

FUNDAÇÃO DE ENSINO “EURÍPIDES SOARES DA ROCHA”
CENTRO UNIVERSITÁRIO “EURÍPIDES DE MARÍLIA” - UNIVEM
PROGRAMA DE MESTRADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

LUCILENA DE LIMA

**PROTÓTIPO DE FERRAMENTA DE REALIDADE VIRTUAL PARA
SIMULAÇÃO DE EXAME DE PUNÇÃO DA MAMA**

MARÍLIA
2004

LUCILENA DE LIMA

**PROTÓTIPO DE FERRAMENTA DE REALIDADE VIRTUAL PARA
SIMULAÇÃO DE EXAME DE PUNÇÃO DA MAMA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado do Centro Universitário Eurípides de Marília, mantido pela Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha, para obtenção do Título de Mestre em Ciência da Computação.

Orientador

Prof^a. Dra. Fátima de Lourdes dos Santos Nunes Marques

MARÍLIA
2004

LUCILENA DE LIMA

PROTÓTIPO DE FERRAMENTA DE REALIDADE VIRTUAL PARA
SIMULAÇÃO DE EXAME DE PUNÇÃO DA MAMA

Banca examinadora da dissertação apresentada ao Programa de Mestrado da UNIVEM, F.E.E.S.R., para obtenção do Título de Mestre em Ciência da Computação.

Resultado: _____

ORIENTADOR: Prof. Dr. _____

1º EXAMINADOR: _____

2º EXAMINADOR: _____

Marília, 20 DE Agosto de 2004.

AGRADECIMENTOS

À Profa Dr^a. Fátima de Lourdes dos Santos Nunes Marques pela facilidade de iluminar o túnel nas horas críticas, pelo desprendimento e doação.

Ao Prof Dr. Jorge Luis e Silva, pela disposição contínua em ajudar.

À Beth pela presença sempre amiga.

Aos meus pais por não me deixarem desanimar.

Ao meu filho, Pedro que mesmo tão pequeno, soube aceitar e entender a minha ausência.

A todas os amigos (Claudiomar, Celso, Diogo, Rafael, Marcello) que contribuíram indiretamente com a pesquisa.

A Deus, por me dar boa saúde, para trabalhar e não desistir.

LIMA, Lucilena de. **Protótipo de Ferramenta de Realidade Virtual para Simulação do Exame de Punção da Mama**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha, Marília, 2004.

RESUMO

A Realidade Virtual é uma grande aliada para a construção de ferramentas virtuais de simulação e, neste campo, a área de treinamento médico pode ser muito beneficiada. Ferramentas que simulam procedimentos médicos podem ser construídas com a finalidade de treinar profissionais para a execução de ações que requerem precisão e eficácia. O exame de punção de mama é um procedimento médico que tem a finalidade de confirmar ou descartar a existência de um tumor maligno em um paciente com suspeita de câncer de mama. Este trabalho tem o objetivo de desenvolver uma ferramenta de Realidade Virtual que permita a usuários (alunos de Medicina ou profissionais recém-formados) treinar os procedimentos para a realização do exame de punção da mama. Utilizando objetos sintéticos tridimensionais e equipamentos convencionais, o aplicativo simula os procedimentos da punção da mama, fornecendo *feedback* às ações do usuário, por meio de técnicas de Realidade Virtual.

Palavras-chave: Realidade Virtual. Medicina. Simulador.

LIMA, Lucilena de. **Protótipo de Ferramenta de Realidade Virtual para Simulação do Exame de Punção da Mama**. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) - Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino Eurípides Soares da Rocha, Marília, 2004.

ABSTRACT

Virtual Reality is a great ally for the construction of virtual tools of simulation and, in this field, the medical training area can be benefited. Tools that simulated medical procedure can be made for training professionals for the execution of precise and efficient movements. The aspiration examination of breast is a medical procedure with has the purpose to confirm or to dismiss the existence of a malign tumor in a patient with breast cancer suspicion. This work has the purpose to develop an instrument of Virtual Reality to allow users (medicine students or professionals newly graduated) to training the procedures for the accomplishment of a female breast examination. Using three-dimensional synthetic objects and conventional equipments, the application simulates the procedures of a aspiration of a female breast through the tridimensional models produced by computer and, to provide a feedback for user's movement through techniques of Virtual Reality.

Keywords: Virtual Reality. Medicina. Simulator.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1: Dispositivo Háptico PHANTOM Premium 1.5is (Fonte: www.sensable.com/products/phantom_ghost/phantom.asp).....	18
Figura 1.2: Treinamento para Oncologia Pediátrica (Fonte: MACHADO, 2003).....	20
Figura 1.3: Treinamento de sutura através de laparoscopia (Fonte: WATERWORTH, 1999)	21
Figura 1.4: Aplicação em Realidade Virtual para tratamento de Fobia (a) – ambiente modelado através da aplicação e (b) – resultado do tratamento (Fonte: http://www.hitl.washington.edu/projects/exposure/)	22
Figura 1.5: Simulação de cirurgia Crânio Facial (Fonte: WATERWORTH, 1999)	24
Figura 1.6: Exemplo da junção de técnicas de imageamento para visualização tridimensional (Fonte: WATERWOTH, 1999)	25
Figura 1.7: Simulação Cirurgia dos olhos (Fonte: http://www.bitc.gatech.edu/bitcprojects/eye_sim/eye_surg_sim.html)	26
Figura 1.8: Treinamento de Cirurgia Endoscópica – KISMET (Fonte: http://iregt1.iai.fzk.de/KISMET/kis_apps_med.html)	27
Figura 1.9 – Simulação e treinamento para cirurgia minimamente invasiva – "Karlsruhe Endoscopic Surgery Trainer" – KISMET (Fonte: www-kismet.iai.fzk.de/VRTRAIN/phD_main.html)	27
Figura 2.1: Incidência do câncer de mama por região no Brasil (Fonte: INCA (a), 2003)	30
Figura 2.2: Exame mamográfico: (a) posição crânio-caudal; (b) posição médio-lateral-oblíqua (Fonte: http://www.ghc.com.br).	33
Figura 2.3: Mamografias (a) – Crânio-Caudal e (b) – Médio-Lateral-Oblíqua (Fonte: http://www.sel.eesc.sc.usp.br/ladi/portal/mamografia.html).....	34

Figura 2.4: Exame citológico (Fonte: INCA(a), 2003).....	34
Figura 2.5: Exame histopatológico (Fonte: INCA(a), 2003)	35
Figura 2.6: Diagrama representando a estrutura da mama (Fonte: INCA(a), 2003)	36
Figura 2.7: Biópsia da mama por meio da Punção Aspirativa por Agulha (a) Diagrama esquemático (Fonte: www.lincx.com.br) (b) Exame real (Fonte : www.doencasdama.com.br).....	37
Figura 2.8: Punção Aspirativa por Agulha Fina(PAAF) (Fonte: www.lincx.com.r)	38
Figura 2.9: Pontos para possíveis incisões (Fonte: www.lincx.com.r).....	40
Figura 2.10: PAAF – Técnica à mão livre	41
Figura 2.11: PAAF – Técnica de Pistola de Pressão	42
Figura 2.12: PAAF – Técnica de dispositivo autovácuo	42
Figura 3.1: Módulos funcionais do protótipo do simulador para exame de punção da mama.	45
Figura 3.2: Etapas de desenvolvimento	46
Figura 3.3: Grafo de uma possível cena em Java 3D (BOUVIER, 2001)	48
Figura 3.4: Grafo de cena do protótipo construído.....	50
Figura 3.5: Par de imagens mamográficas	51
Figura 3.6: Objeto 3D – mama	52
Figura 3.7: Trecho de código para incluir objetos na cena 3D.....	52
Figura 3.8: Objeto mama com deformação previamente modelada.....	53

Figura 3.9: Exemplo de nódulo	54
Figura 3.10: Interface com imagens mamográficas.....	54
Figura 3.11: Objeto 3D – seringa	55
Figura 3.12: Partes da seringa: (a) agulha; (b) tubo; (c) êmbolo.....	56
Figura 3.13: Classes implementadas para a construção do protótipo	57
Figura 3.14: Tela Inicial do exame de punção – Seleção de caso.	58
Figura 3.15: Trecho de código para conexão com o SGBD.....	59
Figura 3.16: Modelo de Dados	59
Figura 3.17: Trecho do código da classe PacienteDB.Java que insere dados na tabela Paciente.	60
Figura 3.18: Tratamento do nome das imagens de raio-x do paciente.	61
Figura 3.19: Tela para inserção, edição e exclusão de casos	62
Figura 3.20: Tela para digitação de novos casos.	62
Figura 3.21: Tela para selecionar as imagens mamográficas do paciente.	63
Figura 3.22: Tela com caso selecionado e cena 3D renderizada para a realização do exame de punção.	64
Figura 3.23: Trecho de código para controle de translação e rotação do mouse.....	64
Figura 3.24: Diferentes posições da seringa antes da incisão	65
Figura 3.25: Trecho de código para controle do vaivém do êmbolo	65

Figura 3.26: Tela com troca de mama – simulando deformação.....	66
Figura 3.27: Trecho de código para permissão de mudança da cena 3D em tempo de execução	67
Figura 3.28:Cena 3D renderizada com a lâmina	68
Figura 3.29: Tela final do exame quando este foi realizado com sucesso.	68
Figura 4.1: Detecção colisão antes do contato dos objetos mama e seringa.....	71

LISTA DE ABREVIATURAS

3D:	Tridimensional
6DOF:	Seis graus de liberdade
API:	<i>Application Programming Interface</i>
BFA:	Biópsia por Fragmento com Agulha
INCA:	Instituto Nacional do Câncer
JDK:	<i>Java Development Kit</i>
KISMET:	<i>Karlsruhe Endoscopic Surgery Trainer</i>
PAAF:	Punção Aspirativa por Agulha Fina
PC:	Computador Pessoal
RMN:	Ressonância Magnética Nuclear
SGBD:	Sistema Gerenciador de Banco de dados
SQL:	<i>Structure Query Language</i>
TC:	Tomografia Computadorizada
TEP:	Tomografia por Emissão de Positron
UICC:	União Internacional Contra o Câncer
WTC:	<i>Washington Technology Center</i>

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
CAPÍTULO 1 - APLICAÇÕES DE REALIDADE VIRTUAL EM MEDICINA.....	16
1.1 Conceitos Básicos sobre Realidade Virtual	16
1.2 Realidade Virtual aplicada à Medicina	19
1.3 Simulação e Treinamento de Cirurgias	22
1.4 Procedimento Médico Invasivo e Treinamento Médico.....	28
CAPÍTULO 2 - CÂNCER DE MAMA E PUNÇÃO ASPIRATIVA	30
2.1 Magnitude do Problema.....	30
2.2 Estrutura da Mama.....	35
2.3 Punção Aspirativa por Agulha.....	36
2.4 Punção Aspirativa por Agulha Fina (PAAF)	38
2.4.1 Técnicas para realização da PAAF	40
2.5 Treinamento Médico para realização de exame de punção	43
CAPÍTULO 3 - CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO PARA SIMULAÇÃO.....	44
3.1 Descrição Geral do Protótipo.....	44
3.2 Apresentação da API Java 3D	47
3.3 Modelagem estrutural	50
3.4 Modelagem de equipamentos.....	55
3.5 Ferramenta de simulação.....	57
3.5.1 Módulo Banco de Dados.....	59
3.5.2 Módulo Exame de punção	63
CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	69
4.1 Modelagem e Interação	69
4.2 Opinião de Usuários	72
4.3 Avaliação Tecnológica.....	74
4.4 Considerações Finais.....	75
CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES	76
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	78

INTRODUÇÃO

Os avanços da computação e o desenvolvimento de novas tecnologias vêm proporcionando uma revolução em diversas áreas do conhecimento. Uma das áreas mais beneficiadas com esses avanços é a área de Saúde e, em especial, a Medicina.

A junção da computação à Medicina proporciona maior agilidade e confiabilidade aos exames médicos, o planejamento mais eficiente de procedimentos e atos cirúrgicos, além de viabilizar o treinamento de estudantes de Medicina através de sistemas computacionais baseados nas tecnologias da Realidade Virtual (SZÉKELY et al., 1999; ALMEIDA, 1998).

O avanço na arquitetura dos computadores, principalmente em relação à capacidade de processamento e memória, velocidade e segurança pode proporcionar um processamento próximo ao tempo real, característica essencial para as ferramentas de simulação da área médica. Atualmente a diminuição de preço de alguns equipamentos especiais utilizados em Realidade Virtual determina a grande euforia dos pesquisadores da área (NETTO et al., 2002).

Os recursos computacionais aplicados à Medicina permitem a visualização de imagens de órgãos internos em três dimensões, possibilitando o estudo das estruturas internas sem a necessidade da utilização de técnicas invasivas para o paciente. Muitos dos equipamentos de aquisição de imagens são baseados em mini e microcomputadores, como: Tomografia Computadorizada (TC), Ressonância Magnética Nuclear (RMN), entre outros. Essas técnicas proporcionam a aquisição da imagem já na forma digital, facilitando ainda mais o processo de visualização. A aplicação de técnicas de visualização tridimensional tem concentrado grande parte dos esforços dedicados à área médica, tanto para sistemas de apoio ao diagnóstico, como de apoio ao entendimento da anatomia e doenças humanas (ALMEIDA, 1998).

Um dos tipos de aplicações mais usuais de Realidade Virtual na Medicina é a construção de ferramentas para simulação de procedimentos médicos e atos cirúrgicos. Neste contexto, vários trabalhos estão sendo desenvolvidos em diversos centros de pesquisas no mundo e também no Brasil, como por exemplo: Projeto *Visible Human* (*National Library of Medicine*), Sistema de treinamento para Oncologia Pediátrica (Universidade de São Paulo), Simulador de Cirurgia (Universidade Católica de Brasília), Simulador de Cirurgia de Olhos (*Georgia Institute of Technology and the Medical College of Georgia*), Simulador de Cirurgia para Endoscopia Ginecológica (*Switzerland Swiss Institute of Technology-Zürich*), entre outros.

Considerando os recursos disponíveis em Realidade Virtual, a proposta deste trabalho visa contribuir com o treinamento médico, mais especificamente no treinamento de procedimentos cirúrgicos para auxílio ao diagnóstico precoce do câncer de mama. O câncer de mama é um dos tipos de câncer que mais mata mulheres no mundo. Com exames regulares e preventivos a doença pode ser detectada em seu estágio inicial, o que facilita o tratamento (NUNES, 2001; STOTZKA et al,1998).

Se há uma suspeita de desenvolvimento de um tumor em pacientes, são necessários exames para determinar o tipo de tratamento ou cirurgia mais indicados. Um dos exames que pode ser solicitado pelo médico é a biópsia (exame de punção), que depende de avaliação da história pessoal e familiar da mulher, de alguns fatores de risco e, principalmente, do exame físico e dos exames complementares de imagem (GIANNI e MORI, 2003; INCA(a), 2003).

As lesões mamárias palpáveis, clinicamente suspeitas de malignidade, deverão ser sempre investigadas com mamografia, Punção Aspirativa por Agulha Fina (PAAF), Biópsia de Fragmento com Agulha (BFA ou *Core Biopsy*), biópsia aberta, biópsia de lesão não palpável (agulhamento) ou mamotomia (exame realizado em mamógrafo especial que tira as radiografias da mama ao tempo que permite a punção de material celular do nódulo). Estes

métodos são essenciais para a conclusão do diagnóstico, eliminando as chances de dúvidas em relação ao mesmo, pois são exames que permitem analisar fragmentos do nódulo em laboratório, dando subsídios para determinar se o tumor é benigno ou maligno (FREITAS Jr, 2001; INCA(a), 2003; NUNES, 2001).

Com base nos conceitos de Realidade Virtual e nos procedimentos necessários para a realização do exame de punção de mama, este trabalho apresenta a construção de um protótipo de ferramenta de Realidade Virtual a fim de permitir o treinamento para realização das rotinas inerentes a este exame. Justifica-se a construção de um protótipo devido a duas razões: (a) quantidade muito grande de ações necessárias para simulação do procedimento com realismo e (b) indisponibilidade de equipamentos não convencionais de Realidade Virtual para fornecer condições de simular algumas dessas ações com realismo. Com isso, pretende-se construir uma base de conhecimento em relação às características necessárias para a simulação desse procedimento a fim de que, futuramente, seja possível a implementação de uma ferramenta que simule de fato as ações necessárias para um treinamento efetivo.

Além desta introdução, esta dissertação está organizada em mais seis capítulos, a saber:

Capítulo 1 – Relaciona as Aplicações de Realidade Virtual em Medicina desenvolvidas ou em desenvolvimento no Brasil e no mundo.

Capítulo 2 – Descreve as características do exame de punção aspirativa da mama e fornece informações sobre o câncer de mama.

Capítulo 3 – Apresenta a descrição do protótipo da ferramenta de simulação, descrevendo a metodologia utilizada na sua construção e aspectos relativos às tecnologias empregadas.

Capítulo 4 – Descreve os resultados e discussões a partir do protótipo implementado.

Capítulo 5 – Apresenta as considerações e conclusões finais do trabalho, e por fim, apresenta as Referências Bibliográficas.

CAPÍTULO 1 - APLICAÇÕES DE REALIDADE VIRTUAL EM MEDICINA

1.1 Conceitos Básicos sobre Realidade Virtual

A Realidade Virtual tem apresentado um desenvolvimento acelerado nos últimos anos. O incentivo à pesquisa nesta área e, a diminuição de custos de *hardware* e *software* são alguns dos fatores responsáveis por este desenvolvimento.

Rosen et al. (1996) e Kirner (1996), definem a Realidade Virtual como uma tecnologia gerada por computador que permite a exibição da informação dentro de um mundo simulado, mas com vida, como se fosse real. Neste mundo simulado, os usuários podem mover-se e interagir como se fossem de fato uma parte do mundo.

Burdea (1994) define Realidade Virtual como sendo uma interface de usuário que envolve simulação em tempo real e interações por meio de múltiplos canais sensoriais. Usa sistemas de computação gráfica e pode combinar vários dispositivos de interface para prover o efeito de imersão em um ambiente tridimensional interativo gerado por computador. Em geral, um ambiente de Realidade Virtual apresenta características de imersão em tempo real, através de interações por múltiplos canais sensoriais, baseado em imagens gráficas tridimensionais geradas por computador (WANG e MCKENSIE, 1998). O processamento em tempo real é uma característica muito importante, pois deste depende a sensação de “realidade” que o usuário deve desfrutar ao navegar por um mundo virtual, tendo como principal objetivo fazer com que o participante desfrute de uma sensação de presença no mundo virtual.

