenho.

Nota-se que além da preocupação em não alterar a estrutura do *framework*, houve a preocupação de respeitar a hierarquia das classes impostas pela estrutura do grafo de cena. Esta estrutura ajuda na generalização dos parâmetros, fazendo com que a transformação, adição e remoção dos objetos no AV seja dinâmica.

Diante dos resultados obtidos por meio da avaliação pode-se concluir que o desempenho da aplicação é plenamente satisfatório e que todos os resultados esperados foram alcançados. No entanto, verifica-se que a aplicação pode ser melhorada se utilizado uma luva de dados com mais recursos.

Destacam-se como contribuições da aplicação: (1) para a área de computação – Integração entre linguagens de programação juntamente com sua implementação e documentação, auxílio no desenvolvimento de aplicações desta natureza em outros Sistemas Operacionais juntamente com a linguagem Java, inclusão de objetos 3D criados a partir de ferramentas de modelagem gratuitas a fim de reduzir os custos de desenvolvimento; (2) para área Médica – geração de aplicações para treinamento de exames de biópsia utilizando a luva de dados, aumento da qualidade de interação, simulação com outros tipos de procedimento médico com diversos casos clínicos, minimização do uso de cobaias, aquisição de habilidade na execução do procedimento e a possibilidade do usuário medir seu desempenho nas etapas de tal exame.

#### **4.1. Trabalhos Futuros**

Nos trabalhos futuros, diferentes questões poderão ser debatidas:

- construção de modelos tridimensionais com texturas mais realistas e com diversas camadas de superfície;
- inclusão de diferentes pontos de vista no AV;
- adoção de um detector de posição para a luva de dados, podendo desta forma captar os movimentos da mão do usuário;
- finalização do procedimento de biópsia.

Os trabalhos futuros representam melhorias a serem realizadas na aplicação gerada, bem como a implementação de outras partes para que um treinamento completo de exame virtual de biópsia possa ser executado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERIO, M. V.; OLIVEIRA, J. C. AConTECe-Cardio: um Ambiente Colaborativo para Treinamento em Cirurgia Cardíaca. In: VIII Symposium on Virtual Reality (SVR 2006), 2006, Belém, PA. Proceedings do VIII Symposium on Virtual Reality (SVR 2006), 2006. p. 397-408.

BARCIA, R. M.; LUZ, R. P. da; MERINO, E.; REBELO, I. B. *Evaluation of VR System: More Usable Interactions*. Disponível em: <[http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/30416/http:zSzzSzwww.lrv.ufsc.brzSz.zSzrecursozSzartigoszSzEvaluation\\_VR\\_Systems.pdf/evaluation-of-vr-systems.pdf](http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/30416/http:zSzzSzwww.lrv.ufsc.brzSz.zSzrecursozSzartigoszSzEvaluation_VR_Systems.pdf/evaluation-of-vr-systems.pdf)> Acesso em: 12 fev. 2008.

BATTEAU, L. M.; BHASIN, Y.; BOWYER M. W.; LIU, A.; MAINTZ, J. B. A. *A Study on the Perception of Haptics in Surgical Simulation. Lecture Notes in Computer Science*, 2004. Disponível em: <<http://www.simcen.org/surgery/publications/index.html>>. Acesso em: 14 maio. 2008.

BASDOGAN, C.; HO, C.; SLATER, M.; SRINIVASAN, M. A. *An Experimental Study on the Role of Touch in Shared Virtual Environments*. 2000. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, Vol 1. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/basdogan00experimental.html>> Acesso em 20 fev. 2008. p. 443-460.

BERALDIN, J. A.; BOULANGER, P.; EL-HAKIM, S. F.; GODIN, G. *Two 3-D Sensors for Environment Modeling and Virtual Reality: Calibration and Multi-View Registration*. 1996. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/2294/ftp:zSzzSzai.iit.nrc.cazSzpubzSziit-paperszSzNRC-39226.pdf/el-hakim96two.pdf>>. Acesso em: 03 junho. 2008.

BERNIER, F.; BRANZANALBU A.; DROUIN, R.; LAURENDEAU, D.; LIMIEUX, F.; MOKHTARI, M.; QUELLET, D. *Virtual Environment and Sensori-Motor Activities: Visualization*. 2004. Disponível em: <[http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/31763/http:zSzzSzWSCG.zcu.czzSzWSCG2004zSzPapers\\_2004\\_FullzSzD23.pdf/virtual-environment-and.pdf](http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/31763/http:zSzzSzWSCG.zcu.czzSzWSCG2004zSzPapers_2004_FullzSzD23.pdf/virtual-environment-and.pdf)>. Acesso em: 12 maio. 2008.

