

Glauco Cardozo

**SISTEMA DE AVALIAÇÃO POSTURAL PARA SUPORTE NO
PROCESSO DE DECISÃO CLÍNICA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Elétrica com ênfase em Engenharia Biomédica.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Mendes de Azevedo.

Florianópolis
2012

Catálogo na fonte elaborada pela biblioteca da
Universidade Federal de Santa Catarina

Cardozo, Glauco

Sistema de Avaliação Postural para Suporte no Processo de Decisão Clínica [dissertação] / Glauco Cardozo ; orientador, Fernando Mendes de Azevedo - Florianópolis, SC, 2012.

133 p. ; 21cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.

Inclui referências

1. Engenharia Elétrica. 2. Avaliação Postural. 3. Inteligência Artificial. 4. Biofotogrametria. 5. Engenharia Biomédica. I. Azevedo, Fernando Mendes de. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. III. Título.

Glauco Cardozo

SISTEMA DE AVALIAÇÃO POSTURAL PARA SUPORTE NO PROCESSO DE DECISÃO CLÍNICA

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre”, e aprovada em sua forma final pelo Programa Pós Graduação em Engenharia Elétrica.

Florianópolis, 08 de Agosto de 2012.

Prof. Patrick Kuo Peng, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:

Prof. Fernando Mendes de Azevedo, Dr.
Orientador
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Jeferson Brum Marques, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Daniela Ota Suzuki, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Fernando Diefenthaler, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado aos meus colegas de classe e meus queridos pais.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família por todo apoio que recebi, permitindo assim a realização deste trabalho. Agradeço também à fisioterapeuta Máira Junkes Cunha pela colaboração, ao professor Fernando Mendes de Azevedo por acreditar neste projeto, assim como aos demais professores e colegas do IEB-UFSC que me ajudaram a realizar este trabalho.

“Muitos dos maiores fracassos da vida ocorreram com pessoas que não sabiam o quão perto estavam do sucesso quando desistiram.”

(Thomas Edison)

RESUMO

De acordo com a OMS (Organização Mundial da Saúde), aproximadamente 85% da população mundial tiveram, tem ou terão algum problema relacionado à coluna ao longo da vida. Destes, cerca de 90% será resolvido por meio de tratamento fisioterapêutico, sendo que para o sucesso do tratamento, um diagnóstico correto, assim com um acompanhamento adequado é de suma importância. Considerando que a maioria dos métodos atualmente utilizados pelos profissionais de saúde não adota uma estratégia de quantização adequada, observa-se certa subjetividade nos dados obtidos por meio da avaliação observacional. Da mesma forma, a falta de critérios com uma organização lógica dos parâmetros analisados dificulta a repetibilidade do procedimento, por vezes, comprometendo a definição do diagnóstico e a escolha do tratamento. Neste contexto, sistemas especialistas (SEs) podem ser considerados ferramentas úteis para o profissional de Saúde, pois oferecem a possibilidade de tratar a informação de forma lógica e sequencial, processando o conhecimento de maneira a auxiliar no diagnóstico, na tomada de decisão clínica e na evolução do paciente quanto à terapêutica. De maneira complementar, a utilização de ferramentas que envolvem a biofotogrametria computadorizada é capaz de proporcionar a extração de métricas mais fidedignas, a fim de alimentar tal sistema especialista, e assim, pode auxiliar o profissional da área da saúde na tomada de decisão e na padronização das avaliações. O sistema desenvolvido agrega ferramentas de biofotogrametria em conjunto com um sistema especialista. O sistema possibilita a utilização de várias bases de SE diferentes, de acordo com o tipo de avaliação que estiver sendo feita. Como método de validação das ferramentas de biofotogrametria, comparou-se as medidas feitas com o sistema desenvolvido com as mesmas medidas feitas com um sistema (PAS/SAPO) já validado e utilizado por profissionais da área. Além de auxiliar o fisioterapeuta no seu diagnóstico e na escolha do melhor tratamento, a integração destes recursos visa proporcionar maior confiança ao paciente, possibilitando melhor visualização da evolução do seu tratamento, por meio de dados quantitativos.

Palavras-chave: Avaliação Postural, Inteligência Artificial, Sistema Especialista, Biofotogrametria computadorizada.

ABSTRACT

According to WHO (World Health Organization), approximately 85% of the population had, has or will have any problem related to the spine throughout life. From these, approximately 90% will be cured by physiotherapy, considering a correct diagnosis with appropriate monitoring for the treatment success. Considering that the most of methods currently used by health professionals do not adopt an appropriate quantization strategy, there is some subjectivity in the data obtained through observational assessment. Likewise, the lack of criteria with a logical organization of the analyzed parameters complicates the repeatability of the procedure, sometimes compromising the diagnosis definition and treatment choice. In this context, Expert Systems (SEs) can be a useful tool for the professional health, because they offer the possibility to process information in a logical and sequential way, processing knowledge in order to assist in diagnosis, clinical decision making, prognosis and in the patient evolution related to treatment. In a complementary way, the use of tools involving computerized biophotogrammetry is able to provide reliable extraction of metrics in order to feed such an expert system, and thus can assist the health professional on the decision-making and standardizing of evaluations. Thus, this paper describes the development of a postural assessment system for the diagnosis, which uses computerized biophotogrammetry tools and expert systems. This method has been quite promising, assisting health professionals on the decision-making and standardizing of evaluations. The system developed combines photogrammetry tools and an expert system. The system allows the use of different bases of different SE's, according to the type of the assessment that is being made. The validation process of the tools was made by the comparison with other photogrammetry system that was developed with the same measures, the PAS (Photogrammetry Assessment System), which has already been validated and it is used by professionals. In addition to assisting the physiotherapist in diagnosis and in choosing the best treatment, the integration of these resources is intended to provide greater confidence to the patient, allowing better visualization of the evolution of its treatment by means of quantitative data.

Keywords: Postural Assessment, Artificial Intelligence, Expert System, Computerized biophotogrammetry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Pontos anatômicos nas diversas vistas de um paciente. Estes pontos são posicionados no corpo do paciente antes da aquisição das imagens, e servem para auxiliar o avaliador durante a extração de métricas.	32
Figura 2.2 – Simetrógrafo. Aparelho utilizado pelo avaliador como referência na observação de assimetrias.	34
Figura 2.3 – Exemplos de imagens digitais. Em (a), imagem de 300x300 pixels, com 72 dpi e 256 tons de cinza. Em (b), imagem com apenas 4 níveis de cinza. Em (c), imagem com resolução de 30x30 pixels.	38
Figura 2.4 – Modelo de cor RGB representado por um cubo tridimensional.	40
Figura 2.5 – Sensor CCD utilizado na aquisição e digitalização de imagens.	42
Figura 2.6 – Estrutura de um Sistema Especialista, sendo esta composta basicamente por uma memória de trabalho, uma base de regras e uma máquina de inferência.	46
Figura 2.7 – Estrutura do sistema Intellec System. Este é composto pelo sistema principal e por duas DLLs, sendo uma responsável pelas telas de interação com o usuário e outra referente à máquina de inferência.	51
Figura 2.8 – Interface do sistema Intellec System com as janelas de lista de variáveis, lista de regras e lista de perguntas.	52
Figura 2.9 – Janela de perguntas ao usuário. Nesta janela são cadastradas as perguntas que serão feitas ao usuário durante a execução do sistema especialista.	53
Figura 2.10 – Janela com árvore de decisão. Nesta janela é apresentado os caminhos tomados pela máquina de inferência durante a execução do SE.	54
Figura 3.1 – Processo de avaliação postural. O processo engloba a aquisição das imagens do paciente, o processamento e o armazenamento destas imagens.	57
Figura 3.2 - Diagrama de Caso de Uso representando o Sistema de Avaliação Postural. De acordo com este diagrama, um usuário do sistema pode cadastrar um avaliador, assim como um paciente. Ele pode também criar uma avaliação referente ao paciente cadastrado e efetuar um processamento e armazenar esta avaliação.	61

Figura 3.3 – Diagrama de Caso de Uso representando o processo de uma avaliação no sistema. Neste diagrama é detalhado o processo de avaliação. De acordo com ele o avaliador pode fazer a aquisição de imagens, efetuar um calibração sobre as mesma, fazer a extração de métricas, assim como executar uma base de sistema especialista e armazenar dados oriundos da anamnese.	62
Figura 3.4 – Estrutura de dados do sistema. O sistema representa um prontuário composto pelos dados do paciente e por suas avaliações. Cada avaliação possui um avaliador, uma base de sistema especialista, os dados e as imagens do paciente. Já as imagens do paciente são compostas pelos dados descritivos e por de medidas realizadas sobre as mesmas.....	63
Figura 3.5 - Diagrama de Classes da estrutura geral do Sistema. Este diagrama apresenta as classes do sistema computacional assim como a interação existente entre as mesmas.....	65
Figura 3.6 - Interação entre o Sistema Especialista e o Sistema de Avaliação Postural.	67
Figura 3.7 - Diagrama de Classes com estrutura hierárquica dos objetos de desenho.....	70
Figura 3.8 - Interface do Sistema de Avaliação Postural (Physio Easy), composto por ferramentas de biofogrametria, e um sistema especialista.	78
Figura 3.9 - Barra de ferramentas gerais e cadastro de paciente. Na barra de ferramentas tem-se a opção de abrir, salvar ou criar um novo prontuário. Já no cadastro de paciente é possível armazenar as informações básicas referentes ao mesmo.	79
Figura 3.10 – Lista de avaliações do sistema. Cada paciente pode ter N avaliações.....	80
Figura 3.11: Avaliação aberta na área principal. Nesta janela são exibidas as informações da avaliação como dada e avaliador responsável, os dados físicos do paciente, o resultado do sistema especialista assim como as informações referentes à anamnese.	81
Figura 3.12 - Formulário com os dados físicos do paciente.....	81
Figura 3.13 - Sistema especialista, com as respostas e os índices de certeza.	82
Figura 3.14 - Janela de perguntas do Sistema Especialista.	82
Figura 3.15: Janela com informação sobre o Sistema Especialista.	83

Figura 3.16 - Formulário de avaliação funcional.	84
Figura 3.17 - Lista de Imagens referentes a uma avaliação.....	84
Figura 3.18 - Ferramentas de biofotogrametria.	85
Figura 3.19 - Janela de Zoom Auxiliar.....	87
Figura 3.20 – Propriedades de uma imagem.	88
Figura 3.21 – Calibração das de medidas de uma imagem.....	89
Figura 3.22 - Janela de configurações padrão do sistema.	91
Figura 4.1 - Quadro com imagens para validação. Foram utilizadas imagens com medidas conhecidas para a validação linear e angular. ...	93
Figura 4.2 - Configuração do sistema de aquisição de imagens para validação. A distância entre o quadro e o centro da lente, assim como entre está última e o chão, foram pré definidas e ajustadas.	94
Figura 4.3 - Realização de medidas durante o processo de validação. ...	95
Figura 4.4 - Medidas realizadas durante os testes funcionais. Foram utilizadas medidas lineares e angulares, sendo para cada caso utilizada uma medida maior e outra menor.	97
Figura 5.1 – Sistema de avaliação postural - Physio Easy.	99
Figura 5.2 – Método de <i>Bland-Altman</i> para as quatro medidas realizadas.....	103
Figura 5.3 – Página principal do site para divulgação do sistema Physio Easy.	107
Figura 5.4 – Questionário on-line.....	108

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Estrutura principal do arquivo de armazenamento de dados, contendo uma tag para paciente e outra para o grupo de avaliações.	72
Quadro 3.2 - Estrutura para armazenamento dos dados de uma paciente, contendo as tag referentes às informações do mesmo.	73
Quadro 3.3 - Estrutura para armazenamento dos dados de uma avaliação, contendo as tag referentes às informações da mesma, como a base do sistema especialista assim como o grupo de imagens.	73
Quadro 3.4 - Estrutura para armazenamento dos dados de um avaliador, contendo as tag referentes às informações do mesmo.	74
Quadro 3.5 - Estrutura para armazenamento dos dados referentes à avaliação de um paciente.	74
Quadro 3.6 - Estrutura para armazenamento dos dados referentes à imagem de um paciente, assim como os objetos contidos na mesma.	75
Quadro 3.7 - Estrutura para armazenamento de um objeto de medida linear e suas características.	75
Quadro 3.8 - Estrutura para armazenamento de um objeto de linha base vertical e suas características.	76
Quadro 3.9 - Estrutura para armazenamento de um objeto de linha base horizontal e suas características.	76
Quadro 3.10 - Estrutura para armazenamento de um objeto de medida angular e suas características.	76





















LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 – Resultado das medidas lineares realizadas pelos diferentes voluntários durante os testes métricos. Cada voluntário realizou 10 medidas de mesma dimensão em áreas distintas da imagem.	101
Tabela 5.2 – Medidas angulares realizadas pelos 5 diferentes voluntários sobre um ângulo fixo de 15° distribuído em 5 diferentes posições da imagem.	102
Tabela 5.3 – Medidas resultantes do teste métrico, referente ao erro de paralaxe.	102
Tabela 5.4 – Valores das medidas lineares e angulares, referentes a ambos os sistemas, coletados pelo avaliador 1.	104
Tabela 5.5 - Valores das medidas lineares e angulares, referentes a ambos os sistemas, coletados pelo avaliador 2.	105
Tabela 5.6 - Valores das medidas lineares e angulares, referentes a ambos os sistemas, coletados pelo avaliador 3.	106
Tabela 5.7 – Valores de correlação entre as medidas realizadas sobre dois sistemas avaliados.	106


LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SE - Sistema Especialista
OMS - Organização Mundial da Saúde
INSS - Instituto Nacional de Seguro Social
SAPO – Sistema de Avaliação Postural
DPI – *Dots Per Inches*
CIE - *Comission Internationale de l'Eclairage*
RGB – (*Red, Green, Blue*)
YIQ - (Luminância, em-fase, quadratura)
HSI - (Matiz, Saturação, Intensidade).
OpenGL - *Open Grafic Library*
OpenCV - *Open Source Computer Vision Library*
API - *Application Programming Interface*
GUI - *Graphic User Interface*
CCD - *Charge-Coupled Device*
VGA - *Video Graphics Array*
SUPER VGA - *Super Video Graphics Array*
JPEG - *Joint Photographic Experts Group*
IA - Inteligência Artificial
MC - Medida Crença
MD - Medida de Descrença
H - Hipótese
E - Evidência
FC - Fator de Certeza
P - Probabilidade
IEB-UFSC - Instituto de Engenharia biomédica – Universidade Federal de Santa Catarina
DLLs - *Dynamic-link library*
IDE - *Integrated Development Environment*
UML - *Unified Modeling Language*
XML - *eXtensible Markup Language*
W3C - *World Wide Web Consortium*
SVG - *Scalable Vector Graphics*
IMC - Índice de Massa Corporal
A1 - Ângulo formado entre os acrômios e plano horizontal
L1 - Distância entre os pontos mediais da patela direita e esquerda
A2 - Ângulo de alinhamento da cabeça
L2 - Distância entre o acrômio direito e o maléolo lateral direito


LISTA DE SÍMBOLOS

-  Novo Prontuário
-  Abrir
-  Salvar
-  Salvar Como
-  Nova Avaliação
-  Excluir
-  Editar
-  Rodar
-  Confirmar
-  Nova Imagem
-  Capturar Imagem
-  Seleção
-  Medida Linear
-  Medida Angular
-  Linha Base Vertical
-  Linha Base Horizontal
-  Linha Guia
-  Tons de Cinza
-  Zoom Mais
-  Zoom Menos

 Zoom 100%

 Zoom Auxiliar

 Propriedades

 Visualizar


 Não Visualizar

 Bloquear

 Espessura

 Cor

 Calibração

 Avaliador Padrão

 Avaliadores

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	27
1.1 OBJETIVOS	28
1.1.1 Objetivo Geral.....	28
1.1.2 Objetivos Específicos	28
1.2 MOTIVAÇÃO	28
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	30
2.1 AVALIAÇÃO POSTURAL	30
2.1.1 Problemas Posturais	30
2.1.2 Avaliação Observacional	31
2.1.3 Deficiências nos Métodos Atuais.....	34
2.2 BIOFOTOGRAMETRIA	35
2.2.1 Imagem	36
2.2.2 Pixel.....	37
2.2.3 Cores	39
2.2.4 Processamento de Imagem e OpenCV	41
2.2.5 Aquisição e Armazenamento.....	42
2.2.6 Extração de Métricas.....	43
2.3 SISTEMA ESPECIALISTA	44
2.3.1 Estrutura	45
2.3.2 Construção de um Sistema Especialista.....	47
2.3.3 Tratamento de Incerteza	48
2.3.4 Shell para Sistema Especialista.....	50
2.3.5 Intellect System	50
2.3.6 Sistemas Especialistas na Saúde	54
3. MATERIAIS E MÉTODOS	56
3.1 SISTEMA	56
3.2 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE.....	58
3.2.1 Projeto.....	58
3.2.2 Aspectos Gerais.....	62

3.2.3 Avaliação	66
3.2.4 Armazenamento	70
3.3.1 Prontuário	78
3.3.2 Avaliações	80
3.3.3 Imagens.....	84
3.3.4 Configurações.....	90
4. VALIDAÇÕES	92
4.1 TESTES MÉTRICOS.....	92
4.2 VALIDAÇÕES FUNCIONAIS.....	96
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	99
5.1 PHYSIO EASY	99
5.2 VALIDAÇÕES.....	101
5.3 EXTENSÃO	107
6. CONCLUSÃO	109
6.1 SUGESTÕES FUTURAS	110
REFERÊNCIAS	111
APÊNDICE A – Diagrama de Classe do Sistema.....	116
APÊNDICE B – Questionário de avaliação funcional.....	117
APÊNDICE C – Arquivo “.sap” referente a um prontuário.....	119
APÊNDICE D – Termo de Consentimento e Esclarecimento.	123
APÊNDICE E – Questionário de Avaliação baseado no QUIS.	125

1 INTRODUÇÃO

A postura de uma pessoa pode ser definida pela posição de todos os segmentos corporais observados em um determinado momento (PENHA *et al.*, 2008). Diante de uma análise postural. Uma postura adequada ocorre quando o corpo é mantido em equilíbrio com o mínimo de gasto de energia possível (SHUMWAY-COOK *et al.*, 2001; PENHA *et al.*, 2008).

A postura correta representa um hábito que contribui para o bem-estar do indivíduo (KENDALL, 2007), pois ela determina a quantidade e a distribuição do esforço sobre os vários ossos, músculos, tendões, ligamentos e discos, e caracteriza-se por um aspecto essencial: o alinhamento correto da coluna vertebral (MOFFAT *et al.*, 2002).

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), cerca de 85% da pessoas no mundo tiveram, tem ou terão algum tipo de problema relacionado à coluna ao longo de suas vidas. Dentre todos estes casos, aproximadamente 90% serão resolvidos por meio de tratamento com fisioterapeuta. Isto demonstra a grande necessidade de um diagnóstico correto assim como um acompanhamento adequado ao longo do tratamento.

Da mesma forma, dados do INSS (Instituto Nacional de Seguro Social), demonstram que problemas relacionados à coluna, são hoje um dos maiores fatores por afastamento do trabalho no Brasil.

Desta forma, cada vez mais o profissional de fisioterapia é requisitado a tratar este tipo de problema. Sendo que para o sucesso do tratamento, um diagnóstico correto, assim com um acompanhamento adequado é suma importância.

Contudo a avaliação puramente observacional não permite verificar pequenas alterações, dando margem a erros e variações entre examinadores. Desta forma a utilização da fotogrametria pode facilitar a quantificação das variáveis morfológicas relacionadas à postura, trazendo dados mais confiáveis. Fato este, torna-se importante para a credibilidade da fisioterapia clínica. (IUNES, 2005).

Um bom diagnóstico fisioterapêutico depende da utilização de técnica de exames criteriosos, com uma organização lógica do conhecimento que, a partir do saber geral, é possível especificar o que deve ser mensurado no caso em questão (VIEL, 2001). Assim, é extremamente importante estabelecer um método seqüencial a fim de garantir que nada passe despercebido (GROSS, 2000).

Neste contexto, sistemas especialistas (SEs) podem ser considerados ferramentas úteis para o profissional de Saúde, pois

oferecem a possibilidade de tratar a informação de forma lógica e seqüencial, processando conhecimento de maneira a auxiliar no diagnóstico, na tomada de decisão clínica, no prognóstico e na evolução do paciente quanto à terapêutica. Tais sistemas são compostos por regras pré-estabelecidas, sendo capaz de computá-las de acordo com a informação de entrada, tendo assim como objetivo o papel de reproduzir o conhecimento do especialista humano.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um sistema com a finalidade de auxiliar os profissionais da saúde no diagnóstico de problemas posturais, diminuindo a subjetividade da avaliação puramente observacional, auxiliando-os na tomada de decisão clínica.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Implementar um software composto por ferramentas de biofotogrametria e um sistema especialista;
- O sistema também fará o armazenamento das informações de cada paciente, a fim de proporcionar o acompanhamento do quadro clínico durante todo o tratamento;
- Promover um programa de extensão a fim de divulgar o sistema desenvolvido, permitindo aos profissionais da saúde o acesso ao mesmo.

1.2 MOTIVAÇÃO

Em pesquisa realizada com fisioterapeutas, constatou-se certa carência na obtenção de métricas confiáveis que relate o estado do paciente. Constatou-se também, a necessidade de padronização de tais medidas, que por vezes se apresentam de forma subjetiva. Além disso, é de suma importância que se possa realizar um acompanhamento da evolução do tratamento, podendo assim constatar a melhora do paciente.

Atualmente existem sistemas compostos por ferramentas de auxílio ao profissional de saúde. No entanto, estes sistemas são voltados ao uso em laboratório, sendo o seu manuseio relativamente complexo e um pouco demorado para o uso clínico.

Desta forma, a necessidade de um sistema simples e rápido que auxilie os fisioterapeutas durante a consulta e tratamento dos seus pacientes apresenta-se como uma ferramenta que venha a proporcionar uma melhor qualidade e rapidez no atendimento. Além de fornecer ao paciente uma maior confiabilidade e satisfação em relação ao diagnóstico e evolução do tratamento.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 AVALIAÇÃO POSTURAL

A postura pode ser descrita como disposição relativa do corpo em determinado momento. Esta, por sua vez, é um composto de posições das diferentes articulações do corpo naquele momento. Sendo que cada articulação pode ter um efeito sobre a outra (MAGEE, 2002).