Para serem criados, os mundos virtuais precisam ter algumas propriedades pré-definidas. As principais delas são a Cinemática – que define os movimentos dos objetos criados; Geometria – que define a forma dos objetos e estado físico. Além disso, devem determinar os comportamentos que o objeto irá apresentar no caso de ser uma pessoa, animal ou outro ser. Todas essas características permitem considerar a Realidade Virtual um conteúdo interdisciplinar, fazendo com que o seu desenvolvimento dependa de várias áreas do conhecimento.

Enfim, a Realidade Virtual é a representação e visualização de objetos tridimensionais disponibilizados em plataformas que permitam ao usuário manipular e interagir com estes objetos do mundo virtual por meio de dispositivos especiais que oferecem ao mesmo a sensação de imersão no mundo virtual, porém, segundo Kirner (1996), a Realidade Virtual pode acontecer de forma não imersiva em sistemas que utilizam apenas equipamentos convencionais como teclado, monitor de vídeo e mouse.

Assim como os dispositivos convencionais (teclado, mouse e monitor de vídeo) da computação, os não convencionais subdividem-se em dispositivos de entrada e saída. Os dispositivos de entrada permitem a interação do usuário com o mundo virtual, culminando com a renderização de novas cenas 3D. Essa interação é que permite ao usuário a sensação de manipulação do mundo virtual transformando-o de acordo com os seus desejos e/ou necessidades. Segundo Netto (2002) estão incluídos nesse grupo dispositivos como luvas de dados que capturam e reconhecem os movimentos da mão, sensores de trajetória (responsáveis por detectar posição de objetos na cena 3D) e bolas isométricas para movimentação com 6DOF (seis graus de liberdade).

Os dispositivos de saída permitem a visualização da cena como resposta (*feedback*) às interações (entrada) do usuário. Existem duas formas de visualização do mundo real: através do uso de capacetes ou óculos ou por meio de monitor de vídeo do computador. O que

diferencia as duas é que na primeira existem sensores para os movimentos do usuário ligados ao dispositivo visual, enquanto que na segunda isso não ocorre, sendo que tudo vai depender dos comandos do usuário via outro dispositivo de entrada (MACHADO, 2003).

Uma categoria especial de dispositivo não convencional é o háptico. Os dispositivos hápticos ou dispositivos de reação tátil, são equipamentos criados para simular a reação tátil e de força para a mão do usuário, além de permitir estimular a tensão muscular e temperatura. São dispositivos que requerem uma sofisticada interação eletromecânica com o corpo do usuário.

Interfaces hápticas são periféricos computacionais que permitem ao usuário mover instrumentos virtuais no espaço tridimensional e, ao mesmo tempo, sentir a força de retorno (*force feedback*) ao tocar objetos da cena. Assim, estas interfaces se mostram promissoras no ensino de habilidades médicas (COSTA et al., 2001). Um dos dispositivos hápticos utilizados em simulações médicas é o *Personal Haptic Interface Mechanism*, ou PHANTOM, como é mais conhecido. A Figura 1.1 apresenta um modelo deste modelo de dispositivo háptico.

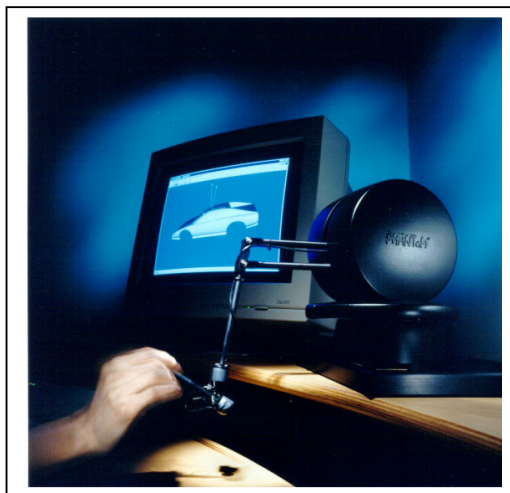


Figura 1.1: Dispositivo Háptico PHANTOM Premium 1.5is (Fonte: www.sensable.com/products/phantom_ghost/phantom.asp)

1.2 Realidade Virtual aplicada à Medicina

Segundo Almeida (1998), a Medicina se mantinha atrasada até a adoção dos computadores, e um dos fatores que levaram a este atraso era a falta de capacidade de processamento de grande quantidade de informações dos computadores mais antigos. Porém, com novas arquiteturas dos computadores, capazes de processar e armazenar informações em larga escala e alta velocidade, a Medicina se rendeu e tem se beneficiado com o uso da tecnologia computacional.

Vários pesquisadores (WATERWORTH, 1999; ROSEN et al., 1996; MACHADO, 2003; MAHONEY, 1999) apresentam a extensa gama de áreas da Medicina nas quais a Realidade Virtual pode ser utilizada, destacando-se: cirurgia remota ou local, planejamento cirúrgico, educação e treinamento médico, tratamento de fobias, angústia psicológica, treinamento de habilidade e redução de dor. Salientam ainda que a Realidade Virtual é usada para a visualização de amplos registros médicos e no planejamento arquitetônico de instalações médicas.

Waterworth (1999) afirma que a área médica, juntamente com jogos e visualização científica, é uma das principais áreas de aplicação para Realidade Virtual. A construção de aplicações médicas de Realidade Virtual foi estimulada inicialmente pela necessidade de médicos em relação à visualização de dados complexos, particularmente para o planejamento e realização de cirurgias, educação e treinamento médico. Estas aplicações se estenderam, e hoje incluem telemedicina e colaboração, no sentido de envolver o compartilhamento de informações por pessoal médico e por locais geograficamente distantes.

De acordo com alguns pesquisadores (MAHONEY, 1999; ROSEN et al., 1996; LIU, 2003) a educação médica foi a primeira área na qual a Realidade Virtual fez uma contribuição significativa. Há provavelmente uma razão principal para isto. A educação é

menos crítica, em termos de sobrevivência do paciente, pois os alunos de Medicina podem treinar e planejar cirurgias em ambientes ou corpos humanos virtuais antes de praticarem suas habilidades nos pacientes reais.

Liu (2003) lembra que simuladores de cirurgia fornecem um ambiente para o médico treinar os procedimentos várias vezes antes de operar um paciente real. Assim, a tecnologia da Realidade Virtual permite ao cirurgião aprender os detalhes da cirurgia, pois provê *feedback* ao profissional em relação ao trabalho executado sobre o modelo gerado por computador. Exemplos de aplicações deste tipo são apresentados na Figura 1.2, que mostra a interface da aplicação desenvolvida por Machado (2003) para treinamento em oncologia pediátrica e a Figura 1.3, que exhibe a interface e a modelagem de instrumentos e órgãos para treinamento em sutura, desenvolvida pela empresa *Boston Dynamics* (WATERWORTH, 1999).

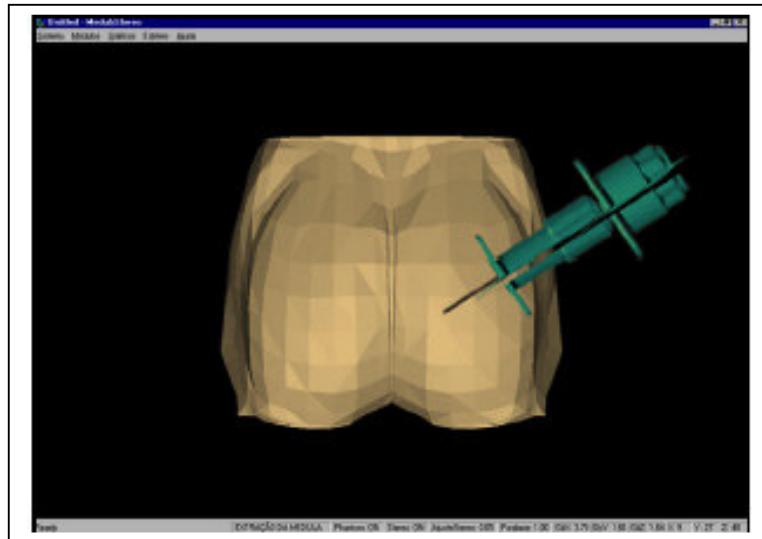


Figura 1.2: Treinamento para Oncologia Pediátrica (Fonte: MACHADO, 2003)

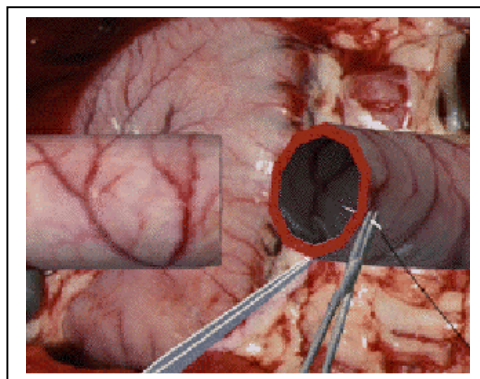


Figura 1.3:Treinamento de sutura através de laparoscopia (Fonte: WATERWORTH, 1999)

Outra área de educação médica citada por Waterworth (1999), e para a qual a Realidade Virtual está sendo aplicada, é desenvolvimento de aplicações para auxiliar no socorro de vítimas de catástrofes que ameaçam e ferem a saúde de um grande número de pessoas, tais como terremotos, incêndio, entre outros. Nas aplicações desta natureza, são usadas técnicas de Realidade Virtual amplamente genéricas para simular uma cena real de desastre. Alunos de Medicina e paramédicos utilizam-se de tais ambientes para aprender a alocar recursos, priorizar casos para o socorro, e assim por diante. O usuário pode caminhar pela cena do desastre, onde são encontradas situações nas quais ele deve tomar decisões.

Mais recentemente, as aplicações de Realidade Virtual em Medicina expandiram-se para incluir a reabilitação física e psiquiátrica, além da diagnóstica. A Realidade Virtual está provando-se surpreendentemente como uma poderosa ferramenta terapêutica para inaptidões mentais e físicas. A Figura 1.4 mostra um exemplo de aplicação usada no tratamento de fobias. A aplicação desenvolvida no *Washington Technology Center* (WTC) em conjunto com a *University of Washington* trata especificamente do problema da fobia a pequenas aranhas. Na aplicação, o paciente é gradualmente submetido a contatos com aranhas modeladas que refletem situações que simulam atividades e ambientes reais, até que seja possível liberá-lo para um contato real.

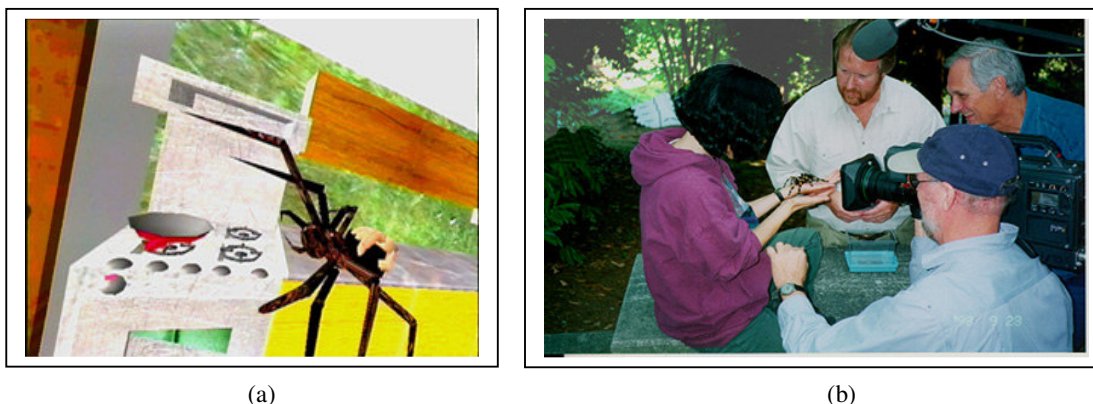


Figura 1.4: Aplicação em Realidade Virtual para tratamento de Fobia (a) – ambiente modelado através da aplicação e (b) – resultado do tratamento (Fonte: <http://www.hitl.washington.edu/projects/exposure/>)

Mahoney (1999) salienta que ainda existem obstáculos para a utilização de simuladores de cirurgia baseado em computador, principalmente dentro da comunidade médica, pois a grande preocupação dos médicos fica em torno do quão real a simulação se apresentará. No entanto, alguns já começam a ser utilizados, como é o caso da escola de Medicina *Penn State's College of Medicine*, que por meio do projeto denominado *Research Project in Surgical Simulation*, começa a treinar alunos de Medicina com uso de simuladores baseados em computador (MAHONEY, 1999).

1.3 Simulação e Treinamento de Cirurgias

Para Székely (1999), a vantagem básica de simuladores baseados em Realidade Virtual é que eles podem – teoricamente –, oferecer um ambiente de treinamento realístico e configurável, tornando-se uma ponte de ligação entre o treinamento e os procedimentos reais executados em intervenções cirúrgicas de pacientes reais.

Sistemas de treinamento cirúrgicos baseados em Realidade Virtual e técnicas de simulação podem representar uma alternativa efetiva, eficiente e mais válida do que métodos

de treinamento tradicionais. Adicionalmente, Realidade Virtual é uma tecnologia que pode ensinar novos procedimentos aos cirurgiões, além de determinar o nível de competência dos médicos antes de operarem em pacientes reais (KÜHNAPFEL et al, 1999).

Monserrat et al. (2003) afirmam que existem várias vantagens no uso de simuladores cirúrgicos frente aos métodos convencionais de treinamento, pois o simulador cirúrgico:

- reduz custos associados com a utilização de cadáveres e animais vivos;
- oferece ganho de experiência aos médicos através de uma grande variedade de patologias e procedimentos complexos;
- permite a visualização dos procedimentos realizados com o objetivo de se estudar as vantagens da técnica e/ou melhorias que podem ser introduzidas na mesma;
- permite a repetição do mesmo procedimento tantas vezes quanto forem necessárias para aprimorá-lo antes de utilizá-lo em pacientes reais;
- permite o conhecimento e o planejamento sobre a anatomia do paciente específico previamente à sua intervenção cirúrgica.

Porém, para manter essas vantagens é necessário que o simulador represente os modelos de forma que esses se comportem e apresentem reação tal como seria na realidade.

A cirurgia depende fortemente dos dados do paciente. No ambiente de Realidade Virtual, para a simulação e planejamento cirúrgico, os cirurgiões interagem com modelos da anatomia de seres humanos. A Figura 1.5 exemplifica esses modelos, apresentando uma simulação de cirurgia para reconstrução crânio facial.

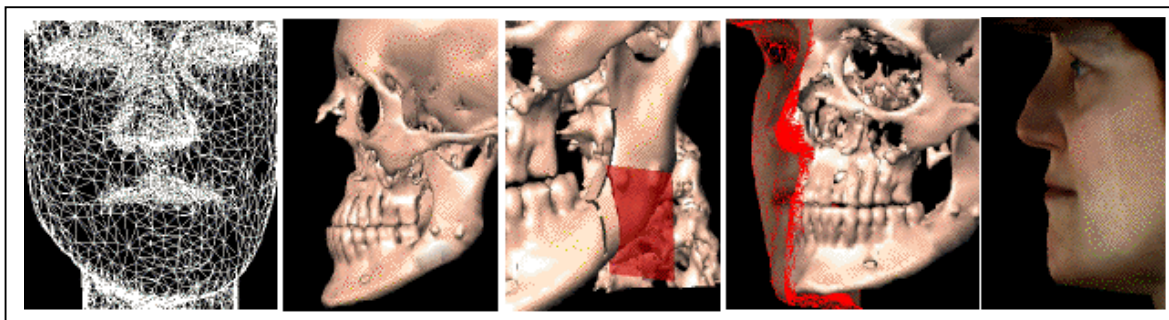


Figura 1.5: Simulação de cirurgia Crânio Facial (Fonte: WATERWORTH, 1999)

Em geral, os procedimentos cirúrgicos são realizados em um modelo que é construído a partir dos dados do paciente. Isto requer obviamente que os modelos sejam tão precisos quanto possível, para refletir a realidade do organismo do paciente (WATERWORTH, 1999; MONSERRAT et al., 2003).

Neste sentido, Székely (1999) lembra que prover ambientes virtuais com visualização correta das informações é indispensável em simulações laparoscópicas se um ambiente realístico é exigido.

Os modelos 3D usados em ambientes de Realidade Virtual médica podem ser sintetizados através de técnicas e ferramentas de computação gráfica ou podem ser construídos a partir de imagens médicas disponibilizadas por técnicas como TC, RMN e Radiografia.

Segundo Waterworth (1999), uma das vantagens da Realidade Virtual, quando são utilizados dados reais obtidos por imageamento é que estes podem vir de diferentes fontes (TC, RMN, Radiografia), podendo ser combinado na mesma visualização tridimensional. Isto é extremamente útil, pois permite a junção de imagens que abordam diferentes aspectos da anatomia, relacionando-os uns aos outros – vasos sanguíneos e ossos, por exemplo. Uma representação desta experiência pode ser vista Figura 1.6 .

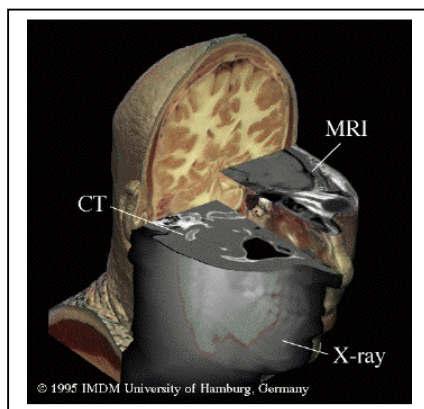


Figura 1.6: Exemplo da junção de técnicas de imageamento para visualização tridimensional (Fonte: WATERWOTH, 1999)

Almeida (1998) salienta os benefícios da fusão de imagens, explicando que cada modalidade de imagem, dependendo do equipamento que a gerou, permite a visualização de características particulares a cada uma. As imagens radiológicas, por exemplo, são ótimas para interpretações anatômicas, porém podem não revelar muito sobre doenças que ainda não afetaram a estrutura anatômica, mas apenas mudaram a função do órgão. Nestas circunstâncias as imagens geradas por equipamentos de Medicina nuclear, TC ou RMN, que são capazes de produzir dados funcionais, são melhores, e a fusão de imagens anatômicas com imagens funcionais pode possibilitar uma análise mais abrangente dos órgãos do paciente. Um exemplo citado por Almeida (1998) é a combinação de TEP (Tomografia por Emissão de Positron) com TC, que torna possível diagnosticar esquizofrenia, sendo este procedimento utilizado em casos reais.