BOWMAN, D. A.; HODGES, L. F.; JOHNSON, D. B. Testbed Evaluation of Virtual Environment Interaction Techniques. In: Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, 1999, p. 26-33.

BOWMAN, D. A.; GABBARD, J.; HIX, D. *Usability Evaluation in Virtual Environments: Classification and Comparison of Methods*. Computer Science, 2001. Disponível em: <[eprints.cs.vt.edu/archive/00000541/01/VE\\_usability\\_presence.pdf](http://eprints.cs.vt.edu/archive/00000541/01/VE_usability_presence.pdf)> Acesso em: 20 dez. 2007.

BOWMAN, D.; KRUIJFF, E.; LAVIOLA, J.; POUPYREV, I. In: *3D User Interfaces: Theory and Practice*, Addison Wesley, July 2004.

BREWSTER, S.; GRAY, P.; MCGEE, M.; OAKLEY, I. *Putting the Feel in Look and Feel*. 2000. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/25281/http:zSzzSzwww.dcs.gla.ac.ukzSz~mcgee/mrzSzchi2000.pdf/oakley00putting.pdf>> Acesso em: 12 fev. 2008.

BROCKWAY, D.; BURNETTE, T.; PAUSCH, R.; WEIBLEN, M. E. *Navigation and Locomotion in Virtual Worlds via Flight into Hand-Held Miniatures*. Disponível em: <<http://www.cs.cmu.edu/~stage3/publications/95/conferences/siggraph/paper.html>> Acesso em: 10 dez. 2007.

BURDEA, G. C. *Force and Touch Feedback for Virtual Reality*. John Wiley & Sons, Inc., 1996.

BURNS, J. M.; CHILA, A. G.; ELAND, D. C.; HOWELL, J. N.; JR, R. R. C.; SRIVASTAVA, M.; WILLIAMS, R. L. *The Virtual Haptic Back for Palpatory Training*. In: *Proceedings of the 6th international conference on Multimodal interfaces*, 2004. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=1027966&dl=acm&coll=&CFID=15151515&CFTOKEN=6184618>>. Acesso em: 10 out. 2008. p. 191-197.

CAMARERO, R.; OZELL, B.; PIC, C. *Topics in Collaborative Visualization Environments*. 2000. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/20998/http:zSzzSzwww.cerca.umontreal.caSzServerzSzSciencezSzRapportzSzFichierspszSzR2000-84.pdf/ozell00topics.pdf>> Acesso em: 12 maio. 2008.

CELES, W.; GATTASS, M.; RAPOSO, A. B.; SZENBERG F. *Visão Estereoscópica, Realidade Virtual, Realidade Aumentada e Colaboração*. Disponível em: <[http://www.tecgraf.puc-rio.br/publications/artigo\\_2004\\_visao\\_estereoscopica\\_realidade\\_virtual.pdf](http://www.tecgraf.puc-rio.br/publications/artigo_2004_visao_estereoscopica_realidade_virtual.pdf)> Pontifícia Universidade Católica do Rio, Rio de Janeiro, 2004. Acesso em: 17 abr. 2008.

COELHO, Y. da S.; PEPPE, M. J. A Realidade Virtual na Medicina. Disponível em: <<http://www.eca.usp.br/nucleos/njr/voxscientiae/caverna7.html>>. Vox Scientiae, São Paulo, 2002. Acesso em: 10 jun. 2008.

CORNELL, G.; HORSTMANN, C. S. Métodos Nativos. Core Java 2, Volume 2, Recursos Avançados. Pearson Education do Brasil, São Paulo, SP, Brasil, 2003. p. 755-785.

CONWAY, M.; HINCKLEY, K.; KASSELL, N. F.; PAUSCH, R.; PROFFITT, D.; STOAKLEY, R. *Revisiting Haptic Issues for Virtual Manipulation*. Universidade da Virginia, Estados Unidos. Disponível em: <<http://www.cs.virginia.edu/papers/manip.pdf>> Acesso em: 10 dez. 2007.