Classicamente, o alinhamento postural ideal é definido, a partir de uma vista lateral, como uma linha reta na vertical, que passa pelo lobo da orelha, dos corpos das vértebras cervicais, da ponta do ombro, na linha média do tórax, através dos corpos das vértebras lombares, ligeiramente posterior à articulação do quadril, discretamente anterior ao eixo da articulação do joelho e imediatamente ao maléolo lateral (KISNER, 1985).

Em um alinhamento postural ideal, espera-se que toda a estrutura corpórea, com seus músculos e articulações, encontre-se em equilíbrio, tendo o mínimo de esforço e sobrecarga, proporcionando assim uma ótima eficiência do aparelho locomotor (KENDALL, 2007). Por tanto, qualquer posição que aumente o estresse sobre as articulações, pode ser vista como uma postura inadequada (MAGEE, 2002).

Apesar de haver um consenso em relação à boa postura e suas implicações, a postura corporal é um fenômeno complexo e de difícil mensuração. No entanto, há várias décadas, a avaliação da postura corporal na posição ortostática, tem sido amplamente utilizada como um instrumento de diagnóstico, planejamento e acompanhamento do tratamento fisioterapêutico (IUNES, 2005).

2.1.1 Problemas Posturais

Várias características anatômicas podem afetar uma postura correta. Estes fatos podem causar problemas adicionais quando combinados com condições patológicas ou congênitas. Tais patologias podem ser conseqüência do efeito cumulativo de pequenos estresses repetidos durante longo período de tempo, ou de estresses anormais durante um tempo menor (MAGEE, 2002).

O problema postural mais comum é o mau hábito postural, onde, por alguma razão, o indivíduo não mantém uma boa postura. Este tipo de situação é observado em indivíduos que permanecem em pé ou

sentado por longos períodos de tempo. Dentre as causas da má postura pode-se citar principalmente o desequilíbrio muscular e a contratura muscular. Outras causas como a dor, fraqueza geral e excesso de peso, também podem ser responsáveis pela má postura do indivíduo (MAGEE, 2002).

A maioria dos defeitos posturais não-estruturais é relativamente fácil de ser corrigido após o problema ser identificado. Já as alterações estruturais, causadas por fatores congênitos, quase sempre exigem uma intervenção cirúrgica (MAGEE, 2002).

Entre as deformidades relacionadas à coluna vertebral, vamos encontrar a Lordose, a Cifose e Escoliose.

A lordose é uma curvatura anterior excessiva da coluna vertebral. Patologicamente trata-se de um exagero das curvas normais da coluna cervical e lombar. As causas de aumento da lordose incluem: deformidade postural, frouxidão muscular, problemas congênitos, etc (MAGEE, 2002).

A cifose é uma curvatura posterior exagerada da coluna vertebral. Do ponto de vista patológico, trata-se de um exagero da curva normal observada na coluna torácica. Várias causas podem gerar cifose, entre elas estão: a tuberculose, fraturas por compressão vertebral, compensação juntamente com lordose, tumores, doenças congênitas, etc (MAGEE, 2002).

A escoliose é uma curvatura lateral da coluna vertebral. Este tipo de deformidade é geralmente o tipo mais visível, especialmente em suas formas mais graves, podendo ser do tipo estrutural e não-estrutural. A escoliose não-estrutural pode ser causada por problemas posturais, histeria, irritação de raízes nervosas, inflamação, etc (MAGEE, 2002).

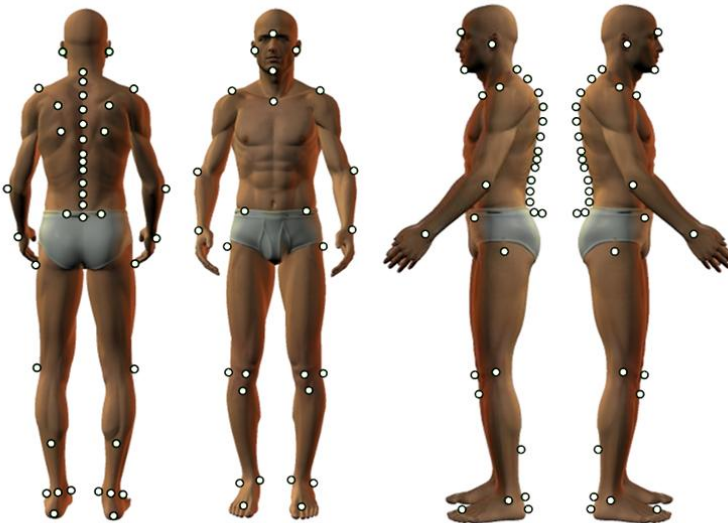
2.1.2 Avaliação Observacional

Para efetuar adequadamente uma avaliação postural, o paciente deve estar com o mínimo de roupa possível, afim de que estas não interfiram na avaliação. O paciente também deve ser examinado na postura relaxada adotada habitualmente. Estas avaliações devem ser com o paciente na posição em pé, sentada e deitada. Sendo a posição em pé a mais adotada. Ao observar um paciente em relação a alterações posturais, o examinador investiga a presença de alguma assimetria como possível indicação do que pode estar causando o defeito postural (MAGEE, 2002).

Na posição em pé o avaliador, irá examinar a vista anterior, a posterior e as laterais. Em todas as posições analisadas o avaliador tomará como referência a linha vertical da gravidade (assim como um pêndulo). Todos os seguimentos que, de acordo com os critérios do avaliador, não estiverem compatíveis com este eixo perpendicular ao solo, podem ser considerados em desequilíbrio (BIENFAIT, 1993).

Durante a observação, o avaliador se baseia em um conjunto de pontos anatômicos (Figura 2.1), a fim de encontrar algum desvio na estrutura corpórea do paciente. A quantidade de pontos analisada pode variar de acordo com o que cada profissional busca avaliar. Assim fica sobre seu critério a necessidade ou não de levar em consideração um determinado ponto.

Figura 2.1 – Pontos anatômicos nas diversas vistas de um paciente. Estes pontos são posicionados no corpo do paciente antes da aquisição das imagens, e servem para auxiliar o avaliador durante a extração de métricas.



Fonte: Adaptado dos arquivos do sistema SAPO.

- **Vista Anterior:** Na vista anterior o avaliador irá buscar características como se: a cabeça encontra-se bem posicionada sobre os ombros; a linha da porção superior do trapézio é igual em ambos os lados; os ombros encontram-se nivelados; as clavículas

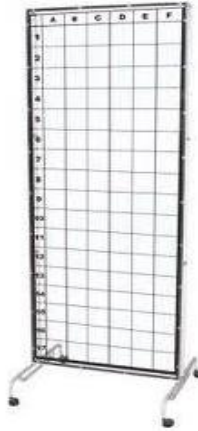
encontram-se niveladas e são iguais; o ângulo de correção em cada cotovelo é igual; os joelhos são retos; as cabeças das fíbulas encontram-se niveladas; os pés apresentam uma angulação lateral igual; entre outras características (MAGEE, 2002).

- **Vista Posterior:** Ao observar o paciente por trás, o avaliador busca analisar as seguintes condições se: os ombros encontram-se nivelados e a cabeça encontra-se na linha média; as espinhas e os ângulos inferiores das escápulas encontram-se nivelados; a coluna vertebral esta reta ou possui curvaturas; os ângulos da cintura encontram-se nivelados; as espinhas ilíacas póstero superiores encontram-se niveladas; as articulações dos joelhos encontram-se niveladas; além de outras características (MAGEE, 2002).
- **Vistas Laterais:** Observando o paciente de lado, o avaliador procura verificar se: o lóbulo da orelha está alinhado à ponta do ombro e o “ponto alto” da crista ilíaca (Esta linha de referência divide o corpo em duas metades, anterior e posterior); cada segmento da coluna vertebral apresenta uma curva normal; o ângulo pélvico é normal; os joelhos estão discretamente flexionados; assim como outras condições identificadas através desta vista (MAGEE, 2002).

Para um maior auxílio na análise observacional, alguns profissionais adotam o uso de grids (ou linhas guias), a fim de melhorar a percepção das linhas simétricas de referência. Um dos aparelhos mais usados neste tipo de avaliação é o Simetógrafo. Com ele o avaliador busca observar desvios posturais, analisando assimetrias no corpo do paciente.

O uso do aparelho se faz através do posicionamento do paciente atrás do simetógrafo de acrílico transparente ou à frente das linhas de referência analisadas pelo avaliador.

Figura 2.2 – Simetrógrafo. Aparelho utilizado pelo avaliador como referência na observação de assimetrias.



2.1.3 Deficiências nos Métodos Atuais

A metodologia adotada atualmente na realização da avaliação postural pode variar em muitos aspectos. Por exemplo, em pesquisas envolvendo um grande número de pacientes, não se aplica a análise de postura visando obter precisamente todos os resultados que ela pode fornecer. Nos casos em que uma grande quantidade de análises é feita em um mesmo dia, o profissional avaliador tende a desgastar-se com o tempo, prejudicando a qualidade das análises de um modo geral. Em tratando-se do sistema ocular humano, pode-se dizer que quando certo grau de precisão é exigido por longos períodos, a fadiga é inevitável, o que pode levar a erros (ESTIGONE, 2006).

Outra forma de imprecisão que costuma influenciar diretamente no processo de avaliação postural diz respeito à ausência de quantificação nos desvios encontrados. Mesmo em análises mais detalhadas, muitos profissionais costumam classificar os desvios de forma genérica. Por exemplo, um ombro pode estar deslocado "um pouco" acima do outro, ou a cabeça "muito inclinada" à frente. Esta opção compromete a precisão da análise de forma significativa, e praticamente impossibilita futuras comparações entre análises futuras com o mesmo paciente (ESTIGONE, 2006).

Vários estudos (Fedorak *et al*, 2003; Iunes *et al*, 2005; Iunes *et al*, 2009; Glaner *et al*, 2012) mostram que a avaliação postural realizada por meio da inspeção visual, na maioria das vezes é subjetiva e não confiável, pois depende exclusivamente da habilidade e experiência do avaliador, especialmente quando se compara diferentes avaliadores. Nestes estudos é possível observar maior concordância entre diferentes avaliadores que realizaram a avaliação postural pela fotogrametria do que entre diferentes avaliadores que realizaram a avaliação postural por meio da observação visual.

Para a obtenção de um diagnóstico fisioterapêutico mais preciso faz-se necessária a utilização de técnicas adequadas e exames criteriosos, com uma organização lógica do conhecimento que, a partir do saber geral, é possível observar o que deve ser mensurado no caso em questão (VIEL *et al*, 2001). Desta forma, é extremamente importante estabelecer um método seqüencial a fim de garantir que nada passe despercebido (GROSS *et al*, 2009).

Neste contexto, sistemas especialistas podem ser considerados ferramentas úteis para o profissional de Fisioterapia, pois oferecem a possibilidade de tratar a informação de forma lógica e seqüencial, processando conhecimento de maneira a auxiliar no diagnóstico, na tomada de decisão clínica, no prognóstico e na evolução do paciente quanto à terapêutica.

Sistemas especialistas (SE) são programas que têm como objetivo simular o raciocínio de um profissional “expert” em alguma área de conhecimento bem específica.

2.2 BIOFOTOGRAMETRIA

De acordo com a *American Society of Photogrammetry*, fotogrametria é “a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informação confiável sobre objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética radiante e outras fontes”.

A fotogrametria na área médica, também denominada bioestereometria, tem a finalidade de obter medidas da forma e das dimensões dos corpos ou de parte deles. (Tommaselli, 1999). Esse é um recurso acessível à maioria dos fisioterapeutas que já utilizam a fotografia e possuem equipamentos básicos, como uma câmera digital e um computador, permitindo realizar a avaliação postural e quantificar as alterações encontradas (Iunes, 2005).

A avaliação postural por intermédio da imagem fotográfica tem sido utilizada por muitos pesquisadores, embora alguns ainda se utilizem desse recurso apenas como uma forma de documentação e avaliação qualitativa, ou seja, apenas para detectar e registrar a presença de assimetrias, sem o uso de uma ferramenta para quantificar tais desvios. Dessa forma, com o grande desenvolvimento da informática, tem sido estudada a utilização de fotos obtidas analógica ou digitalmente para avaliação postural quantitativa.

“A fisioterapia tem que criar - e está criando - seus próprios recursos diagnósticos e terapêuticos. A biofotogrametria fala muito mais a língua da Fisioterapia do que uma radiografia e dá mais flexibilidade de opções de tratamento por parte do fisioterapeuta do que qualquer outro exame convencional” (BARAÚNA et.al, 2006).

Com a biofotogrametria computadorizada é possível fazer um diagnóstico rápido, preciso e confiável baseado em imagem estática como a fotografia, ou através de imagem dinâmica como a filmagem de um movimento (PITA *et al*, 2007).

2.2.1 Imagem

O termo Imagem se refere a uma intensidade luminosa, representada por $f(x, y)$, onde o valor de amplitude f nas coordenadas espaciais (x, y) dá a intensidade (brilho) da imagem naquele ponto (GONZALEZ, 2000).

As imagens que as pessoas observam nas atividades corriqueiras consistem de luz refletida dos objetos. A natureza de $f(x, y)$ pode ser caracterizada pela quantidade de luz incidida na cena, e pela quantidade de luz refletida pelo objeto observado na cena (GONZALEZ, 2000).

Para ser adequada ao processamento computacional, uma função $f(x, y)$ precisa ser digitalizada, tanto espacialmente como em amplitude. A digitalização das coordenadas espaciais (x, y) é denominada amostragem da imagem e a digitalização é chamada quantização em níveis de cinza. Uma imagem digital pode ser considerada como sendo uma matriz cujos índices de linhas e de colunas identificam um ponto na imagem, e o correspondente valor do elemento da matriz identifica o nível de cinza naquele ponto. Os elementos dessa imagem são chamados de elementos da imagem ou pixel. (GONZALEZ, 2000).

Suponha que uma imagem contínua $f(x, y)$ é aproximada por amostras igualmente espaçadas, organizadas na forma de uma matriz N

x M como mostrado na Equação 2.1 em que cada elemento é uma quantidade discreta.

$$f(x, y) \approx \begin{pmatrix} f(0, 0) & f(0, 1) & \dots & f(0, M-1) \\ f(1, 0) & f(1, 1) & \dots & f(1, M-1) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ f(N-1, 0) & f(N-1, 1) & \dots & f(N-1, M-1) \end{pmatrix} \quad \text{Eq. 2.1}$$

O lado direito da Equação 2.1 representa o que é normalmente denominado uma imagem digital, onde cada elemento da matriz representa um pixel.

2.2.2 Pixel

O termo pixel faz referência ao nome em inglês *picture element*, ou no português, elemento de figura. Ele é usado para denominar a menor parte que compõe uma imagem.

Sendo a Equação 2.1 uma aproximação de uma imagem contínua. A resolução, ou seja, o grau de detalhamento discerníveis em uma imagem vai depender principalmente do número de amostras e da quantidade de níveis de cinza que é usado para representar cada elemento. Quanto maior for o valor destes dois parâmetros, maior será a imagem original aproximada pela matriz digitalizada (GONZALEZ, 2000).

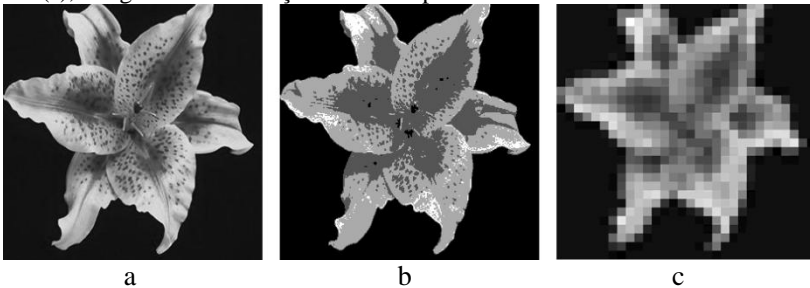
É difícil definir o que seria uma boa imagem, porque a qualidade de uma imagem, além de ser subjetiva, também vai depender dos requisitos de cada aplicação.

Tendo como exemplo, a imagem da Figura 2.3a possui dimensão de 300 pixels na horizontal e 300 pixels na vertical. Como a imagem possui uma resolução de 72 dpi (pixels por polegada do inglês *dots per inches*), ela teria que ser representada em um retângulo de com dimensões verticais e horizontais de 4,16 polegadas. A imagem também foi quantizada com oito bits, tendo assim, uma quantidade de 256 níveis de tons de cinza.

Se diminuirmos o número de bits usados na quantização de cada pixel, teremos uma diminuição no número de níveis de cinza usados para representar estes pixels. A imagem da Figura 2.3b foi amostrada com apenas 2 bits de quantização, tendo assim apenas 4 níveis de tons

de cinza. O efeito causado pelo uso de um número insuficiente de níveis de cinza em uma imagem é denominado de falso contorno (GONZALEZ, 2000).

Figura 2.3 – Exemplos de imagens digitais. Em (a), imagem de 300x300 pixels, com 72 dpi e 256 tons de cinza. Em (b), imagem com apenas 4 níveis de cinza. Em (c), imagem com resolução de 30x30 pixels.



Se reduzirmos a resolução espacial da imagem da figura 2.3a para 30 pixels na vertical e 30 pixels na horizontal, mas mantendo a área de exibição, teremos uma resolução de aproximadamente 7,2 dpi. Como número de pixels para preencher toda a área não é suficiente, estes tiveram que ser duplicados, o que causou um efeito de xadrez, como é o caso da imagem na Figura 2.3c (GONZALEZ, 2000). Isto ocorre mesmo que seja mantido o número de quantização com 256 níveis de cinza.

Um pixel p nas coordenadas (x, y) possui quatro vizinhos horizontais e verticais, cujas coordenadas são dadas por:

$$(x+1, 0), (x-1, 0), (x, y+1), (x, y-1).$$

Esse conjunto de pixels, chamado vizinhança-de-4 de p , é representado por $N4(p)$. Cada pixel está à uma unidade de distância de (x, y) , sendo que alguns dos vizinhos de p ficarão fora da imagem digital se (x, y) estiver na borda da imagem.

Os quatro vizinhos diagonais de p possuem como coordenadas:

$$(x+1, y+1), (x+1, y-1), (x-1, y+1), (x-1, y-1).$$

E são denotados por $ND(p)$. Esses pontos juntos com a vizinhança-de-4 são chamados de vizinhança-de-8 de p , representada por $N8(p)$. Como antes, alguns dos pontos de $ND(p)$ e $N8(p)$ cairão fora

da imagem quando (x, y) se encontrar na borda da imagem (GONZALEZ, 2000).

2.2.3 Cores

Embora o processo seguido pelo cérebro humano na recepção de cores seja um fenômeno fisiopsicológico que ainda não é completamente compreendido, a natureza física das cores pode ser expressa numa base formal suportada por resultados experimentais e teóricos.

Devido à estrutura do olho humano, todas as cores são vistas como a combinação de três cores básicas: Vermelho (R, do inglês *Red*), Verde (G, do inglês *Green*) e Azul (B, do inglês *Blue*). Para o propósito de padronização, a Comissão Internacional sobre Iluminação (CIE – *Comission Internacionale de l'Eclairage*) designou em 1931 os seguintes valores de comprimentos de onda específicos para as três cores primárias (GONZALEZ, 2000):

- Azul = 435,8 nm;
- Verde = 546,1 nm;
- Vermelho = 700 nm.

As características normalmente usadas para distinguir uma cor da outra são: Brilho, Matiz e Saturação. O brilho incorpora a noção cromática da intensidade. Matiz é um atributo associado com o comprimento de onda dominante em uma mistura de ondas de luz. Assim, o matiz representa a cor dominante como percebida por um observador; quando chamamos um objeto de vermelho laranja ou amarelo, estamos especificando o seu matiz. A saturação refere-se à pureza relativa ou quantidade de luz branca misturada com um matiz (GONZALEZ, 2000).

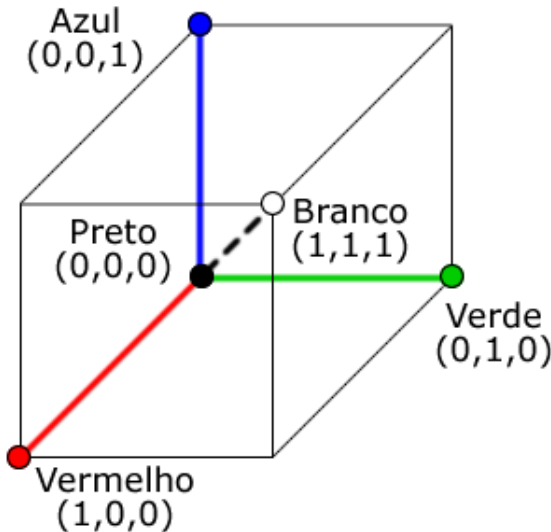
2.2.3.1 Modelo de Cores

O propósito de um modelo de cores é facilitar a especificação das cores em alguma forma padrão e de aceite geral. Essencialmente, um modelo de cor é uma especificação de sistema de coordenadas tridimensionais e um subespaço dentro deste sistema, onde cada cor é representada por um único ponto.

Os modelos de cores amplamente usados para o processamento de imagens são o RGB (*Red, Green, Blue*), o YIQ (Luminância, em-fase, quadratura) e o HSI (Matiz, Saturação, Intensidade).

No Modelo RGB, cada cor aparece nos seus componentes espectrais primários de vermelho, verde e azul. Esse modelo baseia-se num sistema de coordenadas cartesianas, como pode ser visto na Figura 2.4.

Figura 2.4 – Modelo de cor RGB representado por um cubo tridimensional.



Por conveniência, assume-se que todos os valores de cor foram normalizados, de modo que o cubo da Figura 2.4 seja unitário, isto é, todos os valores de R, G e B estão no intervalo $[0, 1]$ (GONZALES *et al*, 2000). Dependendo da quantização adotada, este intervalo pode variar de acordo com o número de bits utilizado na representação de cada elemento.

2.2.4 Processamento de Imagem e OpenCV

O processamento de imagens digitais envolve procedimentos que são geralmente expressos em forma algorítmica. Assim, com exceção da aquisição e da exibição de imagens, a maioria das funções de processamento de imagens pode ser implementada em software (GONZALES *et al*, 2000).

Basicamente, as técnicas de filtragem são transformações da imagem pixel a pixel, que não dependem apenas da intensidade de um determinado pixel, mas também do valor de intensidade dos pixels vizinhos (GONZALES *et al*, 2000). O processo de filtragem normalmente é feito através da utilização de matrizes denominadas máscaras, que são aplicadas sobre a imagem através de operações matemáticas (GONZALES *et al*, 2000).

