

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



UM SISTEMA BASEADO EM INTERFACES NATURAIS PARA  
REABILITAÇÃO DE PACIENTES PÓS-MASTECTOMIA

CLARISSA AVELINO XAVIER DE CAMARGO

Setembro

2014

CLARISSA AVELINO XAVIER DE CAMARGO

**UM SISTEMA BASEADO EM INTERFACES NATURAIS PARA REABILITAÇÃO  
DE PACIENTES PÓS-MASTECTOMIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Processamento da Informação – Computação Gráfica

---

Prof. Alexandre Cardoso, Dr.

Orientador

---

Prof. Edgard A. Lamounier Jr., PhD.

Coorientador

---

Prof. Edgard A. Lamounier Jr., PhD.

Coordenador do curso de Pós-Graduação

Uberlândia

2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

C172s Camargo, Clarissa Avelino Xavier de, 1988-  
2014

Um sistema baseado em interfaces naturais para reabilitação de pacientes pós-mastectomia / Clarissa Avelino Xavier de Camargo. - 2014.

104 f. : il.

Orientador: Alexandre Cardoso.

Coorientador: Edgard Afonso Lamounier Júnior.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

Inclui bibliografia.

1. Engenharia elétrica - Teses. 2. Mastectomia - Teses. 3. Mastectomia - Reabilitação - Teses. 4. Realidade virtual - Teses. I. Cardoso, Alexandre, 1964- II. Lamounier Júnior, Edgard Afonso, 1964- III. Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. IV. Título.

---

CDU: 621.3

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

**UM SISTEMA BASEADO EM INTERFACES NATURAIS PARA REABILITAÇÃO DE  
PACIENTES PÓS-MASTECTOMIA**

**CLARISSA AVELINO XAVIER DE CAMARGO**

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

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Alexandre Cardoso – Orientador (UFU)

Prof. PhD. Edgard A. Lamounier Jr. – Coorientador (UFU)

Prof. Dr. Luciano Coutinho Gomes(UFU)

Prof. Dr. Ricardo Nakamura (USP – Universidade de São Paulo)

*Dedico este trabalho de Mestrado aos meus pais, Barbara Regina e José Marcos, à minha irmã, Vanessa Camargo e ao meu querido, Ípero Almeida, pelo incentivo e apoio em todas as minhas escolhas e decisões.*

*A vitória desta conquista dedico com todo o meu amor, unicamente, a vocês! Vocês tornaram meu esforço válido e recompensador e me impediram de desistir.*

## ***Agradecimentos***

Meus sinceros votos de agradecimentos, primeiramente a Deus, pela força de seguir sempre em frente.

Aos meus pais, Barbara Regina e José Marcos, e minha irmã, Vanessa, pelo apoio e ajuda com a mudança de cidade necessária para que esse trabalho se concretizasse, por tudo que me ensinaram e por todo amor a mim dedicado, o que fez com que me tornasse quem sou e me mostraram a importância de nunca desistir.

Ao meu namorado Ípero Almeida, que com seu carinho deu forças e coragem em todos os momentos e que entendeu a necessidade da distância física, estando sempre ao meu lado com apoio moral.

Ao professor Dr. Alexandre Cardoso, pela orientação e por sempre ter acreditado em mim e no potencial desse projeto, sempre me incentivando.

Ao professor PhD Edgard Lamounier, pelo apoio, discussões e por estar sempre disposto a ajudar e ensinar.

Ao pessoal do laboratório de Engenharia de Reabilitação Sensório Motora da Univap, no nome da Izabela Mendes, por possibilitarem os testes e resultados necessários para conclusão da pesquisa.

Aos colegas do laboratório de Computação Gráfica da UFU, pelo companheirismo, piadas e risos que me mantiveram firme longe de casa.

Aos meus familiares e amigos que, além de sempre me apoiarem e incentivarem, souberam entender que foi necessário me ausentar em momentos importantes, mas nunca os esqueci.

E, por fim, a CAPES, pelo suporte financeiro, contribuindo para a realização deste estudo. Aos professores e técnicos administrativos da pós-graduação que estavam sempre dispostos a ajudar e fizeram parte desta história. Especialmente à Cinara Fagundes, que sempre com sorriso, aguentava os bate-papos e desabafos e ainda, resolvia qualquer problema dos queridos alunos da Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Muito obrigada a todos.

## ***Resumo***

**CAMARGO, C. A. X. UM SISTEMA BASEADO EM INTERFACES NATURAIS PARA REABILITAÇÃO DE PACIENTES PÓS-MASTECTOMIA, Uberlândia, Faculdade de Engenharia Elétrica – UFU, 2014.**

**Palavras-chave:** Interação Natural, Reabilitação Motora, Realidade Virtual.

Secundariamente ao câncer de mama e processo de retirada da(s) mama(s) - Mastectomia, pode aparecer complicações clínicas resultantes das alterações físico-funcionais que dificultam as atividades da vida diária, com impacto negativo sobre a qualidade de vida do(s) paciente(s). O desenvolvimento de *softwares* específicos pode propiciar condições de benefícios terapêuticos aos pacientes, na forma de ferramentas acessórias ao processo de reabilitação. Este trabalho objetiva desenvolver e validar um *software* que, por meio de recursos de interação natural, possa ser usado juntamente com um protocolo fisioterapêutico na verificação da influência sobre a dor secundária à retirada da(s) mama(s). O sistema foi desenvolvido e avaliado, em caráter qualitativo, pós-procedimento cirúrgico devido ao câncer de mama. Os resultados são promissores, com atenuação do limiar de dor e consequente aumento da amplitude de movimento ao término das sessões.

## ***Abstract***

CAMARGO, C. A. X. *Natural Interaction for Trunk and Upper Members Rehabilitation of Patients with Clinical Complications Secondary to Breast Cancer*, Uberlandia, Faculty of Electrical Engineering – UFU, 2014.

**Key-words:** Natural Interaction, Motor-Rehabilitation, Virtual Reality.

Secondary to breast cancer it may appear clinical complications resulting from physical and functional changes that hinder daily activities, resulting in a negative impact on life's quality. The development of specific software, through virtual reality projection or natural interaction, provides many therapeutic benefits to individuals and it is an important tool in the rehabilitation process. This study aimed to develop and validate software that, with natural interaction resources, can be used in conjunction with a physical therapy protocol to verify the influence on secondary pain of breast cancer. The software has been evaluated, in qualitative approach, after surgical procedure due to breast cancer. The results are promising, showing attenuation of the pain threshold and increased range of motion at the end of the sessions.

## **Publicações**

Publicações resultantes deste trabalho:

CAMARGO, C. A. X.; CAVALHEIRO, G.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER Jr., E. A.; MENDES, I. S.; ANDRADE, A. O.; LIMA, M.; LIMA, F. **Virtual rehabilitation in women with post breast cancer A case study.** In: Proceedings 2013 International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR), 2013, Philadelphia. p. 188-189.

CAMARGO, C. A. X.; CAMARGO, V. A. X.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER Jr., E. A.; CAVALHEIRO, G.; MENDES, I. S.; ANDRADE, A. O.; LIMA, M. **Protocols of Virtual Rehabilitation for Women in Post-Operative Breast Cancer Stage.** In: Anais do XII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital – SBGames’13, p. 61-64. 2013, São Paulo, SP, Brasil.

CAMARGO, C. A. X.; CAMARGO, V. A. X.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER Jr., E. A.; CAVALHEIRO, G.; ANDRADE, A. O.; MENDES, I. S.; LIMA, M. **Rehabilitation Protocols in Virtual Reality for Treatment of Breast Cancer's Secondary Pain.** In: Anais do X Workshop de Realidade Virtual e Aumentada – WRVA’2013, 2013, Jataí, GO, Brasil.

# Sumário

|   |             |
|---|-------------|
| <b>Lista de Figuras .....</b>   | <b>1-13</b> |
| <b>Lista de Tabelas e Quadros .....</b>   | <b>1-15</b> |
| <b>Lista de Abreviaturas .....</b>  | <b>1-16</b> |
| <b>1. Introdução .....</b>  | <b>1</b>    |
| 1.1    Objeto de Estudo .....   | 1           |
| 1.2    Problema e Motivação .....   | 1           |
| 1.3    Objetivos e Justificativas .....   | 3           |
| 1.4    Organização da Dissertação .....   | 4           |
| <b>2. Referencial Teórico .....</b>   | <b>7</b>    |
| 2.1    Introdução .....   | 7           |
| 2.2    Realidade Virtual e Aumentada .....  | 7           |
| 2.3    Interação Natural .....  | 11          |
| 2.3.1    Dispositivos .....   | 13          |
| 2.4    Considerações Finais .....   | 20          |
| <b>3. Trabalhos Relacionados .....</b>  | <b>21</b>   |
| 3.1    Introdução .....   | 21          |
| 3.2    Metodologia de Análise .....   | 21          |
| 3.3    Trabalhos Avaliados .....  | 22          |
| 3.3.1    An Augmented Reality System for Hand Movement Rehabilitation (T1) .....          | 23          |
| 3.3.2    The Virtual Meditative Walk (T2) .....   | 24          |
| 3.3.3    Augmented Reality System Design for Stroke Rehabilitation Application (T3) ..... | 25          |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.3.4 Utilizando Realidade Virtual e Wiimote para Criação de Jogos Voltados à Reabilitação (T4)..... | 27        |
| 3.3.5 Interação natural como apoio a atividade de telementoria em Telemedicina (T5).....             | 29        |
| 3.3.6 Uso de Interação Natural para Auxiliar a Execução de Posturas e Movimentos (T6).....           | 31        |
| 3.3.7 Uso de Interfaces Naturais na Modelagem de Objetos Virtuais (T7)...                            | 32        |
| 3.4 Resumo Comparativo dos Trabalhos Analisados.....   | 33        |
| 3.5 Considerações Finais .....   | 34        |
| <b>4. Arquitetura e Especificação do Sistema.....</b>  | <b>35</b> |
| 4.1 Introdução .....   | 35        |
| 4.2 Tecnologias de Apoio .....   | 35        |
| 4.3 Arquitetura do Sistema .....   | 36        |
| 4.3.1 Gestor da GUI .....  | 37        |
| 4.3.2 Rastreamento .....   | 38        |
| 4.3.3 Gerenciador de Protocolos e Posições .....   | 39        |
| 4.3.4 Mapeador de Avatar e Verificador .....   | 40        |
| 4.4 Requisitos Funcionais .....  | 40        |
| 4.4.1 Entrada (aquisição da imagem) .....  | 41        |
| 4.4.2 Processamento .....  | 41        |
| 4.4.3 Saída - ambiente virtual com interação natural.....  | 41        |
| 4.5 Requisitos Não Funcionais.....   | 42        |
| 4.5.1 Requisitos de Implementação .....  | 42        |
| 4.5.2 Requisitos de Facilidade de Uso .....  | 42        |
| 4.5.3 Requisitos de Portabilidade .....  | 42        |
| 4.6 Casos de Uso .....   | 43        |
| 4.6.1 Descrição dos Atores.....  | 44        |
| 4.6.2 Descrição dos Casos de Uso .....   | 44        |
| 4.7 Diagrama de Classes.....   | 48        |
| 4.8 Considerações Finais .....   | 48        |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>5. Detalhes da Implementação .....</b>                   | <b>50</b> |
| 5.1    Introdução .....                                     | 50        |
| 5.2    Estrutura do Sistema .....                           | 50        |
| 5.2.1    Buscar pacientes .....                             | 51        |
| 5.2.2    Capturar Dimensões .....                           | 52        |
| 5.2.3    Configurar Precisão.....                           | 52        |
| 5.2.4    Verificar Posição .....                            | 53        |
| 5.2.5    Realizar Protocolo.....                            | 55        |
| 5.3    Projeto de Interface .....                           | 58        |
| 5.3.1    Modelagem geométrica da representação humana ..... | 59        |
| 5.3.2    Banco de Dados .....                               | 61        |
| 5.4    Considerações finais.....                            | 61        |
| <b>6. Funcionamento do Sistema .....</b>                    | <b>62</b> |
| 6.1    Introdução .....                                     | 62        |
| 6.2    Interface tradicional .....                          | 62        |
| 6.3    Interface Natural.....                               | 64        |
| 6.4    Considerações Finais .....                           | 71        |
| <b>7. Avaliação e Análise dos Resultados.....</b>           | <b>72</b> |
| 7.1    Introdução .....                                     | 72        |
| 7.2    Ambiente de Avaliação.....                           | 72        |
| 7.3    Testes e resultados.....                             | 73        |
| 7.4    Considerações Finais .....                           | 77        |
| <b>8. Conclusões e Trabalhos Futuros .....</b>              | <b>78</b> |
| 8.1    Introdução .....                                     | 78        |
| 8.2    Conclusões .....                                     | 78        |
| 8.2.1    Quanto à área aplicada .....                       | 78        |
| 8.2.2    Quanto à área específica.....                      | 79        |
| 8.3    Trabalhos Futuros .....                              | 79        |
| 8.3.1    Aprimoramento do sistema .....                     | 79        |

|   |           |
|---|-----------|
| 8.3.2 Ampliação da aplicabilidade.....  | 80        |
| 8.4 Considerações Finais .....          | 80        |
| <b>Referências Bibliográficas .....</b> | <b>81</b> |

# **Lista de Figuras**

|  |    |
|--|----|
| Figura 1 – Organização da dissertação .....  | 5  |
| Figura 2 – Modelo Mental de produto. Modificado de: (SILVA, 2008). .....                               | 8  |
| Figura 3 – Exemplo de marcador fiducial.....   | 9  |
| Figura 4 – Evolução das interfaces humano-computador (MATSUMURA & SONNINO, 2011).<br>.....             | 11 |
| Figura 5 – Imagem dos controles de interação Nintendo Wii™ .....                                       | 13 |
| Figura 6 – Controles do Playstation Move™. ....  | 13 |
| Figura 7 – Asus Xtion®.....  | 14 |
| Figura 8 – Kinect™ para Xbox 360 (MICROSOFT1, 2011). ....  | 14 |
| Figura 9 – Kinect™ para Windows®. ....   | 15 |
| Figura 10 – Componentes do Kinect™ (MICROSOFT, 2012). ....   | 15 |
| Figura 11 – Articulações reconhecidas pelo Kinect™ (MICROSOFT1, 2011).....                             | 16 |
| Figura 12 – Tratamento cirúrgico do câncer: planejamento da incisão cirúrgica (TIEZZI, 2007).<br>..... | 17 |
| Figura 13 – Realidade Aumentada na reabilitação do movimento das mãos (SHEN, et al., 2008).<br>.....   | 24 |
| Figura 14 – Passeio Virtual de Meditação (GROMALA, et al., 2011). ....                                 | 25 |
| Figura 15 – Reabilitação de Pacientes com derrame .....  | 27 |
| Figura 16 – Jogo Taxi Driver para reabilitação. ....   | 28 |
| Figura 17 – Sistema de Telementoria em Telemedicina (MEDEIROS, et al., 2012). ....                     | 29 |
| Figura 18 – Interface inicial do protótipo de telemedicina (MEDEIROS, 2012). ....                      | 30 |
| Figura 19 – Interface do CHECK POSTURAS E MOVIMENTOS (NASCIMENTO, 2013).....                           | 31 |
| Figura 20 – Manipulação de objetos 3D com as mãos (OLIVEIRA, 2013). ....                               | 32 |
| Figura 21 – Comparação entre ferramentas para o Kinect™ (OLIVEIRA, 2013).....                          | 36 |
| Figura 22 – Arquitetura do Sistema .....   | 37 |
| Figura 23 – Interface principal do <b>Rehabilita</b> .....   | 38 |

|   |    |
|---|----|
| Figura 24 – Interação de hardware e software do Kinect™ com um aplicativo (MICROSOFT, 2012). ....   | 38 |
| Figura 25 – Arquitetura do Kinect™ SDK (MICROSOFT, 2012) ....   | 39 |
| Figura 26 – Diagrama de Casos de Uso .....  | 43 |
| Figura 27 – Diagrama de classes do sistema.....   | 48 |
| Figura 28 – Estrutura do aplicativo proposto.....   | 51 |
| Figura 29 – Exemplo do comportamento das elipses de controle.....   | 53 |
| Figura 30 – Uso do software MakeHuman™ na criação dos humanoides. ....  | 60 |
| Figura 31 – Software Blender™ na elaboração dos movimentos das articulações.....  | 60 |
| Figura 32 – Interface do protótipo construído.....  | 63 |
| Figura 33 – Interface do protótipo – interface natural com humanoide. ....  | 65 |
| Figura 34 – Interface inicial do sistema .....  | 66 |
| Figura 35 – Protocolo 1 do tratamento. ....   | 67 |
| Figura 36 – Protocolo 2 do tratamento. ....   | 67 |
| Figura 37 – Protocolo 3 do tratamento. ....   | 68 |
| Figura 38 – Protocolo 4 do tratamento. ....   | 68 |
| Figura 39 – Protocolo 5 do tratamento. ....   | 69 |
| Figura 40 – Protocolo 6 do tratamento. ....   | 69 |
| Figura 41 – Protocolo 7 do tratamento. ....   | 70 |
| Figura 42 – Protocolo 8 do tratamento. ....   | 70 |
| Figura 43 – Ambiente de Avaliação [arquivo pessoal].....  | 73 |
| Figura 44 – Representação dos valores da amplitude de movimento do membro superior afetado antes e após o tratamento (MENDES, 2013).....  | 75 |
| Figura 45 – Representação dos valores de RMS dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial, deltoide médio e trapézio durante os movimentos de flexão (A) e abdução (B) do ombro (MENDES, 2013).....   | 76 |
| Figura 46 – Valores obtidos pelos escores do questionário de Qualidade de Vida SF-36, sendo que (1) representa antes do tratamento e (2) representa depois do tratamento com realidade virtual. As siglas representam os domínios, sendo eles: CF – Capacidade funcional; LAF – Limitações por aspectos físicos; Dor; EGS – Estado geral de saúde; V – Vitalidade; AS – Aspectos sociais; AE – Aspectos emocionais; SM – Saúde mental. (MENDES, 2013). .... | 76 |

# **Lista de Tabelas e Quadros**

|   |    |
|---|----|
| Tabela 1 – Quadro comparativo entre os trabalhos correlatos .....             | 33 |
| Tabela 2 – Contribuição desta pesquisa .....                                  | 34 |
| Quadro 1 – Atores do Sistema.....   | 44 |
| Quadro 2 – Descrição do caso de uso “Cadastrar/Buscar Paciente”.....          | 44 |
| Quadro 3 – Descrição do Caso de Uso “Cadastrar Sessão de tratamento”.....     | 45 |
| Quadro 4 – Descrição do Caso de Uso “Definir posição inicial/Calibragem”..... | 45 |
| Quadro 5 – Descrição do Caso de Uso “Escolha do Protocolo”.....               | 46 |
| Quadro 6 – Descrição do Caso de Uso “Escolha de Posição”.....                 | 46 |
| Quadro 7 – Descrição do Caso de Uso “Verificar Posições”.....                 | 46 |
| Quadro 8 – Descrição do Caso de Uso “Ajuste Elipses/Precisão”.....            | 47 |
| Quadro 9 – Modelo das posições: Inicial, 1 a 3.....                           | 54 |
| Quadro 10 – Modelo das posições: 4 a 6.....                                   | 54 |
| Quadro 11 – Modelo das posições: 7 a 9.....                                   | 55 |
| Quadro 12 – Modelo das posições: 10 a 12.....                                 | 55 |
| Quadro 13 – Exemplo dos protocolos 1 e 2 .....                                | 56 |
| Quadro 14 – Exemplo do protocolo 3.....                                       | 57 |
| Quadro 15 – Exemplo do protocolo 4.....                                       | 57 |
| Quadro 16 – Exemplo do protocolo 5.....                                       | 57 |
| Quadro 17 – Exemplo dos protocolos 6, 7 e 8. ....                             | 58 |

# **Lista de Abreviaturas**

|               |  |
|---------------|--|
| <b>2D</b>     | Bidimensional (2 Dimensões)                |
| <b>3D</b>     | Tridimensional (Três dimensões)            |
| <b>ADM</b>    | Amplitude de movimento                     |
| <b>API</b>    | <i>Application Programming Interface</i>   |
| <b>APP</b>    | Application                                |
| <b>AV</b>     | Ambiente Virtual                           |
| <b>AVD</b>    | Atividades da vida diária                  |
| <b>BD</b>     | Banco de Dados                             |
| <b>EMG</b>    | Eletromiografia                            |
| <b>GUI</b>    | <i>Graphic User Interface</i>              |
| <b>HMD</b>    | <i>Head Mounted Display</i>                |
| <b>IHC</b>    | Interface Homem Computador                 |
| <b>LAF</b>    | Limitações por aspectos físicos            |
| <b>MEC</b>    | Ministério da Educação                     |
| <b>NUI</b>    | <i>Natural User Interface</i>              |
| <b>PDI</b>    | Processamento Digital de Imagens           |
| <b>RA</b>     | Realidade Aumentada                        |
| <b>RGB</b>    | <i>Red, Green, Blue</i>                    |
| <b>RV</b>     | Realidade Virtual                          |
| <b>TCLE</b>   | Termo de Consentimento Livre e Esclarecido |
| <b>UFU</b>    | Universidade Federal de Uberlândia         |
| <b>UNIVAP</b> | Universidade do Vale do Paraíba            |

# **Capítulo 1**

## **1. Introdução**

### **1.1 Objeto de Estudo**

O objeto de estudo desta pesquisa refere-se ao desenvolvimento e avaliação de jogos sérios na reabilitação humana, utilizando como estudo de caso as complicações clínicas secundárias ao câncer de mama. Geralmente, após a retirada da mama alguns parâmetros necessitam de avaliação: dor, amplitude de movimento, atividade elétrica muscular, força muscular, linfedema e qualidade de vida (MENDES, 2013). Neste cenário várias estratégias vêm sendo empregadas para oferecer ao paciente um conforto maior, diminuição do trauma, motivação para reabilitar-se e outros aspectos inerentes ao processo decorrente desta patologia. Portanto, surge agregado a este objeto de estudo um problema que necessita de investigação para apresentar possibilidades no tratamento para reabilitação destes pacientes.

### **1.2 Problema e Motivação**

Muitas pesquisas científicas na área da engenharia de reabilitação vêm sendo objeto de interesse de vários pesquisadores. Talvez, o maior interesse desta área seja a busca pelo desenvolvimento e a utilização de tecnologias e dispositivos de baixo custo e fácil acesso, visando promover melhora da qualidade de vida da população, incluindo mulheres pós-câncer de mama (REINKENSMEYER, et al., 2012).

O câncer de mama é a principal causa de morte com idade entre 20 a 59 anos, sendo diagnosticado em uma a cada oito mulheres. Segundo Mohan e Ponnusankar (2013) a probabilidade em desenvolver o câncer de mama aumenta de acordo com a idade, histórico familiar, câncer de útero ou de ovário (MENDES, 2013, p. 17).

Existem duas opções de tratamento, a terapia conservadora da mama que inclui a tumorectomia ou excisão local, seguida da dissecção dos nódulos linfáticos com ou sem a realização da radioterapia, ou a Mastectomia total, que consiste na retirada de todo o tecido mamário, sendo dividida de acordo com a dissecção axilar e muscular. Esta modalidade muitas vezes é utilizada quando a paciente apresenta um risco de recorrência elevada, com tamanho do tumor maior que cinco cm, mais de quatro nódulos suspeitos e margens comprometidas (KAVIANI, et al., 2013).