CORRÊA, C. G.; BEZERRA, A.; NUNES, F. L. S. Integração de Linguagens de Programação para Uso de Dispositivos Não-Convencionais: Possível Solução para Construir Aplicações com Baixo Custo. In: *X Symposium on Virtual and Augmented Reality*, João Pessoa, PB, Brasil, 2008. *Proceedings of the X Symposium on Virtual and Augmented Reality*, João Pessoa, PB, Brasil, 2008. p. 266-269.

CORRÊA, C. G.; NUNES, F. L. S.; BEZERRA, A. Implementação de Interação sem Sistemas Virtuais para Simulação de Exame de Biópcia In: Anais do XXVIII Congresso da SBC – WIM – Workshop de Informática Médica, Belém do Pará, PA, Brasil, 2008b. p. 91-100.

DEITEL, H. M.; DEITEL, P. J. *Java How to Program*. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice Hall PTR, 2001.

DONALD, B. R.; HENLE, F. *Using Haptic Vector Fields for Animation Motion Control*. 1999. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/6554/http://zSzzSzwww.cs.dartmouth.edu/zSzzSzResearchzSzstanford.pdf/donald99using.pdf>> Acesso em: 19 fev. 2008.

EISENSTEIN, J.; GHANDEHARIZADEH, S.; GOLUBCHIK, L.; SAHABI, C.; YAN, D.; ZIMMERMANN, R. *Device Independence and Extensibility in Gesture Recognition*. 2003. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/29451/http://zSzzSzperspolis.usc.edu/zSzzSzUserszSzzhkimzSzpaperszSzvr2003.pdf/device-independence-and-extensibility.pdf>> Acesso em: 18 Mar. 2008.

EST – *Engineering Systems Technologies*. Disponível em: <[http://www.est-l.com/pricelist/pricelist\\_gb.html](http://www.est-l.com/pricelist/pricelist_gb.html)>. Acesso em: 13 Mar. 2008.

FERRO, E. N. de L.; PAIVA, A. C. de. Modelagem e Implementação de um Sistema para Treinamento de Técnicos em Radiologia Baseado em Realidade Virtual Não Imersiva. *In: Proceedings of VI SVR – Symposium on Virtual Reality*, Ribeirão Preto, 2003. p. 461-466.

FLASAR, J. *3D Interaction in Virtual Environment*. 2000. Disponível em <<http://citeseer.ist.psu.edu/flasar00interaction.html>> Acesso em: 17 out. 2008.

FREITAS, C. M. D. S.; NAVARRE, D.; NEDEL, L. P.; PALANQUE, P.; SCHYN, A. Usando Modelagem Formal para Especificar Interação em Ambientes Virtuais: Por que? *In: Proceedings of VI SVR – Symposium on Virtual Reality*, Ribeirão Preto, 2003. p. 150-157.

FORSBERG, A.; HERNDON, K.; ZELEZNIK, R. Aperture Based Selection from Immersive Virtual Environments. *In: 9<sup>th</sup> Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, Seattle, Washington, USA, 1996. *Proceedings of the 9<sup>th</sup> Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, Seattle, Washington, USA, 1996. p. 95-96.

FUKATSU, S.; KISHINO, F.; KITAMURA, Y.; MASAKI, T. Intuitive Navigation in a Enormous Virtual Environment. *ICAT – International Conference a Artificial Reality and Tele-Existence*. 1998. Disponível em: <<http://www-human.ist.osaka-u.ac.jp/IMCP/papers/icat98.pdf>> Acesso em: 10 maio. 2008.

GARCIA, M. de B.; GONÇALVES, A. S.; JR, R. D. de S.; MEIGUINS, B. S.; SANTOS, D. N. A. Interação em Ambientes Virtuais Tridimensionais Utilizando Comandos de Voz. *In: Proceedings of VI SVR – Symposium on Virtual Reality*, Ribeirão Preto, 2003.

GRANTZ, V.; ROESSLER, A. *Performance Evaluation of Input Devices in Virtual Environments*. *In: IFIP Conference Proceedings; Vol. 133*. 1998. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?id=647034.715270>> Acesso em: 28 jan. 2008.

GREENLEAF, W. J. *Medical Applications of Virtual Reality. Overview*, 2004.