Atualmente existem uma série de bibliotecas gráficas e de processamento de imagens, que implementam uma enorme gama de funções e algoritmos, dentre estas, podemos citar a OpenGL (*Open Grafic Library*), que é uma API para desenvolvimentos de aplicativos gráficos; e o OpenCV (*Open Source Computer Vision Library*), que é uma biblioteca para processamento de imagem.

2.2.4.1 OpenCV

Originalmente, desenvolvida pela Intel, em 2000, OpenCV é uma biblioteca multiplataforma, totalmente livre ao uso acadêmico e comercial, para o desenvolvimento de aplicativos na área de Visão Computacional.

O OpenCV possui módulos de Processamento de Imagens e Video I/O, Estrutura de dados, Álgebra Linear, GUI (Interface Gráfica do Usuário) Básica com sistema de janelas independentes, Controle de mouse e teclado, além de mais de 350 algoritmos de Visão Computacional como: filtros de imagem, calibração de câmera, reconhecimento de objetos, análise estrutural e outros.

A biblioteca foi desenvolvida nas linguagens de programação C/C++. Também, dá suporte a programadores que utilizem Java, Python e Visual Basic, e desejam incorporar a biblioteca a seus aplicativos. A versão 1.0 foi lançada no final de 2006 e a 2.0 foi lançada em setembro de 2009.

Apesar de a biblioteca OpenCV possuir uma série de funções e algoritmos voltados a visão computacional, tendo seu foco de aplicação no processamento de imagens, ela também possui várias ferramentas

para o desenho gráfico. Dentre estas ferramentas podemos citar as funções `cvLine`, `cvEllipse`, `cvRectangle`, etc.

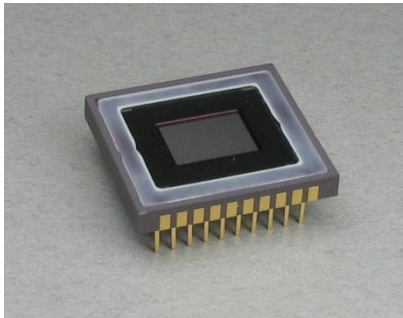
2.2.5 Aquisição e Armazenamento

Dois elementos são necessários para a aquisição de imagens digitais. O primeiro é um dispositivo físico que seja sensível a uma banda do espectro de energia eletromagnética e que produza um sinal elétrico de saída proporcional a um nível de energia percebida. O segundo, chamado digitalizador, é um dispositivo para conversão da saída elétrica de um dispositivo de sensoriamento físico para forma digital (GONZALES *et al*, 2000).

Um tipo de sensor, que é sensível à luz visível e a luz infravermelha, são as chamadas matrizes do estado sólido. Estas são compostas de elementos de imageamento de silício discreto chamado “fotossítios” que têm uma tensão de saída proporcional à luz incidente.

A tecnologia usada nestes sensores de imageamento é baseada principalmente em dispositivos de carga acoplada (*charge-coupled devices*, CCDs). Estes sensores têm uma resolução mínima de 32 x 32 elementos, podendo chegar a configuração de 2.048 x 2.048 (GONZALES *et al*, 2000).

Figura 2.5 – Sensor CCD utilizado na aquisição e digitalização de imagens.



Fonte: Wikipédia.

No decorrer do tempo, alguns padrões gráficos foram criados, como é o caso do VGA, *Video Graphics Array*, criado pela IBM em 1987. Este padrão, define uma resolução de 640 x 480 pixels com uma

quantização que vai de 16 à 256 cores, além de outras características associadas. Em 1989, a mesma IBM, definiu uma extensão para o VGA, conhecida como Super VGA, *Super Video Graphics Array*. Este novo padrão foi inicialmente definido com 800 x 600 pixels, mas logo em seguida passou a ter uma resolução de 1024 x 768 pixels, com 8 bits de cores, podendo hoje passar dos 16 bits, tendo assim, mais de 64.000 tipos de cores.

Uma imagem de 8 bits com resolução de 1.024 x 1.024 pixels requer um milhão de bytes para seu armazenamento. Assim o armazenamento adequado é sempre um desafio para os projetos de sistema de imagem.

A compressão de imagens trata o problema de reduzir a quantidade de dados necessária para representar uma imagem digital. A base do processo de redução é a remoção de dados redundantes. A transformação é aplicada antes do armazenamento da imagem. Posteriormente, a imagem comprimida é descomprimida para reconstruir a imagem original ou uma aproximação dela (GONZALES *et al*, 2000).

Um método bastante utilizado na compressão de imagens fotográficas é o JPEG (ou JPG) *Joint Photographic Experts Group*. Neste método, o grau de redução pode ser ajustado, o que permite escolher o tamanho de armazenamento e seu compromisso com a qualidade da imagem. Geralmente obtém-se uma compressão com perdas não perceptíveis na qualidade da imagem. Além de ser um método de compressão, o JPEG também é considerado como um formato de arquivo (JPEG HOMEPAGE, 2012).

2.2.6 Extração de Métricas

“A biofotogrametria computadorizada desenvolveu-se pela aplicação dos princípios fotogramétricos às imagens fotográficas obtidas em movimentos corporais. A essas imagens foram aplicadas bases de fotointerpretação, gerando uma nova ferramenta de estudo da cinemática” (RICIERI, 2000).

A fotointerpretação é realizada através das regiões corporais como referências ósseas e articulares e suas relações com os planos e eixos, e através dela, obtém-se o planejamento e construção de um mapa

planimétrico condizente com a realidade que se pretende refletir sobre o segmento corporal a ser estudado (PITA *et al*, 2007).

O processo de coleta de dados é diretamente responsável pelo sucesso ou não da análise, pois esta coleta será a base de toda avaliação posterior a cerca do fenômeno observado. Portanto, antes de colher as imagens, é necessário posicionar corretamente os marcadores de superfície, de acordo com o estudo que será realizado, e para posicioná-los nos pontos adequados (pontos anatômicos), um conhecimento de anatomia palpatória se faz necessário (PITA *et al*, 2007).

A aplicação de técnicas de biofotogrametria para o acompanhamento de mudanças temporais e investigação científica não é tão simples como aparenta, uma vez que requer vários cuidados metodológicos para padronizar as fotos e evitar efeitos de distorção. As distorções implicam alterações na imagem fotográfica que podem causar impressão enganosa de possíveis assimetrias na postura do indivíduo. Entre os cuidados metodológicos descritos na literatura para obter registros comparáveis estão: o treinamento do fotógrafo, trabalhar com apenas um fotógrafo ou com um número limitado, utilizar sempre a mesma câmera, posicioná-la sempre à mesma distância do paciente, usar tripé e marcas no chão para posicionar o voluntário (Iunes, 2005).

Além disso, a fotografia postural deve ser de alta qualidade, livre de distorções, ter alta nitidez e dimensão suficiente para permitir observações e contrastes, de modo que pequenos detalhes do corpo do sujeito sejam visíveis na fotografia, não levando o examinador a cometer equívocos na análise (Watson, 1998).

A fim de minimizar os erros de medição, é importante lembrar que as medições feitas sobre a imagem de um indivíduo, são sempre realizadas sobre uma projeção deste indivíduo em um plano. Desta forma, deve-se evitar efetuar medições entre pontos pertencentes a planos diferentes da imagem.

2.3 SISTEMA ESPECIALISTA

A palavra inteligência vem do latim *inter* (entre) e *legere* (escolher). Inteligência significa aquilo que permite ao ser humano escolher entre uma coisa e outra. A palavra artificial, também oriunda do latim, *artificiale*, significa aquilo que não é natural, ou seja, que feito pelo homem. Portanto, Inteligência Artificial, é um tipo de inteligência produzido pelo homem. (FERNANDES, 2003).

Apesar de existir muitas definições sobre Inteligência Artificial (IA), hoje ela é vista como um ramo da ciência da computação, sendo ao mesmo tempo recente e muito antiga, já que esta foi construída a partir de idéias filosóficas, científicas e tecnológicas herdadas de outras ciências; algumas tão antigas quanto a lógica, com seus mais de 23 séculos (BITTENCOURT, 1998).

Informalmente pode-se dizer que IA serve para resolver problemas, imitando de certa forma a inteligência dos seres vivos. A Variedade de problemas tratados em IA é tão grande que se torna difícil limitá-los. Pode-se dizer que para resolver um problema, é necessário ter algum conhecimento do domínio do problema e utilizar alguma técnica para buscar a solução do mesmo (BARRETO, 1997).

Dentre as técnicas utilizadas em IA, existem vários modelos que implementam soluções com o intuito de solucionar determinados problemas. Cada modelo possui certas particularidades e são adotados de acordo com o tipo de problema a ser trabalhado. Entre os vários modelos existentes, encontram-se os Algoritmos Genéticos, Raciocínio Baseado em Casos, Redes Neurais e Sistemas Especialistas.

Após os primeiros anos de IA, em que se acreditava ser possível ter um sistema capaz de resolver problemas em geral, começaram a aparecer sistemas mais modestos na abrangência do domínio, mas com grande eficiência em campo específico (BARRETO, 97). Estes sistemas, conhecidos como sistemas especialistas (SEs), busca solucionar problemas que normalmente seriam resolvidos por especialistas humanos (RICH, 94). Assim os SEs podem ser caracterizados como sistemas que reproduzem o conhecimento de um especialista adquirido ao longo dos anos de trabalho (KANDEL, 92).

2.3.1 Estrutura

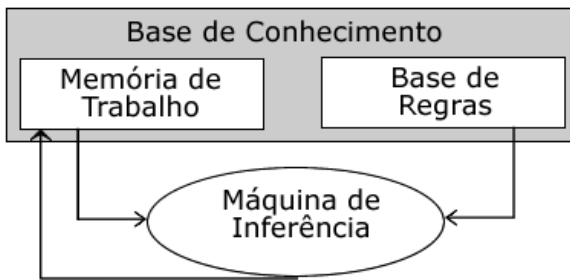
Um sistema especialista, conforme mostrado na Figura 2.6, é formado basicamente por três partes distintas: uma base de regras, uma memória de trabalho, e uma máquina de inferência. A base de regras e memória de trabalho, ou base de fatos, formam a chamada base de conhecimento do sistema especialista, onde está representado o conhecimento sobre o domínio. A máquina de inferência é o mecanismo de controle do sistema que avalia e aplica as regras de acordo com a memória de trabalho (BITTENCOURT, 98).

Além dos mecanismos básicos necessários para o funcionamento do SE, este também possui uma interface responsável pela aquisição da

informação do usuário e um subsistema de explicação. Este subsistema de explicação é destinado a explicar ao usuário a linha de raciocínio que o sistema especialista utilizou para chegar à conclusão.

A interface com o usuário é uma parte do sistema utilizada para estabelecer um meio de comunicação entre o usuário e o sistema. A comunicação pode ser através de menus, perguntas e representações gráficas que são exibidas na tela do computador (FERNANDES, 2003).

Figura 2.6 – Estrutura de um Sistema Especialista, sendo esta composta basicamente por uma memória de trabalho, uma base de regras e uma máquina de inferência.



Fonte: (BITTENCOURT, 98).

2.3.1.1 Base de Conhecimento

A base de conhecimento é o conjunto de informações (conhecimentos) a respeito do domínio do problema. Este conhecimento será utilizado nas tomadas de decisão, que por sua vez é feitas através da inferência de fatos e regras ou outro tipo de representação, tal como lógica matemática, redes semânticas ou frames (FERRARI, 2005).

A base de fatos são as informações já conhecidas (fatos) e que podem ser considerados como ponto de partida para a resolução dos problemas investigado. A base de regras representa os conhecimentos que são extraídos diretamente dos especialistas. Estes conhecimentos representam o pensamento desenvolvido pelo especialista, tendo como por base os fatos já conhecidos e as deduções a partir deles (MONTELLO, 1999).

Representar o conhecimento por regras é uma maneira bastante utilizada nos diversos sistemas especialistas existentes atualmente, nos quais o conhecimento é representado por pares “condição – ação”, na forma de regras de produção *IF – THEN* (FERNANDES, 2003).

Existem duas maneiras para se validar as regras de um SE. A primeira é através do método *Forward Chaining* (Encadeamento para Frente), onde se partindo de um ponto chega-se a uma conclusão. A segunda, conhecida como *Backward Chaining* (Encadeamento para Trás), onde partindo de uma previsão (hipótese), buscam-se valores para confirmá-la (FERNANDES, 2003).

2.3.1.2 Máquina de Inferência

As funções básicas da máquina de inferência são inferência e controle. Ela contém um interpretador que decide como aplicar as regras a fim de gerar novo conhecimento, além de possuir uma lista de prioridade de aplicações destas regras (WATERMAN, 1986).

Depois de iniciado o sistema, a máquina de inferência busca na base de conhecimento, fatos e regras e compara estes fatos com a informação fornecida pelo usuário. A operação da máquina de inferência é baseada em algoritmos que definem a busca específica e a unificação de regras. Basicamente, a máquina de inferência compara a entrada fornecida pelo usuário com as regras contidas na base de conhecimento buscando combinações (FERNANDES, 2003).

2.3.2 Construção de um Sistema Especialista

Ao longo de suas vidas, as pessoas vão acumulando conhecimentos que lhes permitirão agir de modo a mostrar que são seres inteligentes. Isto é denominado de aprendizado.

O conhecimento pode ser definido como a informação armazenada, como modelos usados por pessoas ou máquinas para interpretar, prever e responder apropriadamente ao mundo exterior. O conhecimento é um conceito que foge ao modelo puramente biológico, abrindo espaço para as idéias já plenamente aceitas e usadas (FISCHLER, 1987).

Como ponto de partida na construção do sistema especialista, o Engenheiro de Conhecimento entrevista um especialista no domínio do problema a fim de elucidar o conhecimento especialista (RICH, 1994).

O desenvolvimento de um sistema especialista pode ser estruturado em cinco fases distintas, definidas como Identificação, Conceituação, Formalização, Implementação e Testes.

Na primeira etapa, são identificadas as características básicas do problema a ser resolvido. O que envolve, além dos participantes, a

identificação dos recursos, das metas e dos objetivos do sistema especialista.

Na fase de Conceituação, são determinados os conceitos, relações e mecanismos de controle que envolve a descrição do problema. Nesta fase também é feito um detalhamento para ser usado na representação do conhecimento.

A fase de Formalização engloba a expressão de conceito e de relações chaves, de uma forma geral. Nesta etapa, são observados três aspectos importantes: o espaço de hipóteses, envolvendo o refinamento de conceitos, características e interligação; o modelo subjacente, descrevendo como as soluções são formadas; e as características dos dados, englobando a definição de tipos, precisão, consistência, volume e formas de aquisição.

Na etapa de Implementação, o especialista deve fornecer os conceitos e regras de sua área de conhecimento, de acordo com as estratégias definidas na fase de formalização. Estas regras serão adaptadas às estruturas previamente determinadas, de acordo com a ferramenta utilizada na implementação.

Por fim, tem-se a etapa de Testes e Avaliação. Nesta fase o sistema especialista deve ser testado e avaliado, levando-se em conta o desempenho e a utilidade (WATERMAN, 1986).

Durante a construção de um sistema especialista, o Engenheiro de Conhecimento é uma figura central, tanto na construção do sistema especialista, vista sob o aspecto técnico, como na aquisição do conhecimento (ROLANDI, 1986).

A Aquisição do Conhecimento é tida como a parte mais crítica do desenvolvimento de um sistema especialista. Esta não pode limitar-se a adicionar novos elementos à base de conhecimentos, sendo necessário relacionar os novos conhecimentos aos já existentes na base (BITTENCOURT, 1998).

2.3.3 Tratamento de Incerteza

Devidos as dificuldades para obter informações precisas e de equacionar a realidade imprecisas do mundo, cientistas adotaram lógicas alternativas que seriam adequadas à representação daquele mundo em particular (DE AZEVEDO, 2000).

Atualmente, os sistemas especialistas são munidos de um mecanismo de tratamento de incertezas, que permite ao mesmo representar a incerteza pertinente ao conhecimento do domínio. Dentre

os mecanismos, pode-se citar a Lógica Fuzzy, o Raciocínio Probabilístico e os Fatores de Certeza (FERRARI, 2005).

A Lógica Fuzzy tem como objetivo possibilitar um conjunto de graduações na pertinência de um elemento em uma dada classe. Ou seja, de permitir que determinado elemento possa pertencer com mais ou menos intensidade àquela classe. Já o Raciocínio Probabilístico, apóia-se sobre a probabilidade dos fatos de um domínio.

No caso do Fator de Certeza, este é definido como uma função da Medida Crença (MC) em relação à Medida de Descrença (MD), em uma determinada Hipótese (H), para uma Evidência (E).

$$FC(H, E) = MC(H, E) - MD(H, E)$$

Onde,

- $FC(H, E)$ é o fator de certeza na hipótese H para uma mesma evidência E;
- $MC(H, E)$ é a medida de crença em H, dado a evidência E;
- $MD(H, E)$ é a medida de descrença em H, dado a evidência E.

Por sua vez, as medidas de crença e descrença são definidas como (RICH, 1988):

$$MC(H, E) = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & , P(H) = 1 \\ \frac{\text{Max}[P(H/E), P(H)] - P(H)}{\text{Max}[1, 0] - P(H)} & , P(H) \neq 1 \end{array} \right\}$$

$$MD(H, E) = \left\{ \begin{array}{ll} 1 & , P(H) = 0 \\ \frac{\text{Min}[P(H/E), P(H)] - P(H)}{\text{Min}[1, 0] - P(H)} & , P(H) \neq 0 \end{array} \right\}$$

Onde,

- $P(H)$ é a probabilidade de ocorrer a hipótese H;
- $P(H/E)$ é a probabilidade de ocorrer a hipótese H, dada a ocorrência da evidência E.

2.3.4 Shell para Sistema Especialista

Inicialmente cada sistema especialista era criado a partir do zero, sendo que todo o sistema computacional era programado, em geral em LISP. Mas, depois de muitos sistemas terem sido desenvolvidos, ficou claro que esses sistemas tinham muito em comum. Em particular, devido ao fato de os sistemas serem construídos como um conjunto de representações declarativas (regras) combinadas com um interpretador. Observou-se que era possível separar o interpretador do conhecimento específico do domínio da aplicação. Assim cria-se um sistema que poderia ser usado para elaborar novos sistemas especialistas. Os interpretadores resultantes são chamados de SHELLs (RICH, 1994).

A idéia principal de uma SHELL é separar a base de conhecimento, referente ao domínio do problema, da máquina de inferência, responsável por mover o sistema. Assim, o usuário deve se preocupar apenas em obter o conhecimento do especialista humano (FERRARI, 2005).

Os primeiros SHELLs de sistemas especialistas ofereciam mecanismos para a representação do conhecimento, raciocínio e explicações. Com o aumento das experiências com esses sistemas para solucionar problemas do mundo real, ficou claro que os SHELLs precisavam facilitar a integração dos sistemas especialistas com outros programas, permitindo, por exemplo, o acesso a bancos de dados de outros sistemas (RICH, 1994).

Dentre as características e ferramentas que englobam uma SHELL, estão (FERRARI, 2005):

- Mecanismos de Inferência;
- Acesso à base de dados;
- Interface de diálogos em linguagem natural;
- Facilidade de explicações.

Existem várias SHELLs no mercado atualmente, como por exemplo: NETICA, SPIRIT, Expert Sinta, Intellec System, ect.

2.3.5 Intellect System

O Intellec System é uma SHELL de sistema especialista desenvolvido pelo Instituto de Engenharia Biomédica, IEB-UFSC. Esta SHELL permite a implementação automática de sistemas especialistas,

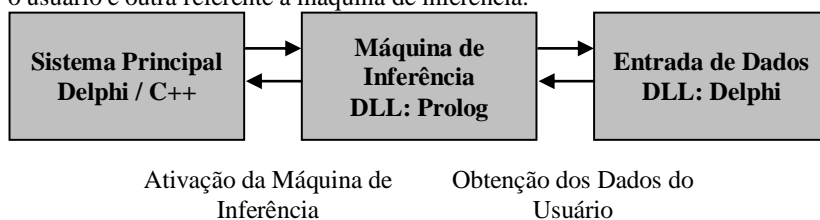
assim como sua posterior consulta, através da geração automática de menus (FERRARI, 2005).

Basicamente o Intellec System está dividido em três módulos distintos, definidos como:

- Módulo Editar Base de Conhecimento;
- Módulo Consultar;
- Módulo Depurar.

O sistema (SHELL) é composto por um arquivo executável principal e outras duas DLLs. A criação das DLLs surgiu da necessidade de comunicação entre diferentes linguagens de programação. Quando o programa principal executa uma consulta a um sistema especialista, ele chama uma função em uma das DLLs, escrita em Prolog e responsável pela ativação da máquina de inferência. Já a outra DLL foi escrita em Delphi e é responsável pela interação final com o usuário, fazendo as perguntas, cujas respostas irão alimentar o sistema especialista (FERRARI, 2005). Quanto ao executável principal, este é responsável pela criação das bases de conhecimento, e na sua primeira versão foi escrito em Delphi (FERRARI, 2005). Já na segunda versão, com algumas melhorias e novas funcionalidades, este programa foi escrito em C++ (PAMPLONA, 2012).

Figura 2.7 – Estrutura do sistema Intellec System. Este é composto pelo sistema principal e por duas DLLs, sendo uma responsável pelas telas de interação com o usuário e outra referente à máquina de inferência.



2.3.5.1 Módulo Editar Base de Conhecimento

Este módulo engloba toda a IDE (*Integrated Development Environment*) do sistema. É através dela que o usuário constrói uma nova base de conhecimento, ou modifica uma base existente.

Durante a criação de uma base de conhecimento, o sistema segue a seguinte seqüência:

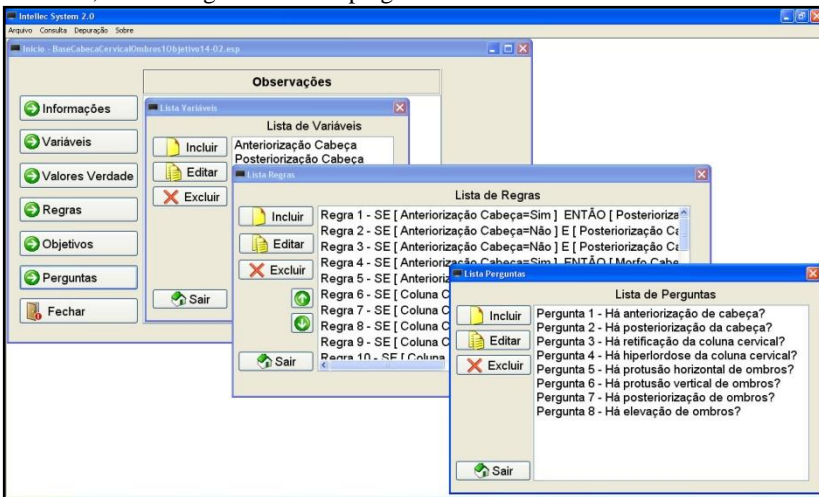
- Descrição do Sistema Especialista;
- Definição das variáveis;
- Definição dos objetivos;
- Elaboração das regras;
- Definição dos valores verdade;
- Elaboração das perguntas.