Independente da técnica cirúrgica empregada, outras modalidades terapêuticas são associadas ao tratamento, como a quimioterapia, radioterapia e terapias endócrinas, que causam diferentes efeitos fisiológicos, levando a quadros intensos de dor, linfedema, fraqueza, depressão, restrição dos movimentos e deficiências físicas, que interferem diretamente sobre a qualidade de vida destas mulheres posteriormente a este quadro clínico (van LONDEN, et al., 2013) (VALINOTE, et al., 2013).

Stout, et al. (2012) relataram a importância da intervenção fisioterapêutica precoce a estes pacientes, antes do surgimento das limitações funcionais, porém, no âmbito da reabilitação, a evidência dos benefícios das técnicas proporcionadas são inconclusivas. Diversas técnicas terapêuticas são citadas na literatura, como as bandagens de compressão, drenagem linfática manual, realização de atividade física, assim como a combinação de cuidados com a pele (RODRICK, et al., 2013).

A atividade física é uma importante abordagem para promoção da saúde após o câncer independente de seu estágio, melhorando aspectos psicológicos e fisiológicos de forma a amenizar as morbidades (SHORT, et al., 2012).

Atualmente, o desenvolvimento de intervenções alternativas tem despertado o interesse de diversos profissionais da área da saúde, tanto na prevenção quanto no tratamento de complicações secundárias ao câncer de mama. Avanços tecnológicos, combinando sistemas de robótica e computação gráfica, vêm ganhando espaço em entretenimento e saúde. Neste contexto, a realidade virtual, principalmente no contexto da interação natural pode, por meio de softwares específicos, proporcionar um cenário

motivador para estes pacientes que necessitam desta forma de reabilitação (GARCIA, et al., 2013).

Paralelo a esta possibilidade e uma extensão da mesma, os jogos incorporados a processos de reabilitação é uma abordagem promissora, e têm atraído considerável interesse nas diversas áreas envolvidas neste tipo de pesquisa (MENDES, 2013). O uso agregado de tecnologias, como Realidade Virtual e Interação Natural, aplicados no desenvolvimento de jogos sérios propicia uma execução dos movimentos necessários e naturais na rotina da reabilitação, porém, com uma condição motivadora mais aguçada, podendo tornar o processo de reabilitação em si mais eficaz, diminuindo as sequelas, ao mesmo tempo, o índice de abandono do tratamento pelas pacientes.

Neste contexto é de extrema importância a realização de pesquisas para qualificar a eficácia destas tecnologias no tratamento de sequelas do câncer de mama e elucidar as adaptações fisiológicas que ocorrem perante a utilização de recursos terapêuticos distintos (MENDES, 2013). Além de verificar possibilidades para elaboração de ferramentas mais motivadoras e ampliar o uso de jogos sérios para reabilitação de maneira geral.

### **1.3 Objetivos e Justificativas**

O objetivo geral deste trabalho é propor um sistema de realidade virtual (ambiente virtual) que por meio de interação natural propicie aos pacientes e profissionais da área médica criar um roteiro de reabilitação a partir das técnicas já consolidadas, porém consideradas tradicionais.

Para atingir este objetivo geral, foram projetados os seguintes objetivos específicos:

1. Conceber uma estrutura conceitual que permita estabelecer os parâmetros de construção de um ambiente virtual de reabilitação.
2. Elaborar algoritmos que permitam estabelecer a relação entre um conjunto de movimentos pré-estabelecidos com outros capturados por meio de uma tecnologia de rastreamento.
3. Definir tecnologias de apoio para construção do sistema que já estejam consolidadas no meio científico ou comercial.

4. Construir um sistema que permita o processo completo de tratamento (reabilitação motora), englobando o gerenciamento pelo profissional da área e o uso pelo paciente.

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

1. Para construir uma estrutura conceitual, a construção de um referencial teórico acerca do tema (Interação Natural na Reabilitação Motora) e avaliação de outros trabalhos relacionados ao tema é a primeira meta a ser atingida.
2. A segunda meta da pesquisa é apresentar a relevância e estabelecer a contribuição do trabalho com base na primeira meta.
3. Escolher tecnologias de apoio verificando sua aplicabilidade no contexto do objeto de estudo apresentado.
4. Aplicação de um produto (*software*) no tratamento de pessoas com necessidade de reabilitação.

Como justificativa para elaboração deste trabalho, apresenta-se uma rica e extensa literatura [ (BAÑOS, et al., 2011) (DEPONTI, et al., 2009) (ROCHA, et al., 2011) (ACOSTA, et al., 2011) (ANANTHAKRISHNAN, et al., 2012) (AZUMA, 2001) (BILLINGHURST, et al., 2001) (BURGA, et al., 2009) (BUXTON, 2014) (CARVALHO, et al., 2013) (DOMEYER, et al., 2010) (DEVOOGDT, et al., 2011) (GARCIA, et al., 2013) (HOFMAN, et al., 1995) (KARTAL, et al., 2013) (KIRNER & KIRNER, 2008) (LAVER, et al., 2012) (MACHADO, et al., 2011) (MEHNERT, et al., 2012)] que comprova a relevância na investigação do tema abordado.

## 1.4 Organização da Dissertação

Esta dissertação é estruturada em oito capítulos distribuídos conforme Figura 1.

A Introdução foi dividida em três seções, o Objeto de Estudo (terapêutica secundária ao câncer de mama) que pertence a uma área distinta desta que a pesquisa é filiada, a Computação Gráfica. Isto já identifica a pesquisa como sendo aplicada. A segunda seção relata o problema e a motivação relacionados ao objeto de estudo. A partir desta seção é possível apresentar a área de Realidade Virtual em uma de suas vertentes, Sistemas de Projeção e Interação Natural, como tecnologia propícia para a resolução do problema. A terceira e última

seção da Introdução apresenta os objetivos e as justificativas do trabalho. O que fazer e o pôr que fazer são detalhados nesta seção.



Figura 1 – Organização da dissertação

O Capítulo 2 apresenta o referencial teórico sobre o tema (Uso de Interação Natural na Terapêutica Secundária ao Câncer de Mama) apresentado na Introdução.

O Capítulo 3 apresenta um conjunto de trabalhos que foram escolhidos e avaliados a partir de uma metodologia propiciando apresentar a relevância e a contribuição do trabalho. Os Capítulos 2 e 3 compõem o módulo Referencial e Marco Teórico.

O próximo módulo detalha o desenvolvimento do sistema ou protótipo. O produto resultante é um *software* para uso na problemática associada ao objeto de estudo. Neste módulo são descritos os Capítulos 4 (Arquitetura do Sistema – descrição conceitual e diagramada do sistema); 5 (Detalhes de Implementação – algoritmos e módulos do sistema) e 6 (Funcionamento do Sistema – roteiro e exemplo de uso).

O último módulo apresenta a avaliação e conclusão sobre a construção e a consequente implantação do sistema em um ambiente controlado de testes. Neste módulo estão presentes os Capítulos 7 (Avaliação e Análise dos Resultados) e 8 (Conclusões e Trabalhos Futuros).

Por último, como módulo ligado a todos os outros, têm-se as Referências Bibliográficas.

# **Capítulo 2**

## **2. Referencial Teórico**

### **2.1 Introdução**

Neste capítulo serão abordados tópicos que apresentam o referencial teórico que fundamentam conceitualmente o tema desta pesquisa: Ambiente Virtual de Reabilitação Motora para Pacientes com Câncer Usando Interação Natural.

### **2.2 Realidade Virtual e Aumentada**

Realidade Virtual – RV – é uma interface avançada para aplicações computacionais, em que o usuário pode navegar e interagir em tempo real, em um ambiente tridimensional gerado por computador, usando dispositivos multissensoriais (KIRNER & KIRNER, 2008).

A Realidade Virtual apresenta-se como uma ferramenta capaz de, ao ser utilizada como ferramenta de treinamento e aprendizagem, estimular a criatividade do aprendiz, contribuindo, significativamente, para a aquisição de conhecimento de forma implícita, pois incentiva a aprendizagem processual (BULLINGER, et al., 1996). Este tipo de aprendizagem processual inclui processos complexos que se caracterizam pelo fluxo inconsciente de artefatos mentais e de repetições frequentes e regulares. É importante ressaltar que a RV apoia a aprendizagem processual de forma inconsciente, o que contrasta com os métodos

pedagógicos convencionais, que apoiam, principalmente, à aquisição explícita de conhecimento de forma controlável e consciente (HOFMAN, et al., 1995).

A RV facilita e torna mais intuitivos os processos de abstração e exteriorização de informações, pois ela proporciona certa linearidade nestes processos (BULLINGER, et al., 1996), o que podem ser explicados a seguir. As pessoas ao interagirem no ambiente real por meio de translação, rotação e visualização em 3D criam um modelo mental, isso significa que elas abstraem conceitos e informações do ambiente real e as representam mentalmente em 3D.

A Figura 2, apresentada por (BULLINGER, et al., 1996) mostra que a Realidade Virtual contempla, com uso de elementos tridimensionais, a visualização da informação e a interação do usuário com a mesma, enquanto que tecnologias CAD oferecem recursos de visualização 3D e interação 2D e os protótipos 2D que operam apenas com recursos 2D.

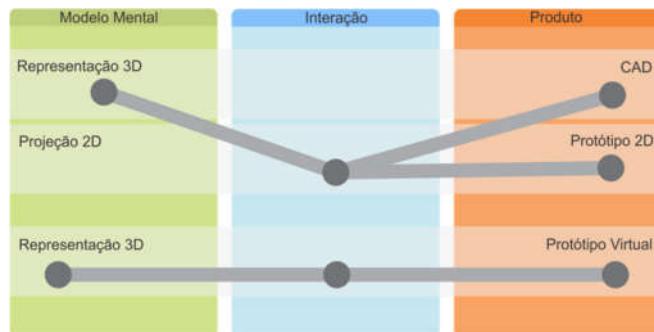


Figura 2 – *Modelo Mental de produto. Modificado de: (SILVA, 2008).*

Um dos principais diferenciais das tecnologias de RV é que seus ambientes são compostos de objetos virtuais que oferecem respostas comportamentais quando o usuário interage no cenário. A utilização de tais objetos para práticas educacionais deve ser acompanhada de perto por diretrizes pedagógicas específicas para que sejam considerados objetos de aprendizagem.

Por outro lado, Realidade Aumentada – RA – consiste na inserção de objetos virtuais no ambiente físico, mostrado ao usuário em tempo real, com o apoio de algum dispositivo tecnológico, usando a interface do ambiente real, adaptada para visualizar e manipular os objetos reais e virtuais (KIRNER & KIRNER, 2008).

A Realidade Aumentada aplica-se em todos os sentidos humanos (AZUMA, 2001) e proporciona ao usuário uma interação segura, sem necessidade de treinamento, uma vez que ele pode trazer para o seu ambiente real objetos virtuais, incrementando e aumentando a visão que ele tem do mundo real (KIRNER & ZORZAL, 2005). Isto é obtido por meio de técnicas de Visão Computacional e de Computação Gráfica/Realidade Virtual, o que resulta na sobreposição de objetos virtuais com o ambiente real (BILLINGHURST, et al., 2001).

Para que os objetos virtuais façam parte do ambiente real e sejam manuseados deve-se utilizar um *software* com capacidade de visão do ambiente real e de posicionamento dos objetos virtuais, além de acionar dispositivos tecnológicos – *hardware* - apropriados para Realidade Aumentada.

O *hardware* de Realidade Aumentada pode usar dispositivos de Realidade Virtual, mas tende a não obstruir as mãos, que devem atuar naturalmente no ambiente misturado (TORI, et al., 2006).

Para a visualização de um objeto virtual em uma cena real, pode-se utilizar um marcador fiducial, como exemplificado na Figura 3, que delimita a área da sobreposição dos objetos virtuais. Os marcadores são definidos como padrões a serem reconhecidos pelo sistema. Uma vez reconhecido, verifica-se na imagem capturada pela câmera, a uma taxa de quadros por segundo, a existência desse padrão. Quando encontrado, sua posição é utilizada para mapear o posicionamento dos elementos virtuais.

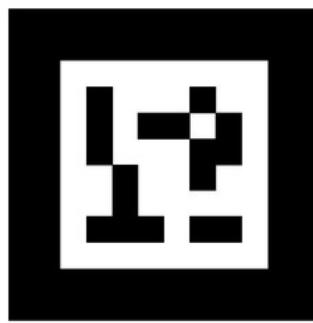


Figura 3 – Exemplo de marcador fiducial

A escolha do melhor marcador para cada aplicação deve ser feita com base nos seguintes parâmetros:

- Desenho do marcador

- Ambiente
- Roupas do usuário
- Iluminação

Com o intuito de aprimorar a utilização de RA, contornando os problemas causados pela má escolha de um marcador, podem ser utilizados marcadores mais complexos ou mesmo capturar características da própria cena e utilizá-las como padrões de posicionamento.

A escolha entre um sistema com ou sem marcador deve ser feita com base nos parâmetros de *hardware* utilizados, para que estes sejam aproveitados de forma eficiente e o resultado esperado seja atingido da melhor forma possível.

Com a sobreposição de objetos virtuais sobre a realidade, ao usuário é concedido acesso a informações que não são tipicamente disponíveis usando seus próprios sentidos. Naturalmente, esse ganho é ainda mais relevante quando utilizadas tecnologias de computação móvel, pois, ao usuário é permitida a movimentação pelo ambiente, explorando informações novas e sua realidade simultaneamente (SA & CHURCHILL, 2012).

Com o desenvolvimento de dispositivos de comunicação móvel em âmbito de processamento, capacidade de armazenamento e melhorias de *hardware*, muitos engenheiros e designers têm pensado e criado novas experiências de interação com o usuário. A Realidade Aumentada é uma área que, associada à comunicação móvel, permite ao usuário experiências interativas e dinâmicas na apresentação de um conteúdo (SA & CHURCHILL, 2012).

Tanto em Realidade Virtual como Aumentada a queixa mais frequente dos usuários é quanto aos processos de interação com o sistema, considerados muitas vezes não naturais e de difícil manipulação. Neste contexto, várias pesquisas exploram a inserção de aspectos naturais no processo de interação com uso de gestos, sons e outros, gerados pelas capacidades sensoriais do ser humano.

## 2.3 Interação Natural

A palavra interação se origina dos termos *inter* /+/*ação*. Pode ser entendida como a ação entre os mesmos. Existe interação entre corpos, genes, ondas, forças, engrenagens, pessoas, máquinas dentre outros (PRIMO, 2007).

Outras definições para interação são: influência recíproca de dois ou mais elementos; fenômeno que permite a certo número de indivíduos constituírem-se em grupo, e que consiste no fato de que o comportamento de cada indivíduo se torna estímulo para outro; ação recíproca que ocorre entre duas partículas (FERREIRA, 2004). Juntando estas definições pode-se considerar que interação é a relação de comunicação de dois ou mais elementos, em que eles podem oferecer e realizar serviços.

Ao levar o termo interação para a área da computação, há um grande enfoque na interação entre usuário-computador e computador-usuário, a subárea responsável por este enfoque é a IHC (Interface Homem Computador) (PRIMO, 2007).

Desde sua aparição, as tecnologias relacionadas à IHC estão em constante evolução e têm como marco a invenção do mouse por Douglas Engelbart, na década de 1960, e o desenvolvimento das interfaces gráficas (DIX, et al., 2005) (LIU, 2010). Atualmente, pesquisas nas áreas de interface multitoque, reconhecimento de voz e visão computacional são desenvolvidas (BUXTON, 2014) para melhorar e facilitar o relacionamento do usuário com o computador. A Figura 4 simplifica a evolução das interfaces humano-computador.



Figura 4 – Evolução das interfaces humano-computador (MATSUMURA & SONNINO, 2011).

Os meios tradicionais de interação entre o usuário e máquinas são equipamentos físicos ligados à máquina pelos quais o usuário recebe e envia dados. São classificados em três

categorias: entrada, saída e entrada/saída. Os meios de interação possuem como objetivo realizar a interação entre usuário-computador, computador-usuário, computador-computador, ou seja, devem converter os dados de forma legível tanto para o usuário quanto para a máquina (TANENBAUM, 2010) (FEDELI, et al., 2010).

Os dispositivos de entrada permitem a inserção de dados na máquina, são exemplos desta categoria: teclado, mouse, mesa digitalizadora, scanner, luva. Os dispositivos de saída devem repassar os dados armazenados na máquina ao meio externo (usuário ou outra máquina), são exemplos: impressora, plotter, monitor, *Head Mounted Display (HMD)*. Já os dispositivos de entrada/saída devem permitir tanto a entrada como saída de dados como, por exemplo: *joystick* e tela sensível ao toque (FEDELI, et al., 2010) (FILHO, 1999) (MARÇULA & BENINI, 2008) (TANENBAUM, 2010).

Os dispositivos citados anteriormente são utilizados para a interação convencional, porém, há diversos métodos de interação. Pode-se destacar a interação natural, que é um meio de interagir com dispositivos eletrônicos que possuem como forma de interação hábitos do cotidiano das pessoas como: gestos e voz, tornando o processo mais natural e evitando o uso de periféricos computacionais, ou seja, o aprendizado para a utilização do sistema é mínimo (VALLI, 2008). A Interação Natural (ou NUI) traz como principal motivação a aproximação do usuário ao ambiente computacional (MACHADO, et al., 2011), e visam prover uma experiência com usuário em que a tecnologia é invisível.

Características da NUI (LIU, 2010):

- Concepção centrada no usuário, visando atender as necessidades de diferentes usuários;
- Faz uso de um ou múltiplos canais sensoriais e motores para capturar as características complementares da intenção do usuário, a fim de aumentar a naturalidade da interação usuário-computador;
- Inexata, pois as ações e pensamentos humanos muitas vezes não são precisos, portanto, o computador deve ser capaz de compreender as solicitações humanas e procurar corrigir os seus enganos;
- Alta largura de banda para entrada de dados e rápida importação de grandes quantidades de informações, como a entrada e compreensão de voz e imagem;
- Interação baseada em voz, imagem e comportamento.

### 2.3.1 Dispositivos

O *Nintendo Wii™* é um *videogame* da *Nintendo®*, que possui como característica principal que o usuário não necessite apertar botões durante os jogos. Para que o usuário envie comandos aos jogos, ele deve mover um sensor. A imagem deste *console* pode ser vista na Figura 5.



Figura 5 – Imagem dos controles de interação *Nintendo Wii™*

A *Sony®* possui um dispositivo para o *Playstation™ 3* semelhante ao sensor do *Nintendo Wii™*, este dispositivo é chamado de *Playstation Move™*, como ilustra a Figura 6.



Figura 6 – Controles do *Playstation Move™*.

A Figura 7 mostra a imagem do *Asus Xtion®*, um sensor de movimentos para computadores, criado para concorrer com o sensor da *Microsoft® (Kinect™)*, o qual será abordado detalhadamente na próxima subseção.



Figura 7 – *Asus Xtion®*.

O *Kinect™* é um dispositivo criado inicialmente para o *videogame Xbox 360™*, que mudou a forma como as pessoas jogam jogos eletrônicos em *videogames* e a experiência com entretenimento, pois, utiliza mecanismos de interação natural para que o jogador interaja com o jogo. Com o sucesso do *Kinect™* para *Xbox 360™*, a *Microsoft®*, empresa que criou o *Kinect™* decidiu criar uma versão do *Kinect™* para computador, denominada de *Kinect™ para Windows® (Kinect™ for Windows™)*. A Figura 8 mostra o dispositivo *Kinect™ para Xbox 360*, enquanto a Figura 9 mostra o *Kinect™ para Windows®* (MICROSOFT, 2012).



Figura 8 – *Kinect™ para Xbox 360* (MICROSOFT1, 2011).



Figura 9 – Kinect™ para Windows®.

O Kinect™ é composto por um emissor e um sensor de infravermelho, estes dois são chamados de câmera de profundidade, uma câmera no padrão *Red, Green, Blue* (RGB), microfones e um motor para o movimento no sentido vertical do sensor, possibilitando assim que o Kinect™ incline. Tais detalhes podem ser vistos na Figura 10 (MICROSOFT, 2012).

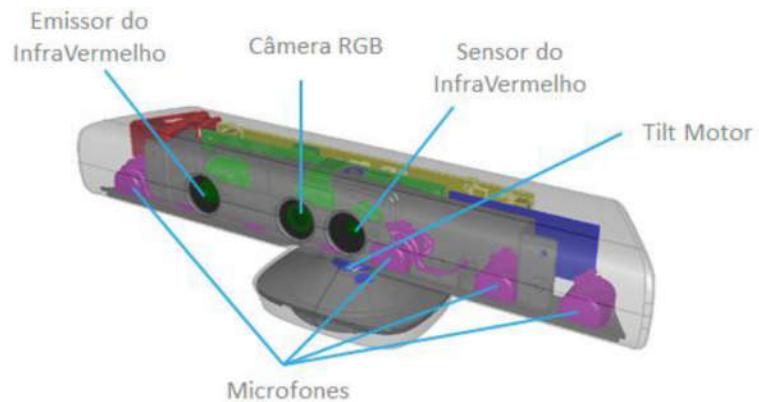


Figura 10 – Componentes do Kinect™ (MICROSOFT, 2012).

O Kinect™ é capaz de reconhecer 20 articulações. As quais estão ilustradas na Figura 11.

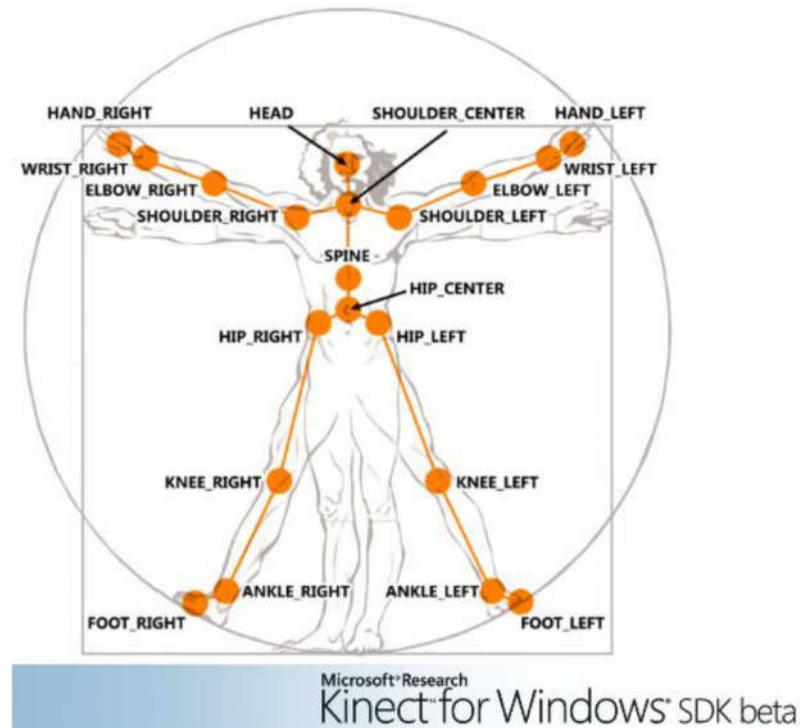


Figura 11 – Articulações reconhecidas pelo Kinect™ (MICROSOFT1, 2011).

## 2.3 Câncer de Mama, complicações clínicas e Reabilitação

O câncer de mama é uma doença complexa e heterogênea, que acomete com maior incidência a população feminina. Atualmente, é considerado um problema de saúde pública devido ao aumento da incidência em países desenvolvidos e em desenvolvimento. Há uma taxa elevada de mulheres acometidas, entretanto, a taxa relativa de sobrevida resultam em crescente número de sobreviventes, devido à detecção precoce e ao tratamento adequado (COURNEYA, et al., 2012).

Segundo Kartal, Tezcan e Canda (2013), o risco em desenvolver câncer de mama aumenta linearmente de acordo com a idade, apresentando taxas relativamente menores antes dos 30 anos de idade (25 entre 100 mil), e aumento destas taxas aos 80 anos (500 entre 100.000 mulheres).