GNECCO, B. B.; GUIMARÃES, M de P.; DAMAZIO, R. Livro do *IX Symposium on Virtual and Augmented Reality: Realidade Virtual Conceitos e Aumentada – Conceitos, Projetos e Aplicações*. Editora SBC (Sociedade Brasileira de Computação), Petrópolis – RJ, 2007.p. 79.

HADWIGER, M. PARSEC: *Enhancing Realism of Real-Time Graphics Through Multiple Layer Rendering and Particle System*. Disponível em <<http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/1298/http:zSzzSzwww.cg.tuwien.ac.atzSzzstudentworkzSzCESCG98zSzMHadwigerzSzpaper.pdf/parsec-enhancing-realism-of.pdf>> Acesso em: 12 out. 2008.



HSU, J. *Active Interaction Devices*. Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/scivw/EVE/I.D.1.a.ActiveInteraction.html>> Acesso em: 10 maio. 2008.

HUFF, R.; SILVA, I. C. S. da; VASCONCELOS, A. B. Seleção de Objetos em Ambientes Virtuais com *Mouse 3D*. UFRGS – Universidade do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2006. Disponível em: <<http://www.inf.ufrgs.br/cg/publications/huff/huff-svr-2006.pdf>> Acesso em: 11 jan. 2008.

KELNER, J.; TEICHRIEB, V. Livro do *IX Symposium on Virtual and Augmented Reality: Realidade Virtual Conceitos e Aumentada – Conceitos, Projetos e Aplicações*. Editora SBC (Sociedade Brasileira de Computação), Petrópolis – RJ, 2007.p. 55.

KENNEDY, R. S.; MOURANT, R. R.; STANNEY, K. M. *Human Factors Issues in Virtual Environments: A Review of the Literature*. MIT, 1998. Disponível em: <<http://web.mit.edu/16.459/www/Stanney.pdf>> Acesso em: 10 dez. 2007.

KIM, Y. J.; LIN, M. C.; MANOCHA, D.; OTADUY, M. A. *Six-Degree-of-Freedom Haptic Display Using Localized Contact Computations*. 2002. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/26325/http:zSzzSzgamma.cs.unc.edu:zS6DOFLC/CzSzhaptic02.pdf/kim02sixdegreefreedom.pdf>> Acesso em: 14 fev. 2008.

KIRNER, C.; SISCOOTTO, R.A. Livro do *IX Symposium on Virtual and Augmented Reality: Realidade Virtual Conceitos e Aumentada – Conceitos, Projetos e Aplicações*. Editora SBC (Sociedade Brasileira de Computação), Petrópolis – RJ, 2007.p. 07.

KIRNER, T. G.; SALVADOR, V F. M. Livro do *IX Symposium on Virtual and Augmented Reality: Realidade Virtual Conceitos e Aumentada – Conceitos, Projetos e Aplicações*. Editora SBC (Sociedade Brasileira de Computação), Petrópolis – RJ, 2007.p. 95.

KOPPER, R. A. P.; PINHO, M. S.; RIEDER, R.; SANTOS, M. C. C. dos; SILVA, F. B. de A. e; TROMBETTA, A. B. Uma Avaliação Sobre o Uso de Estímulos Táteis em um Ambiente Virtual. In: *VIII Symposium on Virtual Reality (SVR) – Belém, PA - 2006*. CD-ROM.

LIU, A.; TENDICK, F.; CLEARY, K.; KAUFMANN, C. A Survey of Surgical Simulation: Application, Technology and Education. In: MIT Press, vol. 12, Dezembro, 2003.

MACHADO, L. S. A Realidade Virtual no Modelamento e Simulação de Procedimentos Invasivos em Oncologia Pediátrica: Um Estudo de Caso no Transplante de Medula Óssea.

2003, 130 f. Grau: Tese (Doutorado em Engenharia) Departamento de Engenharia de Sistema Eletrônicos da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3142/tde-07052003-123257/>> . Acesso em: 25 jul. 2008.

MACHADO, L. dos S. A Realidade Virtual no Modelamento e Simulação de Procedimentos Invasivos em Oncologia Pediátrica: Um Estudo de Caso No Transplante de Medulo Óssea. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003. (a)

MACHADO, L. dos S.; NETTO, A. V.; OLIVEIRA, M. C. F. de. Realidade Virtual – Fundamentos e Aplicações. Visual Books Editora: Florianópolis, 2002. p. 38-40.