Para Rosen et al. (1996), as principais aplicações de Realidade Virtual em cirurgia podem ser divididas em três áreas: humanos virtuais para treinamento, fusão de humanos virtuais com humanos reais (para a execução de cirurgias) e telemedicina virtual, na qual os

usuários (alunos de Medicina, médicos e outros), compartilham ambientes de decisão para treinamento de múltiplos usuários.

Vários pesquisadores, têm dedicado esforços no desenvolvimento de aplicações para treinamento médico como uma alternativa efetiva e eficiente para os métodos de treinamento tradicionais. Pesquisadores do Instituto de Tecnologia da Geórgia, em conjunto com a Faculdade de Medicina da Geórgia, desenvolveram um simulador de cirurgia do olho, que possibilita avaliação visual e tátil, com *feedback* aos procedimentos do cirurgião ao operar em um modelo de olho criado por computador em um ambiente virtual. Um dos modelos computacionais implementados pela aplicação é visto na Figura 1.7 (PEIFER, 1998). Trabalhos de grande importância também são desenvolvidos a partir do projeto denominado KISMET (*Karlsruhe Endoscopic Surgery Trainer*), que propõe modelos realísticos de técnicas para simulação de Cirurgia Endoscópica, como é apresentado na Figura 1.8 e Figura 1.9 (KÜHNAPFEL et al, 1999).

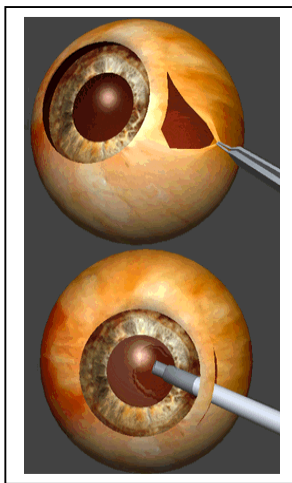


Figura 1.7: Simulação Cirurgia dos olhos (Fonte: http://www.bitc.gatech.edu/bitcprojects/eye_sim/eye_surg_sim.html)

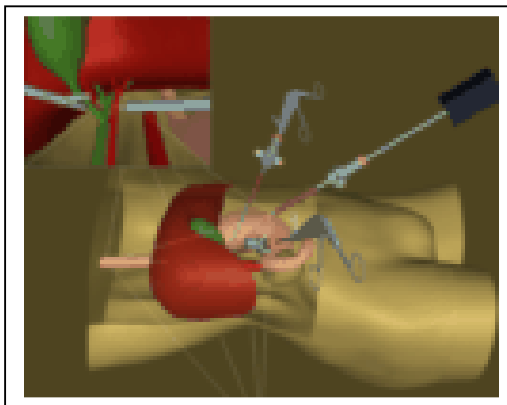


Figura 1.8: Treinamento de Cirurgia Endoscópica – KISMET (Fonte: http://iregt1.iai.fzk.de/KISMET/kis_apps_med.html)

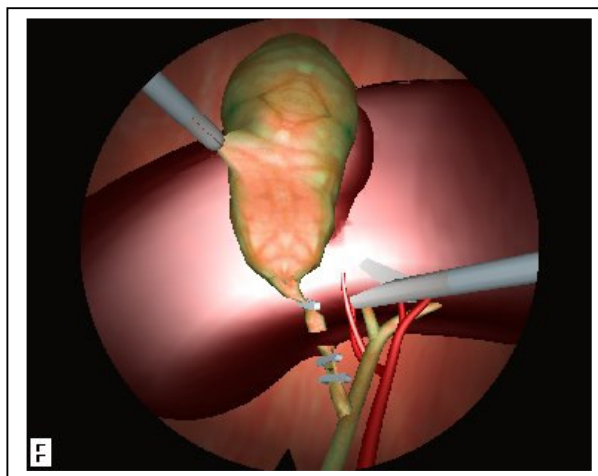


Figura 1.9 – Simulação e treinamento para cirurgia minimamente invasiva – "Karlsruhe Endoscopic Surgery Trainer" – KISMET (Fonte: www-kismet.iai.fzk.de/VRTRAIN/phD_main.html)

O objetivo principal das aplicações apresentadas neste capítulo é contribuir com a melhoria dos serviços médicos prestados à população, oferecendo ferramentas que permitam o treinamento e a visualização de órgãos do interior do corpo humano procurando facilitar o planejamento e agilizar os procedimentos médicos.

1.4 Procedimento Médico Invasivo e Treinamento Médico

Cirurgia mínima invasiva, ou cirurgia endoscópica, é um tipo novo de cirurgia que se torna cada vez mais comum. Neste método, uma operação cirúrgica é executada através de pequenas incisões, de até 10 milímetros, feitas no corpo do paciente e através das quais são inseridos instrumentos para a manipulação dos órgãos. Neste tipo de cirurgia pode ou não haver visualização. Nas cirurgias com visualização, pequenos instrumentos como micrôscopos ou fibra-óptica são inseridos no corpo do paciente e a imagem é transmitida por um monitor de vídeo. A grande vantagem deste tipo de cirurgia é o tempo de recuperação do paciente, além de diminuir o risco de infecção hospitalar (Liu, 2003).

A habilidade de um cirurgião para a realização de uma determinada cirurgia é adquirida por meio de prática e treino. Segundo Liu (2003) e Machado (2003), o treinamento de estudantes em Medicina para a realização de procedimentos invasivos acontece com a utilização de modelos plásticos, cadáveres ou cobaias, como porquinhos-da-índia, ou ,ainda, através da observação do procedimento sendo realizado por médicos experientes. O problema deste método tradicional é que determinadas regiões do corpo humano podem não possuir modelos plásticos, as cobaias podem não corresponder exatamente ao comportamento de um corpo ou órgão humano e os cadáveres, além de oferecer custo alto, podem não representar com extrema exatidão o comportamento de um órgão vivo. No caso da observação, o estudante não pratica efetivamente o procedimento e, assim, não pode adquirir a prática necessária para a sua realização. No modelo atual de educação médica, os estudantes são levados à prática de suas ações cirúrgicas, por meio dos programas de residência médica (Liu, 2003). Ainda segundo Liu (2003), nos Estados Unidos este processo de residência médica

para cirurgiões dura de 5 a 7 anos para estar completo. Além do longo tempo de residência, o estudante fica dependente da existência de pacientes para a realização do seu treinamento.

Na Medicina moderna é comum o surgimento de novos procedimentos que aumentam e se tornam mais complexos, transformando-se em obstáculos à educação médica efetiva, que usa o modelo tradicional. Neste contexto é que os simuladores para treinamento cirúrgico podem oferecer uma grande vantagem em relação ao método tradicional, pois permitem a realização de determinados procedimentos quantas vezes forem necessárias para que o estudante adquira a destreza necessária para a realização em pacientes reais, além de oferecerem ao longo do tempo, uma vantagem em relação ao custo (KÜHNAPFEL et al., 1999, MONSERRAT et al., 2003; LIU, 2003). Inicialmente um sistema de Realidade Virtual pode apresentar um custo relativamente alto devido aos tipos de equipamentos utilizados na construção dos simuladores, porém, ao longo do tempo, este custo é superado pelo fato de se poder utilizar o mesmo ambiente para várias simulações e sempre permitindo a sobrecarga de modelos com dados de pacientes reais, como salientam Waterworth (1999) e Monserrat (2003).

Nos simuladores, os estudantes de Medicina podem praticar em horários pré-estabelecidos, por eles próprios ou por professores, pois, o paciente não precisa estar no hospital para possibilitar o seu treinamento. Outra vantagem deste método, é que os atos do estudante ficam armazenados, permitindo ao professor avaliar a sua conduta (LIU, 2003).

As ferramentas de Realidade Virtual podem ser de grande utilidade para o treinamento de procedimentos minimamente invasivos. É nesse contexto que se insere o presente trabalho, como será visto no próximo capítulo.

CAPÍTULO 2 - CÂNCER DE MAMA E PUNÇÃO ASPIRATIVA

2.1 Magnitude do Problema

O câncer de mama é a neoplasia maligna mais comum nas mulheres (STOTZKA, 1998; NUNES, 2001; FREITAS Jr, 2001). As pesquisas realizadas pelo Instituto Nacional do Câncer (INCA) no Brasil, mostram que a mortalidade de mulheres devido ao câncer de mama vem crescendo nos últimos anos, principalmente na faixa etária entre 40 e 60 anos de idade. A Figura 2.1, mostra a taxa de incidência da doença nas regiões do Brasil.

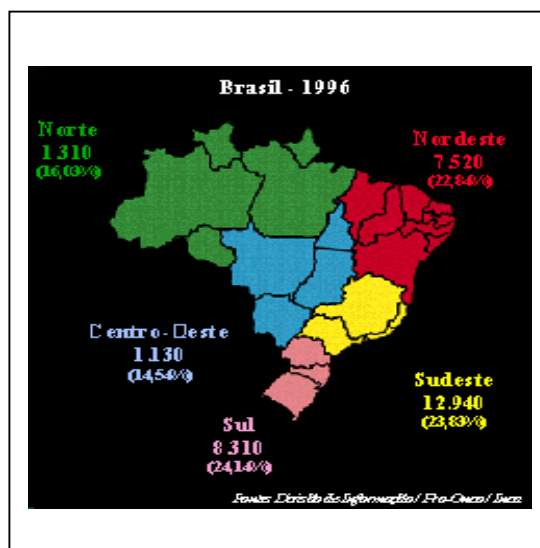


Figura 2.1: Incidência do câncer de mama por região no Brasil (Fonte: INCA (a), 2003)

Em alguns países da Europa e da América do Norte, a taxa de mortalidade tem decrescido na última década. Nos países do oeste europeu, a mortalidade das mulheres entre 20 e 49 anos, devido a câncer de mama decresceu em 16%. Já os Estados Unidos apresenta uma redução de 3,5% ao ano (FREITAS Jr, 2001 *apud* LEVI et al., 2001). Embora esteja diminuindo, os valores mostram que a taxa de mortalidade ainda é muito alta.

Também no Brasil, segundo dados apresentados pelo INCA(b) (2004), o câncer de mama é o que mais causa mortes entre as mulheres. No ano de 2000 foram registrados 8.390 mortes decorrentes deste tipo de câncer. Dos 402.190 novos casos de câncer com previsão de serem diagnosticados em 2003, o câncer de mama será o principal a atingir a população feminina, sendo responsável por 41.610 novos casos.

Para Freitas Jr (2001) a falta de cultura, de orientação e de recursos financeiros e humanos faz com que vários casos de câncer de mama sejam detectados em estágios avançados da doença, quando as chances de mutilação e morte passam a ser significantes.

A escala da malignidade de um câncer segue a classificação dos tumores, criado pela União Internacional Contra o Câncer (UICC), denominado estadiamento, baseando-se no fato de que os tumores seguem um curso biológico comum. Esta avaliação tem como base a dimensão do tumor (T), a avaliação da extensão aos linfonodos (N) e a presença ou não de metástases à distância (M). Após a avaliação destes fatores, os casos são classificados em estágios que variam de I a IV, em escala crescente de gravidade da doença. Portanto, o estadiamento clínico é importante porque permite estabelecer a extensão e a gravidade da doença, planejar o tratamento, dar o prognóstico, ou seja, prever a evolução das enfermidades, e, finalmente, agrupar os casos para estudo e pesquisa (INCA(a), 2003).

Considerando as características mencionadas, o câncer de mama é classificado em quatro estágios:

- I – quando o tumor tem até 2cm, sem qualquer evidência de ter se espalhado pelos gânglios linfáticos próximos;
- II – inclui tumores de até 2cm, mas com envolvimento de gânglios linfáticos ou então, um tumor primário de até 5cm, sem metástases.
- III – quando o tumor tem mais de 5cm e há envolvimento dos gânglios linfáticos da axila do lado da mama afetada;

IV – quando existem metástases distantes, como no fígado, ossos, pulmão, pele ou outras partes do corpo.

Estudos de instituições brasileiras apresentam uma situação crítica, na qual aproximadamente 50% a 75% dos casos de câncer de mama, diagnosticados nos serviços especializados de norte a sul do país, apresentam-se nos estágios III e IV, que são os mais elevados na escala de malignidade. Isto gera um enorme custo psicológico, social e econômico (FREITAS Jr, 2001 *apud* CYPRIANO et al, 1988; FERNANDES, OLIVEIRA, FERNANDES, 1988; CALDEIRA & BUDIN, 1995; CEZAR Jr., 1996).

Com exames regulares e preventivos, a doença pode ser detectada em seu estágio inicial, o que facilita o tratamento (FEIG, 1993), sabendo-se que a descoberta precoce do câncer de mama aumenta a chance de cura da doença (NUNES, 2001; STOTZKA et al 1998; INCA(a), 2003). Para contribuir com a descoberta precoce, vários países estão desenvolvendo programas de *screening* (programas populacionais de detecção precoce do câncer de mama). Segundo Nunes (*apud* Dengler et al. 1993) a prática desses programas têm mostrado que a descoberta precoce do câncer de mama aumenta em até 40% a chance de cura da doença. Alguns centros de pesquisa desenvolvem métodos de diagnóstico auxiliado por computador, que usa técnicas de processamento de imagem para descobrir estruturas suspeitas em imagens da mama (GIGER, 2000; NUNES et al., 1999).

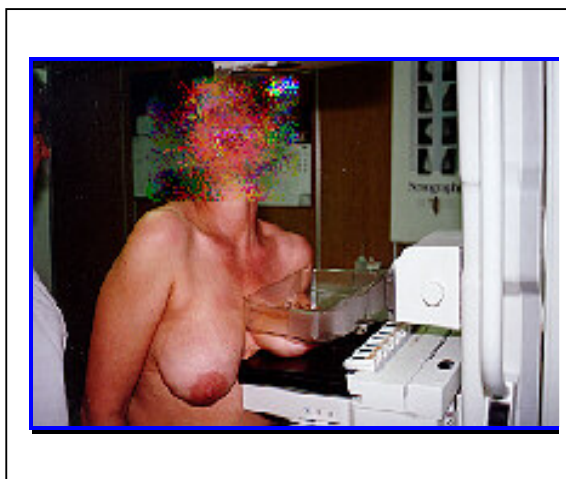
Existem três métodos para o rastreamento e diagnóstico da doença visando contribuir com o diagnóstico precoce:

▶ auto-exame das mamas - é a técnica por meio da qual a mulher examina as suas próprias mamas à procura de nódulos. É imprescindível que a mulher sempre procure um médico para avaliação de qualquer alteração encontrada (INCA(a), 2003) .

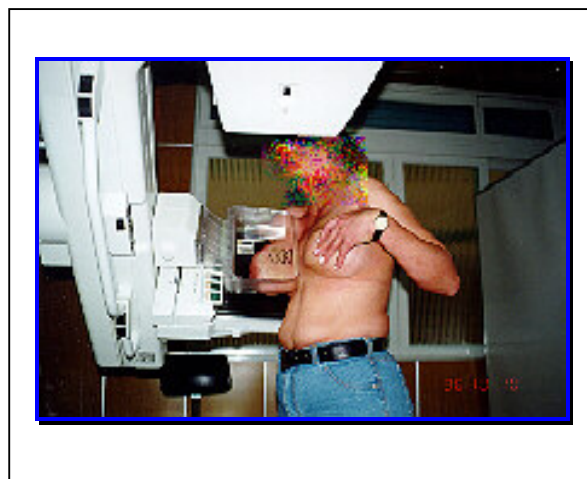
▶ exame clínico – é um exame que não apresenta efeitos colaterais, possui baixo custo e é fácil de ser executado. Este tipo de exame deve ser incluído como uma rotina nos

exames físicos, podendo, então, ser realizado por qualquer profissional treinado da saúde, independente da especialidade médica (INCA(a), 2003).

► mamografia – é a radiografia simples das mamas, sendo considerado o método mais importante para o rastreamento do câncer de mama, por sua eficácia diagnóstica, praticidade e principalmente por ser de baixo custo (INCA(a), 2003; STZOSKA et al., 1998; NUNES, 2001). Highnam et al. (1996) salientam que este tipo de exame ainda é o melhor para a detecção precoce do câncer de mama, principalmente para programas de *screening*. Neste exame são feitas normalmente duas imagens da mama, uma vista de perfil (médio-lateral-oblíqua) e outra superior (crânio-caudal) que são submetidas à avaliação do radiologista. A Figura 2.2 mostra um aparelho de mamografia e a Figura 2.3 apresenta exemplos de imagens mamogramas nas duas incidências citadas.



(a)



(b)

Figura 2.2: Exame mamográfico: (a) posição crânio-caudal; (b) posição médio-lateral-oblíqua (Fonte: <http://www.ghc.com.br>).

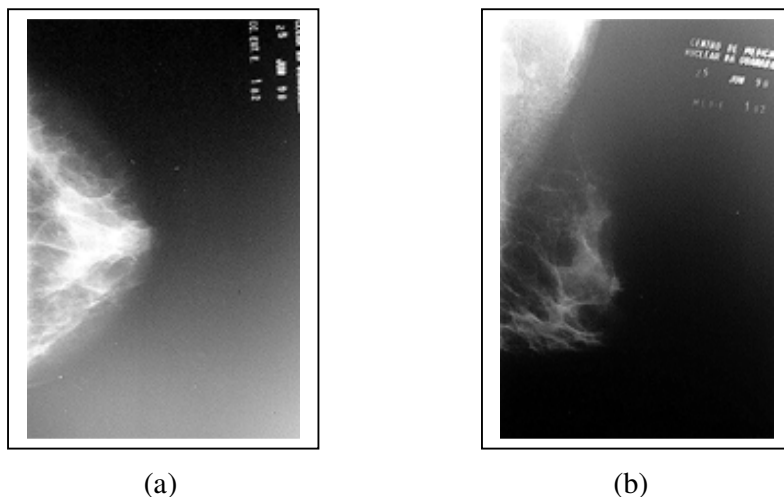


Figura 2.3: Mamografias (a) – Crânio-Caudal e (b) – Médio-Lateral-Oblíqua (Fonte: <http://www.sel.eesc.sc.usp.br/ladi/portal/mamografia.html>)

Todas essas ações podem indicar a suspeita de lesões, mas não podem confirmar se uma lesão é maligna ou não. Dessa forma, é possível a utilização de procedimentos auxiliares como a ultra-sonografia, o exame citológico (Figura 2.4) e exame histopatológico (Figura 2.5), que normalmente são solicitados para a eliminação de dúvidas no diagnóstico (INCA(a), 2003). O exame citológico e o histopatológico, também chamados de biópsia, permitem, por meio de um microscópio, a observação e o estudo das células cuja quantidade aumentam desordenadamente. No caso da mama, o exame citopatológico é realizado para identificar casos suspeitos de malignidade e o histopatológico permite afirmar com segurança a natureza de uma lesão (INCA(a), 2003; FREITAS Jr, 2001; GIANNI e MORI, 2003).