Porém, um importante fator na etiologia do câncer de mama são os genes de susceptibilidade (BRCA 1 e BRCA 2). As mulheres portadoras de mutações no gene BRCA1 apresentam um risco de 80% em desenvolver câncer de mama ao longo da vida, por este motivo muitas optam por realizar a Mastectomia preventiva, reduzindo esse risco em 90% (BURGA, et al., 2009).

As intervenções cirúrgicas, classificadas como conservadoras e não conservadoras são indicadas para a remoção da massa tumoral, promovendo o controle local, evitando assim a proliferação das células cancerígenas para outros tecidos (KAVIANI, et al., 2013).

A cirurgia conservadora de mama é recomendada na fase inicial do câncer ou quando o tamanho do tumor foi reduzido com auxílio da terapia neoadjuvante. Nesta intervenção há preservação de tecido mamário e pode ser executada utilizando as técnicas de quadrantectomia (ressecção segmentar) ou tumorectomia (remoção do tumor com margem de tecido mamário livre de neoplasia ao seu redor), conforme Figura 12 (TIEZZI, 2007) (BYDLON, et al., 2012).



*Figura 12 – Tratamento cirúrgico do câncer: planejamento da incisão cirúrgica (TIEZZI, 2007).*

Técnicas cirúrgicas não conservadoras como a Mastectomia radical (ou total), envolvem a remoção de todo o tecido mamário, havendo a retirada dos músculos peitoral maior e menor. Em contrapartida, a Mastectomia radical modificada apresenta preservação de um ou dois músculos peitorais. Entretanto, ambas as técnicas cirúrgicas comumente são acompanhadas por dissecção de linfáticos axilares (ANANTHAKRISHNAN, et al., 2012) (TOKIN, et al., 2012).

As abordagens terapêuticas pré e pós-operatórias de câncer de mama são bastante complexas, gerando comorbidades que provocam deficiências e limitações funcionais, como restrição de movimento do ombro, fadiga, linfedema, depressão e dor (PAIVA, et al., 2011) (BINKLEY, et al., 2012).

Segundo Carvalho, Koifman e Bergmann (2013) as complicações decorrentes do câncer de mama, provocam alterações físico-funcionais e emocionais que dificultam a realização das atividades de vida diária, reintegração ao convívio social e déficit na qualidade de vida.

A dor é um fator recorrente que apresenta forte impacto sobre a saúde psicológica, social e física, somada a incapacidade primária relacionada à neoplasia e as intervenções cirúrgicas e pós-cirúrgicas. A dor crônica é um sintoma clínico debilitante que prevalece entre 25% a 60% das mulheres após a retirada do câncer, perdurando por muitos anos após o início do tratamento (HADI, et al., 2012).

Esta dor é referida principalmente na região da mama, axila e membros superiores, apresentando intensidade moderada a intensa, e classificada como iatrogênica, ou seja, devido à associação de fatores como radioterapia, a extensão cirúrgica axilar e quimioterapia (ASSIS, et al., 2013) (MEJDAHL, et al., 2013).

Além da dor, as mulheres que realizaram cirurgia conservadora ou não de câncer de mama, acompanhada por dissecção axilar (retirada cirúrgica de linfonodos) apresentam a função da drenagem linfática do membro superior comprometida. Este é definido por acúmulo anormal e progressivo de proteínas e líquidos no espaço intersticial, com aumento de 200 ml ou mais entre os primeiros resultados (DEVOOGDT, et al., 2011) (MARTÍN, et al., 2011).

Rodrick *et al.* (2013) afirmam que é importante prevenir precocemente o desenvolvimento de linfedema, por meio da combinação de exercícios terapêuticos específicos, uso de faixas compressivas, drenagem linfática e cuidados domiciliares, evitando deste modo complicações crônicas, como repetidos quadros de infecção, seroma, limitação funcional do membro, alteração da imagem corporal e psicossocial.

As morbididades que afetam o complexo articular do ombro e do membro superior homolateral a cirurgia são comumente observados na prática clínica, variando de 7% a 80% entre as mulheres. Os movimentos de flexão e abdução são os mais afetados, diminuindo a funcionalidade e a qualidade de vida, principalmente em relação à capacidade funcional, onde as possíveis causas são devidas a déficit neurológicos, fraqueza muscular e quadros de dor (CAMPBELL, et al., 2012) (BERGMANN, et al., 2011).

Smoot *et al.* (2010) afirmam que o déficit na amplitude de movimento pós-tratamento de câncer de mama resulta da formação de tecido cicatricial, fibrose induzida por radiação, postura antalgica em proteção do ombro, desuso e dor. Limitações estas que interferem

diretamente sobre as atividades de vida diária (AVD), como por exemplo, lavar a cabeça ou pentear os cabelos, havendo a necessidade de intervenções terapêuticas precoces a fim de melhorar a biomecânica dos membros.

O câncer de mama constitui a classe de doença mais temida pela população feminina, pois proporciona um trauma psicológico, devido ao medo de mutilação e perda da feminilidade, que contribuem para a distorção da autoimagem (MEHNERT, et al., 2012). São frequentes os quadros de depressão, ansiedade e medo ao longo da vida, provocando problemas comportamentais e psicossociais. Frazetto *et al* (2012) constataram a piora na qualidade de vida, devido principalmente a problemas emocionais e de bem-estar, demonstrando alta prevalência de depressão entre os sobreviventes de câncer de mama.

Corroborando ao estudo supracitado, Domeyer *et al* (2010) aplicaram o questionário de qualidade de vida SF-36 com o objetivo de avaliar o impacto da biópsia de mama, esclarecendo que estas pacientes apresentam déficit psicológico e físico, sendo associados a longo prazo com quadros de dor.

As complicações enfrentadas pelas mulheres acometidas pelo câncer de mama ampliam a necessidade da realização de reabilitação precoce (CAMPBELL, et al., 2012). Segundo Mutrie *et al* (2012) são evidentes os benefícios da realização de exercícios físicos na prevenção e tratamento de linfedema, fadiga e melhora da amplitude de movimento articular do ombro.

Fife *et al.* (2012) relataram que a fisioterapia descongestiva funciona de modo muito eficaz, porém, apresenta baixa adesão dos pacientes, pois é um procedimento demorado e de complexa execução, além disso, os pacientes apresentam dificuldades em realizar os procedimentos corretamente.

Os jogos ou aplicações por meio da realidade virtual é outra forma de intervenção. Alguns autores relatam benefícios na redução do limiar de dor e melhora dos níveis de atividade física diária. Segundo a literatura, a realidade virtual juntamente com mecanismos de interação natural apresenta inúmeras funções terapêuticas, permitindo ao indivíduo executar movimentos semelhantes aos praticados nas sessões de fisioterapia, encorajando-os e propiciando um ambiente motivador (ACOSTA, et al., 2011), (LAVER, et al., 2012), (BETKER, et al., 2007), (CAMEIRÃO, et al., 2010), (BRÜTSCH, et al., 2010).

## 2.4 Considerações Finais

Este capítulo apresentou o conceito ou fundamento teórico acerca do tema deste trabalho. Cabe considerar que esta pesquisa pode ser classificada como Aplicada. A área de aplicação é a Engenharia Biomédica que responde pelo objeto de estudo e o problema associado ao mesmo (Terapêutica Secundária ao Câncer de Mama). A área resolutória do problema pertence à Computação Gráfica com subáreas em Realidade Virtual e suas vertentes como a Interação Natural. Este capítulo apresentou o referencial teórico sobre estas áreas.

# **Capítulo 3**

## **3. Trabalhos Relacionados**

### **3.1 Introdução**

O objetivo deste capítulo é apresentar pesquisas relacionadas a este tema. O foco principal desta busca foram trabalhos com RV e IN aplicados em reabilitação de modo geral, mas tendo especial atenção à Reabilitação motora.

### **3.2 Metodologia de Análise**

Como critérios de análise, foi necessário estabelecer uma metodologia para avaliar os trabalhos relacionados a este. As relações entre trabalhos podem ser de dois tipos: a) Primárias – quando o trabalho aborda os mesmos assuntos do tema da pesquisa relacionada, e; b) Secundárias – quando existe o mesmo objeto de estudo, porém a resolução usa outros métodos, e, quando as tecnologias de resolução são as mesmas, a aplicabilidade é outra, ou seja, em outro objeto de estudo. Desta forma, esta seção apresenta uma metodologia capaz de englobar estes dois escopos. Este método prima por apresentar e qualificar a relevância do trabalho e a consequente contribuição que o mesmo apresenta ao estado da arte das áreas envolvidas.

Portanto, os seguintes critérios foram estabelecidos visando atingir esta necessidade:

- a) Interação Natural (se há ou não o uso); b) Tecnologia de Interação (dispositivos utilizados);
- c) Área de atuação (aplicabilidade); d) Característica motivacional; e) Avaliação, Resultados e Uso.

**Interação Natural** é a técnica de utilizar hábitos do cotidiano das pessoas para que elas possam interagir com a máquina. A Interação Natural foi escolhida como um item de avaliação, pois, é primordial para o trabalho desenvolvido neste trabalho. Para elaboração da tabela comparativa (Tabela 1) ao final do capítulo, será utilizado símbolos, em que o símbolo [✓] corresponde ao uso de mesma tecnologia ou método do trabalho proposto **Reabilita**, e o símbolo [✗] significa tecnologia ou metodologia divergente.

**Tecnologia de Interação** compreende o conjunto de dispositivo(s) (vide Capítulo 2 – seção: Dispositivos) utilizado(s) para captar os gestos ou produções sonoras de um usuário convertidos em capacidades interativas pelo sistema. Neste item, corresponde ao Rehabilita o uso do dispositivo *Kinect™*.

**Área de atuação** representa a área específica para qual o sistema fora desenvolvido (Ex.: Medicina, Engenharia, Educação, e etc.), neste caso, reabilitação.

**Característica motivacional** representa os aspectos agregados ao sistema para dar motivação no uso do mesmo. Geralmente, as iniciativas com técnicas alternativas buscam escapar dos métodos tradicionais considerados cansativos e desmotivantes. Uso de jogos, metáforas, cenário musical é exemplo de características motivacionais.

**Avaliação, resultados e uso** é outro importante critério a ser considerado, pois muitas pesquisas apresentam produtos tecnologicamente bem construídos, considerados inovadores, porém não são testados, aplicados e aprovados para o uso no qual foram concebidos.

### 3.3 Trabalhos Avaliados

Um total de sete trabalhos foi avaliado usando os critérios acima apresentados. A forma de apresentação dos mesmos será descritiva e, em seguida, os mesmos são

classificados e/ou enquadrados de acordo com a metodologia. Cabe ressaltar que nem todas as informações, de acordo com a metodologia adotada, são divulgadas pelos autores.

### **3.3.1 An Augmented Reality System for Hand Movement Rehabilitation (T1)**

O trabalho sobre sistemas para reabilitação do movimento da mão desenvolvido pelo departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Nacional de Singapura (*National University of Singapore*) (SHEN, et al., 2008) faz um levantamento bibliográfico e compara a reabilitação convencional com as reabilitações que usam as tecnologias de Realidade Virtual e Realidade Aumentada (RA). Concluem que o uso de RA possui maiores vantagens e, portanto, propõem uma solução utilizando essa tecnologia juntamente com o uso de luvas eletrônicas (luvas de dados) como dispositivo de entrada do sistema.

A Figura 13 mostra a arquitetura proposta pelos autores, com destaque para o sistema de reabilitação, que considera dois níveis de sequela da mão. Sequelas graves, em que o paciente praticamente não possui movimentos em uma ou nas duas mãos. Nesse caso, a luva é usada na mão com movimentos do paciente ou na mão do terapeuta que capta a flexão e movimentação dos dedos e, em tempo real faz a mão virtual da tela do computador corresponder a esses movimentos e um marcador (comumente usados em RA) servem para sobrepor essa mão virtual à mão debilitada do paciente. Sequelas menos graves, em que o paciente movimenta a mão com esforço. A luva pode então ser usada no próprio paciente que, através da sobreposição de sua mão com a mão virtual, visualiza sua evolução durante os exercícios de reabilitação.

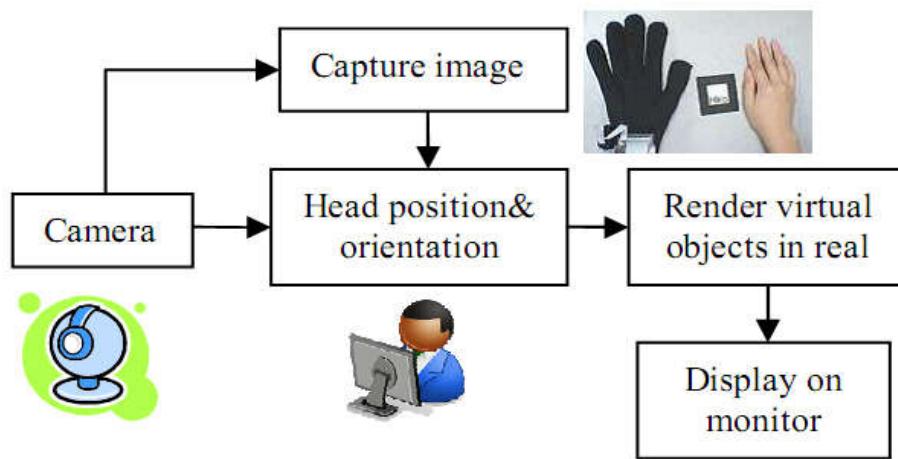


Figura 13 – Realidade Aumentada na reabilitação do movimento das mãos (SHEN, et al., 2008).

O sistema proposto tem, portanto, o intuito de induzir o paciente a imaginar a movimentação normal de sua mão e esse exercício mental motivá-lo durante a reabilitação e ajudá-lo a recuperar os movimentos da mão. Contudo, não há relatos sobre testes e avaliações realizadas com sistema.

### 3.3.2 The Virtual Meditative Walk (T2)

O projeto *The Virtual Meditative Walk* (Passeio Virtual de Meditação) é desenvolvido pelo grupo canadense *Transforming Pain Research Group* (Grupo de Pesquisa Transformando Dor) (GROMALA, et al., 2011) e foi desenvolvido como parte da pesquisa para determinar se a Realidade Virtual (RV) pode ser utilizada de forma eficiente no tratamento de pacientes com dor crônica.

Partindo do princípio que a meditação é um método eficaz para ajudar pacientes que sofrem de dor crônica, a pesquisa para esse projeto iniciou no estudo da integração da RV com a meditação que resultou na comprovação que ambientes virtuais (AVs) poderiam facilitar ao paciente a transição para o estado de meditação.

A Figura 14 mostra a visão geral do sistema. Para experimentar o AV, o paciente ou usuário primeiramente deve ser ligado a aparelhos de *biofeedback* que irão acompanhar o desenvolvimento do usuário, depois subir na esteira e utilizar o capacete para realidade virtual

(*head mounted display*). Sensores na esteira e aparelhos de *biofeedback* enviam sinais para o computador que, através de ferramentas de realidade virtual interpretam a velocidade do usuário e o grau de relaxamento fazendo com que o comportamento do avatar dentro do AV corresponda à mudança dos sinais enviados e facilite ao usuário entrar em estado de meditação. Além dessa interação realizada pelo participante no AV, por meio da esteira e demais dispositivos, é possível ao médico e outros observadores acompanharem o desenvolvimento do participante.

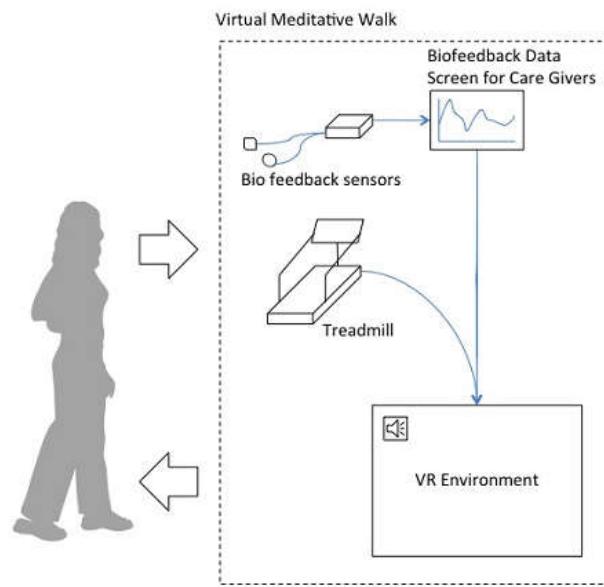


Figura 14 – Passeio Virtual de Meditação (GROMALA, et al., 2011).

### 3.3.3 Augmented Reality System Design for Stroke Rehabilitation Application (T3)

Neste trabalho foi proposto um sistema que, através da separação de movimentos em diferentes níveis e jogos, pretende facilitar e motivar a reabilitação de pacientes de sofreram derrame e possuem sequelas.

Desenvolvido pelo departamento de pós-graduação do Instituto de Informática e Engenharia de Comunicação da Universidade Nacional de Tecnologia de Taipei em Taiwan (LEE & TIEN, 2012), o sistema desenvolvido analisou os movimentos da vida diária de uma pessoa

com movimentação normal como, por exemplo, levantar da cama e classificou-os em grau crescente de dificuldade. Após a classificação desses movimentos em diferentes níveis foram elaborados os enredos dos jogos e quais níveis englobariam para não tornar a reabilitação exaustiva.

No trabalho, apesar de citado outros jogos que fazem parte do sistema, somente o jogo de caça ao tesouro tem seu desenvolvimento detalhado.

A *Figura 15* mostra alguns dos exercícios que o usuário/paciente deve cumprir no jogo 1 para concluir-lo. Tal jogo exige do usuário a movimentação de marcadores de RA e o movimento de levantar e sentar para que consiga concluir o jogo. É proposto ao jogador tornar-se um caçador do tesouro escondido em uma câmara secreta e para descobri-la o usuário é incentivado a passar por obstáculos e portas até chegar ao tesouro.

Após concluir a primeira fase do jogo, com bom resultado, o usuário estará apto para os outros jogos que requerem movimentos mais elaborados para reabilitação. O sistema foi desenvolvido para pacientes que podem fazer parte da reabilitação sozinha, ou seja, sem auxílio constante do terapeuta, não sendo considerado o caso de pacientes que precisam de ajuda em tempo integral para movimentos simples.

O sistema foi testado com grupo de usuários retornando resultado promissor, no entanto, não foi realizado estudo ou testes com pacientes que sofreram derrame, pois o sistema ainda necessita ser avaliado por terapeutas.

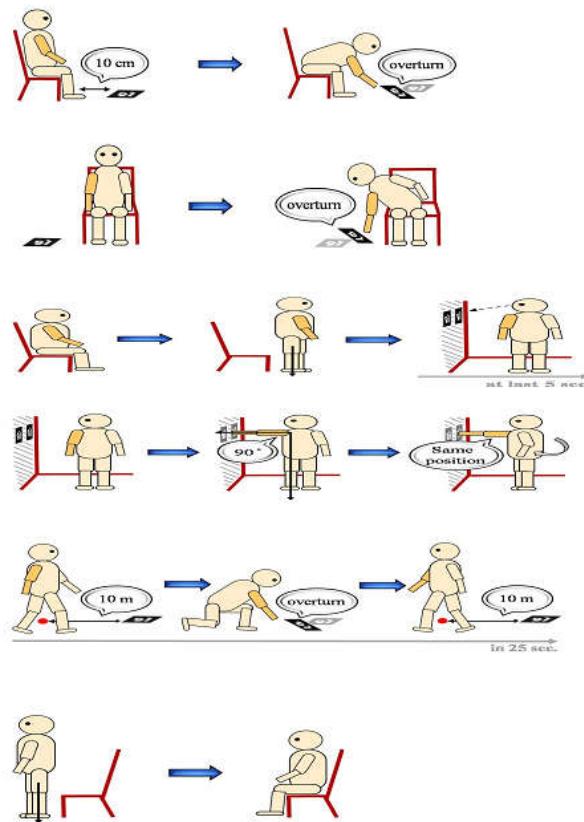


Figura 15 – Reabilitação de Pacientes com derrame (LEE & TIEN, 2012).

### 3.3.4 Utilizando Realidade Virtual e Wiimote para Criação de Jogos Voltados à Reabilitação (T4)

Neste trabalho, os autores (MALFATTI, et al., 2011) elaboraram um tutorial com os passos necessários para o desenvolvimento de uma aplicação utilizando o *Wiimote*, dispositivo de entrada necessário para funcionamento do console *Wii*, nesse caso, integrado com computador pessoal utilizando o sistema operacional *Windows®*. O trabalho demonstra como e quais APIs utilizar para integrar o *Wiimote* no PC, além de mostrar dicas de programação. Ao final são descritos alguns estudos de caso, mostrando jogos de reabilitação desenvolvidos para serem utilizados com *Wiimote*.

Os sistemas do estudo de caso apresentado no trabalho são projetos de algumas Universidades que trabalham com reabilitação. Cada jogo utiliza o *Wiimote* e seus acessórios

de maneiras diferentes, mas todos para reabilitação dos membros superiores, apesar de cada pesquisa possuir um foco diferente. Os dois primeiros casos trabalham com a mobilidade dos braços, o primeiro reforçando a rotação e tônus muscular controlando um táxi em uma cidade virtual fictícia, o segundo trabalha a flexão do ombro para controlar um helicóptero e o último caso utiliza o controle de forma passiva e busca a reabilitação do pulso. A Figura 16 mostra o *Taxi Driver*, jogo para pacientes que sofreram perda de movimentos em somente um lado do corpo, em que nestas situações o paciente tende a evitar o uso de tais membros, dando preferência para o lado saudável do corpo (MALFATTI, et al., 2011). Apesar de apresentar vários estudos de caso para complementar a característica de tutorial do trabalho, os autores não relatam detalhadamente cada arquitetura e metodologia utilizada para desenvolvimento dos sistemas, nem tão pouco mostra dados de avaliações feitas.



Figura 16 – Jogo *Taxi Driver* para reabilitação.

### 3.3.5 Interação natural como apoio a atividade de telementoria em Telemedicina (T5)

Neste trabalho são apresentados os resultados da utilização de Interação Natural, como apoio a atividade de telementoria em um ambiente de vídeo colaboração em Saúde suportado pela ferramenta Arthron. É detalhado o desenvolvimento de um módulo de Interação Natural como forma alternativa para o controle de objetos 3D neste. (MEDEIROS, et al., 2012). A Figura 17 ilustra o uso do sistema durante os testes realizados.



Figura 17 – Sistema de Telementoria em Telemedicina (MEDEIROS, et al., 2012).

O módulo desenvolvido em IN utiliza o *Kinect™* para facilitar a manipulação de visualizações da anatomia humana em 3D. A Figura 18 apresenta a tela inicial da aplicação. É apresentado neste trabalho um levantamento bibliográfico e concluído que a inserção de módulo de interface natural em sistemas, que dependem da boa usabilidade da interface para funcionamento do próprio sistema, pode ser uma contribuição relevante para melhora da usabilidade do usuário, além de influenciar o contínuo uso do sistema.