MACHADO, L. dos S. Aplicações da Realidade Virtual em Cirurgias. Livro do *VII Symposium on Virtual Reality: Realidade Virtual – Conceitos e Tendências*. Editora Mania de Livro: São Paulo, 2004. p. 271 (a)

MACHADO, L.S.; CAMPOS, S.F.; CUNHA, Í.L.L.; MORAES, R.M. (2004) Cybermed: Realidade Virtual para Ensino Médico. IFMBE Proceedings. v. 5, p. 573-576.

MINE, M. R. *Virtual Environment Interaction Techniques*. 1995. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/1796/ftp:zSzzSzftp.cs.unc.edu/zSzpubzSztechnical-reportszSz95-018.pdf/mine95virtual.pdf>> Acesso em: 10 dez. 2007.

MONTERO, E. F. de S.; ZANCHET, D. J. Realidade Virtual e a Medicina. *Scientific Electronic Library Online, Acta Cirúrgica Brasileira*, Vol.18, nº5, São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/acb/v18n5/17446.pdf>>. Acesso em 11 jul. 2008.

NETO, A. V.; MACHADO, L. S.; OLIVEIRA, M. C. F. Realidade Virtual. Florianópolis, Visual Books, 2002.

NETTO, A. V.; MACHADO, L. S.; Realidade Virtual – Definições, Dispositivos e Aplicações. Revista Eletrônica de Iniciação Científica, Porto Alegre, v. 2, n. 1, p. 21-50, 2002.

NUNES, F. L. S.; COSTA, R. M. E. M. Realidade Virtual e Aumentada na Prática. Livro dos Minicursos do *X Symposium on Virtual and Augmented Reality*, João Pessoa, 2008. p. 134.

NUNES, F. L. S.; COSTA, R. M. E. M.; OLIVEIRA, A. C. M. T. G.; DELFINO, S. R.; PARAVINI, L.; RODELLO, I. A.; BREGA, J. R. F.; SEMENTILLE, Antônio C. Livro do *IX Symposium on Virtual and Augmented Reality: Realidade Virtual Conceitos e Aumentada* –

Conceitos, Projetos e Aplicações. Editora SBC (Sociedade Brasileira de Computação), Petrópolis – RJ, 2007.p. 240.

OLIVEIRA, A. C. M. T. G. de. *ViMet – Concepção e Implementação de um Framework para simulação de exames de punção usando Realidade Virtual*. In: Anais do Symposium on Virtual Reality, Petrópolis, RJ, 2007.p. 253-262.

OLIVEIRA, A. C. M. T. G. de. Projeto e Implementação de um Framework para Aplicações de Treinamento Médico usando Realidade Virtual, p. 137 - Dissertação de Mestrado em Ciência da Computação – Centro Universitário Eurípides de Marília , 2007(a) . Disponível em : < [http://www.fundanet.br/\\_ppgcc/detalhe.asp?reg=63&lng=1](http://www.fundanet.br/_ppgcc/detalhe.asp?reg=63&lng=1) >. Acesso em 19 fev. 2008.

OOMS, M. *Measuring presence and awareness of external events*. Universidade de Twente, 2004. Disponível em: <[http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs2/94/http:zSzzSzreferaat.ewi.utwente.nlzSzdOCUMENTS2004\\_01\\_C-Intelligent\\_InteractionzS2004\\_01\\_C\\_M.J.Ooms-Measuring\\_presence\\_and\\_awareness\\_of\\_external\\_events.pdf/measuring-presence-and-awareness.pdf](http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs2/94/http:zSzzSzreferaat.ewi.utwente.nlzSzdOCUMENTS2004_01_C-Intelligent_InteractionzS2004_01_C_M.J.Ooms-Measuring_presence_and_awareness_of_external_events.pdf/measuring-presence-and-awareness.pdf)> Acesso em: 19 fev. 2008.

PINHO, M. S.; REBELO, I. B. Interação em Ambientes Virtuais Imersivos. Livro do VII Symposium on Virtual Reality: Realidade Virtual – Conceitos e Tendências. Editora Mania de Livro: São Paulo, 2004. p. 109

PINHO, M. S. Interação em Ambientes Tridimensionais. Minicurso. In: WORKSHOP DE REALIDADE VIRTUAL, Gramado, RS, 2000. Disponível em: <<http://www.inf.pucrs.br/~pinho/3DInteraction/>>. Acesso em: 10 out. 2008.