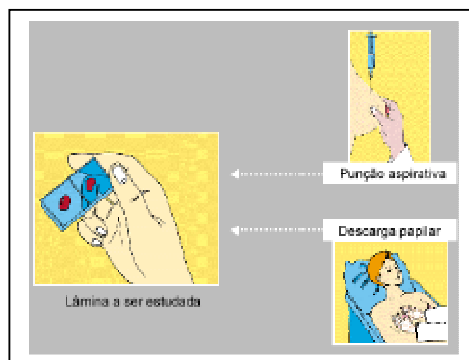


Figura 2.4: Exame citológico (Fonte: INCA(a), 2003)

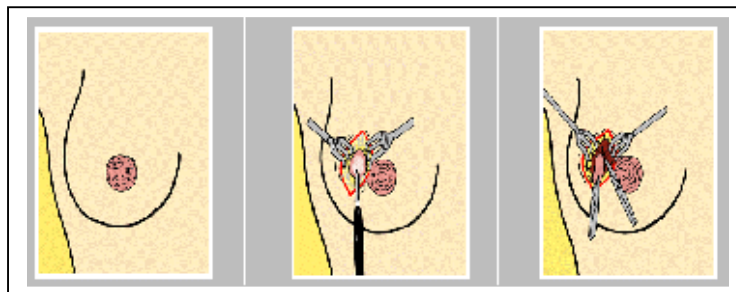


Figura 2.5: Exame histopatológico (Fonte: INCA(a), 2003)

2.2 Estrutura da Mama

Para a modelagem tridimensional da mama, necessária para a implementação do trabalho aqui apresentado, é interessante entender a estrutura e composição da mama. A Figura 2.6, extraído de INCA(a)(2003), apresenta um diagrama esquemático de uma mama, sendo possível visualizar as seguintes estruturas:

- ▶ **Ácino:** menor parte da glândula e responsável pela produção do leite durante a lactação.
- ▶ **Lóbulo mamário:** conjunto de ácinos.
- ▶ **Lobo mamário:** conjunto de lóbulos mamários que se liga à papila através de um ducto.
- ▶ **Ductos mamários:** em número de 15 a 20 canais, conduzem a secreção (leite) até a papila.
- ▶ **Tecido glandular:** conjunto de lobos e ductos.
- ▶ **Papila:** protuberância elástica onde desembocam os ductos mamários;
- ▶ **Aréola:** estrutura central da mama onde se projeta a papila;

- **Tecido adiposo:** todo o restante da mama é preenchido por tecido adiposo ou gorduroso, cuja quantidade varia com as características físicas, estado nutricional e idade da mulher.

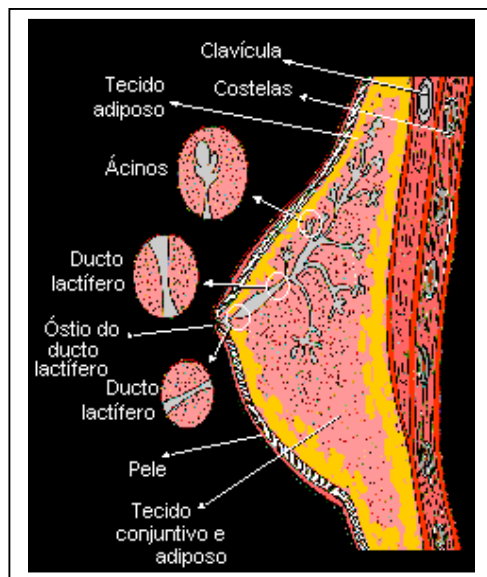


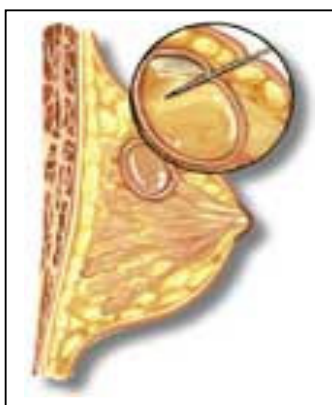
Figura 2.6: Diagrama representando a estrutura da mama (Fonte: INCA(a), 2003)

2.3 Punção Aspirativa por Agulha

Biópsia ou punção aspirativa são os nomes dados ao procedimento que consiste da retirada de pequenos fragmentos de um determinado tecido para estudo, sendo amplamente indicada para diagnóstico de tumores.

A punção aspirativa por agulha (Figura 2.7) é indicada para o diagnóstico de câncer de mama e consiste na retirada de material do nódulo para análise em microscópio (GIANNI E MORI, 2003; INCA(a), 2003). Este tipo de exame recebe o nome de citológico, como já visto, sendo útil no estudo citológico de alterações mamárias a fim de confirmar os casos suspeitos de malignidade (INCA(a), 2003; FREITAS Jr, 2001; GIANNI E MORI, 2003).

Freitas Jr (2001) descreve o método como sendo um procedimento ambulatorial de baixo custo, baseado no uso de uma agulha de fino calibre (com diâmetro interno que varia de 0,6 a 0,8mm). A agulha é introduzida na pele, em direção à lesão, com o intuito de coletar células para posterior avaliação de sua morfologia, quantidade e distribuição, através de exame citológico. Através de movimentos de vaivém da agulha em diversas direções dentro do tumor, ao mesmo tempo em que se puxa o êmbolo da seringa para a aspiração do material celular no interior do tumor, o material é coletado e colocado posteriormente em uma lâmina de vidro (INCA(a), 2003).



(a)



(b)

Figura 2.7: Biópsia da mama por meio da Punção Aspirativa por Agulha (a) Diagrama esquemático (Fonte: www.lincx.com.br) (b) Exame real (Fonte : www.doencasdamura.com.br)

Existem várias técnicas que permitem a biópsia da mama:

- PAAF – (Punção aspirativa por agulha fina).
- BFA ou Core Biopsy (Biópsia de fragmento com agulha).
- Mamotomia (exame feito em mamógrafo especial que possui agulha para punção de material celular do nódulo mamário).
- Agulhamento (Marcação com fio metálico).

2.4 Punção Aspirativa por Agulha Fina (PAAF)

A aspiração por meio de agulha fina é um procedimento usado para colher amostras de células de um nódulo mamário (GIANNI E MORI, 2003; INCA(a), 2003). A demonstração do procedimento pode ser vista na Figura 2.8. Freitas Jr. (2001), salienta que a PAAF é uma das aplicações mais comuns para uso em nódulo cístico (nódulo líquido), pois pode diferenciar imediatamente este de nódulo sólido e, ao mesmo tempo, age como tratamento definitivo do primeiro, porque permite a aspiração do líquido nele contido.

De acordo com alguns pesquisadores (FREITAS JR., 2001; BAGIROV et al, 2001) a agulha é inserida diretamente no nódulo de onde se aspira o líquido de um cisto ou pequenas quantidades de tecido mamário. Este material é enviado para análise. Quando o conteúdo aspirado do nódulo for líquido a remoção do fluido faz o nódulo desaparecer. Quando se trata de nódulos com conteúdo sólido (celular), obtém-se algumas células através de movimentos de vaivém da agulha no interior do nódulo para a aspiração de material celular. Posteriormente este material é enviado para análise em laboratório por meio de microscópio, a fim de determinar se o nódulo é benigno ou maligno (câncer de mama) .

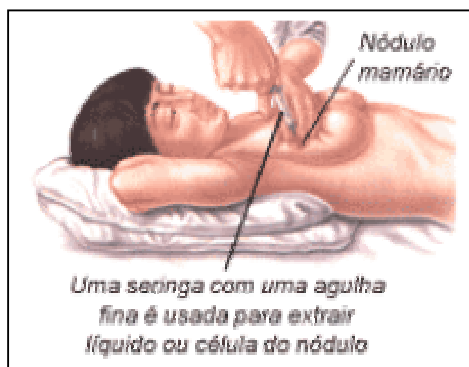


Figura 2.8: Punção Aspirativa por Agulha Fina(PAAF) (Fonte: www.lincx.com. □r)

Em Freitas Jr (2001) pode ser visto que a punção aspirativa está demasiadamente difundida na comunidade médica (principalmente em ginecologia). No Estado de Goiás, por exemplo, 57% de médicos consultados responderam que solicitam ou fazem a punção aspirativa por agulha fina diante de um paciente com nódulo mamário. Ainda segundo Freitas Jr (2001 *apud* GUPTA et al., 2000), em estudo semelhante nos Estados Unidos, uma pesquisa realizada em 133 hospitais verificou que o número de punções por agulha fina tem aumentado em 73% das instituições consultadas. Somente em 11% das instituições esse procedimento vem perdendo espaço para outras formas de biópsias mamárias.

O exame é simples e não requer internações, podendo ser feito no próprio consultório médico ou clínica especializada (GIANNI E MORI, 2003). Contudo, Freitas Jr (2001 *apud* AZZARELLI et al, 1983), esclarece que tanto a precisão quanto a confiabilidade da punção aspirativa por agulha fina dependem de alguns aspectos relacionados ao tumor, tais como o tamanho, a mobilidade e a localização. Esses fatores atribuem um certo grau de dificuldade na realização do exame, o que certamente pode influenciar sua precisão diagnóstica. Fundamentalmente, a acurácia está diretamente relacionada à boa coleta do material, bem como à leitura citológica criteriosa (FREITAS Jr, 2001).

Assim, a destreza do médico ao fazer as incisões nos locais certos é que determinará a eficácia do exame, pois uma incisão errada pode causar demora, coleta de material errôneo ou insuficiente, além de desconforto à paciente – que pode ficar com mais cicatrizes do que as realmente inevitáveis. Sendo assim, é recomendado que o exame seja realizado por profissionais experientes e conhecedores do método.

A Figura 2.9 apresenta uma mama com linhas de marcações para possíveis incisões.

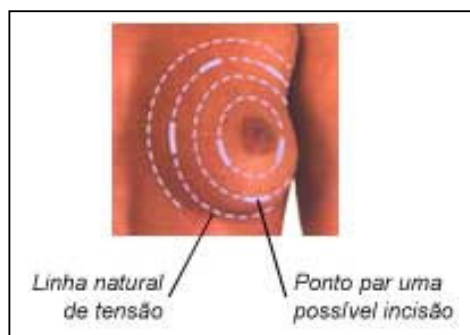


Figura 2.9: Pontos para possíveis incisões (Fonte: www.lincx.com. □r)

Freitas Jr (2001 *apud* AZZARELLI et al., 1983; BARROWS et al., 1986; PATEL et al., 1987) relata que a ampla mobilidade de alguns tumores pode fazer com que o mesmo não seja atingido pela agulha. Isso também tem sido relatado para tumores pequenos ou localizados em regiões mais profundas da mama. À medida que ambos, o puncionador e o citologista ganham experiência, há uma melhora progressiva na acurácia e confiabilidade do exame. Neste contexto está inserido o presente projeto aqui apresentado, no qual foi desenvolvido um protótipo de ferramenta que pode ser utilizada para treinamento de alunos em Medicina ou profissionais recém-formados a fim de proporcionar a experiência necessária para a realização deste exame.

2.4.1 Técnicas para realização da PAAF

Como mencionado, a PAAF é um método ambulatorial simples, porém pode ser feita de formas variadas sendo que cada uma delas tem suas particularidades. De acordo com especialistas da área, não existe uma regra específica para a escolha de qual método utilizar, ficando a escolha do método a critério do executor do exame. A seguir são apresentados os métodos utilizados para a realização da PAAF, descritos por Freitas Jr (2001).

- Técnica realizada à Mão Livre: é o método no qual se utiliza uma seringa comum com agulha própria para o exame. A mobilidade dos tumores mamários exige que o médico mantenha uma das mãos fixando o nódulo, contando apenas com uma mão para segurar a seringa, tracionar o êmbolo (gerando pressão negativa no interior da seringa) e fazer movimentos de vaivém, na tentativa de atingir o tumor. Esta técnica apresenta três manobras simples, se realizadas separadamente. Porém, quando em conjunto, ora a aspiração pode ser maior, ora menor, além de que a tração sobre o êmbolo, por vezes, poderá desviar a atenção do médico, desviando também o direcionamento da agulha e podendo diminuir a precisão do método. A Figura 2.10 apresenta um esquema desta técnica.

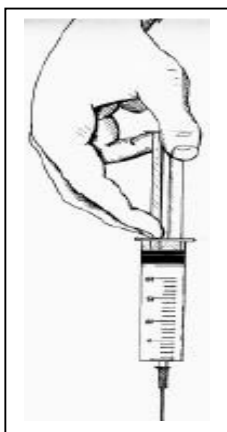


Figura 2.10: PAAF – Técnica à mão livre

Técnica realizada com uso de Pistola de Pressão: esta técnica facilita a realização da PAAF, mas, o seu uso aumenta a distância entre o tumor e a mão que segura o dispositivo. Isso acaba por diminuir a sensibilidade tátil do examinador. Além disso, o tamanho do dispositivo montado, freqüentemente, assusta a paciente que, por sua vez, pode se tornar menos colaborativa com o procedimento. A Figura 2.11 demonstra esta técnica.

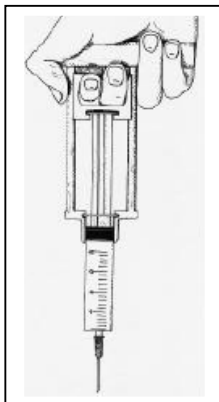


Figura 2.11: PAAF – Técnica de Pistola de Pressão

- Técnica realizada com dispositivo de autovácuo: no início da década de 90, teve início o desenvolvimento de um novo dispositivo que poderia facilitar ainda mais o procedimento da punção. A idéia surgiu interpondo-se uma mola entre as abas laterais de uma seringa descartável e seu êmbolo, de forma que a mola pudesse exercer uma força sobre o êmbolo, tracionando-o distalmente e promovendo uma pressão negativa no interior da seringa. Esse vácuo seria responsável pela sucção do material coletado para o interior da agulha. Com isso, o examinador não necessitaria fazer o vácuo, deixando que o próprio dispositivo o fizesse. A Figura 2.12 apresenta o esquema desta técnica.

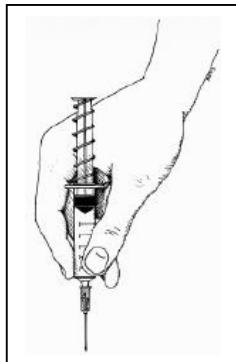


Figura 2.12: PAAF – Técnica de dispositivo autovácuo

2.5 Treinamento Médico para realização de exame de punção

Segundo informações obtidas em entrevistas com profissionais da área, o treinamento atual para a execução deste exame é feito sob a forma de observação, no qual o aluno de Medicina apenas observa o profissional experiente na realização do mesmo em pacientes. Somente o treinamento para a manipulação dos equipamentos utilizados no exame é feito de forma efetiva, porém, apenas em cobaias.

Para a localização do nódulo na mama segue-se um padrão de divisões, que consiste em dividir a mama em quatro quadrantes, ou seja, quadrante superior esquerdo e direito e quadrante inferior esquerdo e direito. A indicação dos quadrantes (esquerdo e direito, superior e inferior) é feita a partir da papila e aréola, que marcam o centro da mama. No início do treinamento tradicional, os médicos apenas observam o raio-X e o médico experiente na execução do exame, dando opinião sobre a localização do nódulo, sem efetivamente atuarem no exame.

A dificuldade deste treinamento, segundo os especialistas consultados, é que não se tem o domínio da seringa e da agulha para a localização exata do local de inserção do instrumento (seringa) e punção do material, sendo necessárias, às vezes, várias incisões da agulha para executar a coleta do material sem erros. Apenas com o tempo e a prática na realização do exame é que estas aptidões são adquiridas.

CAPÍTULO 3 - CONSTRUÇÃO DO PROTÓTIPO PARA SIMULAÇÃO

3.1 Descrição Geral do Protótipo

O objetivo do presente projeto é a construção de um protótipo de ferramenta para auxiliar no treinamento do exame de punção de mama. O protótipo da ferramenta de simulação para a realização do exame de punção da mama é um sistema que apresenta característica de Realidade Virtual não imersiva em uma plataforma convencional, com as interações disponibilizadas pelo mouse e a visualização em monitor de vídeo. A ausência de equipamentos não convencionais, como dispositivo háptico, óculos estereoscópicos se deve indisponibilidade desses dispositivos para o desenvolvimento do projeto.

O sistema foi implementado em Java (DEITEL, 2001) utilizando a API Java 3D (SELMAM, 2000), tendo o MySQL como suporte para o Banco de Dados e imagens e o aplicativo 3Dstudio para a modelagem dos objetos 3D utilizados no protótipo. O sistema apresenta três módulos, como ilustra a Figura 3.1, sendo o primeiro responsável pela modelagem das estruturas orgânicas envolvidas (mama e nódulos), o segundo pela modelagem de objetos utilizados no exame (seringa e lâmina) e o terceiro foi subdividido em outros módulos, pois trata da implementação do procedimento de punção propriamente dito. Assim, é composto pelo Módulo de Banco de Dados e Módulo de Exame de Punção.

Para a escolha dos dispositivos físicos do sistema levou-se em conta que o sistema deve ser utilizado por médicos e outros interessados na área, devendo apresentar custo que permita a sua implantação sem investimentos adicionais. Assim, optou-se pelo desenvolvimento de um sistema baseado em um computador do tipo PC, uma vez que, com as opções de placas aceleradoras gráficas e processadores encontrados atualmente no mercado já é possível obter um desempenho satisfatório de aplicações gráficas nesse tipo de equipamento.