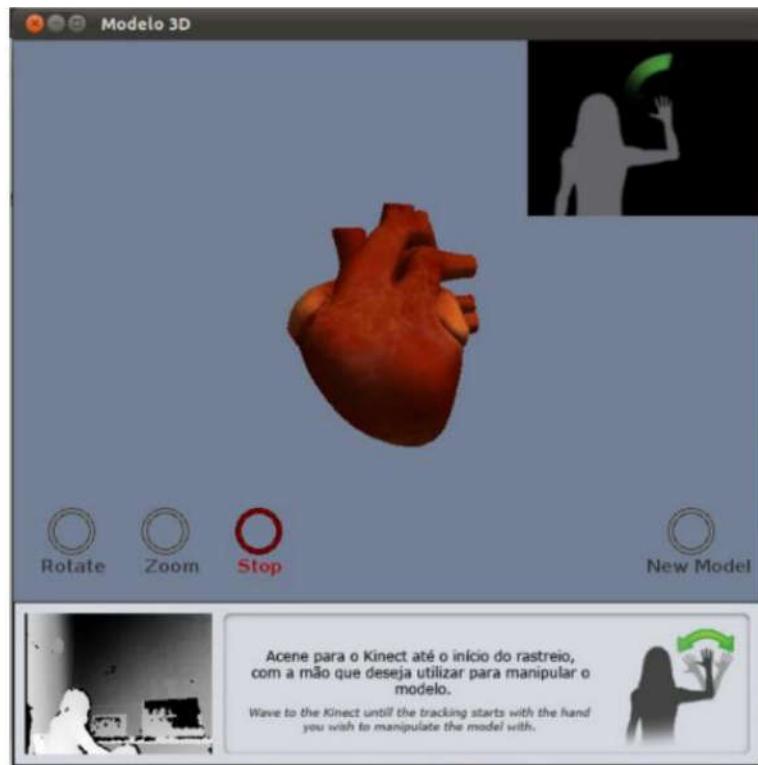


Figura 18 – Interface inicial do protótipo de telemedicina (MEDEIROS, 2012).

Segundo os autores (MEDEIROS, et al., 2012), a utilização de dispositivo de interação natural possibilita sua aplicação dentro do próprio centro cirúrgico, aumentando desta maneira a ligação e troca de experiência entre alunos e médicos-tutores (neste caso, cirurgiões). Os testes aplicados de acordo com os autores foi realizado em três fases para averiguar se haveria o uso por parte dos profissionais dentro do centro cirúrgico e para medir a usabilidade do sistema. Para realizar tal avaliação, os autores aplicaram questionários aos profissionais das áreas médica e computação. Há no trabalho a conclusão de boa usabilidade do sistema e indícios de sua aplicabilidade para telementoria em Telemedicina, contudo, os testes são preliminares e não há relato de avaliação realizada no ambiente a que se destina (centro cirúrgico).

### 3.3.6 Uso de Interação Natural para Auxiliar a Execução de Posturas e Movimentos (T6)

Este trabalho aborda a área de condicionamento físico, tendo o contexto de que alongamento é essencial para melhorar o condicionamento físico e serve de base para outras atividades. Todas as pessoas podem desfrutar de uma vida ativa, porém, é necessária a inclusão de exercícios nos hábitos diários para que o corpo relaxe e acalme. Alguns movimentos podem ser realizados sem auxílio de um profissional, entretanto, se forem realizados de forma incorreta ao invés de auxiliar, prejudicam o corpo. A computação é utilizada como auxílio na solução deste problema, utilizando seus mais diversos recursos como, por exemplo, a Interação Natural.

O trabalho de (NASCIMENTO, 2013) visa o uso de Interação Natural para auxiliar as pessoas em suas práticas de alongamentos. Assim, foi construído o protótipo CHECK POSTURAS E MOVIMENTOS (Figura 19) que verifica a correta execução dos movimentos e auxilia na motivação das pessoas a continuarem com a prática do alongamento com a utilização dos princípios de *Serious Games*, sendo que o CHECK POSTURAS E MOVIMENTOS utiliza o *Kinect™* para reconhecer os movimentos.



Figura 19 – Interface do CHECK POSTURAS E MOVIMENTOS (NASCIMENTO, 2013).

### 3.3.7 Uso de Interfaces Naturais na Modelagem de Objetos Virtuais (T7)

Este trabalho apresenta um sistema que permite ao usuário realizar a modelagem 3D por meio de poses e gestos com as mãos provendo uma interface com três graus de liberdade, para ser agregada em sistemas que normalmente utilizam dispositivos com somente dois graus de liberdade para manipulação da interface.

O sistema foi avaliado por dez pessoas que validaram a estratégia e a aplicação proposta. O trabalho ressalta que sistemas como este têm potencial para se tornarem uma interface inovadora. A abordagem de rastreamento das mãos para modelagem 3D foi relatada como promissora sugerindo outras investigações (OLIVEIRA, 2013).

O sistema também utiliza o *Kinect™* como dispositivo de entrada de dados, utilizando os princípios da tecnologia de Interação Natural para fundamentar a proposta feita. A Figura 20 ilustra a manipulação de objetos 3D com as mãos. No trabalho, o autor relata dificuldades geralmente encontradas por profissionais que trabalham na área de modelagem e criação de objetos em 3D e, dessa maneira, demonstra como o uso dessa tecnologia, associada a dispositivos acessíveis, como o caso do *Kinect™* podem reduzir essas dificuldades e facilitar este tipo de manipulação.



Figura 20 – Manipulação de objetos 3D com as mãos (OLIVEIRA, 2013).

### 3.4 Resumo Comparativo dos Trabalhos Analisados

Apesar de apresentarem escopos diferentes, os trabalhos relacionados e apresentados nas seções anteriores contribuem para a ratificação da relevância do uso de sistemas de Interação Natural ou Interações Alternativas (todos os trabalhos usaram Interação Natural). A relevância é ressaltada em ambientes relacionados com a área médica que necessitam de um processo de reprodução ou repetição de ações e/ou movimentos que produzem um cenário motivacional maior do que a metodologia tradicional.

Para efeito desta pesquisa e outras resultantes, o produto gerado por este trabalho será denominado de **Reabilita**. Para demonstrar a contribuição desta pesquisa faz-se necessário inicialmente uma análise das principais características dos trabalhos avaliados correlatos a este. A Tabela 1 apresenta os tópicos abordados em cada trabalho, comparando-os entre si, os trabalhos são especificados com siglas (T1 a T7) obedecendo a ordem de apresentação dos mesmos no texto.

*Tabela 1 – Quadro comparativo entre os trabalhos correlatos*

| Critérios<br>Trabalhos \ | Interação<br>Natural | Tecnologia<br>de Interação | Área de<br>atuação | Característica<br>Motivacional | Avaliação,<br>resultados e<br>uso |
|--------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| T1                       | ✓                    | ✗<br>RA – Câmera           | ✓                  | N/I                            | N/I                               |
| T2                       | ✓                    | ✗<br>RV – HMD              | ✓                  | ✓                              | N/I                               |
| T3                       | ✓                    | ✗<br>Câmera                | ✓                  | ✓                              | ✗                                 |
| T4                       | ✓                    | ✗<br>Controle Wii          | ✓                  | ✓                              | ✗                                 |
| T5                       | ✓                    | ✓                          | ✗<br>Telemedicina  | ✗                              | ✓                                 |
| T6                       | ✓                    | ✓                          | ✗<br>Movimento     | ✓                              | ✗                                 |
| T7                       | ✓                    | ✓                          | ✗<br>Modelagem     | ✗                              | ✗                                 |

N/I – Não informado

As informações presentes na Tabela 1 propiciam concluir que dentre os trabalhos relacionados, todos abordam Interação Natural. O dispositivo usado para cada trabalho foi

escolhido em razão da aderência ao problema a ser solucionado, e, portanto não é um subsídio para a escolha do mesmo e sim um amparo informacional. A área de aplicação, na grande maioria dos trabalhos, está relacionada a área médica, demonstrando a importância do uso de procedimentos alternativos aos tradicionais para os mais variados tipos de tratamento. Outro aspecto presente na maioria dos trabalhos relacionados que está associado ao critério anterior é a característica motivacional, pois, é esta característica que pode impulsionar o sucesso na aplicação destes métodos. O último critério, não informado em alguns e não contemplado em outros, é de suma importância na proposta de sistemas com Interação Alternativa no tratamento, reabilitação ou processos relacionados a patologias. Os trabalhos que não informaram este aspecto, podem até ter contemplado este critério, porém a não divulgação acena que esta característica não é a mais importante no trabalho. Desta forma, surge aí para este trabalho (**Reabilita**) a contribuição do mesmo em análise resultante da avaliação dos trabalhos apresentados. Ou seja, este trabalho propõe um sistema com Interação Natural na área de Reabilitação Motora com características motivadoras para o seu uso e que seja colocado em testes e aplicação em situações reais em ambiente próprio e controlado (Tabela 2).

*Tabela 2 – Contribuição desta pesquisa*

| Critérios<br>Trabalhos | Interação<br>Natural | Tecnologia<br>de Interação | Área de<br>atuação | Característica<br>Motivacional | Avaliação,<br>resultados e<br>uso |
|------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| <b>Reabilita</b>       | ✓                    | Kinect™ *                  | Reabilitação       | Ludicismo                      | ✓                                 |

\* Justificativa da escolha na seção Tecnologias de Apoio no próximo capítulo

### 3.5 Considerações Finais

Este capítulo apresentou um conjunto de sete trabalhos e as respectivas características de cada um, permitindo a verificação da relevância do tema abordado e proposição da principal contribuição deste trabalho.

# Capítulo 4

## 4. Arquitetura e Especificação do Sistema

### 4.1 Introdução

Este capítulo apresenta a arquitetura do sistema (camadas e relacionamento) e especificações do sistema de acordo com as normas comuns de Engenharia de Software. São apresentados os requisitos funcionais e não funcionais do sistema, seus casos de uso detalhados e diagramas de classe com as principais classes envolvidas.

### 4.2 Tecnologias de Apoio

Existem, como apresentado no Referencial Teórico (Capítulo 2), dispositivos para interação natural ou alternativa com o mesmo propósito (*Asus Xtion® Pro*, *Nintendo Wii®*, *Playstation Move™* e o *Kinect™*). Todavia, a escolha para este trabalho foi o *Kinect™* de acordo com alguns fatores: histórico científico de uso; preço acessível; difusão no mercado.

Quanto às ferramentas que usam o *Kinect™* a escolha foi em razão da aderência ao problema a ser solucionado [Figura 21 – Comparação entre ferramentas para o *Kinect™*]. O rastreamento necessário é apenas do corpo e o reconhecimento de voz é uma funcionalidade necessária, tornando-se assim O *MS Kinect™ SDK* a ferramenta escolhida.

| Ferramentas    | Rastreamento do corpo |                       |                               | Rastreamento das mãos |                       | Suporte embutido para gestos |                 | Gravação de áudio          |                                 | Reconhecimento de voz            |  | Rastreamento facial |  | Multiplataforma |  | Supporto a outros sensores |  | Controle do motor de inclinação |  | Acesso aos dados do acelerômetro |  |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------|-----------------|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|--|---------------------|--|-----------------|--|----------------------------|--|---------------------------------|--|----------------------------------|--|
|                | Rastreamento do corpo | Rastreamento das mãos | Supporto embutido para gestos | Gravação de áudio     | Reconhecimento de voz | Rastreamento facial          | Multiplataforma | Supporto a outros sensores | Controle do motor de inclinação | Acesso aos dados do acelerômetro |  |                     |  |                 |  |                            |  |                                 |  |                                  |  |
| OpenNI®        | ✓                     | ✓                     | ✓                             | ✓                     | ✗                     | ✗                            | ✓               | ✓                          | ✗                               | ✗                                |  |                     |  |                 |  |                            |  |                                 |  |                                  |  |
| libfreenect    | ✗                     | ✗                     | ✗                             | ✓                     | ✗                     | ✗                            | ✓               | ✗                          | ✓                               | ✓                                |  |                     |  |                 |  |                            |  |                                 |  |                                  |  |
| MS Kinect™ SDK | ✓                     | ✗                     | ✗                             | ✓                     | ✓                     | ✓                            | ✗               | ✗                          | ✓                               | ✓                                |  |                     |  |                 |  |                            |  |                                 |  |                                  |  |

Figura 21 – Comparação entre ferramentas para o Kinect™ (OLIVEIRA, 2013).

### 4.3 Arquitetura do Sistema

Para efeitos desta pesquisa, o sistema desenvolvido será intitulado **Reabilita**, conforme ilustra a Figura 22. Na mesma figura que apresenta um diagrama de camadas que define todos os módulos da arquitetura do sistema, o usuário (paciente) se comunica diretamente com o módulo “Rastreamento”, uma camada de rastreamento de movimentos e sons. Esta camada usa a tecnologia de rastreamento *Kinect™*. O profissional (fisioterapeuta) manipula os controles do sistema definindo os procedimentos do tratamento através do módulo Gestor da GUI. Os outros módulos existentes são: Gerenciador de Protocolos e Posições, Mapeador de avatar (esqueleto virtual), Verificador.

Cada componente da arquitetura do **Reabilita** será detalhado nas próximas subseções.

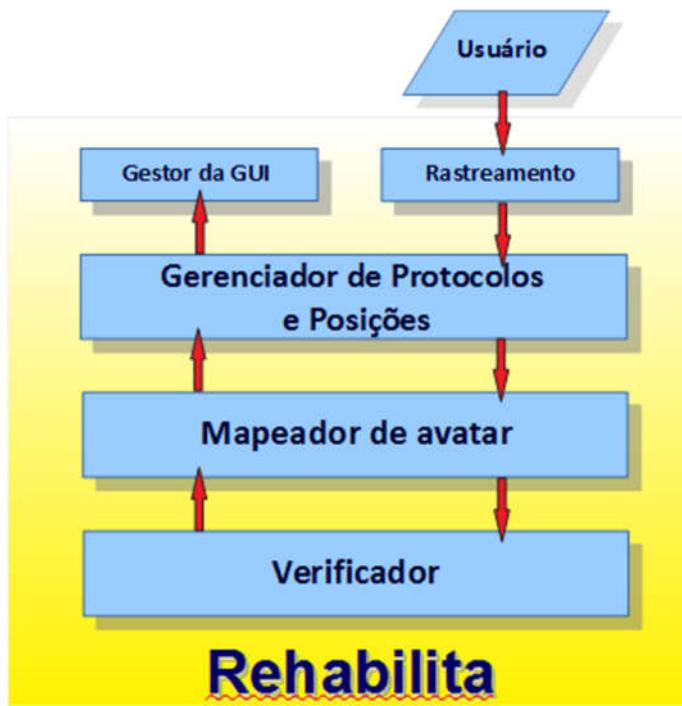


Figura 22 – Arquitetura do Sistema

#### 4.3.1 Gestor da GUI

A Figura 23 apresenta a interface (GUI) principal do **Reabilita**. No lado direito da interface estão presentes os mecanismos (botões e campos de edição) de configuração do sistema (vide Capítulo 6 - Funcionamento do sistema) que possibilitam cadastrar as dimensões de cada usuário, armazenar cadastro e escolher sequência para o tratamento. No lado esquerdo da interface está presente o resultado gráfico da captura da imagem em cores e o consequente rastreamento de objetos (especificamente neste caso, o usuário usando o sistema) para verificação de desempenho do paciente.

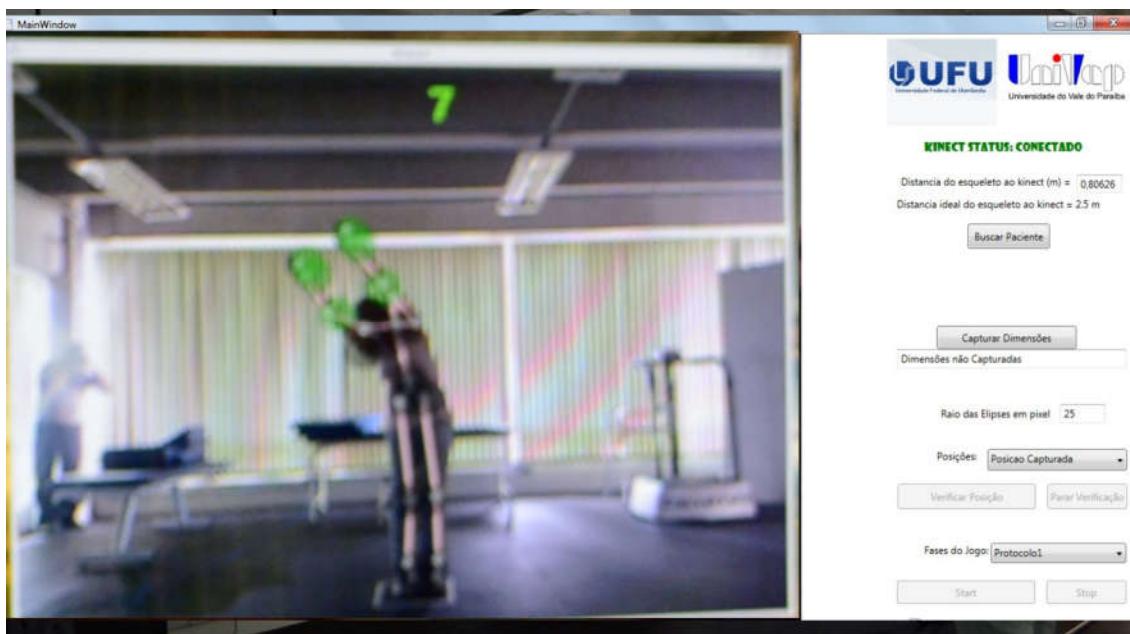


Figura 23 – Interface principal do **Reabilita**.

#### 4.3.2 Rastreamento

A tecnologia utilizada para possibilitar o rastreamento de objetos, especificamente pessoas, foi o *Kinect™* da Microsoft®. Para propiciar o desenvolvimento deste módulo foi utilizado o SDK<sup>1</sup> oficial do *Kinect™* que fornece um conjunto de bibliotecas e ferramentas no auxílio ao desenvolvimento de aplicações. O conjunto de ferramentas tem como premissa o uso de técnicas de interação natural para reagir a eventos do mundo real (MICROSOFT2, 2012). A Figura 24 ilustra o funcionamento desta tecnologia.

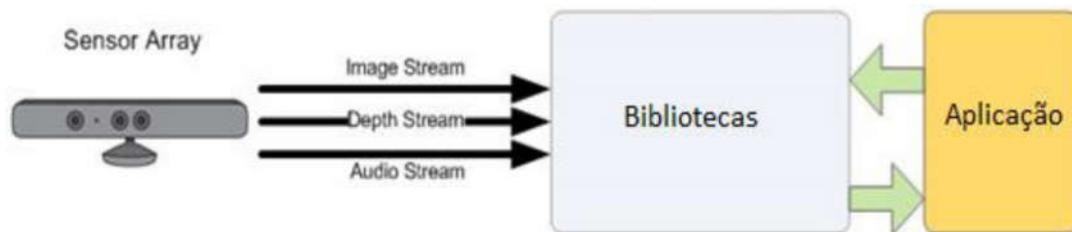


Figura 24 – Interação de hardware e software do *Kinect™* com um aplicativo (MICROSOFT, 2012).

<sup>1</sup> Software Development Kit, em português: kit de Desenvolvimento de Software (STELLAMN, 2011).

O SDK do *Kinect™* possui versões com operação apenas nos sistemas operacionais *Microsoft® Windows 7®* ou superiores, e é constituído dos seguintes componentes (MICROSOFT3, 2012):

1. *Hardware Kinect™*: Os componentes de hardware, incluindo o sensor *Kinect™* e conectores de comunicação com microcomputadores e consoles.
2. *Kinect™ drivers*: Os *drivers* para o Sistema Operacional *Microsoft® Windows* do *Kinect™*, que são instalados junto com o SDK (microfones, controles de áudio e vídeo, dispositivos de numeração).
3. Componentes de áudio e vídeo (Interface natural do *Kinect™*, para rastreamento de áudio, cor, imagem e profundidade).
4. *DirectX Media Object* (DMO) para microfone com bibliotecas de áudio.
5. API's para o Sistema.

A Figura 25 ilustra o comportamento destes componentes.

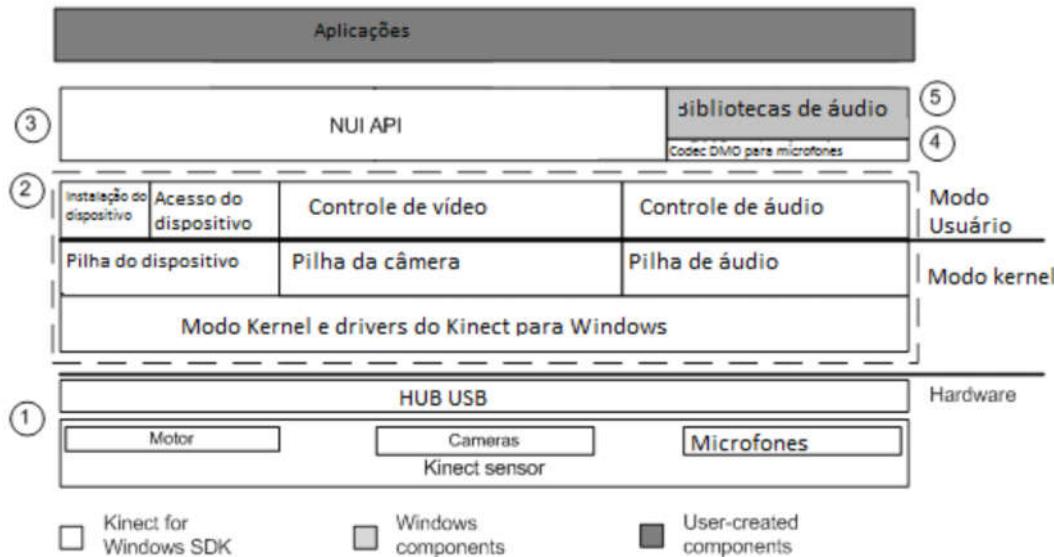


Figura 25 – Arquitetura do *Kinect™ SDK* (MICROSOFT, 2012).

### 4.3.3 Gerenciador de Protocolos e Posições

A camada de Gerenciamento de Protocolos e Posições é responsável pela captura do movimento e/ou imagem e o tratamento desta informação confrontando com um conjunto

de 8 (oito) protocolos (apresentados no Capítulo 2 – Referencial Teórico) e posições que compõem estes protocolos. O principal papel desta camada é sugerir, de acordo com os dados armazenados do paciente, um direcionamento de acordo com o tratamento e a respectiva fase.

#### **4.3.4 Mapeador de Avatar e Verificador**

Com base na atividade definida pela camada anterior, as camadas de mapeamento do Avatar e de verificação consolidam o papel do sistema como auxiliar em processo de tratamento, permitindo ao paciente verificar seus erros e acertos. O principal papel da camada Mapeador de Avatar é capturar a imagem do usuário/paciente e sobrepor a esta o desenho de um esqueleto em estilo *stickman*<sup>2</sup> para facilitar e demonstrar o posicionamento que o paciente deve assumir, complementar a esta, está a camada Verificador que tem a função de propiciar um algoritmo que, a partir da imagem capturada pela arquitetura *Kinect™*, verifica a correção dos movimentos, retornando à primeira camada a informação através de marcações da tela que mudam de cor de acordo com a posição correta ou não.

### **4.4 Requisitos Funcionais**

Os principais requisitos funcionais de um sistema de reconhecimento e rastreamento de imagens envolvem a entrada - aquisição da imagem (responsabilidade da arquitetura *Kinect™*), o processamento e a saída - verificação da correta interação com o sistema.

---

<sup>2</sup> *Stickman* – “homem palito”, em tradução livre, é um boneco desenhado para parecer ser feito de pequenos pedaços, linhas. Uma forma muito simples de desenhar seres humanos, comumente utilizado por crianças.

#### 4.4.1 Entrada (aquisição da imagem)

A aquisição da imagem não se resume a um conjunto de dados reconhecidos de acordo com a presença humana a frente da tecnologia *Kinect™*. Existe um arcabouço de informações agregadas a esta aquisição que permite ao desenvolvedor identificar um conjunto de pontos que representam as articulações humanas. De posse destes pontos é possível projetar outras formas, como o caso deste sistema, uma forma esquelética.