RIVA, G. Applications of Virtual Environments in Medicine. Instituto Autológico Italiano, Milan, Itália, 2003. Disponível em: <[http://www.cybertherapy.info/MIM\\_0161\\_Riva.pdf](http://www.cybertherapy.info/MIM_0161_Riva.pdf)> Acesso em: 10 out. 2008. p. 524-534.

RODRIGUES, S. G. ADVICE - Um Ambiente Virtual Colaborativo para o Ensino a Distância. Dissertação de Mestrado. Departamento de Sistemas e Computação do Instituto Militar de Engenharia. 2004.

SATALICH, G. A. *Navigation and Wayfinding in Virtual Reality: Finding Proper Tools and Cues to Enhance Navigation Awareness*.2006 Disponível em: <<http://www.hitl.washington.edu/publications/satalich/ref.html>> Acesso em: 10 out. 2008.

SABBATINI, R. M. E. Realidade Virtual no Ensino Médico. Informática Médica, Campinas, 1999. Disponível em:

<<http://www.informaticamedica.org.br/informaticamedica/n0202/sabbatini.htm>>. Acesso em: 02 jun. 2008.

SCHNEIDERMAN, B. E.; PLAISANT, C. *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*, Boston., Addison-Wesley Publishers, 2004.

STANNEY, K. M.; MOLLAGHASEMI M.; REEVES L.; BREAUX R.; GRAEBER D A.; Usability Engineering of Virtual Environments (VEs): Identifying Multiple Criteria that Drive Effective VE System Design. *International Journal of Human-Computer Studies*, v. 58, n. 4, p. 447- 481, 2003.

SOUZA, D. F. L.; VALDEK, M. C. O.; MORAES, R. M.; MACHADO, L. S. SITEG – Sistema Interativo de Treinamento em Exame Ginecológico. In: *Proceedings of VIII Symposium on Virtual Reality (SVR)*, Belém – PR, 2006.

SUN. *Java 3D General Stereo Setup*. Disponível em: <<http://java.sun.com/javase/technologies/desktop/java3d/releases.html> >. Acesso em abril de 2008.

SUN. *Java Native Interface Specification*. Disponível em: <<http://java.sun.com/j2se/1.4.2/docs/guide/jni/spec/jniTOC.html>>. Acesso em: 20 fev. 2008 (a).

THALMANN, D. *Using Virtual Reality Techniques*. Disponível em: <[http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/27653/http:zSzzSzvrlab.epfl.chzSzPublicationszSzpdfzSzThalman\\_VRS\\_93.pdf/using-virtual-reality-techniques.pdf](http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/27653/http:zSzzSzvrlab.epfl.chzSzPublicationszSzpdfzSzThalman_VRS_93.pdf/using-virtual-reality-techniques.pdf)> Acesso em: 02 out. 2008.

ZIEGELER, S. B. *Using Virtual Environments to Visualize Atmospheric Data: Can It Improve a Meteorologist's Potential to Analyze the Information?* 2002. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/cache/papers/cs/26818/http:zSzzSzwww.erc.msstate.eduzSzvailzSzpubszSz2002zSzsean01.pdf/ziegeler02using.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2007.

*5DT Fifth Dimension Technologies*. Disponível em: <<http://www.5dt.com/hardware.html>> Acesso em: 06 mar. 2008.

## APÊNDICE A - Questionário

**Questionário Pré-Teste**

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_

1. Sobre Realidade Virtual, envolvendo a utilização de dispositivos, qual é o seu nível de conhecimento?

( ) Conheço o termo Realidade Virtual (definição, aplicações etc), e já utilizei dispositivos de Realidade Virtual

( ) Conheço o termo Realidade Virtual (definição, aplicações etc), e nunca utilizei dispositivos de Realidade Virtual

( ) Não sei o que significa Realidade Virtual

2. Se assinalar a primeira alternativa da Questão 1, identifique os dispositivos que já usou:

( ) Dispositivo háptico

( ) Luva de dados

( ) Capacete

( ) Óculos estereoscópicos

( ) Outro(s): \_\_\_\_\_

3. Sobre a execução de procedimentos de biópsia, qual é o seu nível de conhecimento?

( ) Sou da área médica (estudante de medicina ou médico), e executo estes tipos de procedimentos.

( ) Sou da área médica (estudante de medicina ou médico), entretanto, ainda não executo estes tipos de procedimentos.