Devido aos softwares instalados para o desenvolvimento do sistema como: Windows 98, Eclipse para a escrita dos códigos, Java e API Java 3D, o microcomputador foi equipado com 128 Mb de memória RAM e processador PENTIUM III.

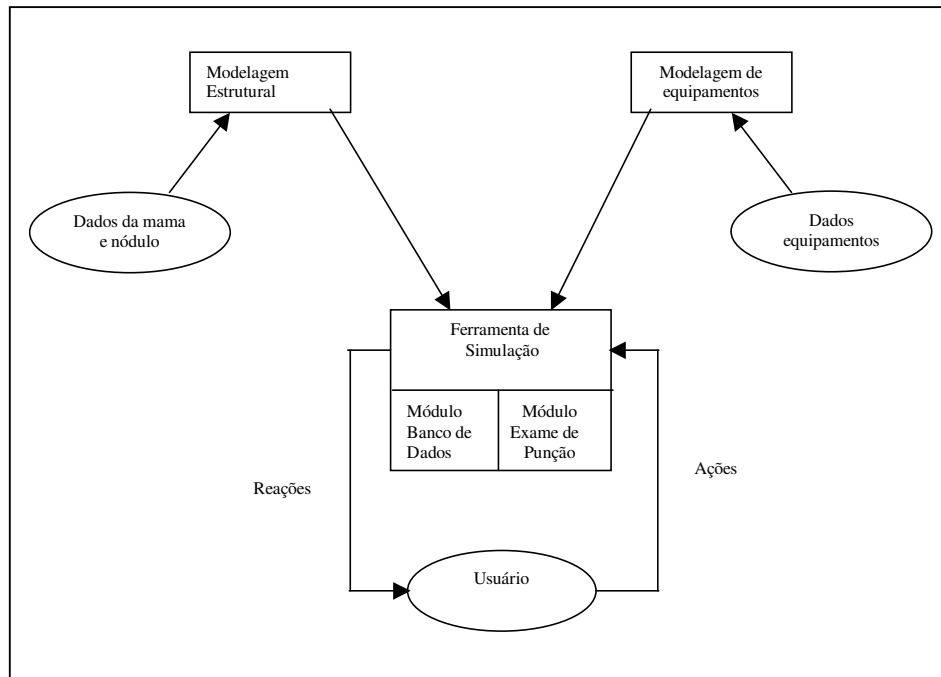


Figura 3.1: Módulos funcionais do protótipo do simulador para exame de punção da mama.

Como apresentado em capítulos anteriores, para o desenvolvimento do protótipo foram realizados estudos em relação à estrutura da mama e nódulo e das ações e objetos envolvidos no procedimento de punção da mama, a fim de se obter subsídios para a modelagem dos objetos e equipamentos utilizados na execução do exame propriamente dito. A Figura 3.2 apresenta as etapas de desenvolvimento, cujo detalhamento é apresentado a seguir:

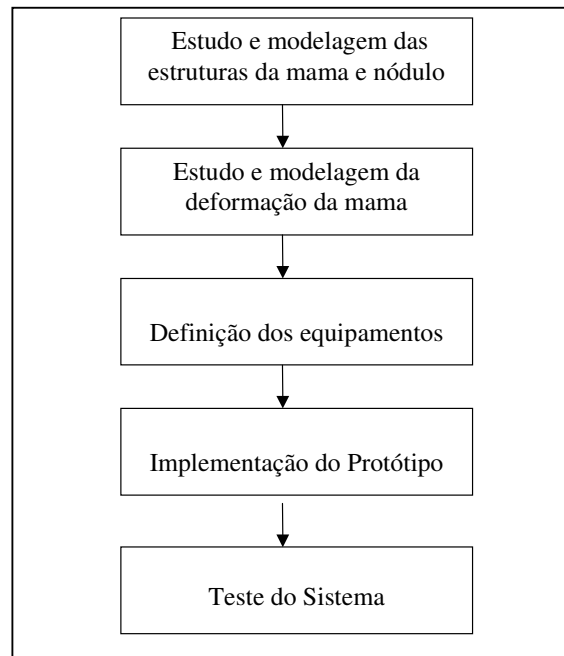


Figura 3.2: Etapas de desenvolvimento

- Estudo das estruturas da mama e nódulo – nesta fase foram estudados os aspectos da glândula mamária e dos nódulos que podem estar presentes, a fim de definir o modelo tridimensional da mama que são apresentados e manipulados pela aplicação. Observou-se que a estrutura da mama e dos nódulos variam muito de acordo com o perfil de cada mulher, porém, nesta versão da aplicação optou-se pela modelagem de um único objeto mama. Para a representação do nódulo foi utilizado o objeto esfera (primitivo da API Java 3D) pelo fato do mesmo se assemelhar com a maioria dos casos observados nas imagens mamográficas (raio-X) e permitir uma maior performance da aplicação. O nódulo é gerado dinamicamente pela aplicação com tamanho e posições no espaço tridimensional definidas no armazenamento dos casos reais. Estas informações são fornecidas por um médico experiente, de acordo com a

análise que ele faz da imagem mamográfica no instante do armazenamento dos dados dos casos reais.

- Estudo da deformação da mama – constituiu na análise do comportamento da mama em resposta a cada movimento do médico ao pressionar a mesma e inserir a agulha para a coleta do material.
- Estudo dos equipamentos - nesta etapa foram analisados em detalhes os equipamentos utilizados para a realização do exame, ficando definidos os aspectos importantes que deveriam ser considerados na modelagem da seringa e da lâmina.
- Estudo da API Java 3D – nesta etapa foi analisado o paradigma de programação da API Java 3D, o que permitiu definir o grafo de cena para a implementação da aplicação, bem como os métodos computacionais para construir e renderizar a cena 3D.
- Teste do sistema – esta fase foi dedicada a testes da implementação, através da execução da aplicação por profissionais da área médica, a fim de verificar se o protótipo atende à proposta da simulação.

3.2 Apresentação da API Java 3D

Java 3D é uma interface criada para o desenvolvimento de aplicações gráficas tridimensionais em Java, executada com bibliotecas gráficas de mais baixo nível, tais como OpenGL e Direct3D (SELMAN, 2000; BOUVIER, 2001; Sun, 2004).

A API (*Application Programming Interface*) *Java 3D™*, que é uma extensão padrão de *Java Development Kit (JDK)* de Java 2, é uma interface de programação voltada para aplicações gráficas e *applets* tridimensionais (SUN, 2004).

Java é uma linguagem orientada a objetos. Assim, a programação em Java 3D também é baseado em objetos. As aplicações construídas em Java 3D possuem objetos individuais que se conectam numa estrutura de árvore chamada grafo de cena. A Figura 3.3 apresenta um exemplo de grafo de cena para um programa Java 3D.

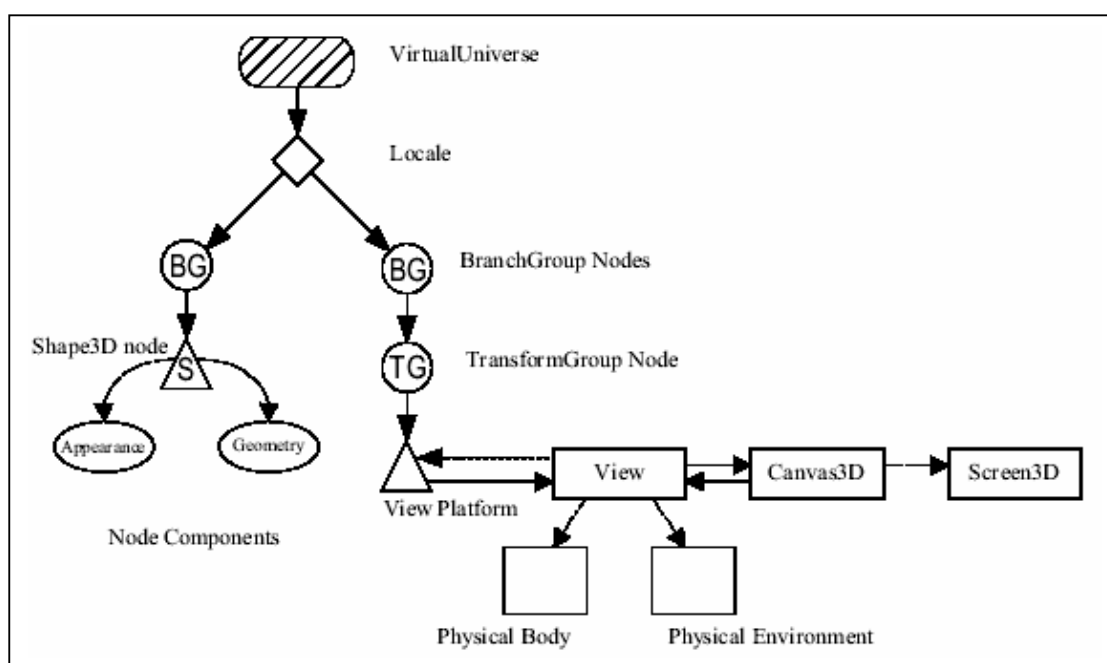


Figura 3.3: Grafo de uma possível cena em Java 3D (BOUVIER, 2001)

O primeiro procedimento na elaboração de uma aplicação Java 3D é definir o universo virtual, que é composto por um ou mais grafos de cena. O grafo de cena é uma estrutura do tipo árvore cujos nós são objetos instanciados das classes Java 3D que mantêm entre si algum tipo de relação para poder compor a cena 3D. A cena 3D construída pode conter objetos gráficos com luzes, sons, cores, tamanhos, orientação e direção na cena (geometria) e comportamentos (gerenciamento) que dirigem as interações ou modificações no grafo de

cena. Em outras palavras, consiste em um arranjo de objetos 3D em uma estrutura de árvore que especifica como o universo virtual será construído.

Basicamente pode-se definir o grafo de cena (*scenegraph*) através dos nós de gerenciamento e nós de geometria:

- Nós de gerenciamento (*Management nodes*) – *Locale*, *BranchGroup*, *TransformGroup*, *ViewPlatform*, *Switch*, e assim sucessivamente. Estes administram uma coleção de objetos filhos.
- Nós de geometria (*Geometry nodes*) – *Shape3D*, *Background*, *Appearance*, e assim sucessivamente. Estes objetos são derivados de nós do tipo *BranchGroup* e definem a geometria, luz, aparência, orientação, localização, entre outros aspectos dos objetos que compõem o mundo virtual da aplicação.

A Figura 3.4 apresenta o grafo de cena do protótipo em questão. O universo virtual da aplicação é definido por dois nós principais: *raizMama* e *raizSeringa*. O nó *raizMama* é um *BranchGroup* e tem a responsabilidade de gerenciar os objetos *mama* e *nódulo*, por meio do qual é possível, por exemplo, definir a simulação de deformação da *mama*. O nó *raizSeringa* é também um *BranchGroup*, sendo composto pelo objeto *seringa* que, por sua vez, é composto por nós de transformações (*TransformGroup*) para cada parte da *seringa*. Esta abordagem é necessária para permitir a implementação de métodos que tenham suas ações manifestadas tanto em nós em conjunto (nós filhos reunidos formando um nó pai), ou separados (nós que são pai ou filhos utilizados individualmente) (LIMA et al, 2004).

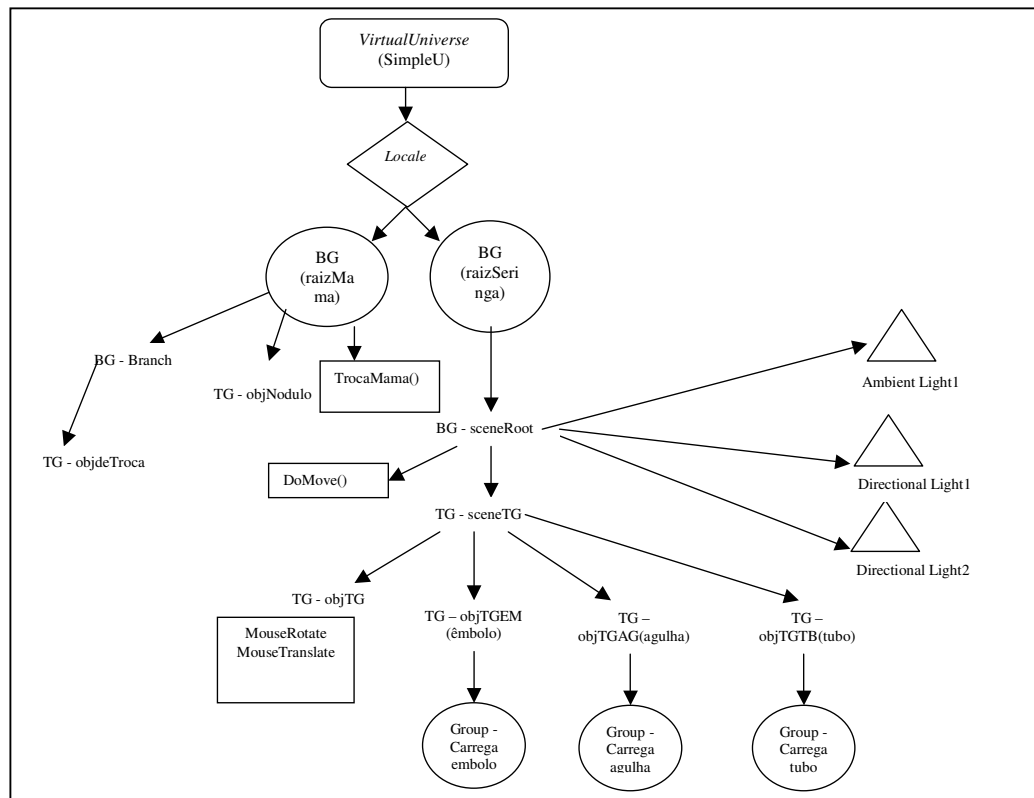


Figura 3.4: Grafo de cena do protótipo construído

3.3 Modelagem estrutural

De acordo com as pesquisas realizadas foram encontradas várias ferramentas que permitem a modelagem de objetos tridimensionais. No caso da aplicação aqui apresentada foi utilizada a ferramenta 3Dstudio para a modelagem dos objetos, pelo fato deste software oferecer recursos que permitiram trabalhar com a morfologia do objeto a ser representado.

Para a modelagem da mama, por exemplo, são utilizados recursos da ferramenta que permitem a deformação do objeto, ou seja, é possível através do 3Dstudio a geração de objetos complexos a partir de objetos pré-definidos que possuem suas características alteradas por modificadores e operações booleanas.

Não seria muito simples fazer a modelagem a partir dos objetos primitivos da própria API Java 3D porque seriam necessários estudos mais avançados sobre a manipulação dos vértices dos mesmos, através dos métodos da classe *GeometryInfo*, que permitem a triangulação do objeto e a manipulação de seus vértices. Além disso, a utilização de geometria para construir objetos em tempo real poderia degradar muito a performance do sistema.

Para a modelagem estrutural da mama foram analisados vários casos reais a partir de imagens mamográficas. No caso deste projeto esta análise foi importante para a construção do objeto tridimensional que representa a mama na cena 3D da aplicação, pois foi possível definir características relevantes para a modelagem. A Figura 3.5 apresenta um par de imagens mamográficas analisada e a Figura 3.6 mostra o objeto mama utilizado pela aplicação. De acordo com as pesquisas foi possível observar que a mama pode ter formas e tamanhos variados, porém, não é escopo desta aplicação a geração dinâmica da mama a partir da segmentação da imagem mamográfica e a posterior reconstrução tridimensional do objeto. Esta é uma melhoria que pode ser implementada para que a ferramenta esteja mais próxima da realidade.

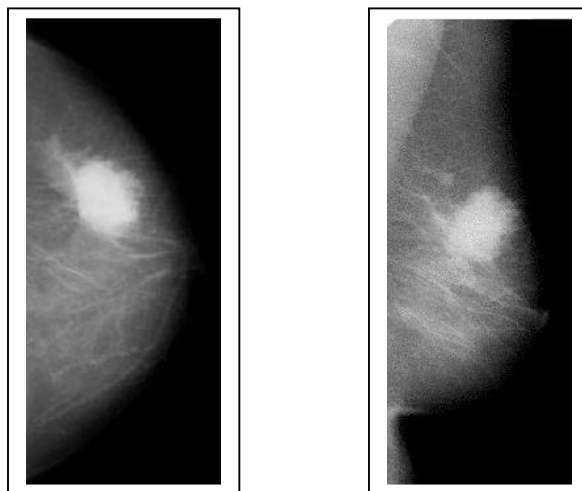


Figura 3.5: Par de imagens mamográficas

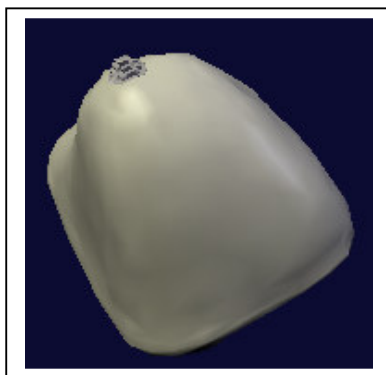


Figura 3.6: Objeto 3D – mama

Depois de construído o objeto é gravado em arquivo correspondente no formato `.max`, o objeto é exportado para o formato `.obj`, que é reconhecido pela API Java 3D, podendo ser carregado para a aplicação no momento da renderização da cena 3D. Na Figura 3.7 é apresentado o trecho de código que mostra os comandos necessários para incluir o objeto tridimensional através da API Java 3D.

```
Scene mama = null;
ObjectFile objFileloader = new ObjectFile( ObjectFile.RESIZE );
mama = null;
try {
    mama = objFileloader.load( "object/mama.obj" );
}
catch (Exception e)
{
    mama = null;
    System.err.println(e);
}
```

Figura 3.7: Trecho de código para incluir objetos na cena 3D

Para tornar o processo o mais realista possível, o objeto mama deve ser deformado toda vez que há uma intervenção do usuário, sendo de extrema importância na construção de simuladores (LIMA e NUNES, 2004). Vários trabalhos têm sido desenvolvidos para calcular e simular esta propriedade. A deformação permite apresentar alterações na forma do objeto a partir de interações do usuário e, com isso, oferecer maior realismo à cena. Segundo Basdogan (1998), há dois tipos de deformação: as Geométricas e as baseadas na Física. As

Geométricas tem como base a manipulação da geometria dos vértices e pontos de controle ao redor do objeto e as baseadas na Física partem da dinâmica das interações e dos movimentos visando a modelagem das propriedades físicas envolvidas. A partir dos estudos realizados sobre os procedimentos do exame de punção e das características da mama, foi possível construir modelos 3D da mama que representam na ferramenta a deformação ocasionada na mama após a pressão que o médico necessita fazer para fixar o nódulo e inserir a agulha. Exemplos destes modelos são apresentados na Figura 3.8. Para resolver o problema da simulação de deformação, esta versão da ferramenta substituiu o objeto atual por um novo objeto modelado com a deformação.