#### 4.4.2 Processamento

O processamento neste sistema está intrinsecamente ligado ao conjunto de ações ou atividades que o usuário deste sistema (paciente) deverá executar. Para tanto, estas atividades, descritas como protocolos, são compiladas para o sistema em termos de posicionamento da forma esquelética citada na seção anterior. O processamento é a verificação deste posicionamento.

#### 4.4.3 Saída - ambiente virtual com interação natural

A Figura 23 – Interface principal do **Reabilita.**, no início deste capítulo, apresenta a interface de um ambiente virtual<sup>3</sup> com dois quadros (frames). Como relatado, o quadro da direita provê uma interação tradicional por meio de teclado e mouse. O quadro da esquerda é a essência do ambiente virtual, propiciando ao usuário uma comunicação com o ambiente de forma natural, por meio do movimento do próprio corpo. Uma série de parâmetros deve ser bem ajustados/calculados para o correto funcionamento do ambiente:

- Coordenadas do objeto no plano;

---

<sup>3</sup> Um ambiente virtual deve possuir as características necessárias para possibilitar a interação e imersão do usuário no novo ambiente.

- Altura e largura e profundidade do objeto de interação (calibragem);
- Definição de parâmetros de verificação.

## 4.5 Requisitos Não Funcionais

Os requisitos não funcionais do sistema são relacionados ao uso do aplicativo em termos de desempenho, usabilidade, confiabilidade, segurança, disponibilidade, manutenibilidade e tecnologias envolvidas. Podem constituir em restrições aos requisitos funcionais.

### 4.5.1 Requisitos de Implementação

O sistema foi desenvolvido usando o Sistema Operacional *Microsoft® Windows*, porém pode ser adaptado para funcionamento diretamente em console. O Banco de Dados utilizado para manutenção dos dados dos usuários foi o *Microsoft Access®*.

### 4.5.2 Requisitos de Facilidade de Uso

Usuários deverão operar o sistema após treinamento realizado por meio de acompanhantes (profissionais da área de reabilitação).

### 4.5.3 Requisitos de Portabilidade

O aplicativo deverá ser compatível a microcomputadores e consoles.

## 4.6 Casos de Uso

Nesta sessão serão apresentados os principais casos de usos do sistema desenvolvido, desde a inserção de novos pacientes, definição de dimensões, escolha dos protocolos, escolha de posição, e configuração do ajuste de precisão.

Os casos de uso distribuem-se nessas grandes áreas, conforme apresentado na Figura 26.

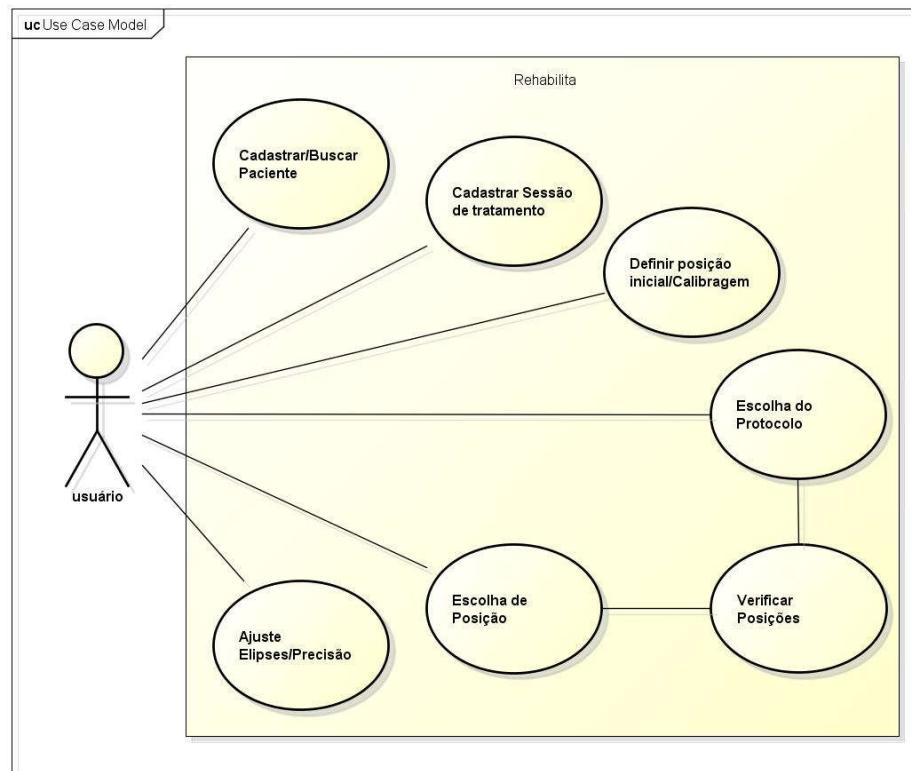


Figura 26 – Diagrama de Casos de Uso

É importante destacar a dependência entre alguns casos de uso do sistema como, por exemplo, o caso “Verificar Posições” depende do caso “Escolha de Protocolo” por uma relação de uso simples, isto é, uma vez que este é finalizado, aquele pode ser realizado.

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

### 4.6.1 Descrição dos Atores

Os atores do sistema, bem como suas atribuições podem ser vistos no Quadro 1. Optou-se por não separar os usuários “profissional” e “paciente” em grupos diferentes, uma vez que a primeira versão do sistema não permite ao “profissional” privilégio diferente. Para simplificar o sistema, adotou-se a notação “usuário” para todo o grupo. É considerada para versões posteriores a criação de cadastro de usuário com permissão de administrador do sistema para o “profissional”.

*Quadro 1 – Atores do Sistema.*

| Nome    | Descrição   | Atribuições   |
|---------|---|---|
| Usuário | Profissional<br>(fisioterapeuta) ou paciente utilizador do sistema. | Cadastrar suas informações em uma base de dados comum.<br>Escolher as posições e/ou protocolos para tratamento.<br>Ajustar a precisão do movimento. |

### 4.6.2 Descrição dos Casos de Uso

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

*Quadro 2 – Descrição do caso de uso “Cadastrar/Buscar Paciente”.*

|                 |   |
|-----------------|---|
| Caso de Uso     | <i>Cadastrar/Buscar Paciente</i>  |
| Autor Principal | <i>Usuário</i>  |
| Descrição       | <i>Criar um novo usuário ou buscar usuário existente, inserindo seus dados de contato e outras informações pessoais.</i>            |
| Pré-Condição    | -   |
| Fluxo Normal    | <ol style="list-style-type: none"> <li><i>Acessar a tela de cadastro.</i></li> <li><i>Preencher formulário de dados;</i></li> </ol> |

|                            |   |
|----------------------------|---|
|                            | 3. <i>Salvar ou Buscar.</i>   |
| <b>Fluxos Excepcionais</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Escolhido Buscar:</i> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Escolher paciente na lista;</i></li> <li>2. <i>Verificar dados.</i></li> </ol> </li> </ul> |
| <b>Pós-Condição</b>        | <i>Usuário escolhido com sucesso.</i>   |

*Quadro 3 – Descrição do Caso de Uso “Cadastrar Sessão de tratamento”.*

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Caso de Uso</b>         | <i>Cadastrar Sessão de tratamento</i>  |
| <b>Autor Principal</b>     | <i>Usuário</i>   |
| <b>Descrição</b>           | <i>Cadastrar o número e a data da sessão que o paciente realizará.</i>   |
| <b>Pré-Condição</b>        | <i>Estar cadastrado no sistema.</i>  |
| <b>Fluxo Normal</b>        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Acessar tela de cadastro;</i></li> <li>2. <i>Preencher campos da sessão;</i></li> <li>3. <i>Salvar sessão.</i></li> </ol> |
| <b>Fluxos Excepcionais</b> | -  |
| <b>Pós-Condição</b>        | <i>Sessão cadastrada com sucesso.</i>  |

*Quadro 4 – Descrição do Caso de Uso “Definir posição inicial/Calibragem”.*

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Caso de Uso</b>         | <i>Definir posição inicial/Calibragem</i>  |
| <b>Autor Principal</b>     | <i>Usuário</i>   |
| <b>Descrição</b>           | <i>O usuário deve permanecer à frente do sensor Kinect™ com os braços ao lado do tronco.</i>   |
| <b>Pré-Condição</b>        | -  |
| <b>Fluxo Normal</b>        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Permanecer na frente do dispositivo</i></li> <li>2. <i>Selecionar “Capturar Dimensões”</i></li> <li>3. <i>Observar o posicionamento das elipses na tela.</i></li> </ol>   |
| <b>Fluxos Excepcionais</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Elipses posicionadas incorretamente</i> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Abaixar os braços e posicionar-se à frente do dispositivo;</i></li> </ol> </li> </ul> |

|                     |   |
|---------------------|---|
|                     | 2. <i>Selecionar novamente “Capturar Dimensões”.</i>                          |
| <b>Pós-Condição</b> | <i>Posicionamento correto das elipses e calibragem realizada com sucesso.</i> |

*Quadro 5 – Descrição do Caso de Uso “Escolha do Protocolo”.*

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Caso de Uso</b>         | <i>Escolha do Protocolo</i>  |
| <b>Ator Principal</b>      | <i>Usuário</i>   |
| <b>Descrição</b>           | <i>Escolher qual protocolo será realizado.</i>   |
| <b>Pré-Condição</b>        | <i>Calibragem inicial do sistema.</i>  |
| <b>Fluxo Normal</b>        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Selecionar lista de protocolos;</i></li> <li>2. <i>Escolher o número do protocolo que será realizado;</i></li> <li>3. <i>Selecionar “Start”.</i></li> </ol> |
| <b>Fluxos Excepcionais</b> | -  |
| <b>Pós-Condição</b>        | <i>Protocolo realizado com sucesso</i>   |

*Quadro 6 – Descrição do Caso de Uso “Escolha de Posição”.*

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Caso de Uso</b>         | <i>Escolha de Posição</i>   |
| <b>Ator Principal</b>      | <i>Usuário</i>  |
| <b>Descrição</b>           | <i>Escolher qual posição será testado para aprendizado dos movimentos.</i>  |
| <b>Pré-Condição</b>        | <i>Calibragem inicial do sistema.</i>   |
| <b>Fluxo Normal</b>        | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Selecionar lista de Posições;</i></li> <li>2. <i>Escolher uma posição;</i></li> <li>3. <i>Selecionar “Verificar Posição”.</i></li> </ol> |
| <b>Fluxos Excepcionais</b> | -   |
| <b>Pós-Condição</b>        | <i>Posição testada com sucesso.</i>   |

*Quadro 7 – Descrição do Caso de Uso “Verificar Posições”.*

|                       |                           |
|-----------------------|---------------------------|
| <b>Caso de Uso</b>    | <i>Verificar Posições</i> |
| <b>Ator Principal</b> | <i>Usuário</i>            |

|                            |   |
|----------------------------|---|
| <b>Descrição</b>           | <i>Uma vez escolhido um protocolo ou posição, as marcações da tela se modificaram de acordo com acerto ou erro do paciente.</i>   |
| <b>Pré-Condição</b>        | <i>Iniciar protocolo ou verificar posição.</i>  |
| <b>Fluxo Normal</b>        | <ol style="list-style-type: none"> <li><i>Movimentar membros superiores, pescoço e tronco;</i></li> <li><i>Posicionar as juntas do esqueleto desenhado na tela dentro das elipses de marcação;</i></li> <li><i>Continuar os movimentos até todas as marcas estarem na cor verde ou aparecer na tela mensagem de “Parabéns”.</i></li> </ol>                    |
| <b>Fluxos Excepcionais</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Paciente não consegue finalizar o protocolo:</i> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>Selecionar “Stop” para parar o protocolo.</i></li> </ol> </li> <li><i>Paciente não consegue imitar o movimento:</i> <ol style="list-style-type: none"> <li><i>Selecionar “Parar Verificação”.</i></li> </ol> </li> </ul> |
| <b>Pós-Condição</b>        | <i>Uso do sistema com sucesso.</i>  |

*Quadro 8 – Descrição do Caso de Uso “Ajuste Elipses/Precisão”.*

|                            |  |
|----------------------------|--|
| <b>Caso de Uso</b>         | <i>Ajuste Elipses/Precisão</i>   |
| <b>Autor Principal</b>     | <i>Usuário</i>   |
| <b>Descrição</b>           | <i>Ajusta a dificuldade do movimento ou protocolo, alterando o tamanho das marcações na tela.</i>  |
| <b>Pré-Condição</b>        | -  |
| <b>Fluxo Normal</b>        | <ol style="list-style-type: none"> <li><i>Selecionar campo “Raio das elipses”;</i></li> <li><i>Alterar valor;</i></li> <li><i>Pressionar tecla “Enter”.</i></li> </ol> |
| <b>Fluxos Excepcionais</b> | -  |
| <b>Pós-Condição</b>        | <i>Precisão ajustada com sucesso.</i>  |

## 4.7 Diagrama de Classes

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

A Figura 27 apresenta as principais classes utilizadas no sistema, bem como seus atributos e principais funções.

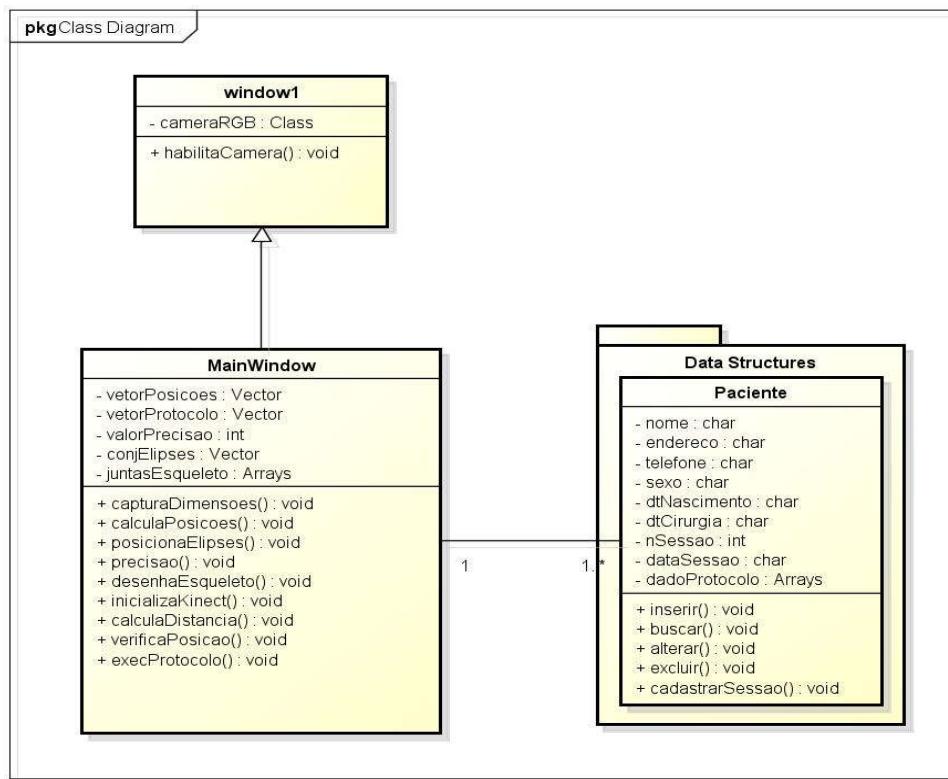


Figura 27 – Diagrama de classes do sistema.

## 4.8 Considerações Finais

Este capítulo apresentou os principais diagramas comumente usados em Engenharia de Software, os requisitos de *software* e uma breve especificação do sistema proposto que será detalhado em alguns aspectos no próximo capítulo. Além disso, foi detalhado o

funcionamento e arquitetura do dispositivo utilizado como sensor para entrada de dados do sistema (sensor *Kinect™*) e sua integração geral com o restante do sistema.

# Capítulo 5

## 5. Detalhes da Implementação

### 5.1 Introdução

Este capítulo apresenta detalhes da implementação do sistema proposto, incluindo o detalhamento dos algoritmos de geração da estrutura esquelética e a geração das posições a serem seguidas, a verificação do correto posicionamento do objeto de interação, o design da interface e a navegação no aplicativo.

### 5.2 Estrutura do Sistema

O sistema desenvolvido para atuar como auxiliar no processo de reabilitação física, para pacientes que fizeram a retirada da mama, apresenta um conjunto de módulos que permite ao usuário interagir de forma natural com o sistema. A Figura 28 apresenta o diagrama estrutural dos módulos do sistema.

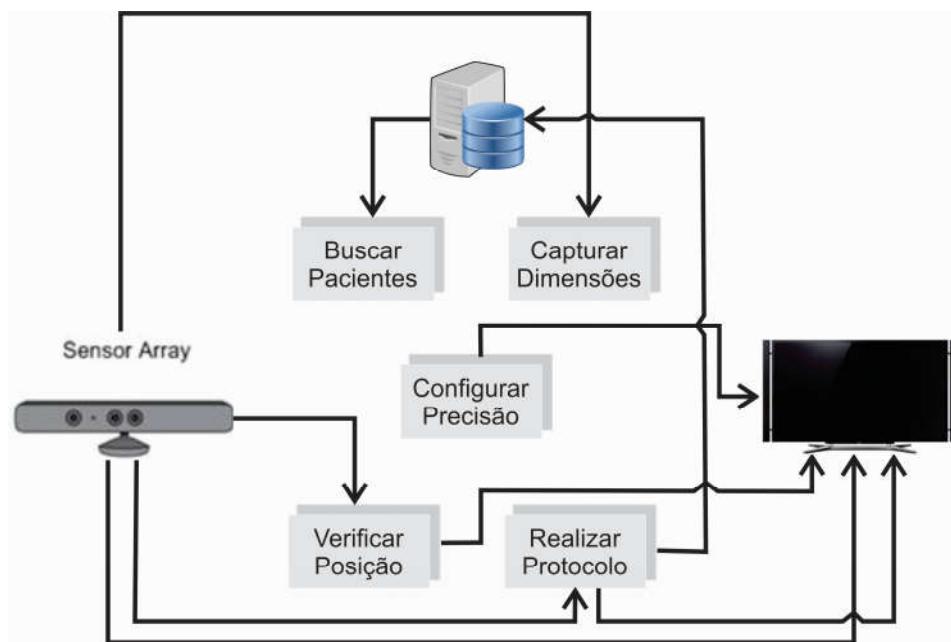


Figura 28 – Estrutura do aplicativo proposto.

### 5.2.1 Buscar pacientes

O primeiro passo ao acessar o sistema é verificar se o paciente (usuário) já realizou algum treinamento/tratamento. Caso seja afirmativo, o sistema apresentará a sequência que o paciente deverá obedecer. De toda forma, neste momento a estrutura esquelética já estará formada. O algoritmo a seguir ilustra este processo.

```

Buscar paciente
Se paciente existente então
    Verificar sequência do tratamento
Se não
    Armazenar paciente

Gerar estrutura esquelética
    Calcular sequência dos pontos
    Armazenar os pontos ordenados em vetor
    Traçar linhas com base nos pontos armazenados
  
```

### 5.2.2 Capturar Dimensões

A interação com o sistema por meio do teclado e do mouse deverá ser realizado por um profissional especializado na área e responsável pelo tratamento. O paciente em si, terá uma interação com sistema apenas com a interação natural por meio do dispositivo multissensorial de rastreamento (sensor *kinect*). Portanto, o paciente terá que se posicionar a frente do sensor. O local exato de posicionamento pode ser pré-definido ou ajustado de acordo com cada experimento. Após este ajuste, que pode ser descrito como temporal e espacial sem influência direta no funcionamento do sistema, o sensor alimentará o módulo Capturar Dimensões. Este módulo é um tipo de calibragem adequando o sistema as dimensões do paciente. Vide algoritmo a seguir.

```

Captura Dimensões
Calcula Posições // posições consideradas corretas
Cria Elipses de controle
Posiciona Elipses
Habilita sistema

```

### 5.2.3 Configurar Precisão

A precisão do sistema é configurável, tendo nos objetos geométricos do tipo elipse a possibilidade de aumentar ou diminuir esta precisão. É considerada precisão ou acerto para este sistema, a sobreposição das elipses que representam a imagem capturada com as elipses que representam o movimento de reabilitação. Algoritmo a seguir. A Figura 29 ilustra o comportamento destas elipses.

```

Captura Dimensões
Calcula Posições // posições consideradas corretas
Cria Elipses de controle
Posiciona Elipses
Habilita sistema

```

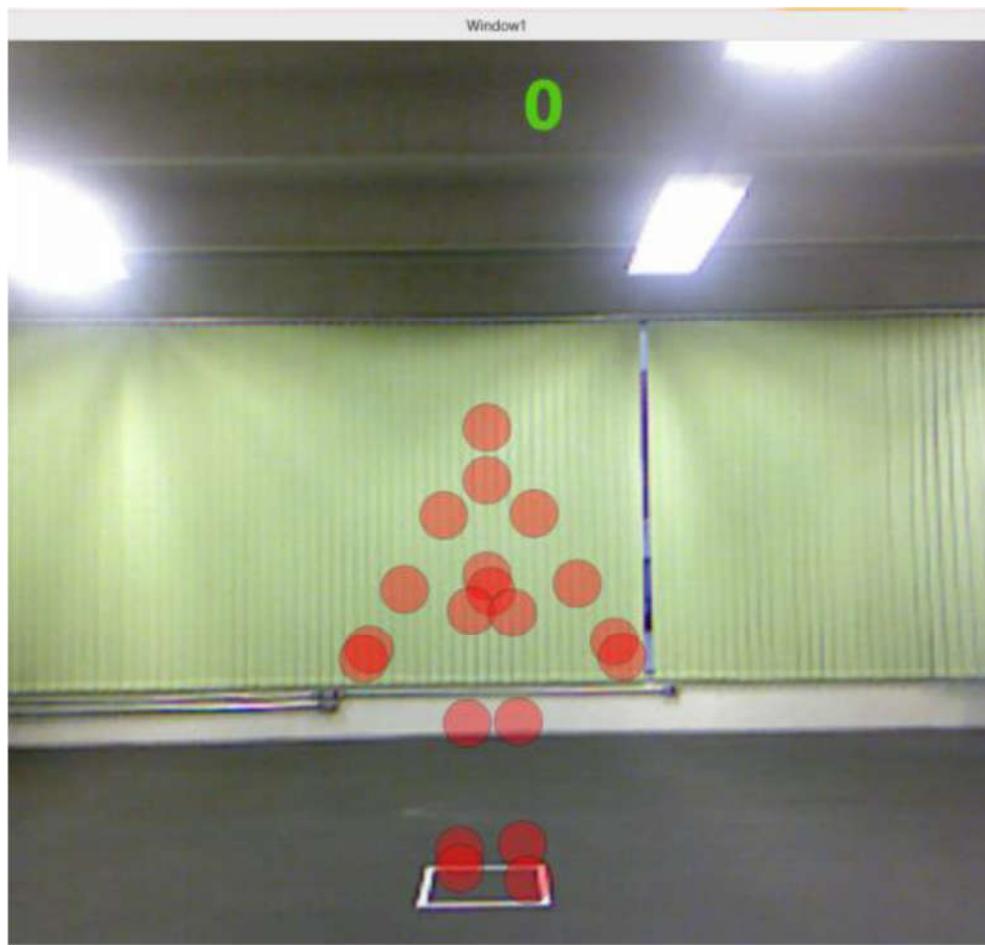


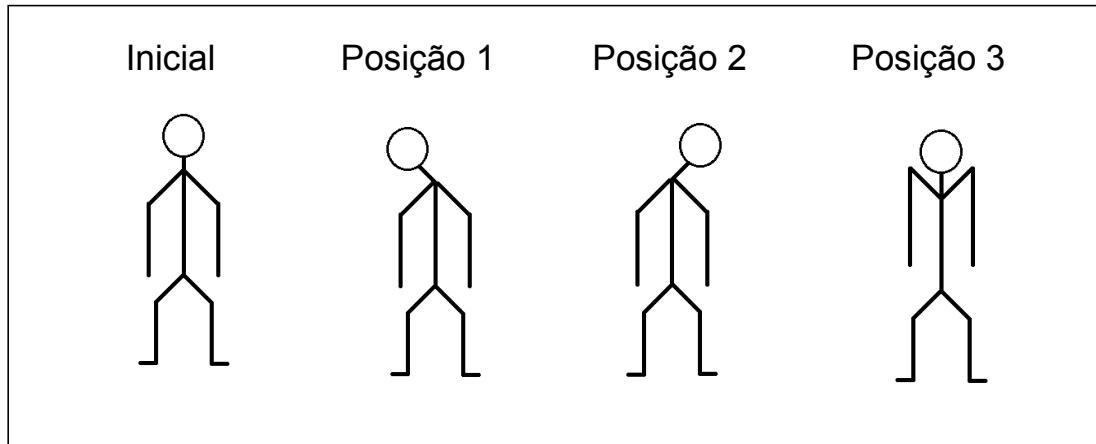
Figura 29 – Exemplo do comportamento das elipses de controle.