O sistema permite o uso de variáveis numéricas, lingüísticas ou imagem. As regras são construídas no formato SE... ENTÃO. Sendo que para cada regra o especialista deverá fornecer a lista de premissas, a conclusão e o valor verdade.

A definição dos valores verdade permite ao usuário associar graus de confiança a cada uma das respostas assinaladas. Estes valores verdade são utilizados para as perguntas com tratamento de incerteza *fuzzy* (FERRARI, 2005).

O arquivo criado pelo sistema Intellec System possui extensão do tipo “.esp”, sendo que este contém a base de conhecimento do sistema especialista.

Figura 2.8 – Interface do sistema Intellec System com as janelas de lista de variáveis, lista de regras e lista de perguntas.



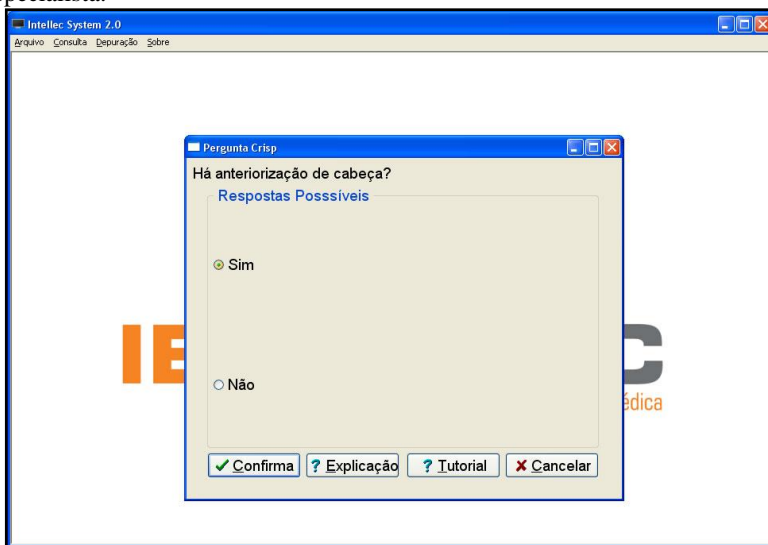
2.3.5.2 Módulo Consultar

Este módulo faz uso das duas DLL que compõem o sistema. Sendo uma referente à máquina de inferência e outra referente às janelas de perguntas.

Através deste módulo é possível consultar qualquer base de conhecimento criada com o Intellec. As perguntas são realizadas de acordo com a definição das regras. Sendo que dependendo das respostas e das regras estabelecidas, uma ou outra pergunta será chamada.

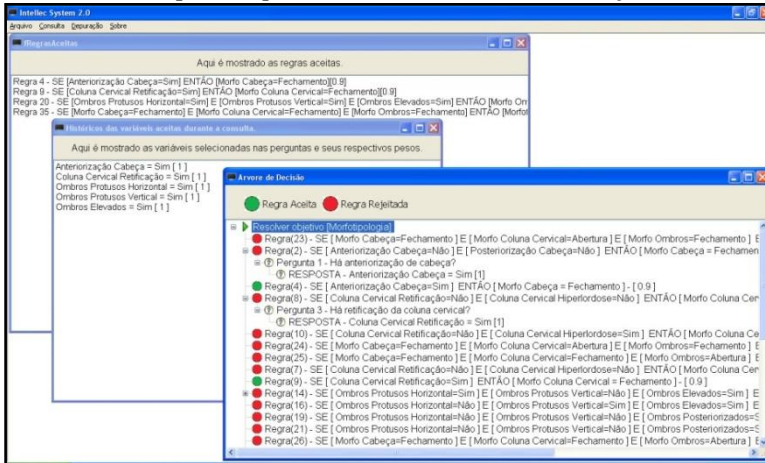
Após responder todas as questões, o sistema irá informar ao usuário as respostas encontradas, assim como o fator de certeza para uma delas.

Figura 2.9 – Janela de perguntas ao usuário. Nesta janela são cadastradas as perguntas que serão feitas ao usuário durante a execução do sistema especialista.



2.3.5.3 Módulo Depurar

Figura 2.10 – Janela com árvore de decisão. Nesta janela é apresentado os caminhos tomados pela máquina de inferência durante a execução do SE.



O módulo depurar tem como objetivo apresentar ao usuário, após uma consulta, quais regras foram consideradas na solução do problema, assim como quais são os valores verdade de cada variável aceita.

2.3.6 Sistemas Especialistas na Saúde

Qualquer problema cuja solução possa ser expressa através de regras do tipo: condição – ação, teoricamente pode ser implementado na forma de um sistema especialista (BITTENCOURT, 1998). Na área da saúde, tem sido cada vez mais comum o uso de sistemas especialistas. Entre estes, uma de suas principais aplicações são os sistemas de diagnóstico, que são capazes de definir um problema a partir de dados e sintomas observados (CARDOSO *et al*, 2005). Assim os sistemas especialistas são uma boa opção como ferramenta para problemas onde uma investigação metodológica deve ser seguida corretamente de forma lógica e seqüencial.

Um dos primeiros sistemas especialistas criados foi destinado a resolver problemas na área da saúde. O MYCYN tinha como objetivo prover conselhos a respeito de diagnóstico e terapia de doenças infecciosas. Este tipo de aconselhamento pode ser útil, pois nem sempre

o médico responsável é um especialista em infecções, principalmente em ambientes hospitalar (BITTENCOURT, 1998).

Uma seção do sistema inicia-se com um questionário, a ser respondido pelo usuário, a respeito do paciente. A partir destas informações, e utilizando sua base de regras, o sistema é capaz de estabelecer um diagnóstico e propor uma terapia adequada. A base de regras do sistema contém 450 regras, que lhe permitem diagnosticar e prescrever tratamentos para bacteremia, meningite e cistite infecciosa (BITTENCOURT, 1998).

Nas áreas voltadas à fisioterapia, estudos envolvendo sistemas especialistas envolvem principalmente a análise dos fatores de risco relacionados ao trabalho nos distúrbios musculoesqueléticos (PADMA, 2009), para o auxílio na tomada de decisão clínica (PADMA *et al*, 2011), entre outros.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Diante da subjetividade encontrada com as avaliações puramente observacionais e a falta de uma organização lógica nos processos de avaliação, um sistema computacional que auxilie o profissional durante suas consultas se mostra bastante oportuno. Desta forma, optou-se por desenvolver uma ferramenta que agregasse recursos de biofotogrametria em conjunto com um sistema especialista, além de permitir o acompanhamento do tratamento.

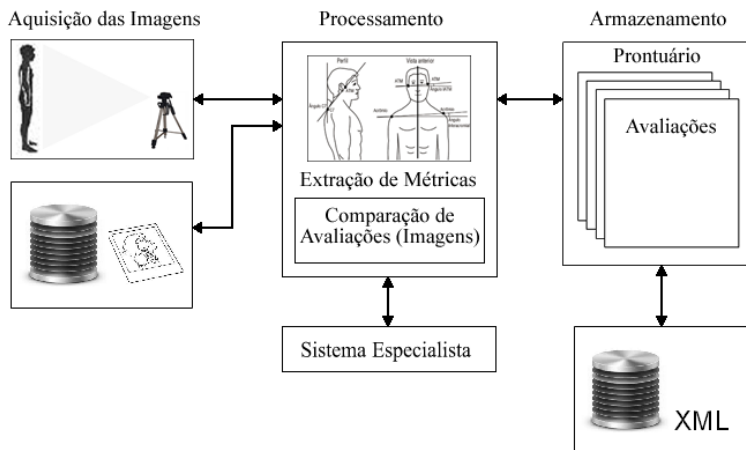
3.1 SISTEMA

A idéia inicial consiste na implementação de um software capaz de adquirir e armazenar imagens do corpo do paciente. Tais imagens servirão não só como referência no estudo e acompanhamento do caso clínico, assim como servirá de base para um processo de biofotogrametria, onde a obtenção de métricas mais confiáveis possa auxiliar o profissional da saúde. Desta forma, a partir da aquisição de imagens do paciente é possível realizar uma análise criteriosa da sua postura, tendo a capacidade de repeti-la sempre que necessário. Isto permite que erros gerados pelo cansaço do observador, assim como problemas de iluminação, entre outros, sejam reduzidos.

Da mesma forma, o uso de sistemas especialistas a fim de padronizar a avaliação realizada, mostra-se bastante promissor. Com bases específicas para cada tipo de problema encontrado, é possível realizar avaliação mesmo não sendo um “*expert*” em determinado assunto, tendo assim uma ferramenta capaz de auxiliar o profissional de saúde na tomada de decisão.

Na Figura 3.1 é possível observar um diagrama com a estrutura da metodologia utilizada no processo de avaliação postural. Conforme é exibido, o sistema pode ser dividido em três etapas: Aquisição das imagens, processamento da informação e armazenamento.

Figura 3.1 – Processo de avaliação postural. O processo engloba a aquisição das imagens do paciente, o processamento e o armazenamento destas imagens.



Durante a etapa de aquisição das imagens, é possível que estas sejam adquiridas tanto de um arquivo já existente no computador do avaliador, assim como a aquisição momentânea, realizado através de uma câmera ligada ao computador. Esta última permite uma maior agilidade neste processo de aquisição das imagens.

Na etapa de processamento é realizada a extração de medidas das imagens dos pacientes. Estas medidas, assim como dados fisiológicos do paciente e informações coletadas através da anamnese, podem servir como dados de entrada a fim de alimentar uma determinada base de sistema especialista. Que por sua vez, auxiliará o profissional de saúde na tomada de decisão.

Em relação ao armazenamento, foi optado por fazer em um arquivo, ao invés de utilizar um banco de dados. Esta escolha teve como princípio a possibilidade de compartilhamento dos arquivos gerados, assim como a versatilidade e agilidade que os mesmos proporcionam. Tanto os dados oriundos da anamnese, como os resultados do sistema especialista, os dados do paciente, além das próprias imagens com suas respectivas medidas são armazenadas em um arquivo. Assim, cada arquivo gerado representa uma espécie de prontuário referente a um determinado paciente.

3.2 DESENVOLVIMENTO DO SOFTWARE

O desenvolvimento do sistema se deu a partir de técnicas de engenharia de software, sendo adotadas metodologias e diagramas conforme as especificações da UML (*Unified Modeling Language*).

3.2.1 Projeto

Durante a etapa inicial do projeto, foi realizada uma análise a fim de se obter um os requisitos funcionais e não funcionais que abrangem o sistema. Esta análise teve como base a norma ISO/IEC 9126, que prevê características para qualidade de produto de software.

Dentre os itens levados em consideração durante a análise estão:

- **Funcionalidade:** A capacidade de um software prover funcionalidades que satisfaçam o usuário em suas necessidades declaradas e implícitas, dentro de um determinado contexto de uso.
- **Confiabilidade:** O produto se mantém no nível de desempenho nas condições estabelecidas.
- **Usabilidade:** A capacidade do produto de software ser compreendido, seu funcionamento aprendido, ser operado e ser atraente ao usuário.
- **Eficiência:** O tempo de execução e os recursos envolvidos são compatíveis com o nível de desempenho do software.
- **Manutenibilidade:** A capacidade (ou facilidade) do produto de software ser modificado, incluindo tanto as melhorias ou extensões de funcionalidade quanto às correções de defeitos, falhas ou erros.
- **Portabilidade:** A capacidade de o sistema ser transferido de um ambiente para outro. Como "ambiente", devemos considerar todo os fatores de adaptação, tais como diferentes condições de infra-estrutura (sistemas operacionais, versões de bancos de dados, etc.), diferentes tipos e recursos de hardware (tal como aproveitar um número maior de processadores ou memória).

A análise, considerando os itens citados, foi realizada sobre vários softwares existentes no mercado. Dentre estes, estão alguns de uso livre (freeware) e outros que requerem a compra de licenças. Os softwares analisados foram:

- SAPO (freeware)
- Fisio Office
- Fisiometer
- Fisiometrix
- TopFisio
- WinFis
- FisioSoftware

3.2.1.1 Requisitos

Além da análise realizada sobre os sistemas existentes no mercado, também foi realizadas entrevistas com fisioterapeutas, a fim de extrair os requisitos necessários a um sistema computacional que possa conter as características previstas na norma ISO/IEC 9126 e satisfaça as necessidades destes profissionais.

Como resultado dos estudos realizados previamente, tivemos os seguintes requisitos:

3.2.1.1.1 Requisitos Funcionais

- Cadastro de Fisioterapeutas;
- Cadastro de pacientes por fisioterapeuta;
- Criação de avaliações distintas para um mesmo paciente, e exibição integral das mesmas em abas;
- Permitir a captura de imagens através de uma webcam ou um arquivo no computador;
- Permitir a análise e exibição das diferentes vistas do paciente (padrão de 4 vistas: frontal, lateral esquerda, lateral direita, posterior);
- Permitir a medição de distâncias e ângulos sobre as imagens;
- Exibição dos resultados das análises na tela em tempo integral;
- Permitir a comparação entre avaliações anteriores e posteriores (imagens e resultados);
- Análise de simetria entre os hemicorpos;
- Uso de um sistema especialista para auxílio na tomada de decisão;
- Possibilidade do uso de bases de sistema especialista para diferentes tipos de avaliações;

- Possibilidade armazenamento das avaliações com todos os dados extraídos da mesma.
- Possibilidade de edição posterior das avaliações armazenadas.
- Padronização e confiabilidade na análise dos dados (necessidade de modo de calibração / padronização das medidas);
- Dados precisos de fácil entendimento;
- Deve ser prático e fácil de entender e utilizar, focando os aspectos principais de uma avaliação postural, buscando maior praticidade para o fisioterapeuta;

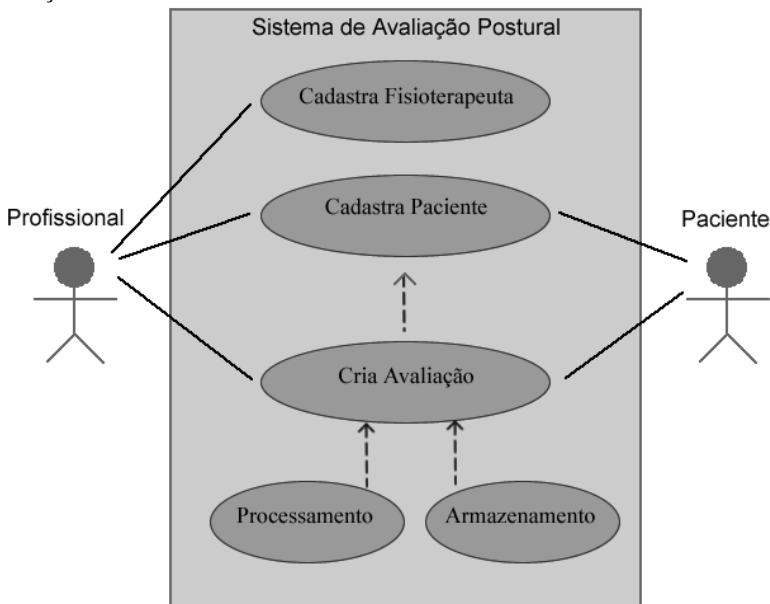
3.2.1.1.2 Requisitos Não-Funcionais

- Utilização de arquivo XML para armazenamento dos dados (cadastro, exames, fotos, ...) do paciente;
- Sistema será desenvolvido em linguagem C++, com uso da biblioteca *OpenCV*;
- O sistema deverá ser bastante ergonômico, rápido e intuitivo de ser usado;
- Sistema de instalação de fácil execução.

A etapa seguinte, após o levantamento dos requisitos, foi a definição dos casos de uso. Estes diagramas ajudam a descrever a funcionalidade proposta pelo no sistema. Com eles é possível observar a seqüência de eventos que envolvem um ator que interage com o sistema a fim de completar um processo.

A metodologia proposta envolve basicamente três domínios: o profissional de saúde que realiza a avaliação, o paciente que é objeto de avaliação e fornece os dados para a mesma e a ferramenta que realiza este processo. Na Figura 3.2 é apresentado o diagrama de caso de uso representando de forma genérica o sistema proposto.

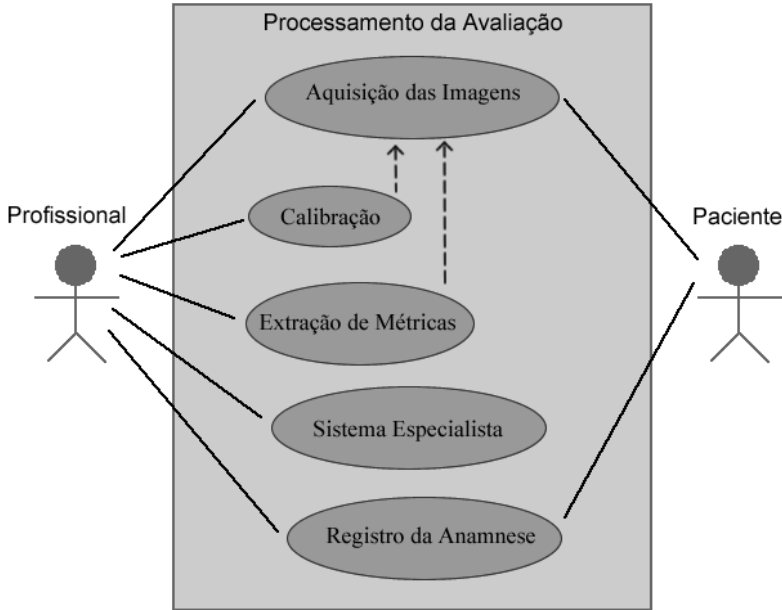
Figura 3.2 - Diagrama de Caso de Uso representando o Sistema de Avaliação Postural. De acordo com este diagrama, um usuário do sistema pode cadastrar um avaliador, assim como um paciente. Ele pode também criar uma avaliação referente ao paciente cadastrado e efetuar um processamento e armazenar esta avaliação.



No diagrama da Figura 3.2 o sistema proposto interage como o profissional responsável pela avaliação, assim como paciente objeto da avaliação. Esta avaliação será composta por informações do profissional responsável, geralmente um fisioterapeuta, do paciente e pelas informações resultantes do processo, como é o caso das métricas extraídas das imagens e do resultado do sistema especialista.

O processo de avaliação pode ser detalhado através das seguintes etapas: aquisição das imagens, calibração do sistema, extração de métricas, registro dos dados do paciente referentes à anamnese, além da possibilidade do uso do sistema especialista. Cada projeto pode ter inúmeras avaliações, sendo que cada avaliação criada pode também conter inúmeras imagens do paciente. Na Figura 3.3 é apresentado o diagrama de caso de uso representando o processo de uma avaliação utilizando o sistema.

Figura 3.3 – Diagrama de Caso de Uso representando o processo de uma avaliação no sistema. Neste diagrama é detalhado o processo de avaliação. De acordo com ele o avaliador pode fazer a aquisição de imagens, efetuar um calibração sobre as mesmas, fazer a extração de métricas, assim como executar uma base de sistema especialista e armazenar dados oriundos da anamnese.



A definição destes Casos de Uso foi o passo inicial para o projeto do sistema proposto, sendo que a partir dessa estrutura inicial foram definidas as classes do sistema assim como a relação existente entre as mesmas. O Diagrama de Classes do sistema é apresentado no Apêndice A.

3.2.2 Aspectos Gerais

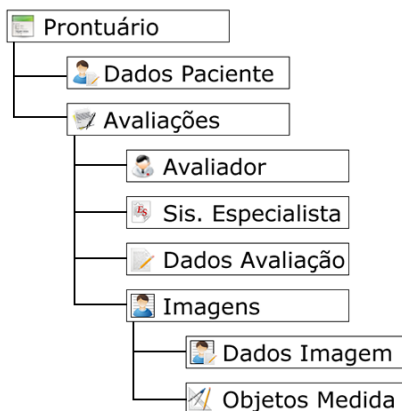
De modo geral, cada paciente faz referência a um prontuário que contem todas as informações relevantes àquele paciente. Este prontuário pode conter inúmeras avaliações, referentes ao paciente em questão, sendo que cada avaliação pode conter inúmeras imagens, além de também guardas informações sobre o avaliador.

Este prontuário é armazenado em um arquivo do tipo XML (*eXtensible Markup Language*), que é uma recomendação do W3C (*World Wide Web Consortium*) para gerar linguagens de marcação. Este

formato foi adotado por proporcionar maior simplicidade no desenvolvimento e maior flexibilidade entre diferentes sistemas, além de ser um padrão internacional largamente usado no mundo todo.

A estrutura do arquivo XML utilizado para armazenamento de cada prontuário, foi baseada na mesma estrutura adotada no sistema. Cada arquivo XML representa um prontuário que faz referência a um paciente. Este prontuário pode conter várias avaliações, sendo que cada uma destas avaliações pode conter várias imagens do paciente em questão. Além das imagens, cada avaliação poderá conter outras informações. O arquivo XML, referente a um prontuário, é sempre salvo com a extensão do tipo “.sap”, referenciando assim o sistema de avaliação postural.

Figura 3.4 – Estrutura de dados do sistema. O sistema representa um prontuário composto pelos dados do paciente e por suas avaliações. Cada avaliação possui um avaliador, uma base de sistema especialista, os dados e as imagens do paciente. Já as imagens do paciente são compostas pelos dados descritivos e por de medidas realizadas sobre as mesmas.



O sistema foi desenvolvido em linguagem C++, através da IDE C++Builder. O sistema foi desenvolvido com a utilização de recursos e técnicas da orientação a objetos. Estes recursos ajudam a tornar o desenvolvimento do software mais prático e flexível, além de facilitar a manutenção do código escrito.

Como é apresentado na Figura 3.4, a estrutura de dados do sistema é basicamente composta pelas avaliações e pelos dados do paciente.

Estes dados do paciente dizem respeito às informações básicas, como: nome, gênero, data de nascimento, etc. Estes dados não são de preenchimento obrigatório, mas a ausência de alguns deles pode fazer com que certos processos automatizados não funcionem corretamente. Como é o caso da idade, que é calculada automaticamente através da data de nascimento.