( ) Não sou da área médica e não executo estes tipos de procedimentos.

4. Se assinalar a primeira alternativa, identificar:

Tempo de experiência nestes tipos de procedimentos: \_\_\_\_\_

Média do número de procedimentos realizados: \_\_\_\_\_

5. Na sua opinião, simuladores podem auxiliar no aprendizado de procedimentos médicos, como punção?

( ) Sim, simuladores podem ser considerados de grande importância no aprendizado de procedimentos médicos

( ) Sim, entretanto, precisam ser aperfeiçoados

( ) Ainda não podem auxiliar no aprendizado

## Questionário Pós-Teste

Nome: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_

- Com relação aos dispositivos não-convencionais (equipamento háptico e luva de dados), como se sentiu ao utilizá-los?
  - ( ) Sem grandes dificuldades com a luva de dados, pois já participei de atividades com este equipamento ou adaptei-me de forma rápida a ele durante os testes
  - ( ) Sem grandes dificuldades com o dispositivo háptico, pois já participei de atividades com este equipamento ou adaptei-me de forma rápida a ele durante os testes
  - ( ) Senti algumas dificuldades para adaptar-me a luva de dados, mas não tive problemas com o dispositivo háptico
  - ( ) Senti algumas dificuldades para adaptar-me ao dispositivo háptico, mas não tive problemas com a luva de dados
  - ( ) Não me senti bem com nenhum dos dispositivos
  
- 6. A tarefa a ser realizada no Ambiente Virtual foi explicada ?
  - ( ) De forma clara
  - ( ) Parcialmente clara, deixando algumas dúvidas
  - ( ) Não foi bem explicada
  
- 7. Em uma escala de 1 a 4, defina os dispositivos de acordo com a facilidade de uso (o mais fácil deve receber o valor 1, e assim sucessivamente).
  - ( ) *Mouse*
  - ( ) Teclado
  - ( ) Luva de dados
  - ( ) Dispositivo háptico
  
- 8. No que diz respeito ao aspecto visual, pode-se dizer que a montagem do Ambiente Virtual (aparência e comportamento dos objetos virtuais):
  - ( ) Teve importante papel na realização da simulação de treinamento

Pouco contribuiu para a realização da simulação de treinamento

Não contribuiu para a realização da simulação de treinamento

9. No que diz respeito à utilização de dispositivos convencionais, pode-se dizer que:

Tiveram importante papel na realização da simulação de treinamento

Pouco contribuiu para a realização da simulação de treinamento

Contribuíram satisfatoriamente para a realização da simulação de treinamento, quando foram combinados com os dispositivos não-convencionais

Contribuíram parcialmente para a realização da simulação de treinamento, quando foram combinados com os dispositivos não-convencionais

Não contribuíram de forma nenhuma para a realização da simulação de treinamento

10. No que diz respeito à utilização de dispositivos não-convencionais, pode-se dizer que:

Tiveram importante papel na realização da simulação de treinamento.

Pouco contribuiu para a realização da simulação de treinamento.

Contribuíram satisfatoriamente para a realização da simulação de treinamento, quando foram combinados com os dispositivos convencionais.

Contribuíram parcialmente para a realização da simulação de treinamento, quando foram combinados com os dispositivos convencionais.

Não contribuíram de forma nenhuma para a realização da simulação de treinamento.

11. Sobre a combinação de dispositivos, em uma escala de 1 a 4, qual lhe agradou mais e contribuiu de forma satisfatória na realização da tarefa? A melhor combinação deve receber o valor 1, e assim sucessivamente, até o valor 4.

Dispositivo háptico e luva de dados

Dispositivo háptico e teclado

*Mouse* e luva de dados

*Mouse* e teclado

12. Na sua opinião, simuladores podem auxiliar no aprendizado de procedimentos médicos, como exames de biópsia?



- ( ) Sim, simuladores podem ser considerados de grande importância no aprendizado de procedimentos médicos
- ( ) Sim, entretanto, precisam ser aperfeiçoados
- ( ) Ainda não podem auxiliar no aprendizado

13. Que tipo de procedimentos em Medicina podem ser beneficiados com simuladores virtuais?

---

14. Se deseja apresentar sugestões, críticas, idéias, comentários, ou até mesmo, descrever sua experiência, por gentileza, utilize o espaço abaixo:

---