#### 5.2.4 Verificar Posição

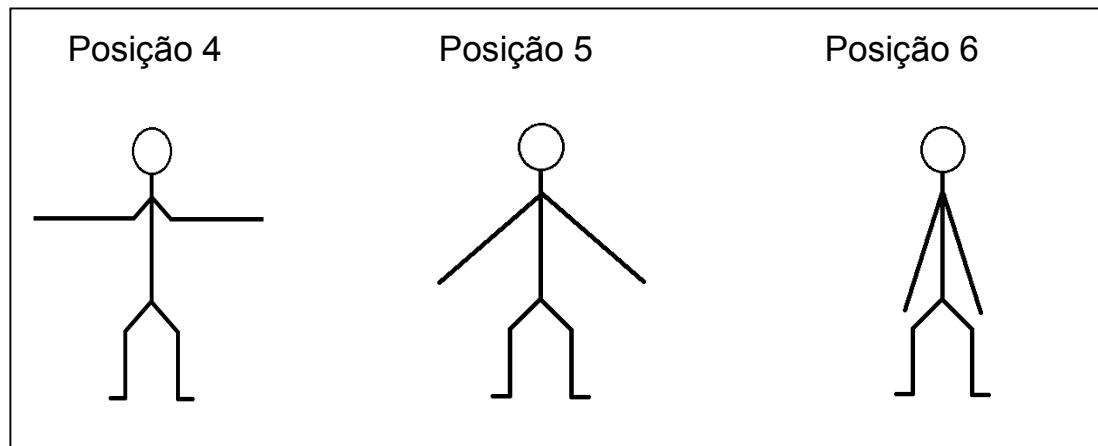
A verificação de posição é um módulo que compara todos os pontos desejados (marcados também com uma elipse) com os pontos extraídos do paciente que se posiciona a frente do sensor para o tratamento. A verificação de posição é um processo necessário para que o profissional que acompanha o tratamento verifique em caso de dúvida uma posição do paciente. De acordo com o processo de tratamento de reabilitação (MENDES, 2013) existem 12 posições que compõem 8 (oito) protocolos. Vide algoritmo a seguir e os quadros (Quadro 9, Quadro 10, Quadro 11, Quadro 12) do conjunto de posições possíveis.

Ler Posição  
Carregar pontos da posição específica  
Carregar pontos da leitura do sensor  
Comparar pontos  
Identificar visualmente pontos em desacordo

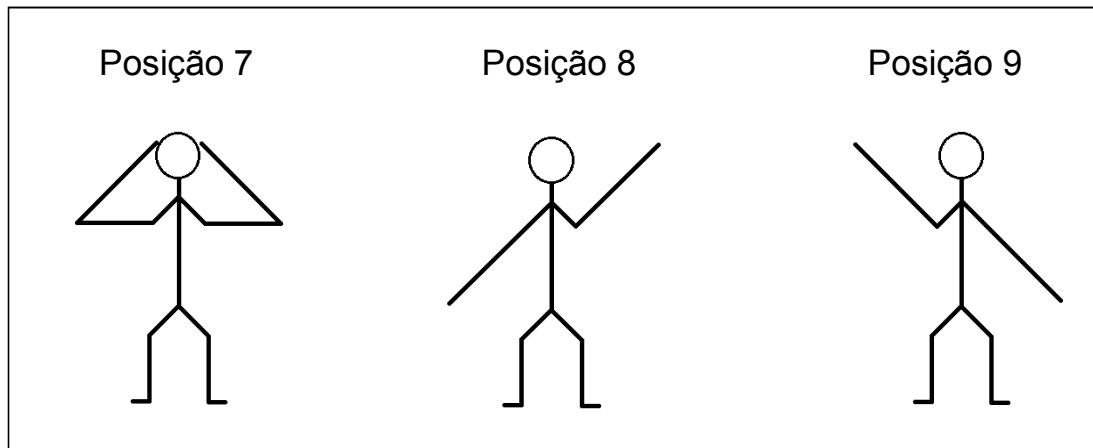
Quadro 9 – Modelo das posições: Inicial, 1 a 3.



Quadro 10 – Modelo das posições: 4 a 6.



*Quadro 11 – Modelo das posições: 7 a 9.*



*Quadro 12 – Modelo das posições: 10 a 12.*



### 5.2.5 Realizar Protocolo

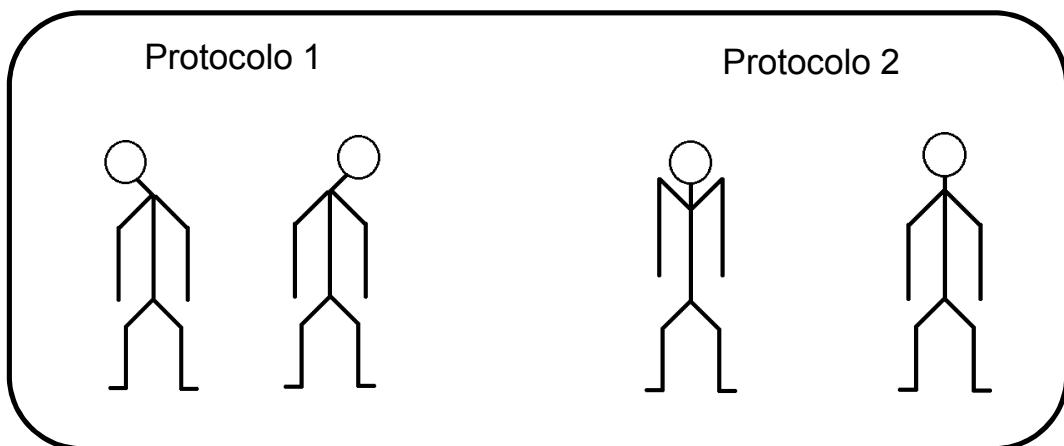
A literatura da área específica do tratamento de pessoas que necessitam realizar este processo de reabilitação motora, (MENDES, 2013), apresenta um conjunto de protocolos (oito) necessários ao processo de tratamento do paciente. Portanto, este módulo é o principal no sistema em si. É por meio do mesmo que com sucessivas sessões de tratamento pode propiciar ao paciente a recuperação ou minimização da sua condição fisiológica. O algoritmo

responsável por esta tarefa utiliza-se dos módulos anteriores para embasar sua realização. Vide algoritmo a seguir e os quadros (13 a 18) que mostram os protocolos.

```
Verificar paciente
Carregar etapa do tratamento (x)
Carregar pontos da leitura do sensor
Enquanto não comparar todas as articulações faça
    Se articulação n(paciente)
        Igual articulação m (protocolo [x])
    Fim-Enquanto
    Identificar visualmente pontos em desacordo
```

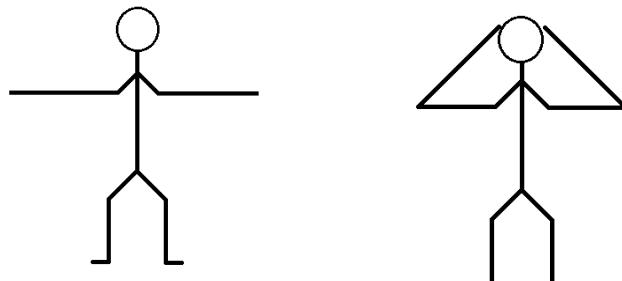
### **Protocolos**

*Quadro 13 – Exemplo dos protocolos 1 e 2.*



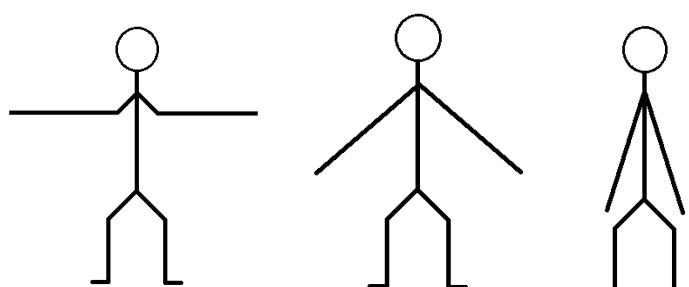
Quadro 14 – Exemplo do protocolo 3.

Protocolo 3



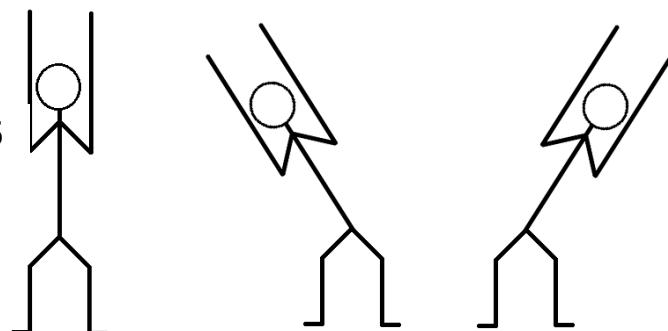
Quadro 15 – Exemplo do protocolo 4.

Protocolo 4  
(tempo)

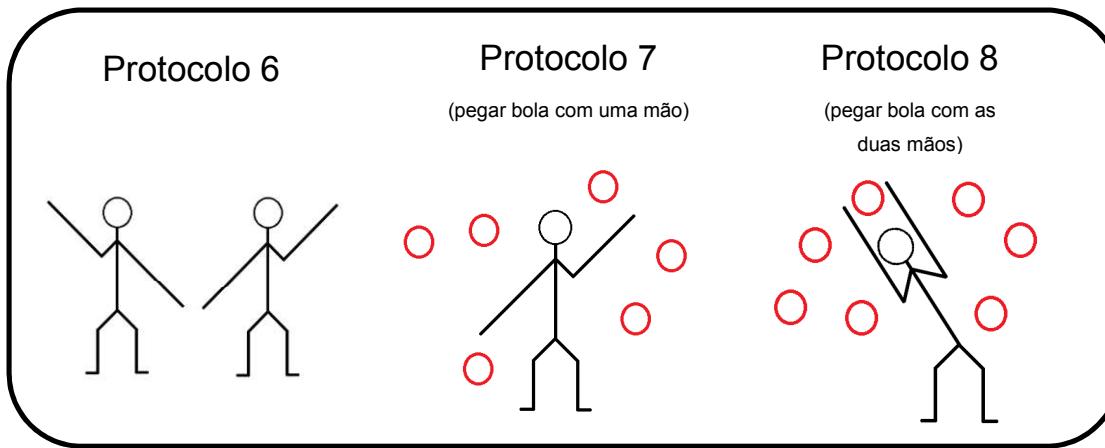


Quadro 16 – Exemplo do protocolo 5.

Protocolo 5  
(tempo)



Quadro 17 – Exemplo dos protocolos 6, 7 e 8.



### 5.3 Projeto de Interface

Para sistemas com Interação Natural, a interface pode ser projetada prevendo apenas o uso de gestos e sons como capacidade interativa do sistema, ou, como no caso do **Reabilita**, uma mescla de interface tradicional (mouse e teclado), necessária para a atuação de um profissional que acompanha o processo, e a interface especializada (captura e tratamento de imagens e movimentos). Em qualquer destas interfaces, buscou-se algumas características como:

- Facilidade de Uso (em qualquer das interfaces).
- Intuitividade.

Na interface natural, já foi projetado para este sistema uma resposta interativa com a existência de humanoides<sup>4</sup> que representassem os pacientes, ampliando ainda mais o processo de intuitividade do sistema.

<sup>4</sup> Humanoide é uma representação humana (avatar) comumente utilizada em ambientes virtuais.

### 5.3.1 Modelagem geométrica da representação humana

Para a criação das animações foram utilizados dois *softwares*: o *MakeHuman*<sup>5</sup> e o *Blender*<sup>6</sup>. O *MakeHuman*<sup>TM</sup> é um *software* de modelagem onde o usuário informa as características de um personagem e ele gera a modelagem. Foi escolhido pela facilidade de modelagem e por ser gratuito. O *MakeHuman*<sup>TM</sup> é capaz de exportar os modelos criados em diversos formatos, entre eles o **.obj**.

O *Blender*<sup>TM</sup> é um *software* utilizado para criar modelos e animações gráficas em 3D, escolhido também por ser gratuito e suportar formato **.obj** gerado pelo *MakeHuman*<sup>TM</sup>. Neste sistema ele foi utilizado para acertar alguns pontos da modelagem gerada pelo *MakeHuman*<sup>TM</sup>, criar um ambiente gráfico e criar as animações. A interface principal do *MakeHuman*<sup>TM</sup> pode ser visto na Figura 30, o ambiente de criação de animações do *Blender*<sup>TM</sup> é ilustrado na Figura 31. São feitas animações a partir de uma série de imagens, que é o que acontece com um vídeo, um vídeo pode ser definido como: uma sequência de imagens reproduzidas em um tempo específico (FILHO, 2011) para mostrar ao usuário/paciente as posições corretas.

---

<sup>5</sup> *MakeHuman*<sup>TM</sup> é um *software* multiplataforma, livre e de código aberto (*open source*) para criar humanoides realistas em 3D para ilustrações, animações, jogos, etc. (MAKEHUMAN, 2001).

<sup>6</sup> *Blender*<sup>TM</sup> é um *software* de código aberto, desenvolvido pela *Blender Foundation*, para animação, texturização, modelagem, renderização, composição, edição de vídeos e criação de aplicações interativas em 3D, como jogos através do *Blender Game Engine*, um motor de jogo integrado. Está disponível sob licença dupla: *Blender License* (BL)/*GNU General Public License* (GPL). O *Blender*<sup>TM</sup> possui ainda partes licenciadas sob a *Python Software Foundation License* (BLENDER.ORG, 2014).

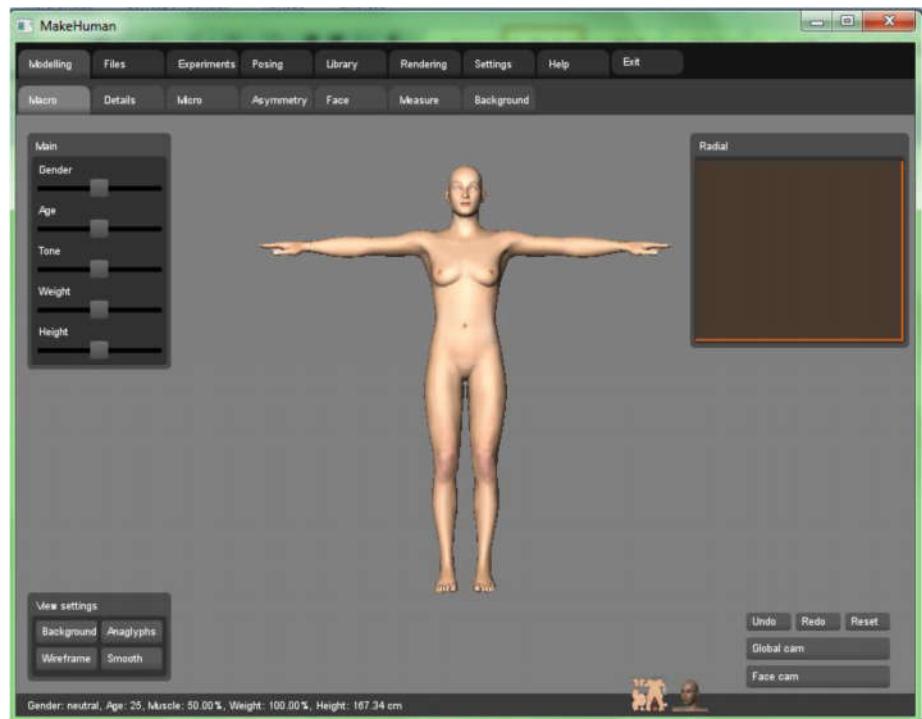


Figura 30 – Uso do software MakeHuman™ na criação dos humanóides.

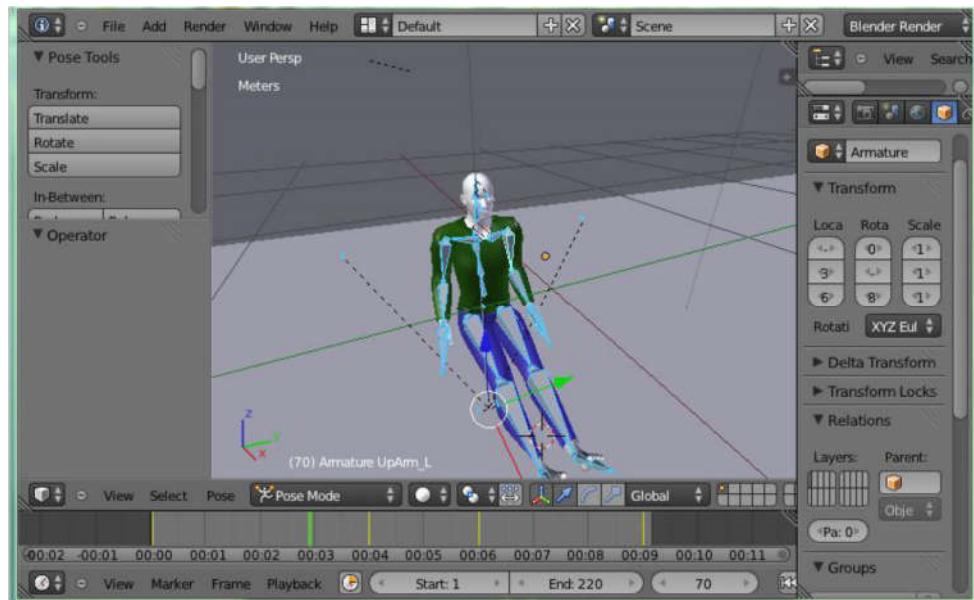


Figura 31 – Software Blender™ na elaboração dos movimentos das articulações.

### 5.3.2 Banco de Dados

O **Rehabilita** usa um Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBD) para gerenciar todos os dados armazenados. Para que seja possível acompanhar o desempenho do paciente e mensurar sua evolução é utilizado um banco de dados. Os dados que ficam armazenados no Banco de Dados (BD) são as informações do paciente e as respectivas informações sobre o tratamento, como informações sobre o tempo de cada sessão e quanto o paciente demorou para realizar cada protocolo, quais protocolos foram realizados e a quantidade de sequências que foram completadas. Ao final de todas as sessões de tratamento é possível que o profissional obtenha os dados armazenados através de relatórios, o que possibilita averiguar em que estágio o paciente se encontra e fazer provisões para melhorar as sessões em si, necessidade de outros tipos de intervenções e até mesmo a necessidade ou não de realizar novas sessões de tratamento, ou a mudança do tempo da sessão. Portanto, obter esses dados e armazená-los para o acesso posterior pelo fisioterapeuta é extremamente importante, uma vez que a evolução é comprovada não somente pelo visual que o sistema possibilita, e sim através de dados mais precisos.

## 5.4 Considerações finais

Este capítulo apresentou a estrutura lógica e algorítmica dos módulos necessários ao funcionamento do sistema, incluindo a apresentação de algumas ferramentas auxiliares na modelagem geométrica de objetos presentes no protótipo e o uso do banco de dados.

# Capítulo 6

## 6. Funcionamento do Sistema

### 6.1 Introdução

Neste capítulo é apresentado o funcionamento do sistema, primeiramente as funções da interface tradicional serão detalhadas e posteriormente a interface com interação natural.

### 6.2 Interface tradicional

Os ambientes de testes e tratamento serão descritos no Capítulo 7 (Avaliação e Análise dos Resultados). Portanto, a descrição do funcionamento do sistema restringe-se a detalhar a funcionalidade de cada opção existente no protótipo criado. A Figura 32 apresenta uma parte (quadro) do protótipo que usa interface tradicional com interatividade por meio de teclado e mouse usando botões e campos de edição.

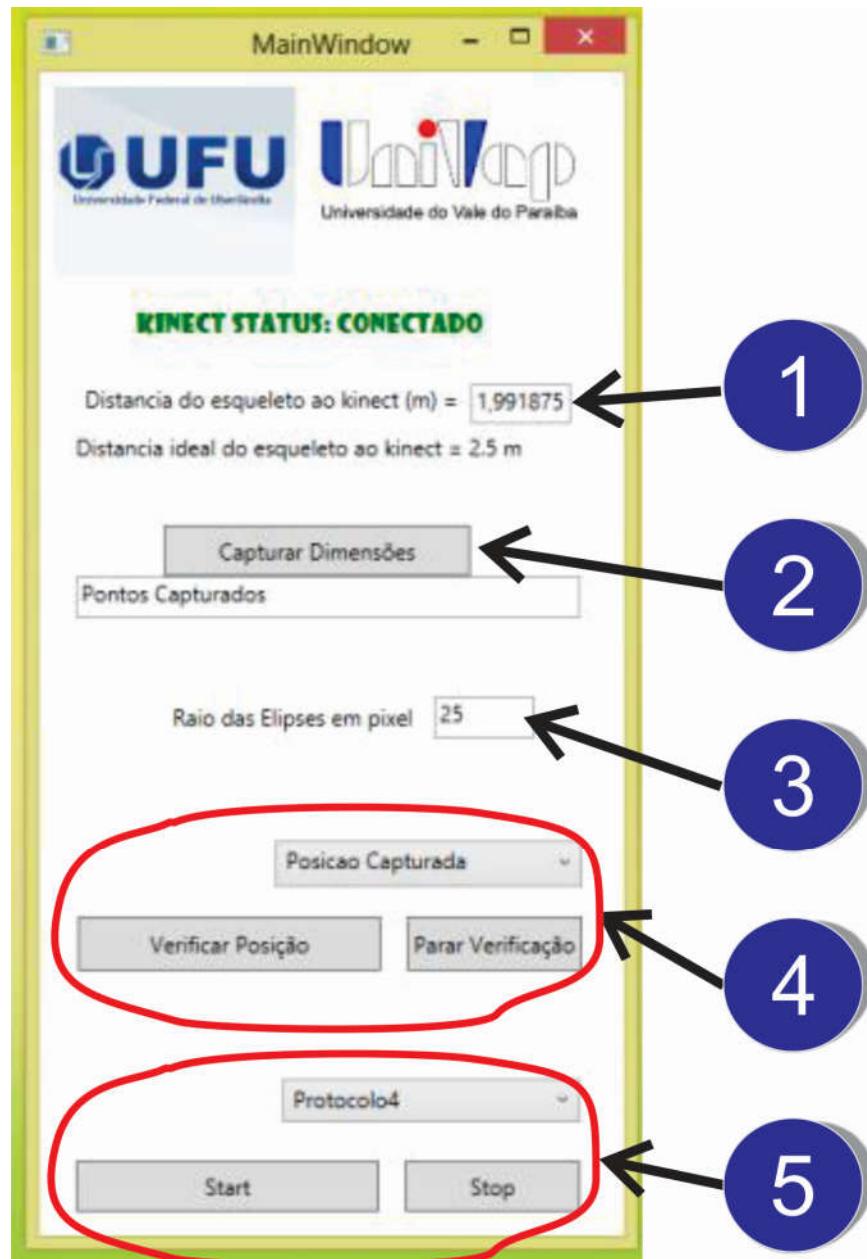


Figura 32 – Interface do protótipo construído

Inicialmente cabe ressaltar que a pesquisa foi desenvolvida em parceria entre a Universidade Federal de Uberlândia (instituição responsável pela criação do sistema proposto) com a Universidade Vale do Paraíba (instituição responsável pela definição dos protocolos de tratamento, teste e avaliação do sistema). Esta parceria é identificada na interface de acordo com a Figura 32. As outras informações presentes seguem de acordo com o identificador numerado:

1 – Campo de edição que apresenta a distância do usuário/paciente ao sensor. Esta informação é importante para ajustar o sistema e seguir recomendações apresentadas pela tecnologia de captura e rastreamento da imagem.