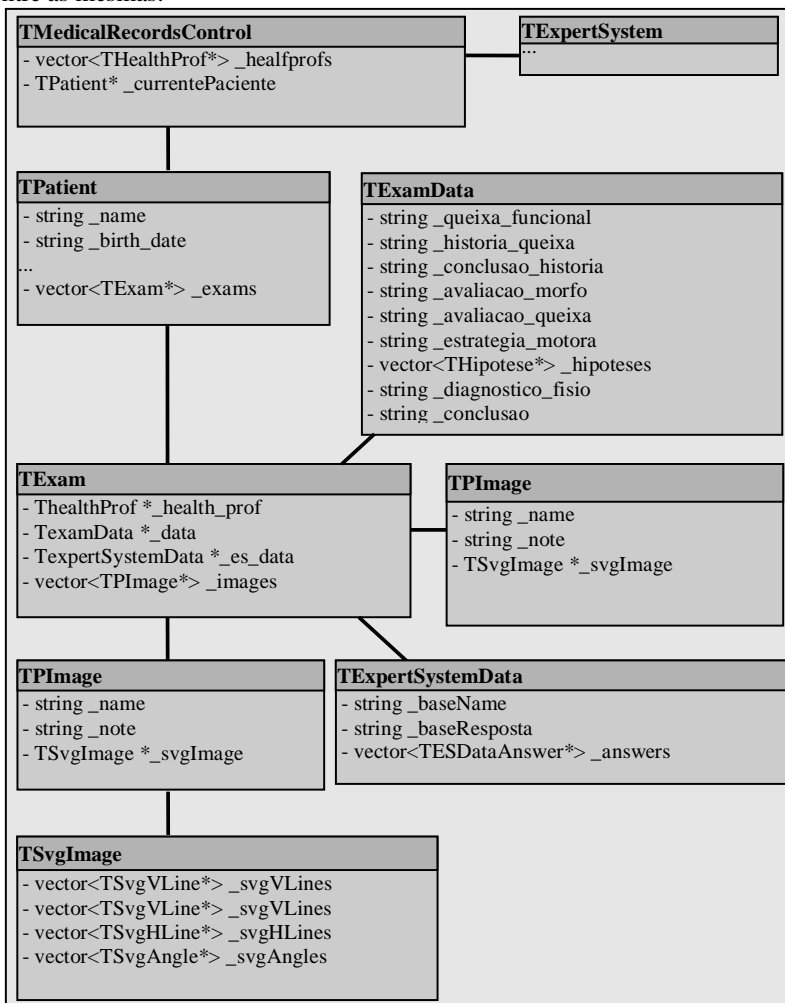
Além do arquivo de prontuário, o sistema também faz uso de mais dois arquivos XML: um que guarda os avaliadores pré-cadastrados e outro que armazena as configurações adotadas pelo sistema. Estas configurações dizem respeito às características dos objetos de desenho, como cor e espessura das linhas, além de outras características do projeto, podendo ser alteradas sempre que o usuário desejar.

Em sua estrutura geral o sistema é composto por uma classe central, chamada `TmedicalRecordsControl` e que é responsável pelo gerenciamento do mesmo. Esta classe central está associada a classe `TexpertSystem`, que implementa toda a estrutura do sistema especialista. Esta classe central também possui uma lista com os avaliadores pré-cadastrados e carregados do arquivo `evaluators.cfg` e estando também associada a classe `Tpatiente`. Conforme é apresentado no diagrama de classes da Figura 3.5, a classe `Tpatiente`, referente a um paciente, mantém uma lista de avaliações que são representadas pela classe `TExam`.

A classe `TExam` possui os membros `health_prof`, `_data` e `_es_data` que representam respectivamente ao avaliador responsável pela avaliação em questão, aos dados referentes àquela avaliação e a resposta oriunda da execução da base de sistema especialista vinculada a respectiva avaliação. A classe `TExam` também possui uma lista de imagens, representada pelo membro `_images` e associada a classe `TPImage`.

Esta classe, `TPImage`, é a classe responsável por representar o domínio de uma imagem de avaliação postural. Esta classe possui dois membros chamados `_name`, `_note` que são referentes aos nomes da imagem e as notas referentes à mesma, respectivamente. Esta classe está associada à classe `TSvgImage` que é responsável por todo processamento executado sobre a imagem do paciente, mantendo portanto listas referentes aos objetos de desenho inseridos em um imagem.

Figura 3.5 - Diagrama de Classes da estrutura geral do Sistema. Este diagrama apresenta as classes do sistema computacional assim como a interação existente entre as mesmas.



O termo Svg que compõe o nome de várias classes faz jus ao padrão SVG (*Scalable Vector Graphics*), que se trata de um formato da linguagem XML para descrever de forma vetorial desenhos e gráficos vetoriais. Este padrão foi utilizado como base para a estruturação e armazenamento dos objetos de desenho.

3.2.3 Avaliação

Toda avaliação criada possui um avaliador responsável que é atribuído à mesma. Esta avaliação também armazenará os dados físicos do paciente, os resultados do sistema especialista e os dados da avaliação funcional oriundos da anamnese.

Os dados da avaliação funcional foram baseados em questionários utilizados por fisioterapeutas durante suas avaliações. No Apêndice B encontra-se o modelo de questionário utilizado na avaliação funcional. Este questionário é dividido em três partes distintas, que são: Queixa Funcional, Estratégia Motora e Conclusão. Na aba de conclusão, além do campo Estratégia Motora, há um campo chamado Hipótese que pode ter zero ou mais hipóteses. Da mesma forma, cada campo Hipótese contém um campo Teste, que pode vir a ter zero ou mais testes relacionados a hipótese em questão. Além das imagens e dos demais dados referentes ao paciente, com as informações da avaliação funcional é possível manter de forma simples e organizada, todo o histórico do tratamento realizado com aquele paciente.

Toda nova avaliação criada também contém os dados físicos do paciente, como altura e peso. Estes dados sempre são herdados da última avaliação e do cadastro do paciente, sendo que os mesmos podem ser alterados a qualquer momento. Com estes dados o sistema calcula automaticamente a idade do paciente e o índice de massa corpórea.

O valor do IMC é calculado através da razão da massa do paciente pelo quadrado da sua altura. Conforme a Equação 3.1.

$$\text{IMC} = \frac{\text{Massa}}{(\text{Altura} \cdot \text{Altura})} \quad \text{Eq. 3.1}$$

3.2.3.1 Sistema Especialista

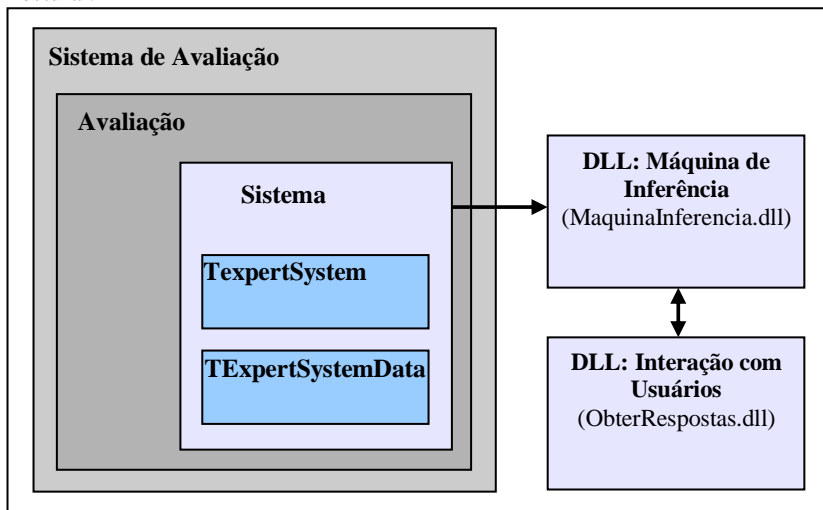
O sistema especialista é um módulo “*Run Time*” capaz de rodar diversas bases compatíveis com o mesmo. Este módulo é oriundo do software Intellec System (FERRARI, 2005) e foi adaptado e incorporado ao sistema desenvolvido.

Este módulo é composto por dois arquivos DLLs, sendo um referente à máquina de inferência e outro referente às janelas de interação com o usuário. A DLL referente às janelas de interação, responsável pela exibição das perguntas e aquisição das respostas, sofreu algumas modificações a fim de melhorar sua ergonomia na

interação com os usuários. Já a DLL da máquina de inferência, desenvolvida em Prolog, continuou como no Intellec System.

Na Figura 3.6 é apresentado um diagrama com a estrutura do sistema especialista e assim como sua interação com o sistema de avaliação postural. Quando o sistema especialista é executado, a base carregada é repassada para a máquina de inferência. Esta é responsável por chamar a DLL de interação com o usuário, que por sua vez repassará as respostas do mesmo para a máquina de inferência. Após a conclusão do processo, a máquina de inferência criará um arquivo texto chamado “resposta.txt”, que contém todos os dados gerados ao se rodar determinada base do sistema especialista.

Figura 3.6 - Interação entre o Sistema Especialista e o Sistema de Avaliação Postural.



Cada nova avaliação pode conter o resultado de uma base de sistema especialista criada no Intellec System. Estas bases são mantidas em um arquivo de extensão do tipo “.esp”, que por sua vez, são carregados dentro de cada avaliação. Após as bases serem carregadas, ela pode ser executada a qualquer momento, sendo que após o término deste processo, esta base poderá ser executada novamente, assim como uma nova base também poderá ser carregada.

O resultado oriundo de uma execução da base carregada, sempre irá sobrepor o resultado da execução anterior na mesma

avaliação. Assim cada avaliação pode ter o resultado de uma determinada base de sistema especialista.

Os resultados são salvos no arquivo XML, juntamente com os demais dados e são carregados sempre que o referente projeto é aberto no sistema.

3.2.3.2 Ferramentas de biofotogrametria

A escolha das ferramentas de biofotogrametria computadorizada teve como objetivo proporcionar uma interface mais ergonômica, de uso fácil e intuitivo. Para isso foram desenvolvidas ferramentas de extração de métricas lineares e angulares, assim como outras de auxílio na observação de assimetrias no corpo do paciente. Também foram desenvolvidas ferramentas de auxílio durante a extração das medidas, como: linhas guia, imagem em tons de cinza e janela de zoom.

As imagens podem ser inseridas a partir de um arquivo no existente no computador, ou capturadas durante a própria avaliação, através do uso de uma câmera ligada ao computador. A aquisição das imagens é feita através da biblioteca *OpenCV*, da Intel, sendo assim automaticamente transformadas para o formato *IplImage* da própria biblioteca. Este formato é utilizado pelas funções da biblioteca *OpenCV* e é utilizado durante todas as etapas de processamento de imagem.

Toda nova imagem é adquirida no formato Super VGA, tendo assim uma resolução de 1048 x 768 pixels. As imagens são salvas com o padrão de compactação JPEG, o que reduz em muito o tamanho do arquivo final. O processamento feito sobre as imagens, é realizado sobre uma replica da mesma, assim a imagem original é sempre mantida intacta. Desta forma todo objeto desenhado sobre a imagem de uma paciente é feito sobre uma nova camada, mantendo-se assim independente dos demais.

Toda imagem também possui vinculada a ela um nome, que serve para indicar a posição da vista avaliada e um campo de notas, que pode ser utilizado para manter anotações sobre aquela imagem. Cada imagem também terá de forma independente, propriedades de configuração, referentes a unidade de medida linear e a calibração da mesma. Assim, cada imagem no prontuário poderá ter uma calibração distinta, caso isto seja necessário.

A calibração pode ser herdada de um padrão preestabelecido ou feita na própria imagem, sendo que esta pode ser tanto linear como angular, ou ambas, simultaneamente. Durante o processo, o usuário deve traçar uma linha vertical de tamanho conhecido. O valor da medida

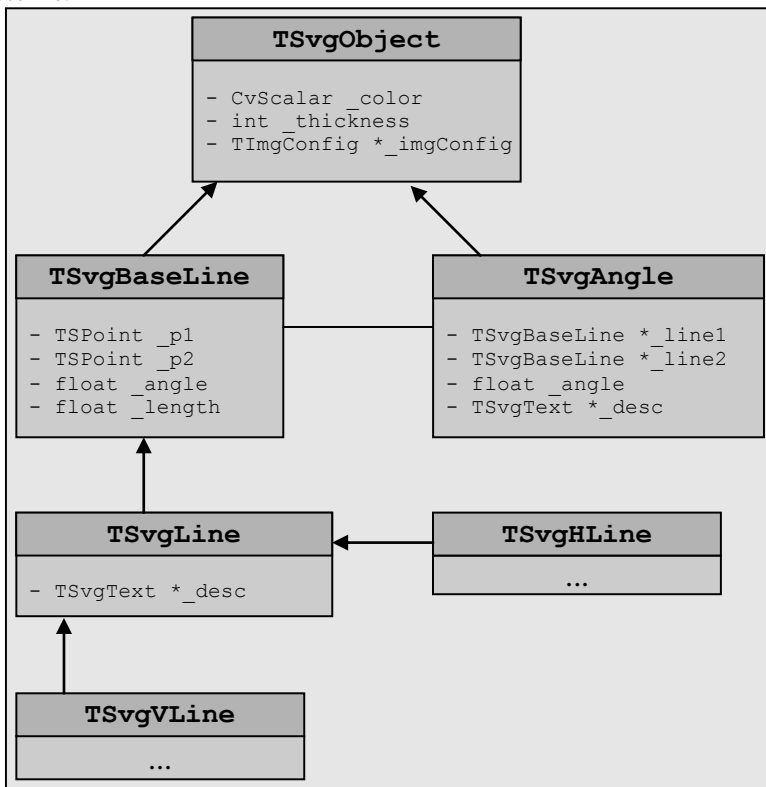
deverá ser informado posteriormente e será utilizado para calcular do índice de relação do número de pixels por centímetro. Da mesma forma, a linha feita na posição vertical servirá para estabelecer o alinhamento referente ao fio de prumo, que estabelece o nivelamento da imagem em relação a plano horizontal. Toda calibração feita sobre uma imagem, pode ser atribuída às demais imagens de uma avaliação, agilizando assim o processo para as demais.

Como a calibração relaciona a quantidade de pixel com o valor referente à distância entre dois pontos. É importante ter em mente que estes pontos devem estar no mesmo plano da imagem. Do contrário, a medida poderá conter um erro. O mesmo pode ocorrer com as medições angulares. Desta forma, o objeto de referência utilizado na calibração deve estar no mesmo plano da imagem a ser mensurada. Assim, sabendo que a imagem adquirida sempre será uma projeção do paciente sobre um plano, recomenda-se que só se realize medições cujos pontos se encontrem neste mesmo plano.

Uma estrutura hierárquica estabelece a relação entre os diferentes objetos de desenho existentes no sistema. Inicialmente tem-se uma classe `TsvgObject`, que é a parte básica de qualquer objeto desenhado sobre a imagem e possui todas as características que este objeto pode ter. Na seqüência tem-se as classes `TSvgAngle` e `TSvgBaseLine`. `TSvgBaseLine` serve de classe base para `TSvgLine` que implementa a ferramenta de medida linear. Já a classe `TSvgAngle` implementa a ferramenta de medição angular e faz uso da classe `TSvgLine` para o desenho dos segmentos de reta na extração de um ângulo. A classe `TSvgLine` também serve de classe base para as classes `TsvgHLine` e `TsvgVLine` que implementam as linhas base horizontal e vertical, respectivamente e servem para auxiliar o avaliador na análise de simetrias. Na Figura 3.7 é apresentado o diagrama de classe com a estrutura hierárquica dos objetos de desenho do sistema. Neste diagrama os membros `_color`, `_thickness` e `_imgConfig` da classe `TSvgObject` dizem respeito a cor, a espessura e as configurações de um objeto, respectivamente. Os membros `_p1`, `_p2`, `_angle` e `_length` da classe `TSvgBaseLine` representam os dois pontos do segmento de reta, o ângulo deste segmento em relação ao plano horizontal e o comprimento deste segmento, respectivamente. A classe `TSvgAngle` contém os membros `_line1` e `_line2`, que representam os segmentos de reta de uma medição angular e o membro `_angle`, que representa o ângulo formado entre este dois segmentos. Tanto a classe `TSvgAngle` assim como a classe `TSvgLine` contém

um membro referente a um descrição do objeto, que pode ser usada para comentar a medida feita.

Figura 3.7 - Diagrama de Classes com estrutura hierárquica dos objetos de desenho.



3.2.4 Armazenamento

O armazenamento dos prontos, feito em arquivo de formato XML, guarda todos os dados oriundos das avaliações. Assim é possível abrir qualquer arquivo do tipo “.sap” usando uma cópia qualquer do sistema, o que possibilita uma maior flexibilidade e portabilidade dos projetos.

Todos os dados armazenados no arquivo de projeto, escrito em linguagem XML, seguem uma estrutura hierárquica semelhante à

estrutura do sistema. Um modelo deste arquivo é apresentado no Apêndice C.

A estrutura é iniciada com a tag <medical_record>, que representa um prontuário referente a um paciente. Esta tag contém duas outras: <mr_patient> e <mr_group_exams>, que armazenam as informações do paciente e as avaliações referentes a este paciente, respectivamente.

A tag <mr_patient> contém várias outras referentes aos dados do paciente, como nome, data de nascimento, etc. Já a tag <mr_group_exams> é uma lista de tags <ge_exam>, que armazenam os dados de uma avaliação. Esta tag também possui dois atributos: e_date e e_hour, que guardam a data e a hora em que a avaliação foi criada.

Cada tag <ge_exam> é composta pelas tags: <e_evaluator>, <e_data>, <e_group_bases> e <e_group_images>. Nesta estrutura, a tag <e_evaluator> contém outras tags referentes aos dados do avaliador, como nome, profissão, etc. A tag <e_data> contém outra estrutura de dados referente a todas as informações de uma avaliação como os dados físicos e avaliação funcional. Já a tag <e_group_bases> contém uma lista de tags <gb_es_base>, que por sua vez, armazena os resultados da execução de uma base de sistema especialista. Esta estrutura, com um lista de resultados para sistema especialista, foi mantida afim de possibilitar o armazenamento futuro de mais de uma base de sistema especialista por avaliação.

A tag <e_group_images> contém uma lista com todas as imagens referentes àquela avaliação. Estas imagens são armazenadas nas tags <gi_image>, sendo que esta tag possui três atributos, onde os dois primeiros, denominados i_width e i_height, representam a largura e a altura da imagem, respectivamente e o terceiro, denominado <i_data_type> guarda o tipo de compactação usada pela imagem.

Em sua estrutura, a tag <gi_image> contém as tags <i_name>, que armazena o nome dado a imagem, <i_img_data>, que armazena a imagem em questão, <i_note>, referente às anotações feitas sobre a imagem, <svg_img_config>, referente às configurações desta imagem, como os índices de calibração e unidade métrica. Por fim, a tag <gi_image> contém uma lista com todos os objetos de desenho vetorial contidos nesta imagem, sendo que esta lista é representada pela tag <i_group_objects>.

Esta tag, `<i_group_objects>`, contém quatro outras tags referentes aos objetos de desenho vetorial que são: medida linear, medida angular, linha base horizontal e linha base vertical. Cada uma destas tags agrupa todos os seus respectivos objetos de desenho. No caso da tag `<go_group_svg_lines>`, ela agrupa as tags de desenho referentes a medida linear nomeada de `<g_svg_line>`. Cada tag referente a um tipo específico de desenho possui atributos específicos, referentes àquele desenho vetorial. A tag `<g_svg_line>`, por exemplo, possui quatro atributos: `s1_x1`, `s1_y1`, `s1_x2` e `s1_y2`, referentes as coordenadas do dois pontos que formam o segmento de reta referente àquela medida. Cada tag de desenho vetorial, também contém uma tag `<svg_object_property>`, cujos atributos guardam as propriedades referentes àquele objeto e uma tag `<svg_text>`, que armazena informações de texto para descrição do objeto.

Na seqüência são listadas todas as tags utilizadas no arquivo de armazenamento do tipo “.sap”, estruturada de maneira hierárquica no formato XML.

Quadro 3.1 - Estrutura principal do arquivo de armazenamento de dados, contendo uma tag para paciente e outra para o grupo de avaliações.

```

<medical_record>
  • <mr_patient>
  • <mr_group_exams>
    • <ge_exam> ...

```


Quadro 3.2 - Estrutura para armazenamento dos dados de uma paciente, contendo as tag referentes às informações do mesmo.

```

<mr_patient>
  • <p_name>
  • <p_birth_date>
  • <p_gender>
  • <p_height>
  • <p_weigth>
  • <p_note>
  • <p_subject_cod>
  • <p_job>
  • <p_marital_status>
  • <p_place_birth>
  • <p_address>
  • <p_zip_code>
  • <p_neighborhood>
  • <p_city>
  • <p_state>
  • <p_country>
  • <p_fone>
  • <p_email>

```

Quadro 3.3 - Estrutura para armazenamento dos dados de uma avaliação, contendo as tag referentes às informações da mesma, como a base do sistema especialista assim como o grupo de imagens.

```

<ge_exam>
  • e_date
  • e_hour
  • <e_evaluator> ...
  • <e_data> ...
  • <e_group_bases>
    • <gb_es_base>
      • base_name
      • <esb_resposta>
  • <e_group_images>
    • <gi_image> ...

```

Quadro 3.4 - Estrutura para armazenamento dos dados de um avaliador, contendo as tag referentes às informações do mesmo.

```
<e_evaluator>
  • <e_name>
  • <e_job>
  • <e_cod>
  • <e_fone>
  • <e_email>
```

Quadro 3.5 - Estrutura para armazenamento dos dados referentes à avaliação de um paciente.

```
<e_data>
  • <d_weight>
  • <d_height>
  • <d_queixa_funcional>
  • <d_historia_queixa>
  • <d_conclusao_historia>
  • <d_avaliacao_morfo>
  • <d_avaliacao_queixa>
  • <d_estrategia_motora>
  • <d_group_hipoteses>
    • <gh_hipotese>
      • h_number_name
      • <h_hipotese>
      • <h_group_tests>
      • <gt_test>
        • t_number_name
```

Quadro 3.6 - Estrutura para armazenamento dos dados referentes à imagem de um paciente, assim como os objetos contidos na mesma.

```

<gi_image>
  • i_width
  • i_height
  • i_data_type
  • <i_name>
  • <i_img_data>
  • <i_note>
  • <svg_img_config>
  • <i_group_objects>
    • <go_group_svg_lines>
      • <g_svg_line> ...
    • <go_group_svg_vlines>
      • <g_svg_vline> ...
    • <go_group_svg_hlines>
      • <g_svg_hline> ...
    • <go_group_svg_angles>
      • <g_svg_angle> ...