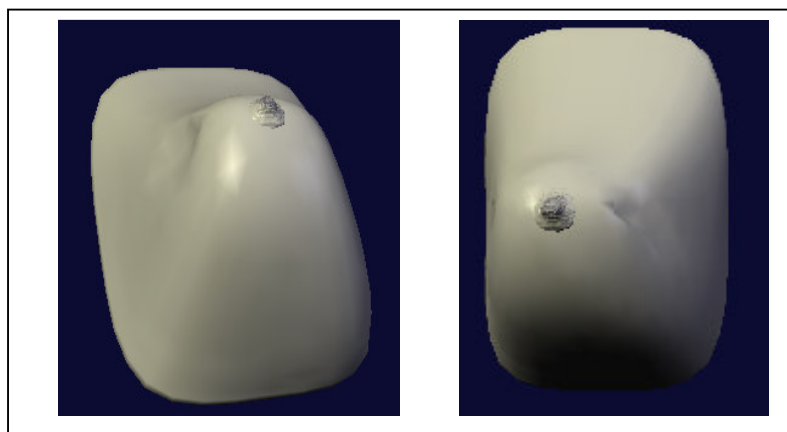


Figura 3.8: Objeto mama com deformação previamente modelada

Para a representação do nódulo (que é a estrutura de interesse no exame de punção) na cena 3D, foi utilizada uma esfera (objeto primitivo da API Java3D) pelo fato de se ter constatado que esta forma geométrica, chega bem próximo do real, pois, na imagem mamográfica, a maioria dos nódulos analisados possuem um formato esférico. Outra vantagem na utilização de objeto primitivo é o ganho em performance que este oferece à aplicação, porque o mesmo é gerado a partir de classes da própria API Java3D diretamente na renderização da cena.

Na representação da cena não é possível ver o nódulo, pois, este se encontra no interior da mama, coberta pela pele e outras estruturas da mesma. Como a aplicação pretende simular um caso real, o nódulo pode ser observado nas imagens de raio-X que são disponibilizadas pela interface da ferramenta. A Figura 3.9 apresenta uma esfera que representam nódulos na cena 3D. No entanto, na interface final, esta estrutura é encoberta pelo objeto que representa a mama, como mencionada. A Figura 3.10 mostra a interface do protótipo, com as imagens mamográficas disponibilizadas.



Figura 3.9: Exemplo de nódulo

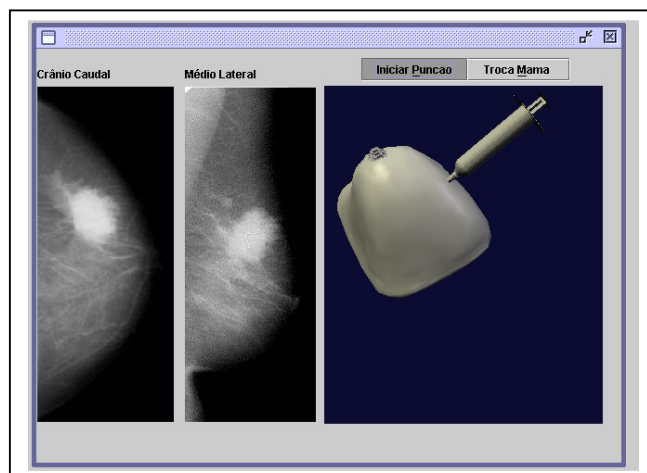


Figura 3.10: Interface com imagens mamográficas

3.4 Modelagem de equipamentos

Na pesquisa realizada, foi observado que vários tipos de dispositivos podem ser utilizados para a realização da PAAF, conforme foi mostrado no capítulo 2. Para a representação deste equipamento na aplicação, optou-se pela seringa comum. Com a pesquisa, também foi possível avaliar e construir o modelo de seringa para a composição da cena 3D, apresentado na Figura 3.11 . A seringa para o contexto desta aplicação foi construída em partes, devido às necessidades específicas da implementação. Uma das necessidades desta abordagem na construção do modelo 3D da seringa é permitir que em determinados estágios da execução do exame, somente partes da seringa possam ser manipuladas.



Figura 3.11: Objeto 3D – seringa

Para um exame de punção real ser bem sucedido o médico que o realiza deve atingir o nódulo e colher o material celular do mesmo. Para permitir que fosse possível saber que o usuário, encontrou o nódulo e dele colherá o material necessário para análise, funções de detecção de colisão foram implementadas. O sensor para a detecção de colisão foi implementado na agulha, pois no exame real é a agulha que toca o nódulo e aspira dele o material celular que será enviado para análise em laboratório.

Como mencionado anteriormente, a seringa foi modelada em partes, porque em determinadas situações somente parte(s) da seringa devem ser manipuladas. Assim, outro motivo para esta abordagem é o movimento de vaivém do êmbolo no momento da aspiração do material celular, considerando que durante este processo somente o êmbolo da seringa deve se movimentar. Para isso, um nó *TransformGroup* específico para o posicionamento e movimento do êmbolo foi implementado e somente o objeto que representa o êmbolo possui a chamada para o método de movimentação. A Figura 3.12 apresenta as partes que compõem a seringa.

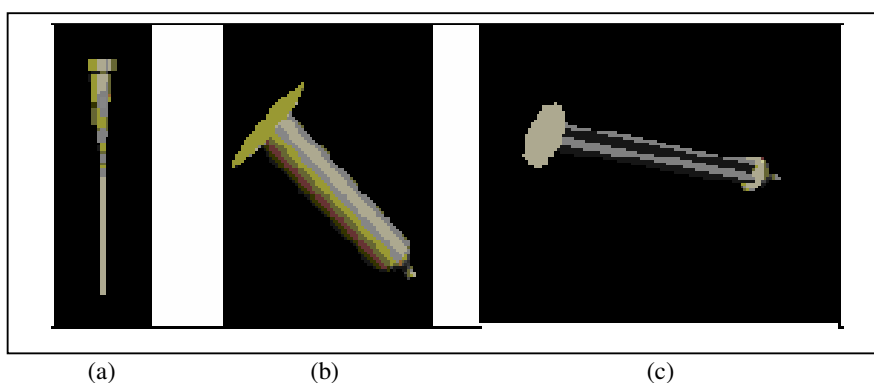


Figura 3.12: Partes da seringa: (a) agulha; (b) tubo; (c) êmbolo

Quando o usuário deseja posicionar a seringa para a coleta do material, toda a seringa deve se movimentar e não apenas parte dela. Para que isso fosse possível, um nó *TransformGroup* específico foi definido. Este nó fica responsável em controlar os movimentos do mouse. Este tipo de abordagem só foi possível devido à estrutura hierárquica apresentada pela API Java 3D, que permite a criação de nós pais (super classe) e nós filhos (classe derivada). Sendo assim, é possível implementar métodos que se manifestam em todo um nó pai e se estende aos filhos, bem como é possível implementar métodos que se manifestam apenas em determinados nós filhos.

3.5 Ferramenta de simulação

Este módulo é responsável pela simulação do exame de punção propriamente dito. A Figura 3.13 apresenta as classes que foram construídas para o protótipo do simulador de punção de mama. Conforme mostra a Figura 3.13 as classes, o sistema é composto por classes que fazem a renderização da cena 3D, o controle das interações com o usuário e o armazenamento e recuperação dos dados de casos reais.

Nome da Classe	Descrição
DataBase.java	Conexão com o Gerenciador de Banco de Dados
ImagemDB.java	Conexão com a tabela Imagem
PacienteDB.java	Conexão com a tabela Paciente
Imagem.java	Atributos da tabela Imagem
Paciente.java	Atributos da tabela Paciente
DetectaColisão	Efetua o controle da colisão entre objetos
EscolherPaciente.java	Disponibiliza a seleção de casos reais
Exame.java	Renderiza e controla a cena 3D
Imagem.java	Exibe e controla a visualização das imagens mamográficas
Paciente.java	Exibe e controla os dados do paciente
MenuPunção.java	Monta a tela (canvas3d) para a renderização da cena 3D
PacienteDetalhe.java	Controla a seleção de imagens para cada caso real

Figura 3.13: Classes implementadas para a construção do protótipo

A Figura 3.14 apresenta a interface inicial gerada pela classe EscolherPaciente.Java através da qual se faz a seleção do caso a ser carregado para a classe Exame .Java, que é iniciada a partir do botão “carregar”. Como pode ser observado

esta interface apresenta os atributos (código, nome-do-paciente, data-de-nascimento, observações) e a lista da(s) imagem(ns) mamográficas. A partir da digitação de um código de paciente válido, o sistema exibe os dados e as imagens do caso selecionado. A tela implementa, apresenta também o botão “carregar”, que é responsável pela chamada do método que faz a renderização da cena 3D com os objetos tridimensionais necessários para a realização do exame de punção, além das imagens mamográficas, que ficam expostas para a análise e interpretação do examinador. Com a renderização da cena 3D uma outra tela é gerada, na qual são apresentadas as imagens do caso selecionado e o espaço tridimensional no qual o exame é realizado. Este espaço tridimensional é composto pelos objetos sintéticos e os botões de controles da interação do usuário.

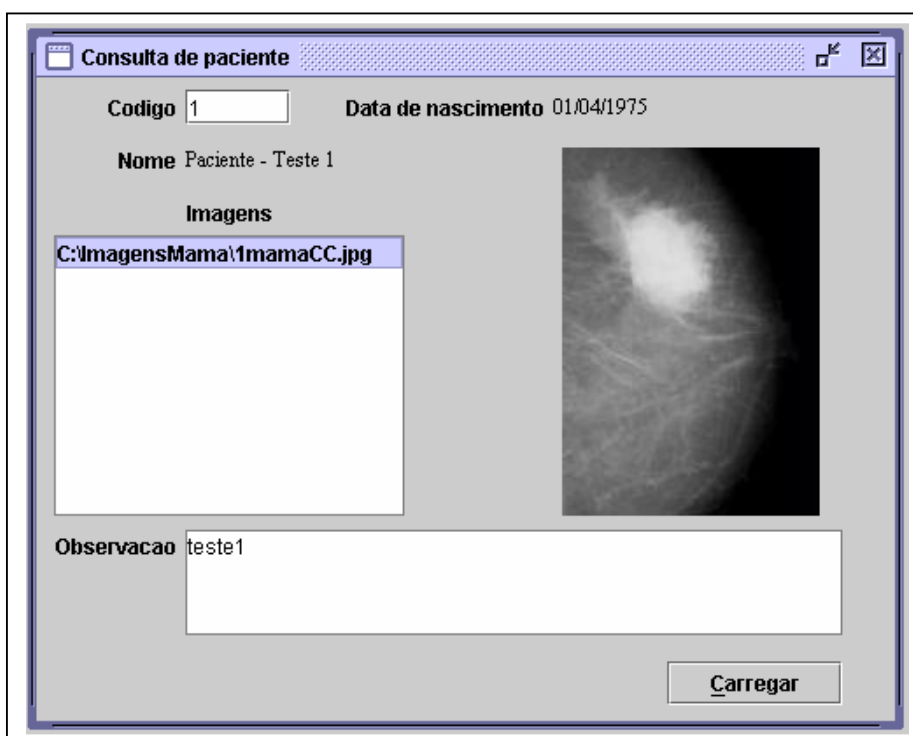


Figura 3.14: Tela Inicial do exame de punção – Seleção de caso.

3.5.1 Módulo Banco de Dados

O módulo de Banco de Dados tem a responsabilidade de manter a conexão e o acesso às tabelas da Base de Dados do protótipo.

As classes `DataBase.Java`, `PacienteDB.Java`, `ImagemDB.Java`, `Paciente.Java` e `Imagem.Java` são as responsáveis pela manipulação de dados nas tabelas criadas. A Figura 3.15 mostra o trecho do código em Java que permite a conexão do aplicativo com o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGDB) e, está descrito na classe `DataBase.Java`. A Figura 3.16 apresenta o modelo de dados do protótipo.

```

public static Database getInstance()
{
    try
    {
        if (instance == null)
        {
            Database db = new Database();
            java.sql.DriverManager.registerDriver(new
com.mysql.jdbc.Driver());
            conexao=java.sql.DriverManager.getConnection("jdbc:mysql://localh
ost:3306/mestrado", "root", "");
            conexao.setAutoCommit(true);
            instance = db;
        }
    }
    catch (Exception e)
    {
        e.printStackTrace();
        System.exit(0);
    }
    return instance;
}

```

Figura 3.15: Trecho de código para conexão com o SGBD.

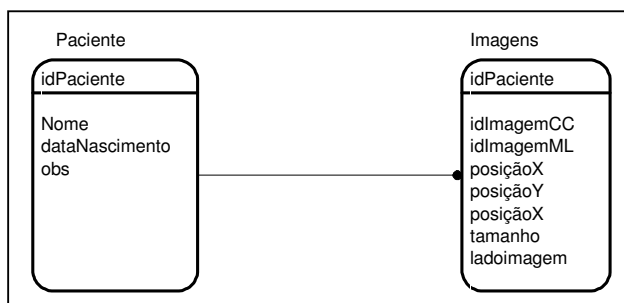


Figura 3.16: Modelo de Dados

A tabela de Paciente armazena os dados do paciente, sendo controlado pela classe PacienteDB.Java. A Figura 3.17 apresenta trecho do código em Java e SQL para a função de inserção dos dados.

```

public static boolean insert (business.Paciente paciente)
{
    try
    {
        String inserir = "INSERT INTO paciente (idPaciente,
nome, dataNascimento, obs) VALUES (";
        inserir += paciente.getIdPaciente() + ",";
        inserir += "'" + paciente.getNome() + "',";
        inserir += "'" +
paciente.getDataNascimento().toString() + "',";
        inserir += "'" + paciente.getObs() + "'";
        java.sql.Statement stmt = conexao.createStatement();
        int x = stmt.executeUpdate(inserir);
        stmt.close();
        return true;
    }
    catch (java.sql.SQLException e)
    {
        e.printStackTrace();
        return false;
    }
}

```

Figura 3.17: Trecho do código da classe PacienteDB.Java que insere dados na tabela Paciente.

A tabela `Imagens.DB` mantém os dados das imagens do paciente, bem como a posição o tamanho do nódulo e a identificação de qual mama (esquerda ou direita) se refere a imagem mamográfica. A posição e o tamanho do nódulo são usados para a criação dinâmica do nódulo na cena 3D para a realização do exame. Esses dados são fornecidos por um médico experiente que tem a função de analisar as imagens mamográficas no momento em que as mesmas são referenciadas na aplicação. No exame real o médico faz a localização do nódulo por meio da divisão virtual da mama em quadrantes. A partir da papila é traçada uma linha imaginária que divide a mama em quatro quadrantes. Acima da papila ficam os quadrantes superiores esquerdo e o direito e, abaixo, ficam os quadrantes inferiores esquerdo e direito. Desta forma o médico apenas localiza o quadrante no qual deverá ser feita a incisão. A

posição do nódulo é definida a partir do toque dos dedos sobre a mama. Quando o médico fixa o nódulo, a seringa é inserida no local e a aspiração do material celular é iniciada.

Cada imagem mamográfica é mantida no banco através de *links*, que fazem a ligação da URL armazenada nos atributos *idImagemCC* e *idImagemML*, com a respectiva imagem do paciente. Para cada caso são armazenadas duas imagens: uma crânio-caudal e outra médio-lateral-oblíqua. Para que se possa identificar as imagens, essas devem ser renomeadas antes do seu armazenamento na tabela *Imagens*. A imagem de cada paciente deverá receber o número de identificação (*id*) do paciente concatenado com os literais “*mamaCC*” e “*mamaML*”, que representam respectivamente as imagens crânio-caudal e médio-lateral-oblíqua de cada paciente, como representado na Figura 3.18.

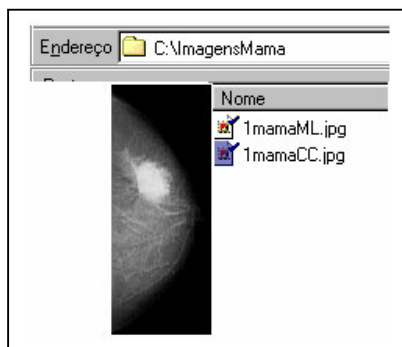


Figura 3.18: Tratamento do nome das imagens de raio-x do paciente.

O tratamento despendido com a imagem permite uma dinamicidade da aplicação em relação à inserção de novos casos, auxiliando também na criação dinâmica do nódulo durante a renderização da cena 3D.

Para facilitar a manutenção da bases de dados, foram confeccionados programas que permitem a inserção, edição e exclusão de registros. A interface mostrada na Figura 3.20 é gerada pela classe *Paciente.java* e permite a inserção de novos pacientes, a edição para alteração e/ou consulta e a eliminação de dados já armazenados. O botão “Novo” carrega a tela da Figura 3.20 que permite a inserção de novos casos e é também controlado pela classe

Paciente.Java. Esta tela possibilita a inserção dos dados do paciente e o nome das imagens do referido caso, que são selecionados a partir do botão “Adicionar”, que, por sua vez, fornece acesso à tela da Figura 3.21, gerada pela classe `PacienteDetalhe.Java`. A classe `Imagem.Java` possui os comandos necessários para permitir a leitura dos dados da tela e enviá-los à Base de Dados.