2 – Botão Capturar Dimensões realiza, a partir da informação apresentada anteriormente no identificador 1, a geração de um conjunto de dados que permite conhecer as dimensões do paciente.

3 – Campo de edição que apresenta o raio das elipses de controle. Esta informação permite nortear a precisão do sistema. Quanto menor a elipse maior será a precisão do movimento. No entanto, quanto maior a precisão, maior será a dificuldade do usuário (paciente) na realização correta dos movimentos. Ressalta-se que o valor 25 é uma grandeza apenas representativa, não podendo associar a mesma a nenhuma medida.

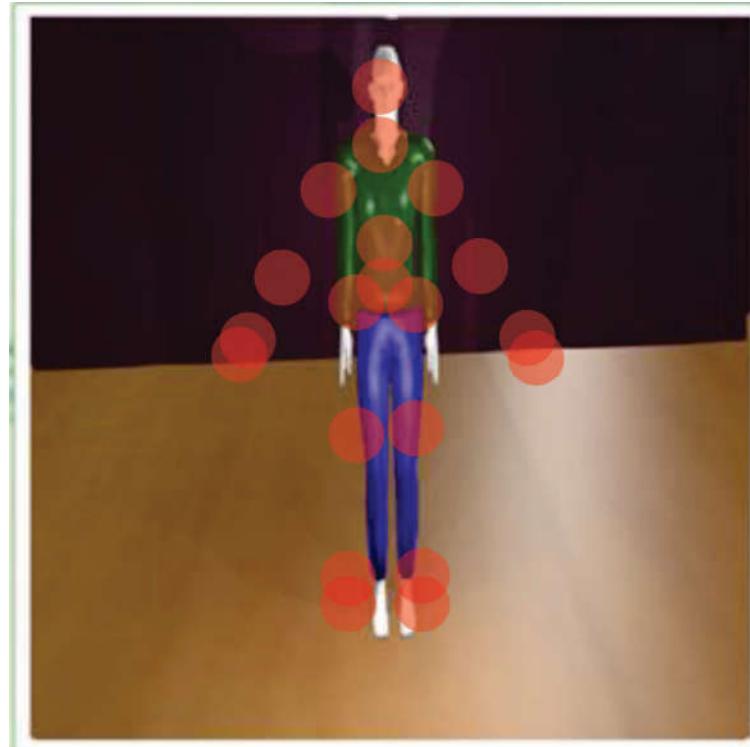
4 – Botões responsáveis por apresentar uma posição qualquer (vide Capítulo 5) comparando-a com a posição do usuário (paciente).

5 – Botões responsáveis por protocolo qualquer (vide Capítulo 5) comparando-a com a posição do usuário (paciente), realizando uma série de movimentos que permitam concluir o protocolo em si.

Também nesta interface, podem existir de acordo com o interesse do usuário profissional da área, botões para cadastro e manutenção dos dados do paciente e também a escolha de pontos ou articulações que serão usadas nos testes.

### 6.3 Interface Natural

Para o uso da interface natural duas opções foram criadas, primeira com a exibição de um humanoide (avatar) representando o paciente e os seus respectivos movimentos e interações. O segundo com a reprodução da própria imagem capturada. Todos os testes e avaliações foram realizados tendo a segunda opção como escolha, portanto a descrição do funcionamento do sistema será detalhada com maior apresentação da segunda forma. Para ilustrar a primeira forma, a Figura 33 mostra um avatar representando o paciente juntamente com os primeiros pontos (elipses) definidos.



*Figura 33 – Interface do protótipo – interface natural com humanoide.*

A segunda forma, usada mais comumente na pesquisa, se utilizou da imagem real do paciente. Nas imagens que ilustram o funcionamento do sistema por meio da exibição da própria imagem, o ambiente não foi o de testes, o qual será detalhado no capítulo a seguir. Neste, apenas demonstração do uso do sistema será apresentada.

A Figura 34 apresenta a interface inicial do sistema, reproduzindo a imagem capturada incluindo a estrutura esquelética que representa as articulações que serão trabalhadas em cada uma das posições e protocolos (vide Capítulo 5 – Detalhes de Implementação).

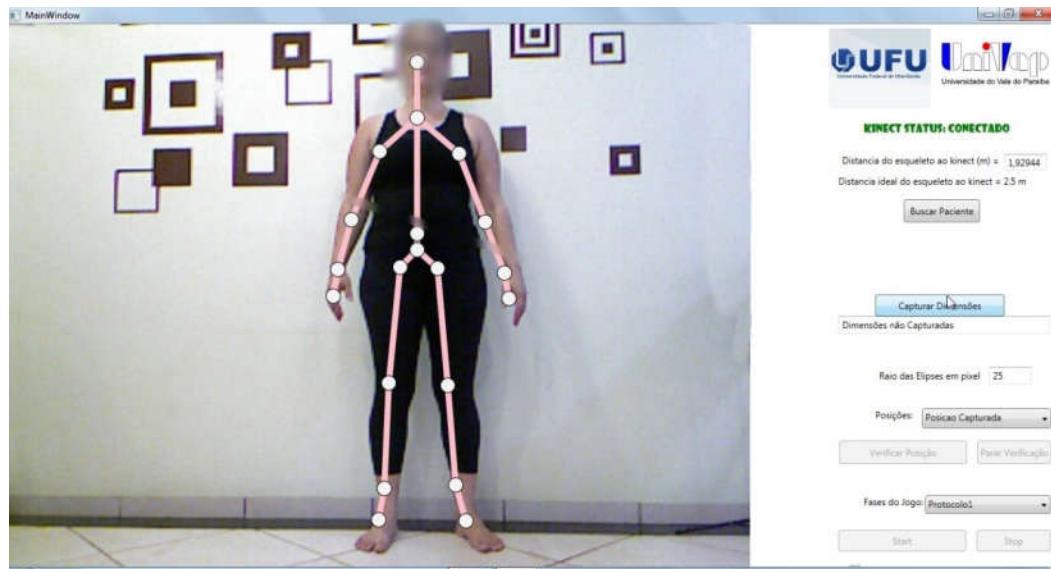


Figura 34 – Interface inicial do sistema

A Figura 35 ilustra a execução do Protocolo 1. Cabe ressaltar a diferença na coloração das elipses demonstrando em verde o correto posicionamento e em vermelho o que ainda necessita ser atingido. As figuras (Figura 36, Figura 37, Figura 38, Figura 39, Figura 40, Figura 41 e Figura 42) ilustram o funcionamento dos oito protocolos necessários ao tratamento de reabilitação terapêutica secundária ao câncer de mama.



Figura 35 – Protocolo 1 do tratamento.



Figura 36 – Protocolo 2 do tratamento.

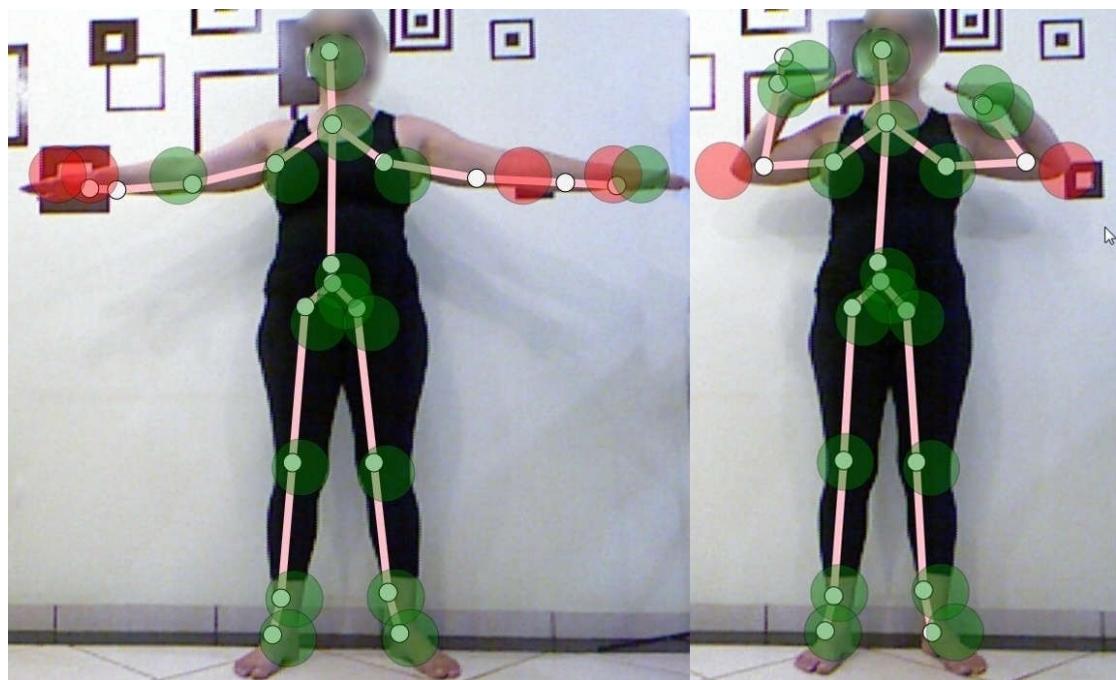


Figura 37 – Protocolo 3 do tratamento.

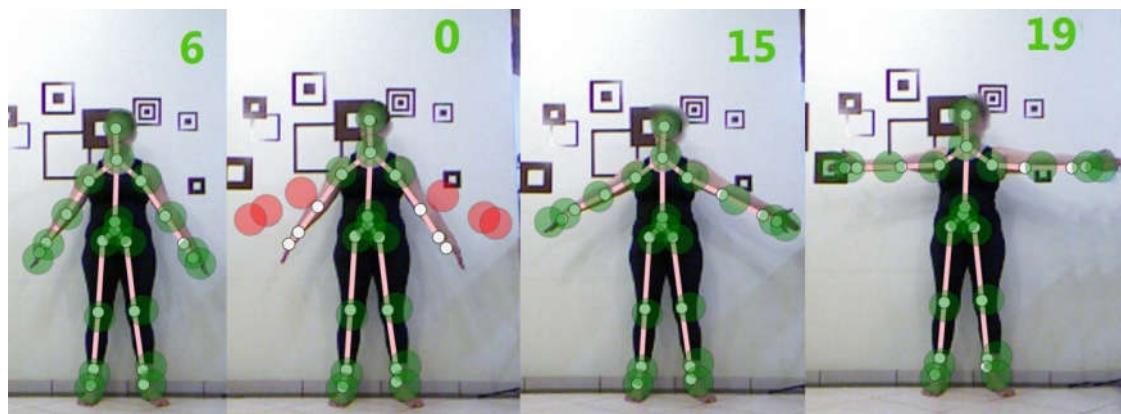


Figura 38 – Protocolo 4 do tratamento.



Figura 39 – Protocolo 5 do tratamento.

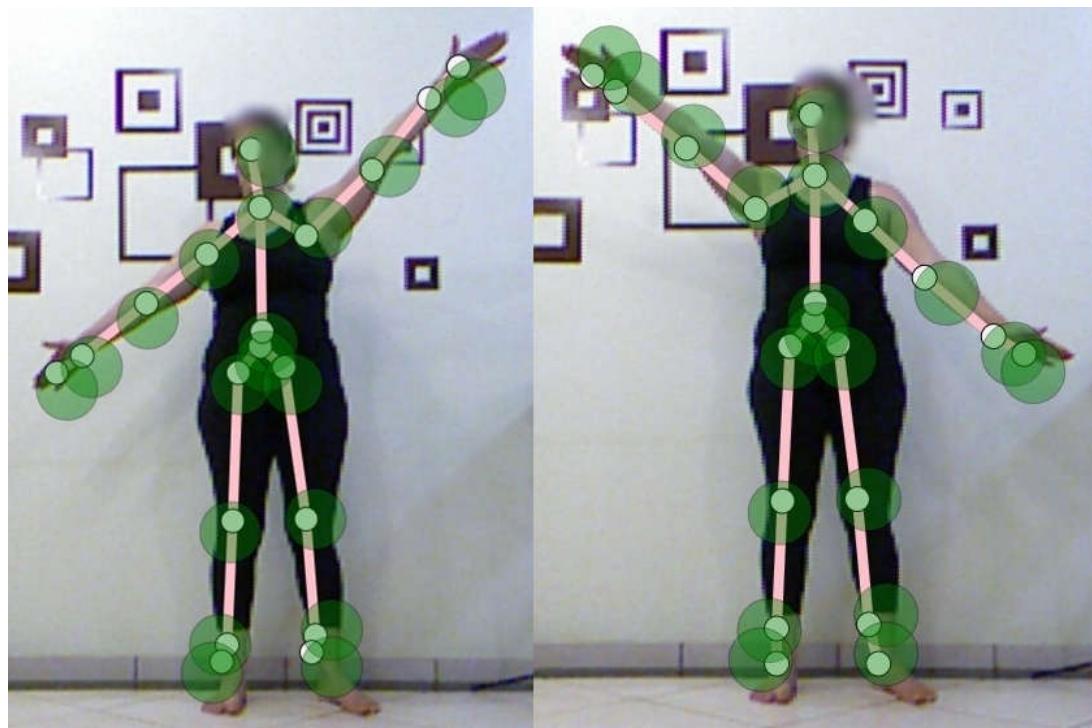


Figura 40 – Protocolo 6 do tratamento.



Figura 41 – Protocolo 7 do tratamento.

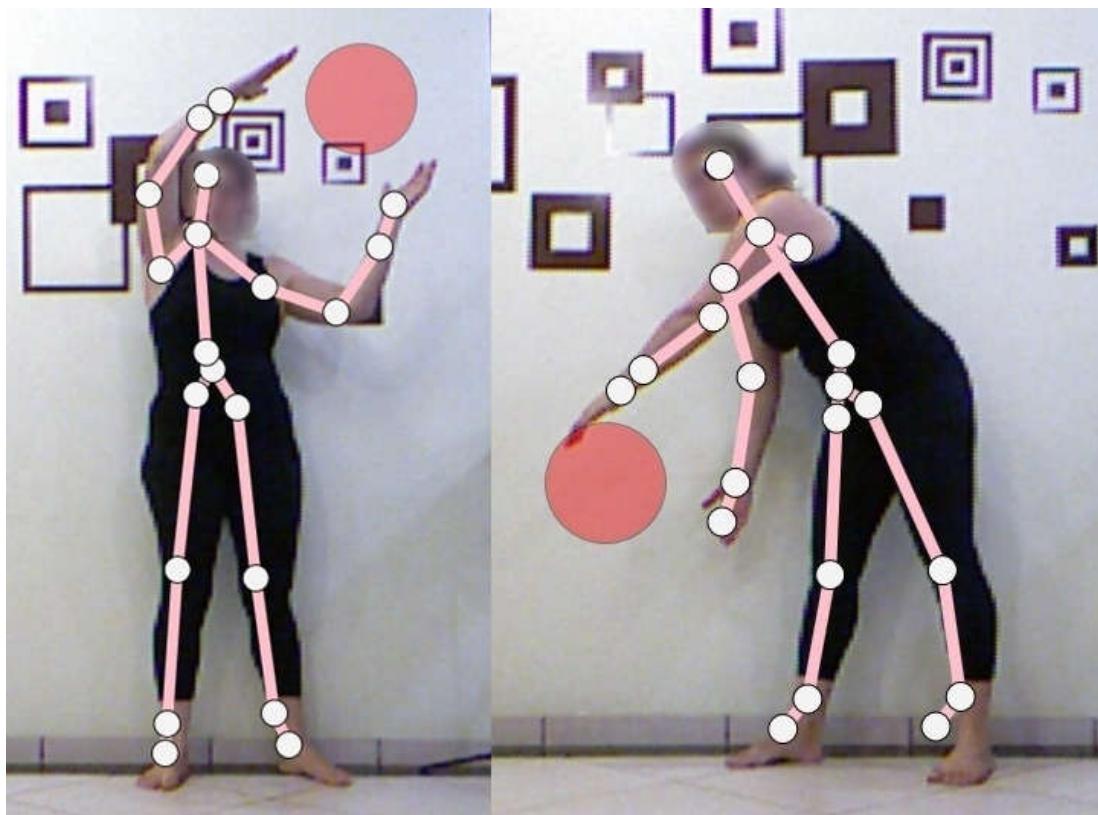


Figura 42 – Protocolo 8 do tratamento.

Cabe ainda acrescentar que os movimentos, que fazem parte dos protocolos e do sistema em si, foram elaborados com auxílio de profissionais da área de fisioterapia e reabilitação motora da UNIVAP. Além disso, uma vez implementados os movimentos no sistema, todos foram testados e revisados por estes profissionais para correção de eventuais erros no cálculo das posições e, somente foi testado com pacientes após a aprovação dos mesmos.

## 6.4 Considerações Finais

Este capítulo apresentou descrição detalhada do funcionamento do sistema e a diferenciação do uso por parte do profissional e do usuário/paciente, uma vez que o último deve ser acompanhado durante todo o uso do sistema na versão que foi proposta até o momento.

# Capítulo 7

## 7. Avaliação e Análise dos Resultados

### 7.1 Introdução

Neste capítulo serão apresentados os métodos e resultados obtidos na avaliação do **Reabilita** em um ambiente real e controlado de testes, específico para esta finalidade. Ratifica-se a parceria entre os departamentos envolvidos neste trabalho (Engenharia Elétrica, Biomédica e de Computação da Universidade Federal de Uberlândia e Engenharia Biomédica da Universidade Vale do Paraíba) que possibilitaram o desenvolvimento deste sistema multidisciplinar.

As responsabilidades foram divididas entre estes departamentos, resultado de um protocolo de intenções e, incumbiu o segundo departamento da realização das avaliações e testes, assim como a aprovação necessária em Comitê de Ética para pesquisa com seres humanos. Os testes realizados envolveram outras metodologias e a descrição completa e comparativa destes testes pode ser encontrada em Mendes (2013).

### 7.2 Ambiente de Avaliação

O ambiente usado na avaliação do sistema foi projetado para esta finalidade possuindo espaço adequado, sistema de projeção para o paciente, equipamento de controle dos testes e do sistema (para o profissional responsável) e sistema de sonorização. A Figura 43 apresenta este ambiente.



Figura 43 – Ambiente de Avaliação [arquivo pessoal].

### 7.3 Testes e resultados

O protocolo de realidade virtual foi realizado com a participação de uma mulher com idade de trinta anos, submetida à técnica cirúrgica de Mastectomia radical e esvaziamento axilar do lado direito devido ao câncer de mama, com tempo cirúrgico superior a três anos (MENDES, 2013).

As sessões de tratamento obedeceram diretrizes que determinavam a quantidade de sessões para realização do estudo, tempo de cada sessão e medições e exames que foram feitos na primeira e última sessão para comparação dos valores obtidos e determinar a eficiência do tratamento utilizando o sistema **Reabilita**.

O programa de tratamento foi realizado com total de dez sessões consecutivas e com duração de 30 (trinta) minutos cada sessão (MENDES, 2013). A paciente foi instruída a respeito de cuidados que deveriam ser tomados, por exemplo, evitar esforço excessivo, para que não

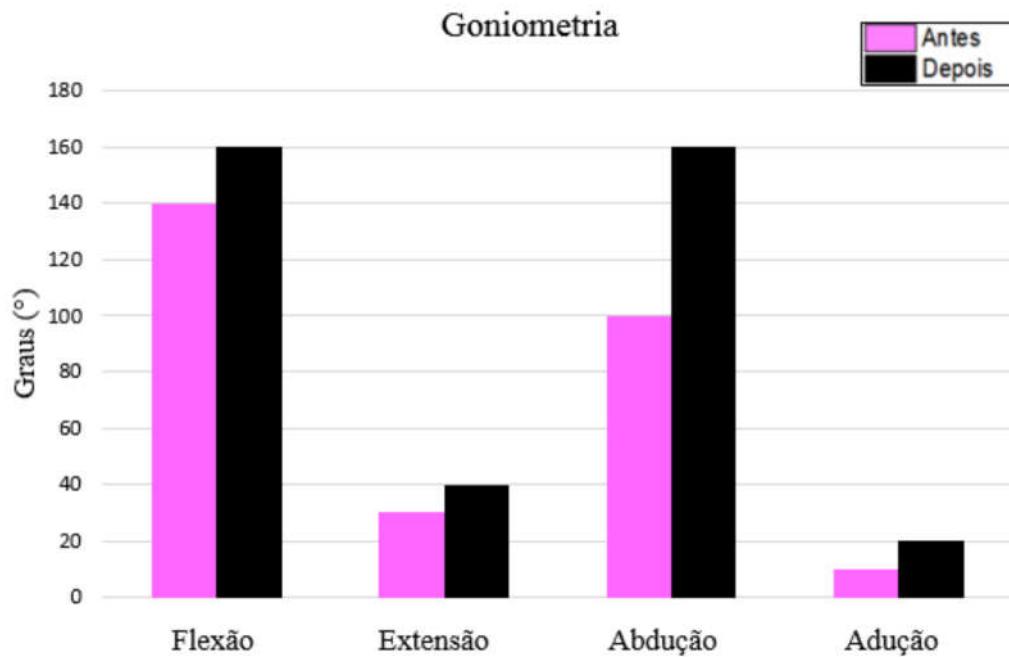
ocorresse lesões e submetida a medições no início e fim do tratamento descritas a seguir (MENDES, 2013):

- Intensidade dolorosa por meio da escala visual numérica da dor;
- Amplitude de movimento da articulação do ombro, por meio da goniometria;
- Atividade elétrica muscular por meio da eletromiografia de superfície;
- Força muscular por meio do dinamômetro escapular;
- Linfedema por meio da circunferência de membros superiores;
- Qualidade de vida por meio do Questionário de Qualidade de Vida SF-36.

Os dados obtidos na primeira sessão foram armazenados para comparação com os valores obtidos na sessão final do tratamento para determinar quantitativamente a evolução da paciente como é descrito em seguida.

Inicialmente, ao responder a escala numérica de dor que, a partir de variação de 1 (um) a 10 (dez) quantifica a dor, a voluntária relatou nota sete para sua intensidade dolorosa, sendo que após o tratamento a mesma relatou ausência de dor. Esse resultado mostrou uma redução significativa da variável em questão (MENDES, 2013).

Como mostrado na Figura 44, foi observado um aumento da amplitude de movimento de flexão (14,2%), extensão (33,3%), abdução (60%) e adução (100%), quando comparado antes e após a realização do tratamento proposto (MENDES, 2013).



*Figura 44 – Representação dos valores da amplitude de movimento do membro superior afetado antes e após o tratamento (MENDES, 2013).*

Em relação a perimetria do membro afetado, houve uma diminuição leve de 2% na circunferência do membro após o tratamento.