```

Quadro 3.7 - Estrutura para armazenamento de um objeto de medida linear e suas características.

```

<g_svg_line>
  • sl_x1
  • sl_y1
  • sl_x2
  • sl_y2
  • <svg_object_property>
    • op_px
    • op_py
    • op_state
    • op_color
    • op_thickness
  • <svg_text>
    • <svg_object_property> ...
    • <st_text>

```

Quadro 3.8 - Estrutura para armazenamento de um objeto de linha base vertical e suas características.

```
<g_svg_vline>
  • svl_x
  • <svg_object_property> ...
  • <svg_text> ...
```

Quadro 3.9 - Estrutura para armazenamento de um objeto de linha base horizontal e suas características.

```
<g_svg_hline>
  • shl_y
  • <svg_object_property> ...
  • <svg_text> ...
```

Quadro 3.10 - Estrutura para armazenamento de um objeto de medida angular e suas características.

```
<g_svg_angle>
  • sa_x1
  • sa_y1
  • sa_x2
  • sa_y2
  • sa_vertex_x
  • sa_vertex_y
  • <svg_object_property> ...
  • <svg_text> ...
```

Um arquivo escrito em linguagem XML está codificado no formato de texto. Desta forma, sempre que desejarmos armazenar qualquer tipo de dado que não esteja na forma de texto, este precisará sofrer uma conversão. No caso das imagens referentes às avaliações, estas são compactadas para o formato JPEG, a fim de reduzir o tamanho final do arquivo. Este formato é codificado de forma binária, não podendo ser salvo diretamente em um arquivo texto, necessitando assim de uma conversão. Sendo neste caso, adotada o tipo de conversão conhecida como Base64. Base64 é um método para codificação de dados para transferência na Internet (codificação MIME para transferência de conteúdo). É utilizado frequentemente para transmitir

dados binários por meios de transmissão que lidam apenas com texto, como por exemplo, para enviar arquivos anexos por e-mail.

Este método é constituído por 64 caracteres que deram origem ao seu nome. Os caracteres utilizados são:

- a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z;
- A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X, Y, Z;
- /, *.

O caractere "=" é utilizado como um sufixo especial e a especificação original (RFC 989) definiu que o símbolo "*" pode ser utilizado para delimitar dados convertidos, mas não criptografados, dentro de um *stream*.

O princípio da codificação Base64 consiste em utilizar 4 caracteres imprimíveis (no formato EUA-ASCII) para codificar um grupo de 3 bytes ($3 \times 8 \text{ bits} = 24 \text{ bits}$). Percorrendo os dados binários da esquerda para a direita, grupos de 24 bits são criados concatenando blocos de 3 dados de 8 bits. Cada grupo de 24 bits é dividido seguidamente em quatro grupos de 6 bits, correspondente a 4 caracteres do alfabeto Base64.

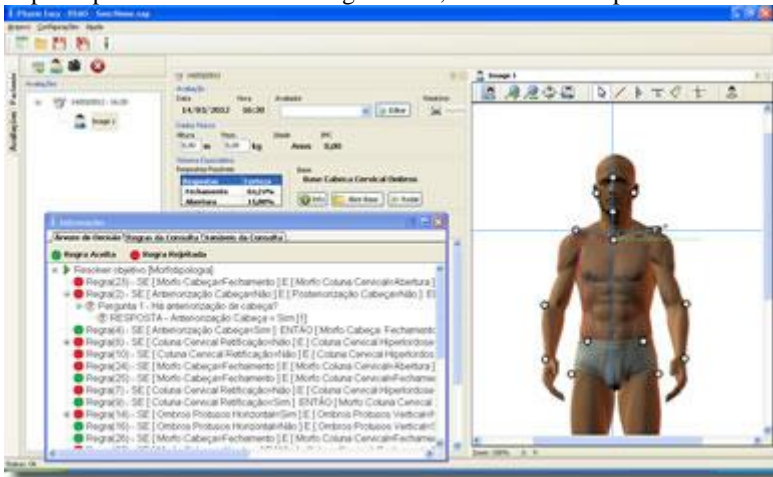
A codificação Base64 foi concebida para dados que formam um múltiplo de 24 bits. Assim, se o volume dos dados a codificar não formar um múltiplo de 24 bits, o resultado da codificação Base64 deve ser completado por 0 a 3 caracteres "=" a fim de obter um múltiplo de 24 bits. Este 65º caractere pode assim estar presente apenas no fim dos dados codificados.

3.3 UTILIZAÇÃO DO SISTEMA

O Sistema de Avaliação Postural recebeu o nome fantasia de *Physio Easy*, intuindo a facilidade no uso do mesmo. Durante a finalização do desenvolvimento, foi elaborado um tutorial de utilização do sistema, sendo este disponibilizado na própria interface do software. Este tutorial aborda as ferramentas existentes no sistema, assim como o modo correto de utilizá-las.

Na Figura 3.8 é apresentada uma imagem geral da interface do sistema.


Figura 3.8 - Interface do Sistema de Avaliação Postural (Physio Easy), composto por ferramentas de biofotogrametria, e um sistema especialista.




3.3.1 Prontuário

Todo paciente possui um arquivo de projeto, representando seu prontuário. Este prontuário agrega informação geral do paciente, assim como informações referentes a cada avaliação. Na parte superior da janela principal, encontra-se uma barra de ferramentas com botões para criar, abrir e salvar um prontuário, conforme é exibido na Figura 3.9.

Para criar um  **Novo Prontuário**, basta clicar no botão Novo.

Com o botão  **Abrir**, é possível abrir um prontuário existente.

O botão  **Salvar** serve para salvar as alterações feitas no projeto.

Com o botão  **Salvar Como**, é possível salvar uma cópia do projeto.

Figura 3.9 - Barra de ferramentas gerais e cadastro de paciente. Na barra de ferramentas tem-se a opção de abrir, salvar ou criar um novo prontuário. Já no cadastro de paciente é possível armazenar as informações básicas referentes ao mesmo.



The screenshot shows the 'Physio Easy - DEMO' application window. The title bar reads 'Physio Easy - DEMO - Sem Nome'. Below the title bar is a menu bar with 'Arquivo', 'Configurações', and 'Ajuda'. A toolbar is located below the menu bar, containing icons for opening, saving, and creating a new file. The 'Salvar Como' icon is highlighted with a red box. The main area of the window is a patient registration form. The form has a vertical sidebar on the left with 'Paciente' and 'Avaliações' tabs. The 'Paciente' tab is active. The form contains the following fields: 'Nome' (Fulano de Tal), 'Gênero' (Masculino), 'Nascimento' (31/05/1983), 'Idade' (28 Anos), 'Nota' (empty text area), 'CPF', 'Profissão', 'Endereço', 'CEP', 'Bairro', 'Município', 'Estado', 'Telefone', and 'E-Mail'.

Na aba Arquivo do menu superior, é possível encontrar estas mesmas ferramentas, além das opções de fechar projeto e sair do sistema.

Todo novo prontuário possui um cadastro de paciente com informações básicas como: Nome, Gênero, etc. Os dados contidos neste cadastro não são de preenchimento obrigatório, mas servem para identificação do paciente.

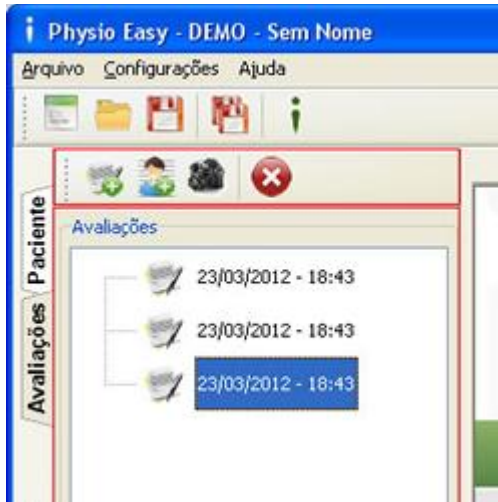
O campo *Idade* é calculado automaticamente a partir da data de nascimento, e herdado a cada nova avaliação criada.


3.3.2 Avaliações


Todo Prontuário, referente a um paciente, pode ter zero ou mais avaliações. As avaliações referentes ao projeto em questão são exibidas na lista de avaliações. Para visualizar a lista de avaliações, basta clicar na aba Avaliações, no canto esquerdo do sistema.

Acima da lista de avaliações encontra-se a barra de ferramentas das avaliações. Como é exibido na Figura 3.10.

Figura 3.10 – Lista de avaliações do sistema. Cada paciente pode ter N avaliações.



Para criar uma nova avaliação basta clicar no botão  **Nova Avaliação**. Ao criar uma nova avaliação, esta será automaticamente nomeada com a data e hora corrente e exibida na lista de avaliações.

Caso se queira excluir uma determinada avaliação, basta selecionar a avaliação em questão na lista de avaliações, e clicar no botão  **Excluir**. Caso a avaliação a ser excluída possua imagens vinculadas, estas também serão excluídas.

Dando dois cliques sobre qualquer avaliação exibida na lista de avaliações, está será aberta na área principal.

Figura 3.11: Avaliação aberta na área principal. Nesta janela são exibidas as informações da avaliação como data e avaliador responsável, os dados físicos do paciente, o resultado do sistema especialista assim como as informações referentes à anamnese.

The screenshot shows a software window titled "Physio Easy - DEMO - Sem Home". The main content area displays an evaluation form for the date 23/03/2012 at 21:06, performed by evaluator "Av 3". The form is divided into several sections:

- Avaliação:** Date (23/03/2012), Hora (21:06), Avaliador (Av 3), and Relatório (Print icon).
- Dados Físicos:** Height (0,00 m), Weight (0,00 kg), Age (0,00 Anos), and BMI (0,00).
- Sistema Especialista:** A table of responses:

Respostas	Certeza
Fechamento	64,24%
Abertura	15,00%

 Below this table are buttons for "Info", "Abrir Base", and "Rodar".
- Avaliação Funcional:** Includes tabs for "Quebra Funcional", "Estratégia Motora", and "Conclusão". The "Quebra Funcional" section contains a large empty text area, a "História da Quebra Funcional" section with another empty text area, and a "Conclusão da História" section with a third empty text area.

Na janela de cada avaliação encontram-se campos referentes ao avaliador responsável, aos dados físicos do paciente, ao sistema especialista, assim como à avaliação funcional em si.

Um avaliador padrão é automaticamente atribuído a cada novo exame criado. Caso se queira alterar os dados do avaliador, basta clicar no botão **Editar**.

Sempre que uma nova avaliação é criada, está herda automaticamente os dados físicos (peso e altura) da avaliação anterior, sendo que estes podem ser alterados a qualquer momento. Os campos Idade e IMC (Índice de Massa Corporal) são calculados automaticamente. Na Figura 3.12 é exibido o formulário com os dados físicos do paciente.

Figura 3.12 - Formulário com os dados físicos do paciente.

This close-up shows the "Dados Físicos" section of the form. It contains four input fields:

- Altura: 0,00 m
- Peso: 0,00 kg
- Idade: Anos
- IMC: 0,00



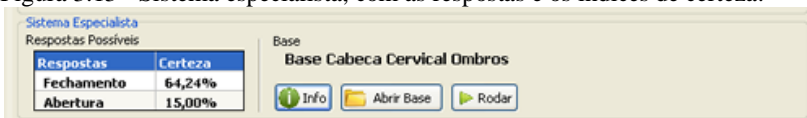

O Sistema Physio Easy é capaz de rodar qualquer base de conhecimento construída com o Shell Intellec System. Para rodar uma base sobre um determinado problema, basta carregar a base em questão clicando no botão  **Abrir Base** e em seguida clicar no botão  **Rodar**, exibidos na Figura 3.13.

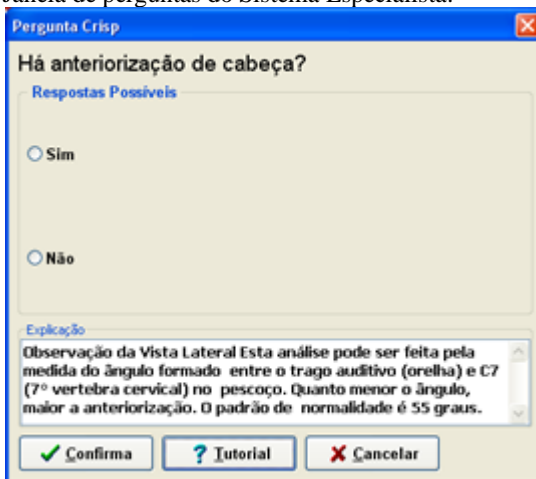
Figura 3.13 - Sistema especialista, com as respostas e os índices de certeza.



Na sequência o sistema irá abrir uma janela (Figura 3.14) na qual o avaliador poderá interagir com o mesmo, escolhendo a melhor resposta para as perguntas apresentadas. Após escolher uma resposta, basta clicar no botão  **Confirmar**, para seguir para a próxima pergunta.

Logo abaixo ao campo de resposta, o sistema exibe um campo com uma explicação, justificando a necessidade da pergunta feita.

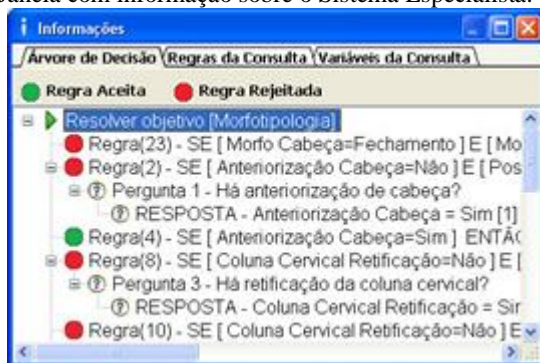
Figura 3.14 - Janela de perguntas do Sistema Especialista.



Após o avaliador responder as perguntas feitas pelo sistema, com base na entrevista com o paciente, o sistema especialista irá exibir as possíveis respostas assim como um índice de certeza referente a cada uma delas. Esta resposta pode ajudar o profissional de saúde, auxiliando-o na tomada de decisão.

Clicando no botão Informações, uma janela com os dados referentes à base rodada será exibida (Figura 3.15). Esta janela contém dados referentes ao caminho traçado pelo sistema especialista com base nas respostas do avaliador. Na aba *Árvore de Decisão* é exibida a lógica de raciocínio adotada pelo SE para construção das respostas.

Figura 3.15: Janela com informação sobre o Sistema Especialista.



Os campos referentes à avaliação funcional seguem uma estrutura de modelo investigativo que pode ser utilizado durante a anamnese. Este modelo é subdividido em três abas, sendo elas: *Queixa Funcional*, *Estratégia Motora* e *Conclusão*, como é exibido na Figura 3.15.

Em todos os campos apresentados nestas abas, basta digitar a informação necessária, que está será automaticamente atribuída à avaliação. Não se esqueça de que a avaliação deve ser salva para que todos os dados sejam armazenados no arquivo.

Na aba *Estratégia Motora*, o avaliador pode inserir inúmeras *Hipóteses*, sendo que para cada nova hipótese criada é possível inserir inúmeros *Testes*.

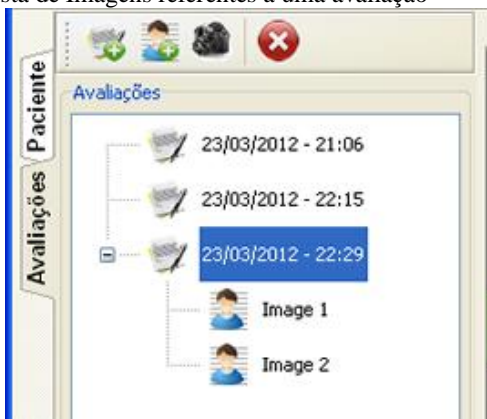
Figura 3.16 - Formulário de avaliação funcional.

3.3.3 Imagens


Para cada avaliação criada, pode-se inserir inúmeras imagens. Estas imagens podem ser adquiridas a partir de um arquivo ou capturadas através de uma câmera ligada ao computador.


As imagens inseridas em uma determinada avaliação são exibidas na lista de avaliações, exibida na Figura 3.17.


Figura 3.17 - Lista de Imagens referentes a uma avaliação



Para inserir uma nova imagem em uma avaliação, basta selecionar uma avaliação, clicando sobre ela na lista de avaliações, e em

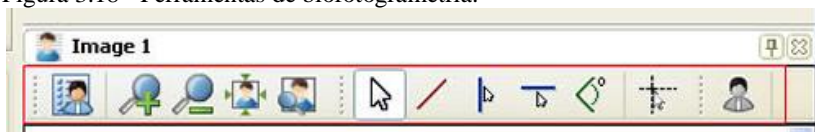
seguida clicar no botão  **Nova Imagem**. Após escolher o arquivo referente a imagem, o sistema exibirá uma janela para que seja digitado um nome para a imagem escolhida.

Outra forma de inserir uma imagem a uma avaliação é capturando a imagem através de uma câmera ligada ao computador. Para isso clique no botão  **Capturar Imagem**. Isto abrirá uma janela com a imagem capturada pela câmera. Após a captura da imagem, o sistema exibirá uma janela para que seja inserido um nome para a imagem.


Para excluir uma imagem, basta selecionar a imagem na lista de avaliação, e em seguida clicar no botão  **Excluir**.


O sistema possui várias ferramentas de biofotogrametria, que proporcionam ao avaliador extrair métricas das imagens analisadas, além de outras ferramentas auxiliares. Estas ferramentas estão localizadas na parte superior de cada imagem, como exibido na Figura 3.18.


Figura 3.18 - Ferramentas de biofotogrametria.




Todo objeto inserido em uma imagem se mantém independente desta imagem, o que nos permite editá-lo ou excluí-lo a qualquer momento sem alterações na imagem original

A ferramenta de  **Seleção**, possibilita ao usuário manipular os objetos inseridos sobre a imagem. Para mover um objeto qualquer, basta clicar sobre o objeto, mantendo o botão pressionado. Em seguida mova o objeto até o local desejado e solte o botão.


Para efetuar uma  **Medida Linear**, ou seja, a distância entre dois pontos deve-se primeiro selecionar a ferramenta, clicando sobre o botão específico na barra de ferramentas. Em seguida de um primeiro clique sobre a posição inicial da imagem, de onde se deseje fazer a medida, e um segundo clique sobre a posição final desta medida. Com isso uma semi-reta será exibida sobre a imagem, e o comprimento da mesma será automaticamente calculado e exibido na tela. Caso se queira alterar a dimensão da linha, basta arrastar um dos dois pontos que delimitam a linha para uma nova posição na tela.

A  **Medida Angular** serve para medirmos o ângulo formado entre duas retas. Após selecionar a ferramenta clicando sobre o

respectivo botão, dê um primeiro clique sobre onde seria a interseção das retas cujo ângulo deseja-se medir. Ou seja, o primeiro clique, indica a posição do vértice. Na seqüência, dê um segundo clique sobre uma posição qualquer referente a um ponto da primeira reta, em seguida dê um terceiro clique sobre uma posição qualquer referente a segunda reta. Após esta ação, duas semi-retas, formando um ângulo serão exibidas, assim como o valor do ângulo formado. Caso se queira alterar o ângulo formado, basta arrastar um dos três pontos, que delimitam as duas linhas que formam este ângulo, para uma nova posição na tela.


A  **Linha Base Vertical** serve para termos uma referência precisa deste plano na imagem. Esta referência depende da correta calibração angular da imagem.

Para inserir uma Linha Base Vertical, basta clicar sobre a imagem, mantendo o botão pressionado. Em seguida, basta mover a linha até a posição desejada e soltar o botão.


A  **Linha Base Horizontal** nos dá uma referência do plano horizontal. Sendo que assim como na Linha Base Vertical, esta depende da correta calibração angular.


Para inserir uma Linha Base Horizontal, basta clicar sobre a imagem, mantendo o botão pressionado. Em seguida, basta mover a linha até a posição desejada e soltar o botão. O ângulo entre uma Linha Base Vertical e uma Linha Base Horizontal sempre será de 90 graus.

Além das ferramentas de medidas o Physio Easy possui uma série de outras ferramentas auxiliares, que ajudam o avaliador no trabalho com as imagens.


As  **Linhas Guia** servem para que o avaliador tenha referência dos planos vertical e horizontal enquanto efetua medições sobre a imagem. Para utilizar esta ferramenta, basta clicar sobre o respectivo botão na barra de ferramentas, e automaticamente o conjunto de linhas acompanhará o movimento do mouse sobre a imagem.


Para deixar de utilizar esta ferramenta, basta clicar novamente sobre o respectivo botão na barra de ferramentas.

A ferramenta  **Tons de Cinza**, quando ativada, mantém toda a imagem, com exceção dos objetos inseridos, em tons de cinza. Desta forma fica mais fácil observar as medidas efetuadas sobre a imagem. Seu uso é semelhante ao das Linhas Guia, bastando clicar sobre o respectivo botão na barra de ferramentas para selecionar ou liberar o uso desta ferramenta.

O  **Zoom Mais** serve para que o avaliador possa ampliar o tamanho da imagem, tendo uma melhor visualização da mesma. A cada

clique sobre este botão, a imagem receberá um aumento de 10%. O usuário poderá trabalhar normalmente com as imagens, mesmo que esteja com o efeito de zoom.

O  **Zoom Menos** serve para reduzir o tamanho de uma imagem.

A ferramenta  **Zoom 100%** redimensiona a imagem para seu tamanho original, desfazendo qualquer efeito de zoom.


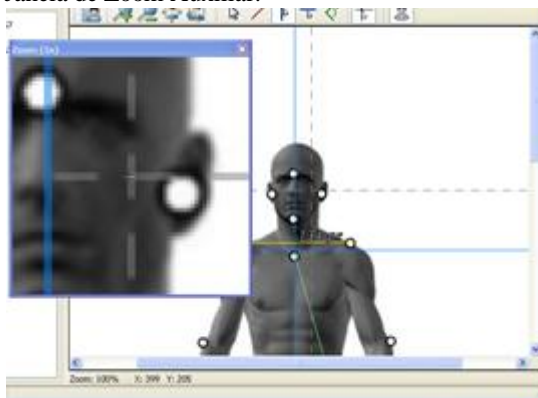
Ao selecionar a opção de  **Zoom Auxiliar**, uma pequena janela auxiliar será aberta (Figura 3.19). Esta janela exibirá a imagem em questão com um zoom de cinco vezes sobre a posição do mouse. Esta ferramenta é bastante útil quando se deseja ter maior precisão ao clicar sobre um ponto específico na tela.

Figura 3.19 - Janela de Zoom Auxiliar.