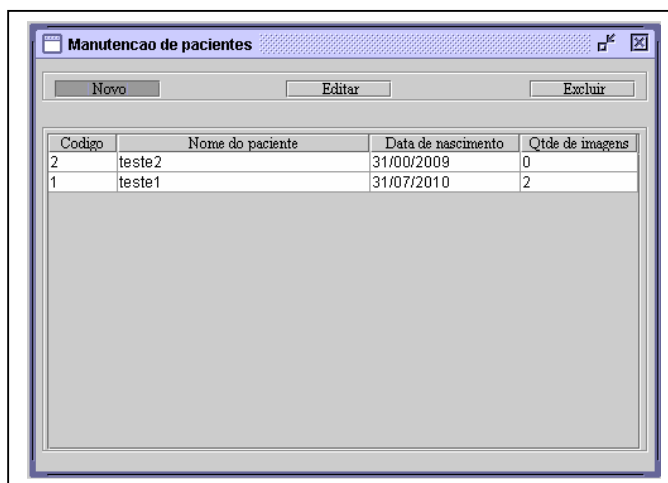


Figura 3.19: Tela para inserção, edição e exclusão de casos

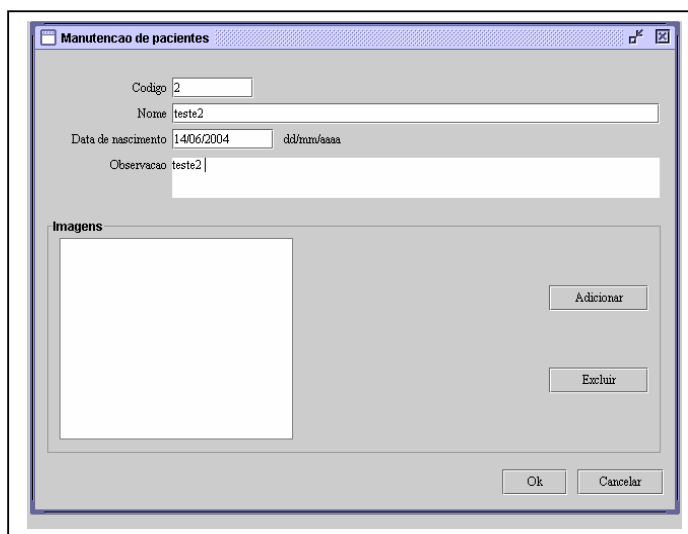


Figura 3.20: Tela para digitação de novos casos.

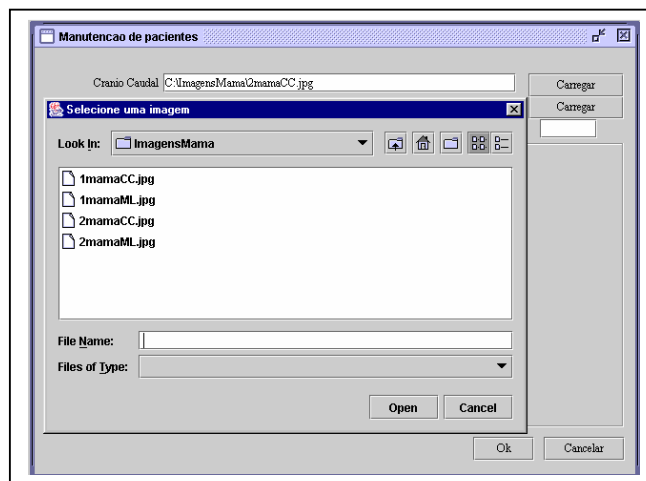


Figura 3.21: Tela para selecionar as imagens mamográficas do paciente.

As imagens mamográficas são gravadas com formato .jpg, que permite armazenamento de imagens com tamanho menor em relação a outros formatos. Apesar deste formato causar perda na resolução da imagem e, conseqüentemente, perda de informação, é eficiente para a aplicação em questão, uma vez que a imagem aqui utilizada simplesmente como guia para que o usuário localize o nódulo.

3.5.2 Módulo Exame de punção

A classe `Exame.java` contém os códigos da API Java 3D para a renderização e controle da cena 3D da aplicação. A Figura 3.22 apresenta a tela de trabalho para o usuário realizar o exame. Como já mencionado, a aplicação fornece as imagens mamográficas do caso selecionado, porque no exame real o médico faz uso de tais imagens para determinar o local para a incisão da seringa e posterior punção do material do nódulo.

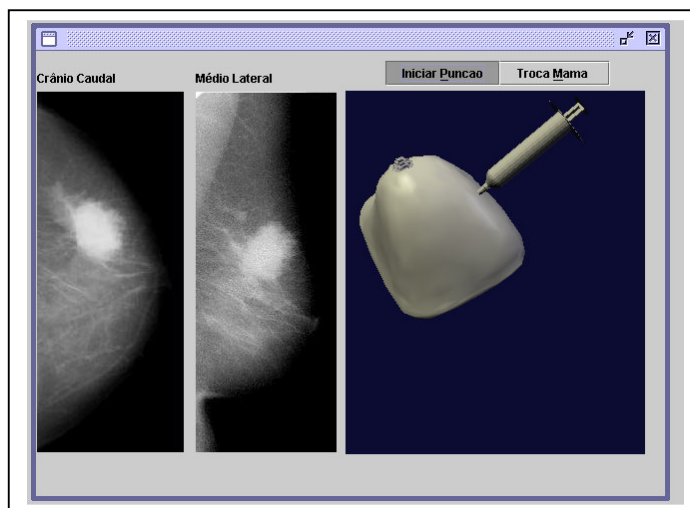


Figura 3.22: Tela com caso selecionado e cena 3D renderizada para a realização do exame de punção.

A interação do usuário com a cena 3D é possibilitada pelo uso do *mouse*. Depois que a cena é renderizada o usuário poderá movimentar a seringa através do *mouse*, que oferece os movimentos de translação e rotação. Com este movimento é possível ajustar a posição da seringa no local da mama em que deve ser inserida para a realização do exame. A Figura 3.23 é apresenta o trecho de código que define e controla os movimentos de rotação e translação do *mouse*.

```

MouseTranslate myMouseTranslate = new MouseTranslate();
myMouseTranslate.setTransformGroup(sceneTG);
myMouseTranslate.setSchedulingBounds(new BoundingSphere());
sceneTG.addChild(myMouseTranslate);

MouseRotate myMouseRotate = new MouseRotate();
myMouseRotate.setTransformGroup(sceneTG);
myMouseRotate.setSchedulingBounds(new BoundingSphere());
sceneTG.addChild(myMouseRotate);

```

Figura 3.23: Trecho de código para controle de translação e rotação do mouse.

Na Figura 3.24 são mostrados diferentes posicionamentos da seringa antes da incisão.

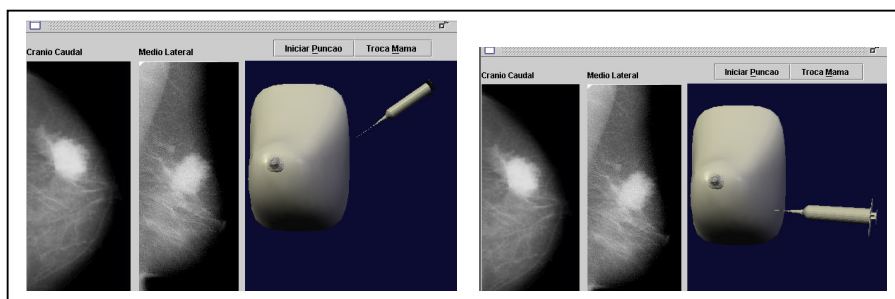


Figura 3.24: Diferentes posições da seringa antes da incisão

Depois do posicionamento da seringa no local da punção o botão “Iniciar Punção” permite os movimentos de vaivém do êmbolo da seringa. Este movimento no exame real é usado para extrair o material de dentro do nódulo. O método apresentado na Figura 3.25 é responsável pelo controle dos movimentos de vaivém do êmbolo, em conjunto com o controle do acionamento do botão do mouse que é possível pela programação de controle fornecida pelo método `mousePressed(java.awt.event.MouseEvent e)`.

É necessária a permissão para alterar as propriedades de transformações (orientação e posição) do nó do objeto êmbolo da seringa através do código `tgembolo.setCapability(TransformGroup.ALLOW_TRANSFORM_WRITE)` e `tgembolo.setCapability(TransformGroup.ALLOW_TRANSFORM_READ)`.

```
public void doMove(Vector3f theMove)
{
    objTGEM.getTransform( t3dembolo );
    t3dem.setTranslation(theMove);
    t3dembolo.mul(t3dem);
    objTGEM.setTransform(t3dembolo);
}
```

Figura 3.25: Trecho de código para controle do vaivém do êmbolo

O botão “Troca Mama” simula a deformação da mama que ocorre quando o médico pressiona a mesma no intuito de fixar o nódulo e melhor definir a posição de inserção da agulha. A Figura 3.26 mostra a renderização da cena 3D simulando a deformação da mama.

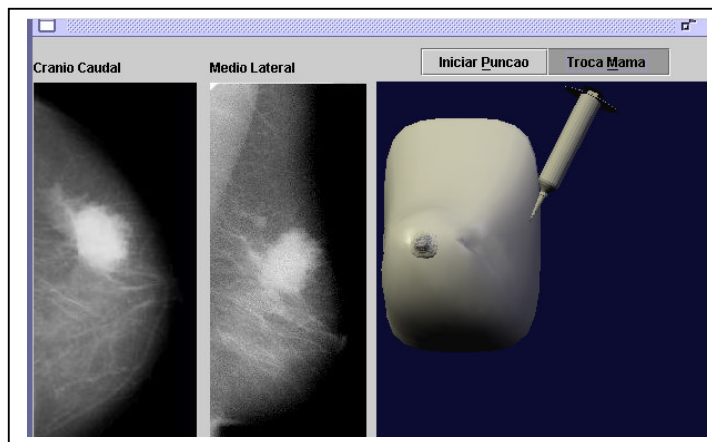


Figura 3.26: Tela com troca de mama – simulando deformação.

Nesta versão da aplicação é necessário a utilização do *mouse* no botão “Troca Mama” para a troca de objetos deformáveis. Este procedimento resultou em uma deficiência em termos de simulação da realidade, porque num exame real não seria possível ao médico pressionar um botão para apalpar a mama, porém não foi possível analisar e implementar o efeito de deformação do objeto mama em tempo de execução da aplicação.

Este processo em tempo de execução é possível através de permissões que devem ser concedidas a nós específicos na implementação. O trecho de código apresentado na Figura 3.27 mostra parte destas condições para o nó *branch*, que é o responsável pelo controle do objeto mama. Neste código, a permissão *ALLOW_DETACH* permite a mudança em tempo de execução, e as permissões *ALLOW_CHILDREN_READ/ALLOW_CHILDREN_WRITE* concedem a permissão ao nó *branch* para mudar os objetos (filhos) da cena 3D sob a responsabilidade deste respectivo nó. Da mesma forma, a permissão *ALLOW_CHILDREN_EXTEND*, possibilita a adição de novos objetos (filhos) ao respectivo nó. No caso desta aplicação não ocorre a adição mas a troca de objetos (filhos) do nó.

```

branch.setCapability(BranchGroup.ALLOW_DETACH);
branch.setCapability(BranchGroup.ALLOW_CHILDREN_READ);
branch.setCapability(BranchGroup.ALLOW_CHILDREN_WRITE);
branch.setCapability(BranchGroup.ALLOW_CHILDREN_EXTEND);

```

Figura 3.27: Trecho de código para permissão de mudança da cena 3D em tempo de execução

Para inferir o resultado satisfatório (indicando que a agulha alcançou o nódulo e extraiu material para análise) ou não satisfatório (a posição da agulha não alcançou o nódulo e, portanto não há material para análise) em relação ao exame feito pelo usuário, é adicionado à cena 3D, um outro objeto do contexto deste exame, que é a lâmina. No exame real, a lâmina contém o material retirado do nódulo que será enviado posteriormente para análise em laboratório. Este processo de *feedback* na implementação é realizado através do controle de colisão de objetos. Se diz que houve uma colisão quando um objeto invade a área de outro objeto no espaço 3D da cena. Para este processo a classe `DetectaColisao.Java` recebe o nó que contém o objeto para o qual se procura a colisão, ou seja, quando este determinado nó (objeto) se colidir com outro objeto da cena deverá ser disparado o método que afirma que o exame foi realizado com sucesso. No caso desta aplicação o objeto responsável por este processo é a agulha. A partir da agulha é possível, saber se o material do nódulo foi extraído com sucesso. O problema encontrado para a implementação, foram os vários objetos que compõem a cena 3D. Era preciso um meio para dizer que somente haveria disparo do método de *feedback* quando o objeto principal da colisão, no caso, a agulha, se colidisse com o objeto nódulo, que se encontra no interior da mama. Sendo assim, outros tipos de permissões foram implementadas e, desta vez, com a responsabilidade de oferecer aos nós a permissão ou não de serem colididos por outros objetos. O comando `ALLOW_COLLIDABLE_WRITE` oferece o recurso de permitir a alteração de estado da colisão que é implementado pelo comando `setCollidable`, que é setado em *true* para permitir que o objeto do nó seja detectado quando há uma colisão e *false* para negar esta permissão, ou seja, o objeto do nó não será detectado em uma colisão. Se o exame foi realizado com sucesso uma nova cena renderizada com o

objeto lâmina é apresentada (Figura 3.28), caso contrário não haverá lâmina na cena e uma mensagem dirá que o usuário não alcançou o objetivo do exame, ou seja, a seringa/agulha não alcançou o nódulo e, portanto, não foi possível colher material do mesmo. A Figura 3.29 apresenta a tela final quando o exame está terminado.

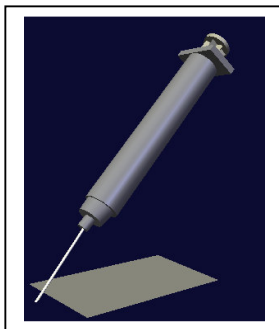


Figura 3.28:Cena 3D renderizada com a lâmina

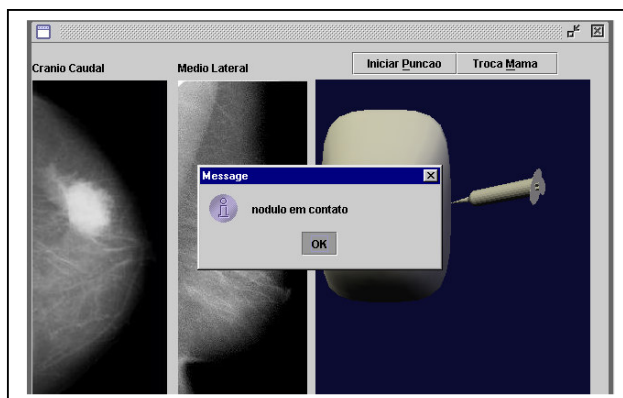


Figura 3.29: Tela final do exame quando este foi realizado com sucesso.

CAPÍTULO 4 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do desenvolvimento do protótipo aqui apresentado foram observadas várias peculiaridades, tanto em relação ao procedimento propriamente dito, quanto em relação à base tecnológica utilizada. Além disso, a ferramenta foi avaliada por um usuário (médico da área de ginecologia e mastologia) que teceu importantes considerações sobre o realismo da aplicação. Alguns desses aspectos foram contemplados na versão aqui apresentada, outros estão sendo estudados para desenvolvimento de trabalhos futuros. A seguir são apresentadas algumas discussões acerca dos resultados obtidos, destacando principalmente os aspectos de modelagem e interação com o usuário.

4.1 Modelagem e Interação

O problema mais crítico encontrado relaciona-se com a necessidade de uso de equipamentos não convencionais, necessários para incrementar o realismo na aplicação. Pela falta de recursos, todo o protótipo foi desenvolvido com equipamentos convencionais baseado na arquitetura PC. Embora esta deficiência represente um sério fator de limitação à ferramenta, no sentido de simular o treinamento real, é importante salientar que todas as ações necessárias para identificar a interação e fornecer *feedback* ao usuário foram implementadas com equipamentos convencionais. Assim, através do mouse, o usuário posiciona a seringa e movimenta o êmbolo. A partir do acionamento de botões disponíveis na tela (Figura 3.26), é possível trocar objetos que representam deformações necessárias quando o usuário prende a glândula mamária com suas mãos para imobilizar o nódulo. Dessa forma, a partir da disponibilidade de equipamentos não convencionais, é possível incrementar o realismo da ferramenta, executando-se algumas alterações na implementação.

Um ponto favorável do protótipo é a possibilidade de oferecer aos alunos e/ou médicos recém-formados a prática no posicionamento da agulha e localização do nódulo. Segundo Luna et al (1999), hoje é possível contar com exames e algoritmos computacionais que permitem ao médico obter a localização espacial do nódulo a ser rastreado, porém, há uma escassez muito grande no uso desses equipamentos, devido ao alto custo dos mesmos. A radiografia ainda é o método de imageamento mais utilizado, principalmente na saúde pública, para auxiliar na detecção precoce do câncer de mama. Assim, a ferramenta, por permitir a visualização de imagens mamográficas de casos reais, contribui com o treinamento do usuário, permitindo acostumar seus olhos para a leitura e interpretação dessas imagens e, posteriormente, efetuar a incisão da agulha/seringa no ponto correto para a coleta do material. Quando o médico não possui habilidade necessária para a realização deste exame, o sucesso do mesmo pode ser comprometido, pelo fato de não ser colhido material suficiente para o exame, além de poder causar danos ao paciente, por causa das várias incisões que o médico deverá fazer até localizar o nódulo.

Inicialmente, pretendia-se utilizar o teclado do microcomputador para obter uma melhor simulação das interações do usuário no sentido de segurar a mama para evitar a mobilidade do nódulo. Essa interação teria como resposta a deformação da mama, como mostra a Figura 3.26. As rotinas para tal processo foram escritas em Java e ligadas ao programa Java 3D, por meio da classe Canvas3D, porém, não foi obtido o resultado esperado. A aplicação, por meio da classe Canvas3D, reconhece os métodos do teclado, mas por motivos ainda não solucionados a execução das ações após o toque no teclado não são processadas.

Dois aspectos computacionais que merecem destaque referem-se à detecção de colisão e a conseqüente deformação dos tecidos.