Na avaliação da atividade mioelétrica durante o movimento de flexão do ombro, foi observado uma diminuição dos valores de RMS, para os músculos bíceps braquial (65,5%), tríceps braquial (31,5%), deltoide fibras médias (27,9%), porém, em relação ao músculo trapézio superior houve um aumento do valor de RMS (11,9%) após o tratamento, conforme Figura 45A (MENDES, 2013).

A Figura 45B representa os valores de RMS durante o movimento de abdução de ombro, em que foi possível observar diminuição do potencial mioelétrico para os músculos bíceps braquial (61%), tríceps braquial (28,4%), deltoide fibras médias (12,5%) e aumento para o músculo trapézio fibras superior (10%) (MENDES, 2013).

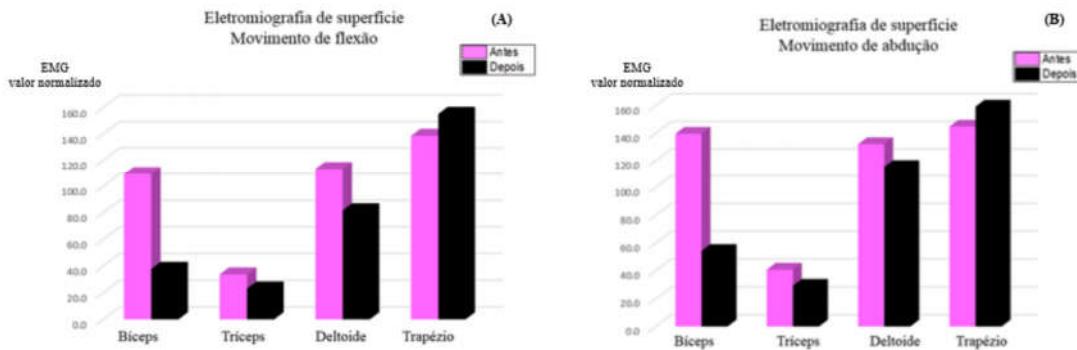


Figura 45 – Representação dos valores de RMS dos músculos bíceps braquial, tríceps braquial, deltóide médio e trapézio durante os movimentos de flexão (A) e abdução (B) do ombro (MENDES, 2013).

Referente à força muscular observou-se um aumento de 8,7% após o tratamento por meio de realidade virtual de projeção.

A Figura 46 representa os valores obtidos pelo questionário de qualidade de vida, mostrando aumento de 50% do escore de limitações por aspectos físicos, 11,9% do escore estado geral de saúde e 14,3% em relação à vitalidade. Os outros domínios analisados por este questionário não apresentaram alterações (MENDES, 2013).



Figura 46 – Valores obtidos pelos escores do questionário de Qualidade de Vida SF-36, sendo que (1) representa antes do tratamento e (2) representa depois do tratamento com realidade virtual. As siglas representam os domínios, sendo eles: CF – Capacidade funcional; LAF – Limitações por aspectos físicos; Dor; EGS – Estado geral de saúde; V – Vitalidade; AS – Aspectos sociais; AE – Aspectos emocionais; SM – Saúde mental. (MENDES, 2013).

## 7.4 Considerações Finais

No trabalho realizado por Mendes (2013), foi verificada a melhora da qualidade de vida após a realização do protocolo de tratamento proposto em todos os domínios analisados, incluindo o uso do sistema aqui proposto.

Apesar de esta modalidade terapêutica ter sido aplicada somente em uma voluntária, o intuito principal foi validar o *software* e observar o quadro clínico da paciente após o tratamento, identificando as possíveis melhorias em relação ao seu uso.

Estes resultados corroboram com o que foi projetado e incitado como sendo a principal contribuição desta pesquisa, a aplicabilidade em um cenário real e controlado com resultados positivos.

# Capítulo 8

## 8. Conclusões e Trabalhos Futuros

### 8.1 Introdução

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

### 8.2 Conclusões

#### 8.2.1 Quanto à área aplicada

Os resultados provenientes do desenvolvimento desta pesquisa são de suma importância para a área de reabilitação oncológica, proporcionando aceleração do processo de recuperação das alterações físico-funcionais e emocionais, assim como a recuperação da autoestima e imagem corporal das mulheres pós-câncer de mama, com consequente reintegração no convívio social e melhora da qualidade de vida.

Desta maneira, diante dos resultados referentes ao desenvolvimento do *software* de realidade virtual e sua validação, pode-se afirmar que é uma modalidade terapêutica inovadora para a reabilitação, o qual foi desenvolvido com base nas complicações que são originadas após o tratamento cirúrgico do câncer de mama, sendo um importante recurso

para redução dos desconfortos provenientes da doença, conforme também ressalta Mendes (2013).

### **8.2.2 Quanto à área específica**

O sistema proposto desenvolvido mostra-se muito útil em sua aplicação, porém, também é relevante para a área específica da pesquisa à qual faz parte pela demonstração e validação de como se pode utilizar as ferramentas e tecnologias de Interação Natural e Realidade Virtual de Projeção, principalmente na criação de novos objetos de estudo e sistemas na área médica.

## **8.3 Trabalhos Futuros**

Como trabalhos futuros, pode-se pensar em duas linhas de ação: aprimoramento do sistema proposto e ampliação da aplicabilidade. Com base nestes caminhos, são propostos os trabalhos a seguir.

### **8.3.1 Aprimoramento do sistema**

- Caracterização como jogo;
- Concretização da representação com humanoide (avatar);
- Criação de assistente virtual para auxílio ao paciente durante uso;
- Elaborar sequência de protocolos para uso em domicílio após término de tratamento supervisionado;
- Aplicação e teste do sistema com grupos maiores de pacientes;
- Ampliação dos protocolos para uso em grupos de pacientes acometidos com outras patologias.

### **8.3.2 Ampliação da aplicabilidade**

No decorrer deste estudo foram identificados pontos a serem desenvolvidos em estudos futuros, os quais corroborarão com os resultados descritos, entre eles destacam-se: a aplicabilidade destes recursos com número maior de amostra; realizar um estudo sobre a utilização destes recursos em fase de pós-operatório devido ao câncer de mama e desenvolvimento de novas tecnologias na área de engenharia de reabilitação direcionado ao paciente oncológico.

## **8.4 Considerações Finais**

Este trabalho proporcionou a criação de um sistema de Interação Natural com uso de realidade virtual de projeção para auxiliar profissionais que trabalham com reabilitação motora de mulheres com sequelas do pós-operatório de câncer de mama. Além disso, o protótipo desenvolvido foi testado e pode-se observar sua relevância na área e alguns itens a serem otimizados em trabalhos futuros para ampliação de sua aplicação.

Do ponto de vista científico, as principais contribuições deste trabalho são:

- Avaliação das práticas de projeto de sistemas com uso de interação natural;
- Análise e avaliação do uso de tecnologias alternativas na reabilitação motora através de exercícios pré-determinados;
- Criação de um ambiente motivador para profissional e paciente, em que o profissional tem total controle dos recursos disponíveis;
- Geração de um sistema eficaz, que pode ser utilizado no auxílio do tratamento de mulheres que realizaram Mastectomia, cirurgia de retirada da mama, causado pelo câncer de mama.

## Referências Bibliográficas

- ACOSTA, A. M., DEWALD, H. A. & DEWALD, J. A., 2011. Pilot study to test effectiveness of video game on reaching performance in stroke. *J. Rehabil. Res. Dev.*, Volume 48, pp. 431-444.
- ANANTHAKRISHNAN, P., BALCI, F. L. & CROWE, J. P., 2012. Optimizing Surgical Margins in Breast Conservation. *Int. J. Surg. Oncol.*, Volume 2012, pp. 1-9.
- ASSIS, M. R., Marx, A. G., Magna, L. A. & Ferrigno, I. S., 2013. Late morbidity in upper limb function and quality of life in women after breast cancer surgery. *Braz J Phys Ther.*, Volume 17, pp. 236-43.
- AZUMA, R., 2001. Recent Advances in Augmented Reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, Novembro, 21(6), pp. 34-47.
- BAÑOS, R. M. et al., 2011. A virtual reality system for the treatment of stress-related disorders: A preliminary analysis of efficacy compared to a standard cognitive behavioral program. *International Journal of Human-Computer Studies*, Agosto, Volume 69, pp. 602-613.
- BERGMANN, A. et al., 2011. Arm symptoms and overall survival in Brazilian patients with advanced breast cancer. *Asian Pac. J. Cancer Prev.*, Volume 12, pp. 2939-42.
- BETKER, A. L. et al., 2007. Game-based Exercises for Dynamic Short-Sitting Balance Rehabilitation of People With Chronic Spinal Cord and Traumatic Brain Injuries. *Phys. Ther.*, 87(10), pp. 1389-1398.
- BILLINGHURST, M., KATO, H. & POUPYREV, I., 2001. The Magic Book - Moving Seamlessly between Reality and Virtuality. *Computer Graphics and Applications*, 21(3), pp. 2-4.
- BINKLEY, J. M. et al., 2012. Patient Perspectives on Breast Cancer Treatment Side Effects and the Prospective Surveillance Model for Physical Rehabilitation for Women With Breast Cancer. *Cancer*, Volume 118, pp. 2207-2216.

BLENDER.ORG, 2014. *Blender Foundation*. [Online] Available at: <http://www.blender.org/foundation/> [Acesso em 6 abril 2014].

BRÜTSCH, K. et al., 2010. Influence of Virtual Reality Soccer Game on Walking Performance in Robotic Assisted Gait Training for Children. *J. Neuroeng. Rehabil.*, 7(15), pp. 1-9.

BULLINGER, H. J., Rößler, F. & Müller-Spahn, A., 1996. *Encouraging Creativity - Support of Mental Processes by Virtual Experience..* s.l., s.n.

BURGA, L. N. et al., 2009. Altered proliferation and differentiation properties of primary mammary epithelial cells from BRCA1 mutation carriers.. *Cancer Res.*, Volume 69, pp. 1273-8.

BUXTON, B., 2014. *Multi-Touch Systems that I Have Known and Loved.* [Online] Available at: <http://www.billbuxton.com/multitouchOverview.html> [Acesso em Julho 2014].

BYDLON, T. M. et al., 2012. Advancing Optical Imaging for Breast Margin Assessment: An Analysis of Excisional Time, Cautery, and Patent Blue Dye on Underlying Sources of Contrast. *Plos One*, Volume 7, pp. 1-18.

CAMEIRÃO, M. S., Badia, S. B. i., Oller, E. D. & Verschure, P. F., 2010. Neurorehabilitation using the Virtual Reality Based Rehabilitation Gaming System: Methodology, Design, Psychometrics, Usability and Validation. *J. Neuroeng. Rehabil.*, 7(48), pp. 2-14.

CAMPBELL, K. L. et al., 2012. A Prospective Model of Care for Breast Cancer Rehabilitation: Function. *Cancer*, Volume 118, p. 2300–11.

CARVALHO, F. N., KOIFMAN, R. J. & BERGMANN, A., 2013. International Classification of Functioning, Disability, and Health in women with breast cancer: a proposal for measurement instruments. *Cad. Saúde Pública*, Volume 29, pp. 1083-1093.

CASTRO, R. H., 2012. *Desenvolvimento de Aplicações com uso de Interação Natural: Um Estudo de Caso voltado para Vídeo Colaboração em Saúde..* João Pessoa: Monografia.

COURNEYA, K. S. et al., 2012. The Alberta moving beyond breast cancer (AMBER) cohort study: a prospective study of physical activity and health-related fitness in breast cancer survivors. *BMC Cancer*, Volume 12, pp. 1-13.

- DEPONTI, D., Maggiorini, D. & Palazzi, C. E., 2009. DroidGlove: An android-based application for wrist rehabilitation. *International Conference on Ultra Modern Telecommunications & Workshops - ICUMT '09*, October, pp. 1-7.
- DEVOOGDT, N. et al., 2011. Lymphoedema Functioning, Disability and Health questionnaire (Lymph-ICF): reliability and validity. *Phys. Ther.*, Volume 91, pp. 944-57.
- DIX, A., Finlay, J. E., Abowd, G. D. & Beale, R., 2005. *Human-Computer Interaction*. 3 ed. s.l.:Prentice Hall.
- DOMEYER, P. J., Sergentanis, T. N., Zagouri, F. & Zografos, G. C., 2010. Health-related Quality of Life in Vacuum-Assisted Breast Biopsy: short-term effects, long-term effects and predictors. *Health Qual. Life Out.*, Volume 8, pp. 1-10.
- FEDELI, R. D., POLLONI, E. G. & PERES, F. E., 2010. *INTRODUÇÃO À CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO*. 2<sup>a</sup> ed. São Paulo(SP): Cengage learning.
- FERREIRA, A. B., 2004. *Dicionário Aurélio da Língua Portuguesa*. 4<sup>a</sup> ed. Curitiba: Positivo.
- FIFE, C. E. et al., 2012. A randomized controlled trial comparing two types of pneumatic compression for breast cancer-related lymphedema treatment in the home. *Support. Care Cancer*, Volume 20, p. 3279–3286.
- FILHO, F. C., 1999. *HISTÓRIA DA COMPUTAÇÃO Teoria e Tecnologia*. São Paulo: LTr.
- FILHO, W., 2011. *Multimídia - Conceitos e Aplicações*. Rio de Janeiro: LTC.
- FRAZZETTO, P. et al., 2012. Depression in older breast cancer survivors. *BMC Surgery*, Volume 12, pp. 1-3.
- GARCIA, A. P. et al., 2013. Vestibular rehabilitation with virtual reality in Ménière's disease. *Braz J Otorhinolaryngol.*, Maio/Junho, 79(3), pp. 366-74.
- GROMALA, D. et al., 2011. Immersive VR: A Non-pharmacologic Analgesic for Chronic Pain?. *ACM CHI - Conference on Human Factors in Computing Systems*, 7-12 May, pp. 1171-1176.
- HADI, N., SOLTANIPOUR, S. & TALEI, A., 2012. Impacto f modified radical mastectomy on helth-related quality of life in women with early stage breast cancer. *Arch. Iran Med.*, Volume 15, pp. 504-507.

- HOFMAN, M., Hock, C. & Müller-Spahn, F., 1995. *Computer-based cognitive training in Alzheimer's disease patients.* s.l., s.n.
- KARTAL, S., Tezcan, S. & Canda, T., 2013. Diagnosis, treatment characteristics, and survival of women with breast cancer aged 65 and above: a hospital-based retrospective study. *BMC Women's Health*, Volume 13, pp. 1-12.
- KAIVANI, A. et al., 2013. From Radical Mastectomy to Breast-Conserving Therapy and Oncoplastic Breast Surgery: A Narrative Review Comparing Oncological Result, Cosmetic Outcome, Quality of Life, and Health Economy. *ISRN Oncol.*, Volume 2013, pp. 1-6.
- KIRNER, C. & KIRNER, T. G., 2008. Virtual Reality and Augmented Reality Applied to Simulation Visualization. Em: *Simulation and Modeling: Current Technologies and Applications*. Hershey-NY: IGI Publishing, pp. 391-419.
- KIRNER, C. & ZORZAL, E. R., 2005. *Aplicações Educacionais em Ambientes Colaborativos Realidade Aumentada*. Juiz de Fora, s.n.
- LAVER, K. et al., 2012. Virtual reality for stroke rehabilitation. *Eur. J. Phys. Rehabil. Med.*, 48(3), pp. 523-30.
- LEE, R.-G. & TIEN, S.-C., 2012. Augmented Reality Game System Design for Stroke Rehabilitation Application. *Fourth International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks*, 24-26 July, pp. 339 - 342.
- LIU, W., 2010. Natural user interface- next mainstream product user interface. *2010 IEEE 11th International Conference on Computer-Aided Industrial Design & Conceptual Design (CAIDCD)*, 17-19 Novembro, Volume 1, pp. 203-205.
- MACHADO, L. d., MORAES, R. M. & NUNES, F. d., 2011. Serious games baseados em realidade virtual para educação médica. *Rev. bras. educ. med. [online]*, pp. 254-262.
- MAKEHUMAN, t., 2001. *MakeHuman Open Source tool for making 3D characters*. [Online] Available at: <http://www.makehuman.org/> [Acesso em 6 abril 2014].
- MALFATTI, S. M., Coutinho, E. A. G. & Santos, S. R. d., 2011. Utilizando Realidade Virtual e Wiimote para a Criação de Jogos Voltados à Reabilitação. *SBC - Proceedings of X SBGames 2011*, 7-9 Novembro, pp. 1-9.

MARÇULA, M. & BENINI, F. P., 2008. *INFORMÁTICA Conceitos e Aplicações*. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: Érica.

MARTÍN, M. L. et al., 2011. Manual lymphatic drainage therapy in patients with breast cancer related lymphedema. *BMC Cancer*, Volume 11, pp. 1-6.

MATSUMURA, K. K. & SONNINO, R., 2011. *Fusion 4D - Interface Natural e Imersiva para manipulação de objetos 3D*. São Paulo: s.n.

MEDEIROS, A., CASTRO, R. H., SILVA, D. R. & TAVARES, T. A., 2012. Interação natural como apoio a atividade de telementoria em Telemedicina. *Revista Renote*.

MEDEIROS, C. A., 2012. *Interação Natural baseada em Gestos como Interface de Controle para Modelos Tridimensionais*. João Pessoa: Monografia.

MEHNERT, A. et al., 2012. Prevalence of mental disorders, psychosocial distress and need for psychosocial support in cancer patients – study protocol of an epidemiological multi-center study. *BMC Psychiatry*, Volume 2, pp. 1-9.

MEJDAHL, M. K. et al., 2013. Persistent pain and sensory disturbances after treatment for breast cancer: six year nationwide follow-up study. *BMJ*, Volume 11, pp. 1-14.

MENDES, I. S., 2013. *ESTUDO DA APLICABILIDADE CLÍNICA DA MANTA VIBRATÓRIA E DA REALIDADE VIRTUAL NAS COMPLICAÇÕES SECUNDÁRIAS AO CÂNCER DE MAMA*. São José dos Campos(SP): Universidade do Vale do Paraíba.

MICROSOFT1, 2011. *Kinect for Windows Features*. [Online] Available at: <http://www.microsoft.com/en-us/kinectforwindows/discover/features.aspx> [Acesso em 12 Outubro 2012].

MICROSOFT, 2012. *Windows User Experience Interaction Guidelines*. [Online] Available at: <http://www.microsoft.com/en-us/download/confirmation.aspx?id=2695> [Acesso em 05 Setembro 2012].

MICROSOFT2, 2012. *Kinect 360+ Kinect*. [Online] Available at: <http://www.xbox.com/pt-BR/Kinect/Home-new?xr=shellnav> [Acesso em 15 Novembro 2012].

MICROSOFT3, 2012. *Kinect for Windows Architecture*. [Online] Available at: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj131023.aspx> [Acesso em 15 Novembro 2012].

MOHAN, A. & PONNUSANKAR, S., 2013. Newer Therapies for the Treatment of Metastatic Breast Cancer: a Clinical Update. *Indian J. Pharm. Sci*, Volume 75, pp. 251-261.

MUTRIE, N. et al., 2012. Five-year follow-up of participants in a randomised controlled trial showing benefits from exercise for breast cancer survivors during adjuvant treatment. *Are. J. Cancer Surviv.*, Volume 6, pp. 420-30.

NASCIMENTO, T. H., 2013. *Uso de Interação Natural para Auxiliar a Execução de Posturas e Movimentos*. Jataí(GO): Universidade Federal de Goiás – Câmpus Jataí.

OLIVEIRA, F. H. M., 2013. *Uso de Interfaces Naturais na Modelagem de Objetos Virtuais*. Uberlândia(MG): Universidade Federal de Uberlândia.

PAIVA, D. M. F. d., Leite, I. C. G., Rodrigues, V. d. O. & Cesca, M. G., 2011. Fatores associados ao linfedema em pacientes com câncer de mama. *Rev. Bras. Ginecol. Obstet.*, Volume 33, pp. 75-80.

PAULO, J. V. d., LOPES, L. F. B., DIAS Jr., J. B. & DAMASCENO, E. F., 2011. Serious Game para o tratamento de torcicolo. *WIM –XI Workshop de Informática Médica*, 10-20 Julho.

PRIMO, A., 2007. *INTERAÇÃO MEDIADA POR COMPUTADOR: Comunicação, Cibercultura, Cognição*. Porto Alegre: Sulina.

REINKENSMEYER, D. J. et al., 2012. Major trends in mobility technology research and development: Overview of the results of the NSF-WTEC European study.. *J. Neuroeng. Rehabil.*, Volume 9, pp. 1-4.

ROCHA, R. V., Rocha, R. V., Campos, M. R. & Araujo, R. B., 2011. Sistema Integrado para Avaliação de Desempenho Humano em Simulações Interativas. *Anais do XXII SBIE - XVII WIE*, 21-25 novembro, pp. 436-45.

RODRICK, J. R. et al., 2013. Complementary, Alternative, and Other Noncomplete Decongestive Therapy Treatment Methods in the Management of Lymphedema: A Systematic Search and Review. *Am. J. Phys. Med. Rehabil.*, Volume x, pp. 1-25.

- SA, M. d. & CHURCHILL, E. F., 2012. *Mobile Augmented Reality: Exploring Design and Prototyping Techniques*. San Francisco, CA, USA., s.n.
- SHEN, Y., Ong, S. K. & Nee, A. Y. C., 2008. An augmented reality system for hand movement rehabilitation. *iCREATE '08 Proceedings of the 2nd International Convention on Rehabilitation Engineering & Assistive Technology*, pp. 189-192.
- SHORT, C. E. et al., 2012. Move more for life: the protocol for a randomized efficacy trial of a tailored-print physical activity intervention for post-treatment breast cancer survivors. *BMC Cancer*, May, Volume 12, pp. 1-10.
- SILVA, L. F., 2008. *Ambientes distribuídos em Realidade Virtual como suporte a Aprendizagem Cooperativa para resolução de problemas*. Uberlândia: UFU.
- SMOOT, B. et al., 2010. Upper extremity impairments in women with or without lymphedema following breast cancer treatment. *J. Cancer Surviv.*, Volume 4, p. 167–178.
- STELLAMN, A., 2011. *Use a Cabeça! C#*. Rio de Janeiro: Alta Books.
- STOUT, N. L. & al, e., 2012. A Prospective Surveillance Model for Rehabilitation for Women With Breast Cancer. *Cancer*, Volume 118, pp. 2191-200.
- Susi, T., s.d.
- TANENBAUM, A. S., 2010. *Sistemas Operacionais Modernos*. 3<sup>a</sup> ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil.
- TIEZZI, D. G., 2007. Cirurgia conservadora no câncer de mama. *Rev. Bras. Ginecol. Obstet.*, 29(8), pp. 428-34.
- TOKIN, C., Weiss, A., Wang-Rodriguez, J. & Blair, S. L., 2012. Oncologic Safety of Skin-Sparing and Nipple-Sparing Mastectomy: A Discussion and Review of the Literature. *Int. J. Surg. Oncol.*, Volume 2012, pp. 1-8.
- TORI, R., KIRNER, C. & SISCOUTTO, R., 2006. *Fundamentos e Tecnologia de Realidade Virtual e Aumentada*. Belém, PA, s.n.
- VALINOTE, S. P. A. et al., 2013. Alterações venosas e linfáticas em mulheres com linfedema após linfadenectomia axilar no tratamento do câncer de mama. *Rev. Bras. Ginecol. Obstet.*, Volume 35, pp. 171-7.

- VALLI, A., 2008. The Design of Natural Interaction. *Kluwer Academic Publishers*, pp. 295-305.
- van LONDEN, G. J. et al., 2013. Associations between adjuvant endocrine therapy and onset of physical and emotional concerns among breast cancer survivors.. *Support. Care Cancer*, Volume 21, pp. 1-9.