Clicando sobre o botão  **Propriedades**, o sistema apresentará uma janela com dados referentes a imagem (Figura 3.20).

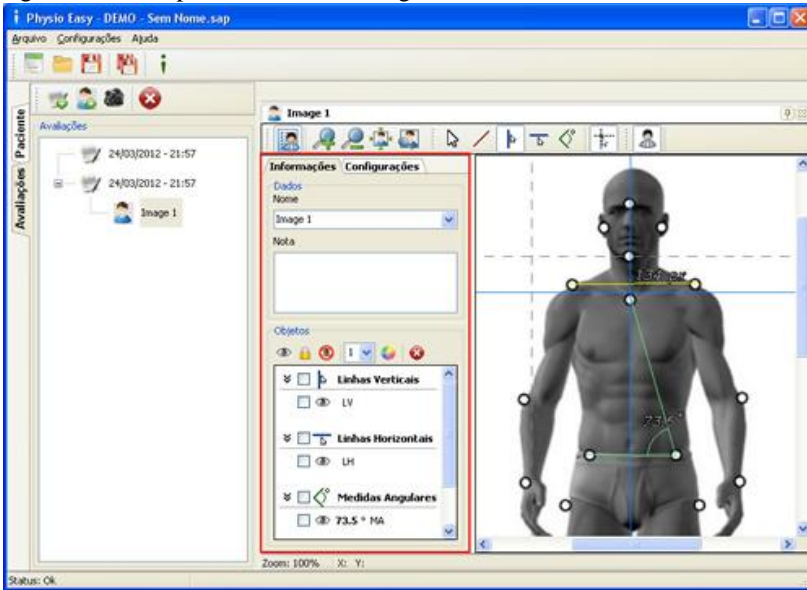
Na aba Informações encontra-se um campo com o nome da imagem e outro para anotações. Ambos os campos podem ser alterados a qualquer momento.

Abaixo se encontra a lista de objetos inseridos sobre a imagem. Através desta lista é possível editar qualquer objeto inserido na imagem. Para isso basta selecionar os objetos, clicando sobre a caixa (*check box*) referente ao objeto que se queira alterar. Dentre as características dos objetos que se possa alterar estão a cor e a espessura da linha.







Como ferramenta de auxílio é possível visualizar ou não um objeto na tela, assim como bloquear o mesmo para que não seja movido pelo clique do mouse. Para isso, basta selecionar os objetos na lista de

objetos, e clicar sobre o respectivo botão na barra de ferramentas acima da lista.

Figura 3.20 – Propriedades de uma imagem.



As ferramentas contidas na barra de ferramentas são:

-  **Visualizar:** Mantém um objeto visível na tela.
-  **Não Visualizar:** Torna um objeto invisível na tela.
-  **Bloquear:** Bloqueia um objeto na tela.
-  **Espessura:** Altera a espessura de um objeto.
-  **Cor:** Altera a cor de um objeto.
-  **Excluir:** Exclui um objeto.

Além das funções apresentadas, também é possível excluir um ou mais objetos selecionados na lista. Outra forma de excluir um objeto inserido na imagem é arrastando este para fora da área da imagem.

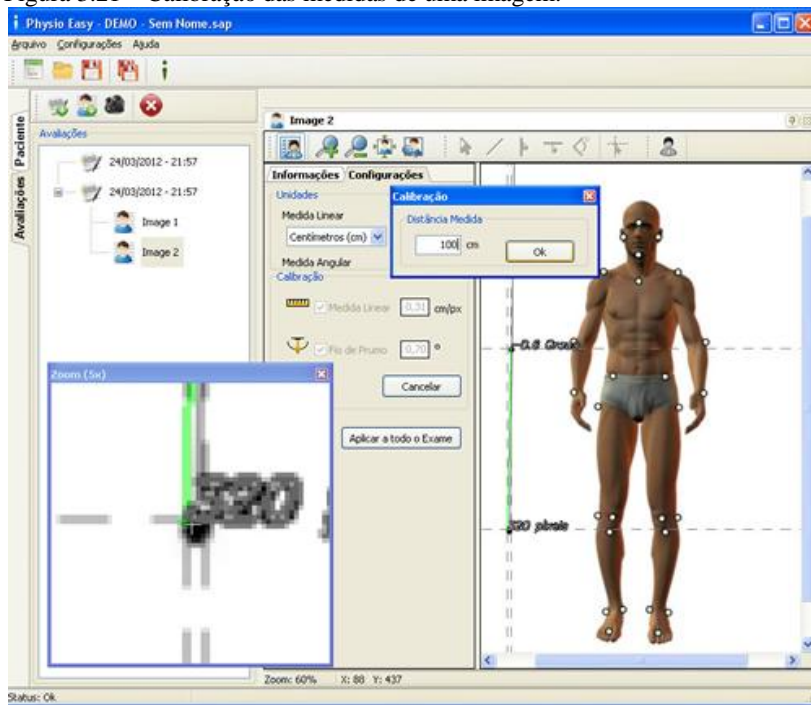
Na aba Configurações tem-se a opção de alterar a unidade de medida, e as ferramentas de calibração angular e linear.

O Sistema compartilha de dois tipos de calibração, sendo uma linear e outra angular. Na calibração angular, o sistema parte do

princípio de que a imagem esteja alinhada com o fio de prumo, ou seja, o plano referente ao chão está exatamente na horizontal. Já a calibração linear torna uma quantidade preestabelecida de pixels equivalente a um centímetro.

Para a realização da calibração de uma imagem, é necessário que a imagem analisada possua um fio de prumo com uma medida conhecida. É recomendável que o fio de prumo seja posicionado ao lado do paciente, o que diminuirá o erro de paralaxe durante as medições.

Figura 3.21 – Calibração das medidas de uma imagem.



Para efetuar a calibração, primeiramente selecione o tipo de calibração que se deseja efetuar, clicando em seguida sobre o botão Calibrar. Na seqüência, clique primeiramente sobre o início da medida do fio de prumo, e em seguida sobre fim da medida. Caso se tenha escolhido a opção de calibração linear, automaticamente o sistema exibirá um janela para que seja digitado o comprimento da medida desenhada na tela. Após confirmar esta medida o sistema estará


calibrado. Na Figura 3.21 são exibidas as ferramentas de calibração de uma imagem.

Caso se deseje aplicar esta calibração às demais imagens do exame, basta clicar sobre o botão **Aplicar a Todo o Exame**.

3.3.4 Configurações

O sistema também possui um conjunto de configurações que podem ser pré-definidas, mantendo assim o sistema de acordo com a preferência do usuário. Estas configurações podem ser definidas a partir da aba **Configurações**, no menu principal, na parte superior do sistema.

Na aba **Medidas**, é possível definir a cor e a espessura dos objetos desenhados sobre as imagens, assim como a cor e espessura da linha guia. Nesta aba também é possível definir a unidade de medida linear que as medidas feitas terão (Figura 3.22). Lembre-se de que estas medidas podem ser alteradas individualmente em cada objeto inserido em uma imagem.

Na aba  **Calibração** é possível efetuar uma calibração padrão das imagens. Esta calibração será atribuída às novas imagens inseridas a qualquer exame de um prontuário. As imagens existentes não terão sua calibração alterada.

O processo de calibração é o mesmo utilizado em uma calibração individual. Para isso será necessário abrir, (ou capturar de uma câmera), uma imagem com as dimensões desejadas na calibração das demais imagens. Em seguida, basta selecionar o tipo de calibração desejada, clicar no botão **Calibrar** e desenhar a linha de calibração na imagem padrão.



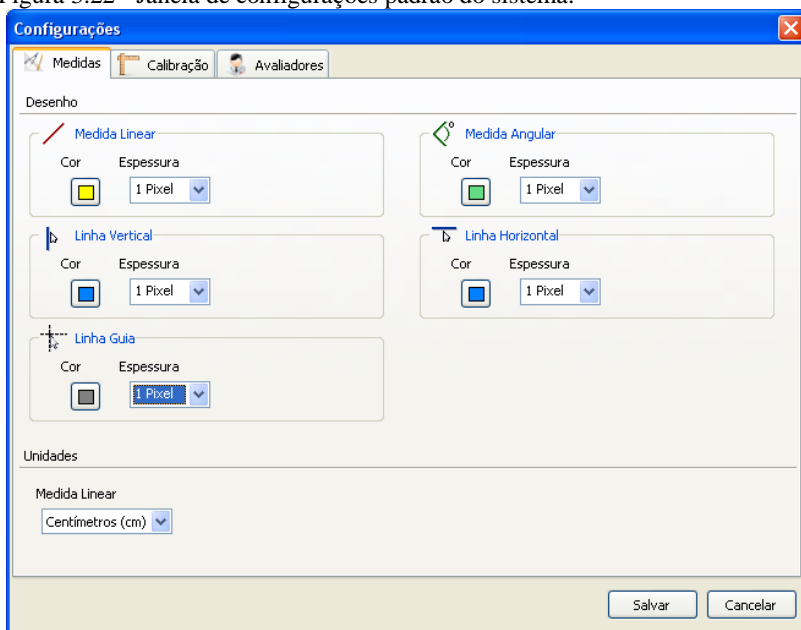
O sistema também permite a inserção de avaliadores pré-definidos, assim como a definição de um  **Avaliador Padrão**. Este avaliador padrão será automaticamente atribuído à um novo exame, quando este for criado. Os demais avaliadores serão listados para que possam rapidamente ser escolhido pelo usuário. Estas configurações poder ser feitas na aba  **Avaliadores**.

Figura 3.22 - Janela de configurações padrão do sistema.



4. VALIDAÇÕES

Após o desenvolvimento do sistema, foram realizados alguns testes com o mesmo a fim de validar suas ferramentas. Foram realizados testes métricos, onde foram analisadas questões referentes aos possíveis erros encontrados nas medidas e testes funcionais, onde se analisou as ferramentas de biofotogrametria. O módulo de sistema especialista não sofreu nenhum tipo de validação, já que a base utilizada apenas serve de modelo, não sendo o objetivo do projeto, criar uma base de sistema especialista.

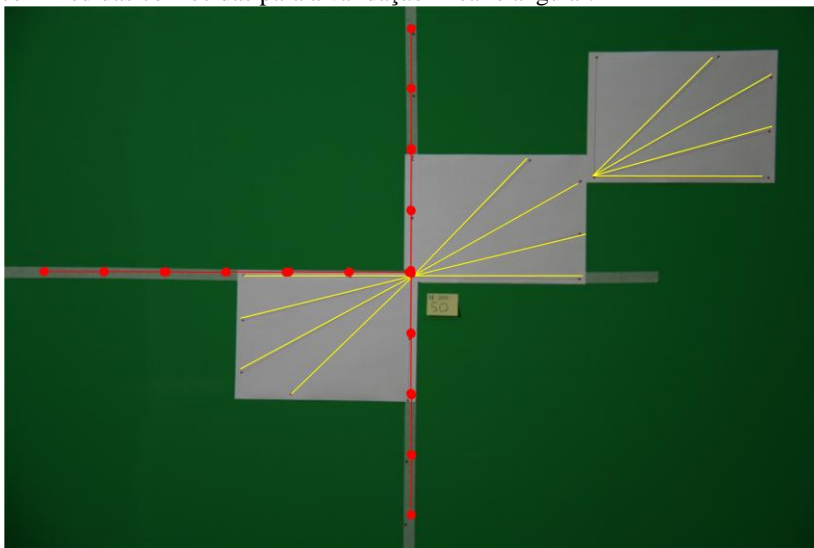
4.1 TESTES MÉTRICOS

Inicialmente foram analisadas as diferentes possibilidades de ocorrência de erros durante a extração de métricas. Para isso foram realizados testes para avaliar a dispersão de pixels na área de uma imagem, o erro das medidas na extração de métricas e o possível erro de paralaxe existente nas medidas.

Durante a realização das análises de erro foram utilizadas imagens com medidas de ângulos e distâncias conhecidas. Folhas com o desenho de linhas formando ângulos de 15° entre si foram impressas e fixadas em um quadro próprio para este fim, conforme é exibido na Figura 4.1. No quadro também foram fixadas uma faixa horizontal e outra vertical. Estas foram marcadas com distâncias de 10 cm entre si. Tanto a fixação das figuras com ângulos assim com as faixas, foram feitas com o auxílio de um fio de prumo, afim de que estas ficassem corretamente posicionadas, tanto na vertical como na horizontal.

Para os testes de erro de paralaxe, foi fixada uma faixa com medidas de 10 cm a uma distância de 40 cm do quadro. Esta faixa foi posicionada ligeiramente ao lado daquela existente no quadro, de modo que ambas as medidas fossem visíveis na imagem. A distância de 40 cm do quadro foi escolhida a fim de simular uma média de maior circunferência encontrada no tronco de um humano. Este teste é importante a fim de verificar suposto erro que pode haver ao medirmos distâncias entre pontos que se encontram em planos distintos. Como toda imagem adquirida, será sempre uma projeção sobre um plano, a extração de métricas desta imagem deve ser feita entre pontos contidos em um mesmo plano.

Figura 4.1 - Quadro com imagens para validação. Foram utilizadas imagens com medidas conhecidas para a validação linear e angular.

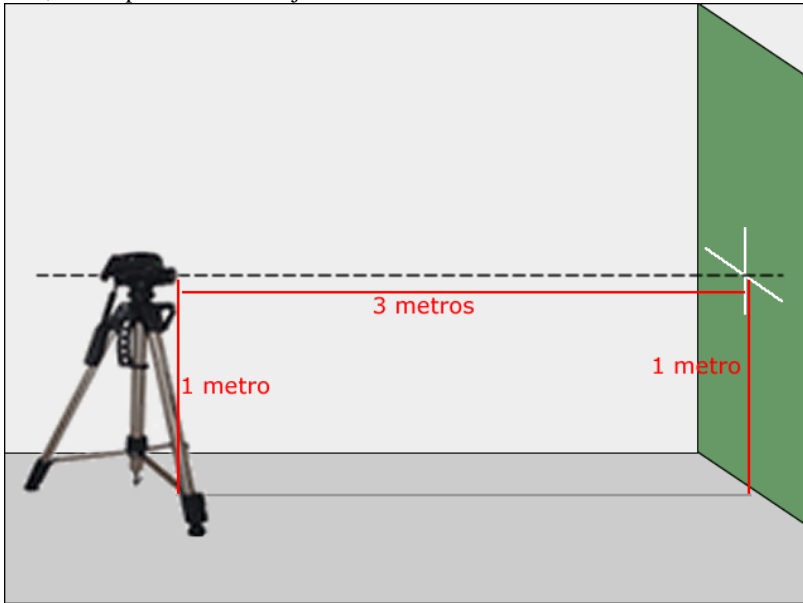


A captura das imagens foi realizada em um estúdio profissional. Esta captura foi feita com uma câmera profissional da marca Canon, modelo *REBEL Xti Digital* e uma *Cyber-shot* da marca Sony, modelo *DSC-W55*. Com a câmera da marca *Canon* foi utilizada lentes de 50 mm, 80 mm e 200 mm.

A escolha da lente de 50 mm se deu pelo fato desta possuir características de perspectiva que mais se assemelham às encontradas em um observador humano. A lente de 200 mm foi selecionada com o intuito de se obter um menor grau de distorção. Isto ocorre devido ao fato do zoom criado por esta lente manter a imagem na parte central da mesma. Assim, a área de curvatura da lente utilizada para captura da imagem é mínima (FAZENDO VÍDEO). Já a lente de 80 mm foi escolhida a fim de se obter uma configuração intermediária entre as outras lentes citadas.

A câmera foi instalada sobre um tripé com dois níveis de bolha e posicionada a 3m de distância do quadro com as imagens. A altura da câmera com o tripé foi ajustada em 1m de altura, de modo que o centro da lente ficasse exatamente na mesma altura do centro da imagem fixada no quadro, como é exibido na Figura 4.2. Desta forma garantiu-se que as figuras ficassem enquadradas no centro da imagem capturada.

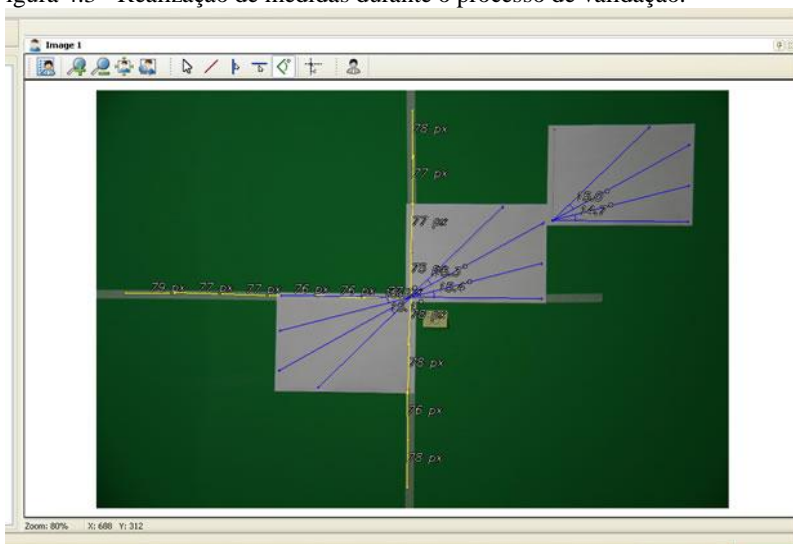
Figura 4.2 - Configuração do sistema de aquisição de imagens para validação. A distância entre o quadro e o centro da lente, assim como entre está ultima e o chão, foram pré definidas e ajustadas.



Tanto a avaliação para a verificação da dispersão de pixels assim como a análise de erro existente na extração de métricas foi realizado através da comparação de objetos com as mesmas dimensões em diferentes áreas da imagem. Para isso foram utilizadas 50 medições lineares e 25 angulares, feitas por 5 usuários diferentes.

Os usuários foram selecionados aleatoriamente e aceitaram participar da análise de forma voluntária. Durante os testes, foi pedido a cada voluntário que efetuasse medição sobre os objetos da imagem, como pode ser visto na Figura 4.3. Estas medições foram feitas com a utilização do sistema desenvolvido, de modo, que durante o teste o valor das medias não era exibido aos usuários. Isto foi feito para que não houvesse a indução de valores nas medidas subsequentes. Posteriormente os valores das medidas foram extraídos computacionalmente e então catalogados para posterior análise.

Figura 4.3 - Realização de medidas durante o processo de validação.



4.2 VALIDAÇÕES FUNCIONAIS

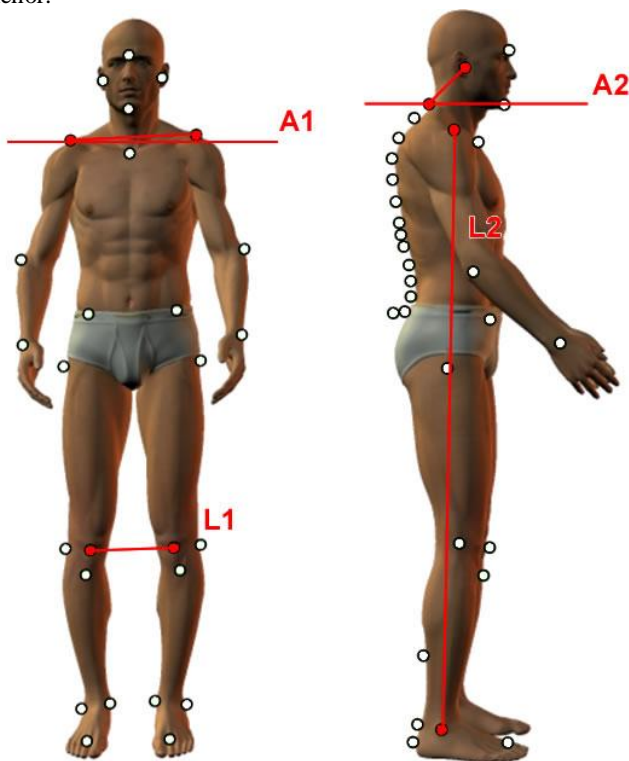
Os testes funcionais tiveram como objetivo a validação das ferramentas de biofotogrametria. Para isso comparou-se as medidas realizadas com o sistema desenvolvido com as mesmas medidas feitas com um sistema utilizado como referência. O sistema escolhido foi o SAPO (Sistema de Avaliação Postural), que já foi testado e validado (BRAZ, 2008; FERREIRA *et al*, 2010; SOUZA, 2011); e é conhecido e utilizado por muitos profissionais da área.

Este processo de validação fez uso de 23 imagens de diferentes pacientes que voluntariamente concordaram em participar da pesquisa realizada. O grupo de pacientes foi escolhido de forma aleatória, sendo composto por indivíduos de várias idades, saudáveis ou não. Esta pesquisa foi devidamente encaminhada e aprovada pelo comitê de ética da Universidade Federal de Santa Catarina sob o número de protocolo 2109/11. Antes do processo de captura das imagens, cada voluntário assinou um termo de esclarecimento, de acordo com as exigências deste comitê. Este termo pode ser visualizado no Apêndice D.

As imagens dos 23 pacientes foram feitas em um estúdio de avaliação postural, sendo realizadas por um mesmo profissional, com experiência neste tipo de avaliação. A câmera utilizada foi uma *Cyber-shot* da marca Sony, modelo DSC-W55 de 7.2 mega pixel, do mesmo tipo que a utilizada nos testes métricos. Durante a realização das imagens, a câmera foi posicionada a uma distância de 3 metros dos pacientes e a uma altura de 90 centímetros do chão. Antes de cada seção de fotos, cada paciente teve seus pontos anatômicos devidamente marcados com uma bolinha de isopor. Para cada paciente foram realizadas quatro fotos distintas, sendo referente às vistas: frontal, posterior, lateral direita e lateral esquerda.

Durante os testes foram utilizadas imagens da vista frontal e lateral direita. De cada imagem avaliada foram feitas duas medias, sendo uma angular e outra linear. Na vista frontal foram realizadas duas medidas menores, ou seja, um ângulo pequeno e uma distância curta. Já na vista lateral foram feitas duas medidas maiores. Com isso buscou-se eliminar qualquer discrepância que pudesse estar relacionada ao tamanho das medidas.

Figura 4.4 - Medidas realizadas durante os testes funcionais. Foram utilizadas medidas lineares e angulares, sendo para cada caso utilizada uma medida maior e outra menor.



Na Figura 4.4 é possível observar as medidas realizadas durante os testes. Na vista frontal foi medido o ângulo formado entre os acrômios e plano horizontal (A1), assim como a distância entre os pontos mediais da patela direita e esquerda (L1). Na vista lateral direita, foi medido o ângulo de alinhamento da cabeça (A2), e a distância entre o acrômio direito e o maléolo lateral direito (L2).