Lau et al (2002) lembram que a detecção de colisão está dividida em dois grandes grupos: detecção em objetos rígidos e detecção em objetos deformáveis. Os métodos destinados à detecção de colisão de objetos deformáveis geralmente são baseados na subdivisão hierárquica dos objetos. No caso da aplicação desenvolvida, foram utilizados os métodos fornecidos pela própria API Java 3D. Com elas, foi possível identificar o momento do encontro da agulha com a mama e também com o nódulo. No entanto, observou-se que esses métodos podem não fornecer a precisão necessária. Devido à mama ser representada por um objeto 3D com forma irregular, algumas colisões podem ser detectadas sem terem efetivamente ocorrido. Um exemplo desse fato pode ser observado na Figura 4.1. Para aumentar a precisão na detecção de colisão e, conseqüentemente, a eficácia da aplicação, estudos estão sendo realizados para implementar algoritmos de refinamento, considerando métodos citados na literatura e características inerentes à API Java 3D.

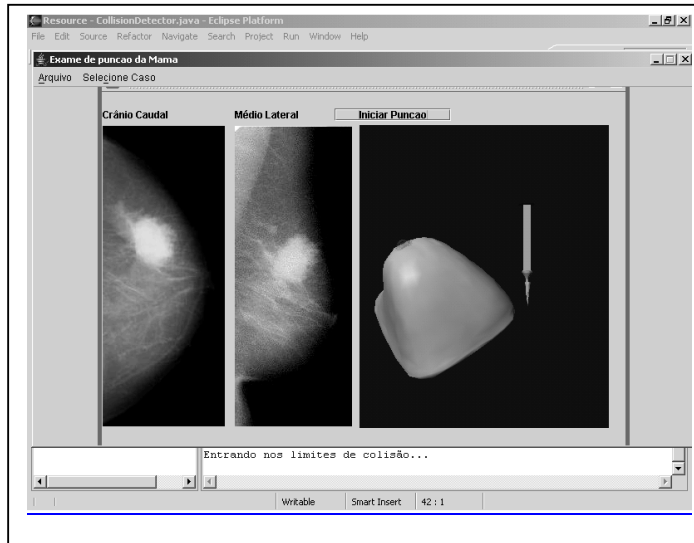


Figura 4.1: Detecção colisão antes do contato dos objetos mama e seringa

Da mesma forma que a colisão, a deformação de órgãos compostos por tecidos deformáveis também é objeto de extensos estudos citados na literatura (BASDOGAN, 1999). Como o objetivo deste trabalho era propor um primeiro protótipo para a confecção do exame

de punção, a deformação foi simulada por simples substituição de objetos na cena. No entanto, é possível simular a deformação necessária por meio de modificações do objeto, considerando sua geometria e usando métodos da própria API Java 3D. Esses aspectos deverão ser investigados mais profundamente a fim de contribuir para o aumento do realismo da simulação quando ocorre interação com o usuário. Salienta-se que o uso de luva de dados poderá oferecer os locais exatos da interação a fim de executar a deformação necessária.

Outro aspecto a ser investigado com maior profundidade, é a questão da localização e mobilidade do nódulo. Na versão apresentada, o posicionamento (localização) é realizado a partir de informações inseridas pelo usuário na base de dados e a mobilidade não foi prevista. Assim, pretende-se representar a localização espacial do nódulo a partir de medidas extraídas com a aplicação de técnicas de processamento sobre as imagens mamográficas. Da mesma forma, a mobilidade deverá ser implementada a partir do momento que se tiver condições de inferir a força exercida pelo usuário. Isso será possível com o uso de equipamento háptico.

4.2 Opinião de Usuários

O protótipo implementado foi apresentado a profissionais de mastologia e ginecologia, permitindo avaliar o interesse da comunidade em projetos que visam a interatividade das tecnologias com o intuito de melhorias e aprimoramentos no ensino médico. Os simuladores oferecem um treinamento menos crítico, porque não utilizam cobaias e nem cadáveres humanos.

De acordo com os especialistas consultados, o protótipo apresenta interface simples e de fácil entendimento, podendo qualquer especialista trabalhar com o sistema. O armazenamento de dados de imagens reais foi um dos itens ressaltados como ponto positivo, devido ao fato de ser possível o treinamento a partir de casos reais. No exame real, a mamografia é o único meio de visualização de que dispõe o especialista.

Como esperado, a interação em relação ao contato do especialista com a mama foi alvo de críticas, pois, nesta versão do protótipo, até pela ausência de equipamentos não convencionais, esta está implementada apenas com equipamentos convencionais, como mencionado anteriormente. Isso faz com que o protótipo apresente deficiências em relação ao exame real. No entanto, a interação e simulação da realidade no trato da seringa, de acordo com o especialista, oferece um grau de realismo aceitável, porque na sua opinião, permitiu ao mesmo o controle da interação da seringa e agulha no posicionamento exato para o início da punção. No treinamento convencional, os estudantes apenas observam o especialista (professor) na realização do exame e, com este protótipo, o aluno pode treinar seus olhos na leitura e interpretação do exame e posicionar a seringa/agulha no local da incisão.

Da mesma forma, os objetos apresentados pelo protótipo, segundo o especialista, oferecem grau de realismo aceitável, porém ele salienta que as formas da mama podem variar de pessoa para pessoa, mas o fato do protótipo oferecer um modelo pré-definido de mama para todo caso real armazenado, não impede que o aluno treine seus olhos na leitura e interpretação do exame e efetivo posicionamento da seringa. Nesse sentido, o protótipo pode ser mais profundamente estudado a fim de que também a glândula mamária, além do nódulo, seja modelada dinamicamente, a partir de características de casos reais, considerando aspectos de tamanho e forma.

Conforme demonstrou a avaliação, o sistema apresenta grande potencial mostrando ser um sistema interessante para o treinamento de estudantes.

4.3 Avaliação Tecnológica

Como foi mencionado anteriormente, foi utilizado para o desenvolvimento do sistema um computador tipo PC, com processador PENTIUM III, velocidade de 700Mhz e 128 Mb de RAM e dispositivos convencionais, o suficiente para o funcionamento do sistema com um desempenho satisfatório.

Um exemplo do desempenho do sistema é a velocidade e o tempo que se abre cada janela chamada. Para o armazenamento de dados e seleção de caso para o exame de punção, o processamento é efetivado em fração de segundos.

A partir da escolha do caso real, a tela para a simulação leva 6 segundos para ser gerada, o que é um tempo excelente levando-se em conta que está tela apresenta a renderização da cena 3D contendo os objetos 3D (mama, nódulo, seringa) para a realização da simulação. Uma excelente performance observou-se na renderização da cena a cada troca de objetos de mama, que representam a deformação de objetos, pois, é imperceptível a troca de objetos 3D.

Para a construção do protótipo foi utilizada a linguagem Java e API Java 3D, como já foi mencionado. A vantagem da utilização da plataforma Java para o desenvolvimento do sistema é que esta supriu as necessidades que tornaram o sistema prático para se operar e, além de se tratar de tecnologia gratuita, apresentando apenas uma dificuldade em termos de material e trabalhos desenvolvidos para simulação médica com tecnologia Java 3D que pudessem servir como fonte de pesquisa e consulta para agilizar o processo de desenvolvimento.

Em relação aos dispositivos físicos (computador utilizado para execução do protótipo), esses foram bem aceitos, uma vez que seu custo é acessível e os *softwares* utilizados para a execução do sistema estão disponíveis para *download*, tornando um sistema de baixo custo.

4.4 Considerações Finais

Durante a implementação do protótipo, a apresentação do trabalho em eventos científicos (HARAMOTO et al, 2003; LIMA e NUNES, 2004; LIMA et al, 2004), permitiu avaliar a ferramenta também do ponto de vista técnico. Neste aspecto foi percebida a sua utilidade no processo de ensino e aprendizagem, principalmente pelo fato dos simuladores oferecerem um treinamento menos crítico.

Apesar das limitações aqui apresentadas e discutidas e da distância que o protótipo ainda tem do procedimento real, duas importantes contribuições devem ser destacadas: (1) a utilização de tecnologia gratuita para a construção de simuladores médicos e (2) o aumento do conhecimento para construir ferramentas deste tipo no país, visto que ainda é escasso o desenvolvimento de aplicações de Realidade Virtual para treinamento médico no Brasil.

Dessa forma, a pesquisa contribui não somente com treinamento médico em questão, mas provê a reunião de vários componentes tecnológicos que ainda são pontos novos na pesquisa acadêmica, como é o caso da tecnologia da API Java 3D que ainda é pouco explorada na construção e manipulação de aplicações para a área médica.

CAPÍTULO 5 - CONCLUSÕES

A Realidade Virtual tem apresentado um desenvolvimento acelerado nos últimos anos devido à pesquisa de vários centros e à diminuição no custo de *hardware* e *software*. O avanço tecnológico permitiu a inserção das técnicas de Realidade Virtual em várias áreas do conhecimento. Uma das áreas que mais vem apresentando pesquisas e aplicações inovadoras é a área da Saúde e, em especial a Medicina, na qual são criados ambientes virtuais para simulação de cirurgias, treinamento médico, entre outras.

Como apresentado nesta pesquisa os simuladores para treinamento de procedimentos médicos com características de Realidade Virtual são valiosamente úteis para a ensino médico, pois permitem que o estudante de Medicina faça treinamentos através desses ambientes virtuais, aprimorando sua técnica para depois aplicar seus conhecimentos em pacientes reais.

Uma das grandes preocupações de autoridades (médicos e governo) da saúde, é a alta taxa de mortalidade de mulheres por câncer de mama. Existem vários métodos para se detectar o câncer de mama. A confirmação da existência de um tumor maligno é feita através de exames laboratoriais de material coletado em exames de biópsia. Considerando a dificuldade existentes no treinamento de profissionais para a execução deste procedimento, este trabalho teve o objetivo de construir um primeiro protótipo de ferramenta para simular as ações necessárias para a execução deste exame. A partir dessas considerações, o objetivo proposto foi atingido.

Os conhecimentos adquiridos durante a revisão da bibliografia, mostraram que ainda existem algumas dificuldades teóricas e práticas a serem superadas para atingir um nível de

realismo necessário para a aplicação clínica da ferramenta, pois trabalhos de computação voltados à área médica são complexos e não podem apresentar falhas ou distorções.

Apesar do trabalho apresentado ainda necessitar de várias melhorias de implementação na ferramenta, a pesquisa e desenvolvimento realizados permitiram a aquisição de conhecimento tanto do ponto de vista de simulação médica quanto em relação à construção de ferramentas de Realidade Virtual utilizando a tecnologia aqui apresentada. Espera-se, enfim, que este seja apenas o início de pesquisas na utilização de Realidade Virtual para a construção de ferramentas para treinamento médico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almeida, A . B. **Usando o Computador para Processamento de Imagens Médicas.** Revista Informática Médica – v.1, n.2. Mar-Abr/1998.

Bagirov, A., Rubinov, A., Yearwood, J., **Global □r□ica□ation approach to classification in medical diagnosis and prognosis.** IEEE – Proceedings os the 34th Hawaii International Conference on System Sciences – 2001

Basdogan, C. **Force Reflecting Deformable Objects for Virtual Environments.** SIGGRAPH'99 Tutorial Notes #38: Haptics:From Basic Principles do Advanced Applications. 26TH Internatioal Conference on Computer Graphics and Interative Techniques. ACM SIGGRAPH. Ago/1999.

Bouvier, D.J. **Getting Started with the Java 3D API – A Tutorial for Beginners.** Tutorial v1.6.2 (Java 3D API v1.2) Sun Microsystems – 2001.

Burdea, G. , Coiffet P. **Virtual Reality Technology.** John Wiley & Sons, New York, N.Y. 1994. p.2

Costa, I.F., Balaniuk, R., Bernardi, ^a P., Raioni, R., Aguiar, M.B., Universidade Católica de Brasília – **Projeto Simulador de Cirurgia.**
Disponível em: < www.ucb.br/fisica/cirurgia.htm >
Acesso em: jan. 2003

Deitel, H.M., Deitel, P.J. **Java Como Programar.** 3.ed. – Porto Alegre: Bookman – 2001.

Feig, S.A.,Hendrick, R.E. Risk. **Benefit and controversy in mammographic screening, in A Categorical Course in Physics. Technical Aspects of Breast Imaging.** A.G. Haus and M. J. Yafee, Eds, Radiological Society of orth America, 1993, p. 21-33, 79th scientific assembly and annual meeting of RSNA.

Freitas Jr, R. **Punção Aspirativa por Agulha Fina: Estudo Comparativo entre dois diferentes Dispositivos para a Obtenção da Amostra Citológica** – Tese de Doutorado – UNICAMP 2001.
Disponível em:< <http://www.rau-tu.unicamp.br/nou-rau/demo-pt/document/?view=57> >.Acesso em: Mar/2003.

Gianni, F.G.L., Mori, F.Y. **Alguns aspectos técnicos dos procedimentos diagnósticos minimamente invasivos da mama.** Revista Saúde Hoje. Fev/2003.

Giger, M.L. **Computer-aided diagnosis of breast lesions in medical images.** Computing in Science & Engineering, v. 2, n. 5, p. 39-45 – 2003

Haramoto, L.L., Nunes, F.L.S., Brega, J.R.F., Sementille, A C., Rodello, I.A. **Ferramenta de Realidade Virtual para Simulação de Exame de Punção da Mama.** In: Proceedings of VI Symposium on Virtual Reality, Ribeirão Preto. Anais do VI Symposium on Virtual Reality. V. 1, p.386-388, Out/2003.

Highnam, R., Brady, M., Shepstone, B. **A Representation for Mammographic Image Processing.** Departments of Engineering Science and Radiology – Oxford University U.K. Set/1996

INCA (a)– Instituto Nacional do Câncer – 2003.
Disponível em: www.inca.org.br/ Acessado em: Mar/2003

INCA (b)– Instituto Nacional do Câncer – 2004.
Disponível em: www.inca.org.br/ Acessado em: Jul/2004

Kirner, C. Apostila do Ciclo de Palestras de realidade virtual, atividade do projeto AVVIC-CNPq (Protem – CC – fase III) – DC/UFSCar, São Carlos , p.1-10, out/1996

Kühnapfel U., Çakmak H.K., Maab A. **Endoscopic Surgery** . IEEE Symposium on Simulation, Delft University, Delft, NL, 13.10.1999 p.22-32

Lau, R. W. H., Chan, O., Luk, M., Li, F. W. B. **A Collision Detection Framework for Deformable Objects.** In: Proceedings of ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology, Hong Kong, p. 113-120, 2002.

Lima, L., Nunes, F.L.S. **Utilização de Realidade Virtual em Treinamento Médico: Um Protótipo de Ferramenta para Exame de Punção de Mama.** CLAEB/2004 – III Congresso Latino Americano de Engenharia Biomédica/ XIX – Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica – 2004.

Lima, L., Nunes, F.L.S., Brega, J.R.F., Sementille, A C., Rodello, I.A., Takashi, R. **Virtual Reality for medical training: a prototype to simulate breast aspiration examination.** In: Proceedings of ACM (SIGGRAPH) International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry. Jun/2004

Lima, L., Nunes, F.L.S., Brega, J.R.F., Sementille, A C., Rodello, I.A. **Um Protótipo para Simulação de Exame de Punção de Mama Utilizando Realidade Virtual não Imersiva.** In: Proceedings of VII Symposium on Virtual Reality, São Paulo-SP. - 2004

Liu, A., Tendick, F., Cleary, K., Kaufmann, C. **A Survey of Simulation: Application, Technology and Education.** Presence vol12, Issue 6 – MIT Press – Dec/2003.

Luna M., Oliveira C., Almeida L., Chagas C.R., Filho A.S.R. **Patologia Mamária III – Marcação Pré-Operatória de Lesões Mamárias não palpáveis.** Femina Revista da Federação Brasileira das Sociedades de Ginecologia e Obstetrícia. V.27 n° 6. p.479-485. Jul/1999.

Machado, L.S. **A Realidade Virtual no Modelamento e Simulação de Procedimentos Invasivos em Oncologia Pediátrica.** Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Mar/2003

Mahoney, D.P., **Getting the Feel of Virtual Surgery.** Computer Graphics World.Out/1999.

Monserrat, C.; Alcañiz, M.; Ullrich, M.; Poza, J.L.; Juan, M.C.; Grau, V. **Simulador para el entrenamiento en cirugías avanzadas**. Actas XII congreso internacional de ingeniería gráfica (ISBN: 84-8448-008-9)

Netto, A.V., Machado, L.S. Oliveira, M.C.F. **Realidade Virtual: Definições, Dispositivos e Aplicações**. Tutorial. *Revista Eletrônica de Iniciação Científica da SBC*. Ano II, v.II, n.2, ISSN 1519-8219. Mar/2002.

Nunes, F.L.S. **Investigações em processamento de imagens mamográficas para auxílio ao diagnóstico de mamas densas**. Tese Doutorado – Instituto de Física de São Carlos, p.1-24, 2001

Peifer, J.W. **Virtual Reality in Medicine e Surgical Simulation – Eye Surgery Simulation**

Disponível em: <www.btic.gatech.edu/bitcprojects/eye_surg_sim.html>

Acesso em: jun/2004

Projeto **Visible Human**

Disponível em: <www.nlm.nih.gov/research/visible/visible_human.html>

Acesso em: jan. 2003

Rosen, J.M., Soltaniam, H., Redell, R. J., Laub, D.R. **Evolution of Virtual Reality from planning to performing surgery**. IEEE Engineering in Medicine and Biology – Mar-Abr/1996

Selman, D. **Java3D Programming: A Guide to key Concepts and Effective Techniques**. <http://www.manning.com/selman> - 2000 .

Stotzka, R., Muller, T., Eppler, W., Gemmeke, H. **Three-Dimensional Reconstruction of Clustered Microcalcifications from Two Digitized Mammograms**. SPIE, vol. 3338, p.513-520, 1998

Székely **Virtual Reality Based Surgery Simulation for Endoscopic Gynaecology**. Studies en Health Technology and Informatics vol 62 pp. 351-357 705 Press 1999

Sun Microsystems. **“Java 3D Engineering team Java API Tutorial**. <http://developer.java.sun.com/developer/onlineTraining/java3d/>, Jun/2004

Wang, F., Mckenzie, E. **Virtual Life in Virtual Environments**. Technical Report ECS-CSG-44-98. Department of Computer Science University of Endinburgh
Disponível em: <citeseer.nj.nec.com/wang98virtual.html>. Acesso em: 11 mar 2003.

Waterworth, J.A. **Virtual Reality in Medicine:A Survey of the State of the Art**.

Disponível em: <<http://www.informatik.umu.se/~jwworth/medpage.html>>

Acesso em: fev. 2003