A validação foi realizada com auxílio de três profissionais da área fisioterapêutica, habituados ao uso de ferramentas de biofotogrametria e conhecedores do sistema usado como referência (SAPO). Em um primeiro momento foi pedido que cada voluntário realizasse as medidas utilizando o sistema de referência (SAPO). Todas as quatro medidas foram realizadas sobre as vinte e três imagens utilizadas na avaliação.

As medidas extraídas das imagens foram anotadas por cada voluntário, sendo ao final das medições, recolhidas para posterior análise.

Em um segundo momento, foi pedido a cada voluntário que se realiza as mesmas medidas utilizando o sistema desenvolvido. Os valores das medidas feitos com o sistema desenvolvido não precisaram ser anotados, sendo que estes eram salvos no sistema, evitando assim qualquer tipo de comparação com os valores anteriormente medidos. O tempo gasto durante o processo de medição com ambos os sistemas, também foi anotado para posterior análise. No Apêndice F é possível observar os valores extraídos do processo de medição para ambos os sistemas.

As imagens utilizadas pelos avaliadores voluntários foram disponibilizadas na mesma ordem para ambos os sistemas e para todos os participantes. Da mesma forma, os computadores utilizados pelos voluntários, eram do mesmo modelo, contendo as mesmas configurações de hardware e software, assim como os monitores utilizados, que também eram do mesmo modelo e marca para todos os participantes.

Cada participante foi devidamente orientado e instruído a calibrar o sistema utilizado. Estas calibrações eram realizadas para ambos os sistemas antes de cada processo de medição realizada. Os participantes também foram treinados e instruídos quanto à utilização das ferramentas de biofotogrametria em ambos os sistemas.

Como forma de validação para a comparação realizada entre os sistemas analisados, utilizou-se o método estatístico de *Bland-Altman* (Bland *et al*, 1986), que analisa a concordância entre sistemas através da plotagem de dados e é muito usado na área médica.

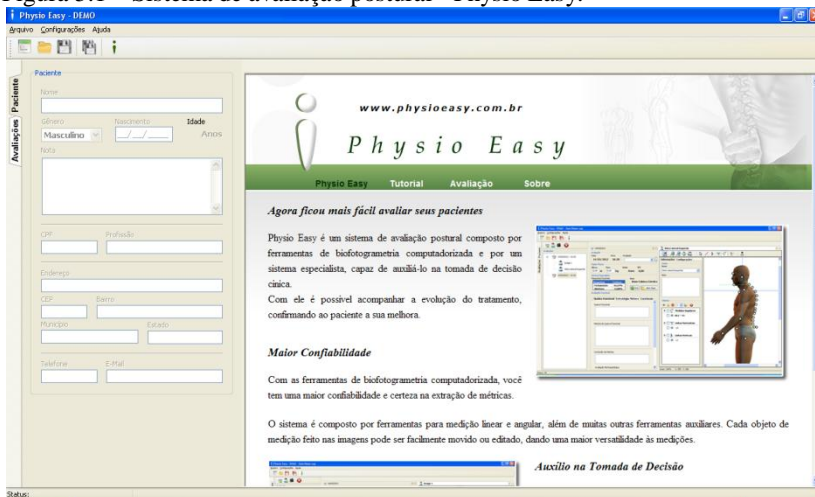
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 PHYSIO EASY

Como resultado final do trabalho realizado, obteve-se um sistema computacional voltado para o auxílio durante os processos de avaliações posturais, acompanhamento clínico e na tomada de decisão.

O software foi desenvolvido para o sistema operacional Windows, sendo testado nas versões Windows XP, Windows Vista e Windows 7, não sendo constatados problemas que envolvessem estas diferentes versões. Na Figura 5.1 é apresentado o software desenvolvido, com sua identidade visual própria.

Figura 5.1 – Sistema de avaliação postural - Physio Easy.



Em um aspecto geral o software se mostrou bastante atrativo, buscando abranger as recomendações de qualidade citadas na norma ISO/IEC 9126. No aspecto ergonômico procurou-se sempre analisar as ferramentas existentes em outros sistemas, a fim de aprimorar as ferramentas desenvolvidas, o que ajudou a tornar o sistema mais ágil e fácil de ser utilizado.

Uma das vantagens encontradas no *Physio Easy* é em relação a sua interface. No software é possível visualizar lado a lado as várias avaliações ou imagens de um paciente. Assim, além de tornar mais fácil

a comparação de diferentes avaliações e imagens, também é possível avaliar várias imagens de uma mesma avaliação, visualizando as várias vistas de um paciente.

O mesmo também ocorre com o sistema especialista. Durante a execução de uma base, o avaliador poderá abrir uma nova imagem, efetuando a qualquer momento a extração de novas métricas, a fim de responder as perguntas feitas pelo sistema especialista.

Não era objetivo deste trabalho o desenvolvimento de uma base de sistema especialista para avaliação postural, e sim possibilitar a execução de qualquer base que venha a ser criada, abrangendo desta forma os diversos problemas encontrados em uma avaliação postural. No entanto, com intuito de demonstração, foi criada uma base modelo, baseada no método de RPG, que é fornecida junto com o software.

Além das ferramentas já citadas, o software também foi munido de um tutorial capaz de auxiliar o usuário durante o uso do sistema. Este tutorial abrange aspectos de usabilidade, descrevendo passo a passo as ferramentas existentes, assim como a forma correta de utilizá-las. Este tutorial poder ser acessado na própria interface do sistema, podendo assim auxiliar o usuário durante os procedimentos de avaliação.

5.2 VALIDAÇÕES

Quanto às questões métricas, a distribuição de pixels na área de uma imagem se mostrou regular, ou seja, o mesmo número de pixels necessários para representar um objeto no centro da imagem é necessário para representar este mesmo objeto na periferia desta imagem.

Estes testes foram realizados devido a relatos encontrados na literatura, que citavam haver uma quantidade maior de pixels no centro das imagens em relação à borda da mesma. Segundo (Estigone, 2006), o erro encontrado foi em torno de 5% e pode variar de uma câmera para outra.

Este erro é gerado pelas distorções da lente, na aquisição de uma imagem. Acredita-se que a não ocorrência deste fenômeno nos testes realizados deve-se às novas tecnologias de lentes existentes hoje em dia, assim com a linearização efetuada pelas câmeras digitais mais modernas.

Quanto aos possíveis erros de medição, as 50 medidas feitas pelos cinco voluntários diferentes, apresentaram valores aproximados, não demonstrando grandes variações entre os diferentes voluntários, assim como entre as diferentes áreas da imagem. Na Tabela 5.1 são apresentados os resultados referentes às medidas dos 10 diferentes voluntários.

Tabela 5.1 – Resultado das medidas lineares realizadas pelos diferentes voluntários durante os testes métricos. Cada voluntário realizou 10 medidas de mesma dimensão em áreas distintas da imagem.

Medidas (px)	Usuário 1	Usuário 2	Usuário 3	Usuário 4	Usuário 5	Média	Modo
1	37	39	38	38	36	37,6	38
2	37	35	39	36	36	36,6	36
3	37	36	38	36	37	36,8	36
4	36	36	35	35	37	35,8	35
5	38	37	38	36	38	37,4	38
6	37	37	40	36	37	37,4	37
7	37	36	38	37	37	37	37
8	37	37	38	36	36	36,8	36
9	37	36	38	35	36	36,4	36
10	38	38	35	37	37	37	37
Média	37,1	36,7	37,7	36,2	36,7	36,88	
Modo	37	36	38	36	37		37

Como resultado destas medições obteve-se um desvio padrão de 1,1 e um erro médio de 0,9 pixels. Este erro, muitas vezes está relacionado à própria imprecisão do usuário no momento de clicar sobre um ponto da imagem, podendo também aparecer durante o processo de calibração. No caso deste último, poderá haver um acúmulo de erros durante a realização das medidas. Neste caso é recomendável efetuar a calibração com base na maior medida de referência possível, o que ajudará a diminuir o erro durante a calibração.

Já para as medidas angulares o desvio padrão foi de 0,54 e o erro médio de 0,42 pixels. Assim como no caso das medidas lineares, este erro pode ser causado pela imprecisão dos usuários no momento do clique. Na Tabela 5.2 são apresentados os resultados dos testes métricos para as medidas angulares.

Tabela 5.2 – Medidas angulares realizadas pelos 5 diferentes voluntários sobre um ângulo fixo de 15° distribuído em 5 diferentes posições da imagem.

Medidas (px)	Usuário 1	Usuário 2	Usuário 3	Usuário 4	Usuário 5	Média	Modo
1	14,5	14,8	13,6	15,3	14,7	14,58	#
2	15,4	15,2	16	15	15,4	15,4	15,4
3	14,6	15	14,9	14,4	13,8	14,54	#
4	14,8	15,2	15,2	15,2	15,7	15,22	15,2
5	15,2	15,2	14,2	14,7	15,5	14,96	15,2
Média	14,9	15,08	14,78	14,92	15,02	14,94	
Modo	#	15,2	#	#	#		15,2

No caso do erro de paralaxe, observou-se o mesmo resultado para todos os tipos de lentes. Nos testes realizados, o erro encontrado entre os planos foi de aproximadamente 16,5%, para a distância de 40 cm entre os mesmos. Desta forma é extremamente recomendável realizar medidas cujos pontos estejam em um mesmo plano da imagem. Na tabela 5.3 são apresentados os resultados do erro de paralaxe para as diferentes lentes.

Tabela 5.3 – Medidas resultantes do teste métrico, referente ao erro de paralaxe.

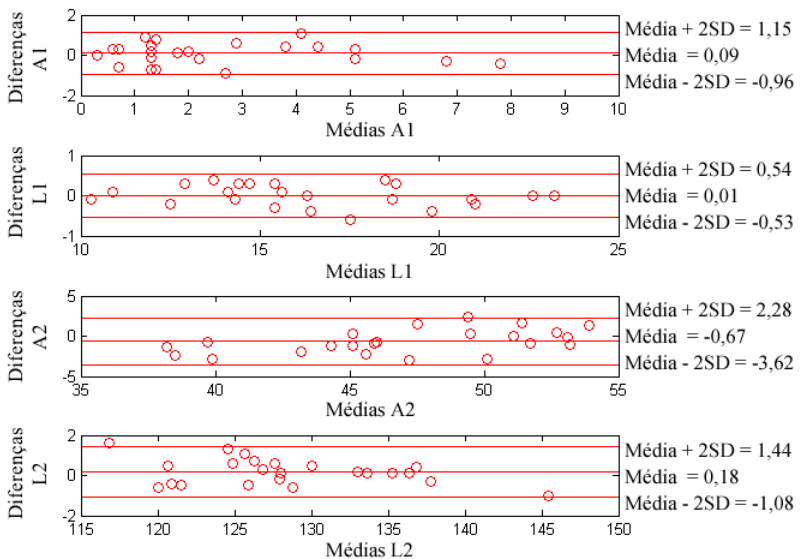
Lentes	Frente (px)	Fundo (px)	Diferença (px)	%
200 mm	46,8	40,3	6,5	16,13%
80 mm	46,4	39,8	6,6	16,58%
50 mm	46,8	40,3	6,5	16,13%
Cyber-Shot	46,8	40	6,8	17,00%
Média	46,7	40,1	6,6	16,46%
Modo	46,8	40,3	6,5	16,13

Neste teste também é possível observar que não existe variação significativa entre as diferentes câmeras e lentes escolhidas. Desta forma é possível obter bons resultados, mesmo com uma câmera não profissional, como é o caso da Cyber-shot. O problema estaria na resolução adotada. Como as imagens adquiridas são convertidas para uma resolução de 1024x768 pixels. Recomenda-se não utilizar imagens com uma resolução inferior a esta. Do contrário a imagem passará por um processo de interpolação, o que poderá resultar em erros na extração das métricas.

Já na validação funcional das ferramentas de biofotogrametria computadorizada foi utilizado o método de *Bland-Altman* (Bland *et al*, 1986), afim de avaliar a concordância entre sistemas.

Para isso foi feita a plotagem dos valores adquiridos, apresentando a distribuição das diferenças entre as medidas feitas com o sistema usado como referência e o sistema desenvolvido. Na Figura 5.2 são apresentados os valores referentes às quatro medidas realizadas durante o processo de validação.

Figura 5.2 – Método de *Bland-Altman* para as quatro medidas realizadas.



Neste gráfico, o eixo vertical diz respeito às diferenças entre os valores referentes ao sistema desenvolvido e o sistema referência. Já no eixo horizontal tem-se média dos valores entre os dois sistemas.

O limite superior é dado pela média das diferenças mais duas vezes o desvio padrão destas diferenças. Já o limite inferior é a média das diferenças menos duas vezes o valor do desvio padrão destas diferenças. No gráfico SD é o desvio padrão.

De acordo com o gráfico da Figura 5.2, praticamente todos os valores se encontram em torno da média das diferenças e dentro dos limites estabelecidos pelo método, o que revela a grande similaridade entre o sistema desenvolvido (*Physio Easy*) e o sistema utilizado como referência (*SAPO*).

Nas, Tabela 5.4, Tabela 5.5 e Tabela 5.6 são apresentados os valores obtidos com os dois sistemas, realizados pelos três diferentes avaliadores, respectivamente.

Tabela 5.4 – Valores das medidas lineares e angulares, referentes a ambos os sistemas, coletados pelo avaliador 1.

	SAPO				Physio Easy			
	A1(°)	L1 (cm)	A2 (°)	L2 (cm)	A1 (°)	L1 (cm)	A2(°)	L2
Indivíduo 1	1,5	19,2	52,1	127,1	3,5	21,5	49,9	128
Indivíduo 2	1	11,3	54,7	128,4	1,6	10,9	53,1	128,8
Indivíduo 3	3,5	14,1	48,8	137,3	4,4	13,3	47,2	137,9
Indivíduo 4	1,8	16,7	51,3	133,3	1,8	17,2	50,6	133,3
Indivíduo 5	0,9	14,8	43,8	121,5	1,4	14,2	45	120,3
Indivíduo 6	1,4	16,4	51	128,4	0,5	12,5	50,5	127,2
Indivíduo 7	5,1	16,2	45,4	127,3	5,3	16	45	127,3
Indivíduo 8	7,4	10,4	44,5	121	8,6	10,3	44,1	122,6
Indivíduo 9	4,6	22,5	44,5	144,8	4,8	23,1	46,8	148,5
Indivíduo 10	2,5	20,9	53,3	137,6	3,4	20,9	54,3	136,7
Indivíduo 11	4,6	13,9	48,2	137	4,2	14,1	48,2	137,5
Indivíduo 12	1,7	12,49	48,9	119,9	1,9	12,3	45,9	121,6
Indivíduo 13	0,3	20,9	39,3	133,7	0,4	20,8	39,9	133,9
Indivíduo 14	1,5	14,5	38,2	116,1	0,7	14,4	38	115,7
Indivíduo 15	0,3	15,4	49,4	135,4	1,2	15,3	49,8	135,4
Indivíduo 16	0,3	18,7	54	125,2	0,1	18,8	54,9	126,1
Indivíduo 17	1,8	19,1	45,5	127,4	0,7	19,5	47	127,4
Indivíduo 18	1,3	15,9	42,1	126	2,5	15,2	44,1	125,5
Indivíduo 19	3	15	45	124	2,9	16	45,9	125,1
Indivíduo 20	4,2	14,5	54	124,7	3,5	13,5	53,4	115,3
Indivíduo 21	0	17,2	40,3	126,5	0,5	18,2	41,2	128,4
Indivíduo 22	1,2	22,9	38	131,5	0,9	23,7	39,5	131,9
Indivíduo 23	7	17,6	46	121,2	8,7	18,2	47,6	121,8
Tempo	01:47				00:53			

Nas Tabelas 5.4, 5.5 e 5.6, A1 representa a menor medida angular, A2 a maior medida angular, L1 a menor medida linear e L2 a maior medida linear.

Tabela 5.5 - Valores das medidas lineares e angulares, referentes a ambos os sistemas, coletados pelo avaliador 2.

	SAPO				Physio Easy			
	A1 (°)	L1 (cm)	A2 (°)	L2 (cm)	A1 (°)	L1 (cm)	A2(°)	L2(cm)
Indivíduo 1	2,1	20	51,3	128,6	0	19,4	52,3	126,1
Indivíduo 2	1,5	10,9	54,2	128,7	0,6	11	53,6	128,7
Indivíduo 3	4,9	14	49,2	137,9	3,5	13,9	59,6	138,4
Indivíduo 4	2	16,3	50	131,5	1,9	16,1	52,3	133,5
Indivíduo 5	2	13,9	52,4	119,4	1	14,3	51,1	120,3
Indivíduo 6	0	12,8	52,5	127,4	0	13,1	49,6	128,4
Indivíduo 7	4,9	16,4	43,2	128,1	4,1	16,5	44,5	128,7
Indivíduo 8	7,9	10,5	47,4	121,3	7,8	10,5	45,8	120,3
Indivíduo 9	4,5	22,5	45	144,4	6	22,4	47,8	143,8
Indivíduo 10	1,4	21,2	53,1	136,1	3,4	21,3	53,1	135,7
Indivíduo 11	4,5	14,3	43	137,3	3,6	13,6	48,9	135,1
Indivíduo 12	1,6	12,5	53,7	119,2	0	12,7	51,7	119,6
Indivíduo 13	0	20,8	39	133,4	0	20,9	40,3	133,2
Indivíduo 14	1,6	13,6	35,8	117,9	1	14,4	42,7	115,7
Indivíduo 15	1,3	16,3	49,5	135,3	2,3	15,4	49,2	133,3
Indivíduo 16	1,4	19,4	51,8	126,3	0,4	18,6	54,6	125,2
Indivíduo 17	2	18,3	46,3	125,6	0	18,1	46,2	125,2
Indivíduo 18	2,3	15,4	57,2	126,2	2,4	15,4	57,1	124,8
Indivíduo 19	4,4	15,4	46,2	125,8	2,1	15,2	48	125,6
Indivíduo 20	3,5	15	53,7	124,4	3,6	14,2	52,6	123,5
Indivíduo 21	0	17,1	35,4	127,3	2	17,4	39,4	125,5
Indivíduo 22	0,7	23,4	36,3	128,9	2,5	22,6	39,9	128,7
Indivíduo 23	5,6	19,5	41,6	120,8	6,1	18,1	46,7	120,6
Tempo	01:10				00:45			

Durante o processo de validação também se mediu o tempo gasto com a utilização de cada um dos sistemas. Como resultado disto, verifico-se que a realização das medições com o sistema Physio Easy foi em média 40% menor que o outro sistema. Este dado é um indicador de que os conceitos de ergonomia e qualidade de software empregados no desenvolvimento tornaram o sistema mais rápido e fácil de utilizar.

Tabela 5.6 - Valores das medidas lineares e angulares, referentes a ambos os sistemas, coletados pelo avaliador 3.

	SAPO				Physio Easy			
	A1 (°)	L1 (cm)	A2 (°)	L2 (cm)	A1 (°)	L1 (cm)	A2 (°)	L2(cm)
Indivíduo 1	1,9	19,5	49,8	127,8	1,8	18,9	51	127,7
Indivíduo 2	1,3	10,7	54,8	128,4	1,8	10,6	52,9	129,7
Indivíduo 3	3,7	13,4	48	137,8	3	13,2	47,7	137,7
Indivíduo 4	2,4	15,5	52,4	134,6	1,8	16,3	53,6	131,9
Indivíduo 5	1,2	15,1	48,4	122	1,1	14,3	44	120,7
Indivíduo 6	1,1	13	53,1	128,4	1	12,8	51,5	128,2
Indivíduo 7	5,6	16,3	42,4	127,8	5,4	16,3	45	127,9
Indivíduo 8	7,5	9,9	44	121,5	7,6	10,3	45	122,5
Indivíduo 9	5,7	22,7	44	145,6	4,7	22,3	42,6	145,5
Indivíduo 10	2,6	20,6	52,6	135,8	3	21,2	52,1	136,7
Indivíduo 11	4,7	14,2	46	136,5	4,9	14,4	49	137,1
Indivíduo 12	1,4	12,3	49,2	120	1,3	12,8	45	119,8
Indivíduo 13	0,7	20,8	39,5	133,9	0,6	21,1	39	133,5
Indivíduo 14	2,3	14,5	37,9	118,8	1,4	14,1	38,3	116,7
Indivíduo 15	1,1	15,2	50	135,2	1,4	15,8	49	137
Indivíduo 16	0,6	18,7	52,3	125,4	0,8	18,6	51,5	127
Indivíduo 17	1,8	18,7	45	127	1,1	18,7	45,7	125,2
Indivíduo 18	2,6	15,4	41,9	126,4	1,8	15,1	45,7	125,1
Indivíduo 19	2,3	15,3	45	125,9	2,8	15,4	45	123,2
Indivíduo 20	6,2	14,9	50,9	126,5	3,4	14,8	51,5	123,2
Indivíduo 21	1,2	17,1	39,8	127,1	0,6	17,7	43,2	126
Indivíduo 22	1,2	23,2	38,2	130,3	1,7	23,2	37,1	128,6
Indivíduo 23	7,3	19	46	120,2	5,9	18,6	45,8	120,9
Tempo	01:20				00:50			

A correlação entre os valores referentes a cada medida, também foi calculado. De acordo com o resultado obtido, tem-se uma forte aproximação entre as medidas feitas com ambos os sistemas. Os resultados de correlação para cada um dos três avaliadores é apresentado na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Valores de correlação entre as medidas realizadas sobre dois sistemas avaliados.

	A1	L1	A2	L2
Avaliador 1	0,94	0,96	0,96	0,95
Avaliador 2	0,81	0,99	0,86	0,98
Avaliador 3	0,94	0,99	0,91	0,97

5.3 EXTENSÃO

Durante o desenvolvimento e após a conclusão do sistema, foram empregados alguns programas de extensão a fim de divulgar e distribuir o novo sistema a todos os interessados. Estes programas envolveram a exposição do sistema em feiras científicas, além da construção de um web site para distribuição do software.

Inicialmente o software foi exposto na décima semana de ensino pesquisa e extensão (SEPEX) da Universidade Federal de Santa Catarina. Durante o evento, o sistema foi exposto em um estande, havendo a demonstração do mesmo a todos os interessados. Esta experiência foi muito proveitosa, pois possibilitou o contato com outros centros de estudos e profissionais de áreas a fim. Permitindo assim a aquisição de novas informações que possibilitaram a melhoria do sistema.

Após a conclusão do software, foi desenvolvido um web site para divulgação do sistema. Para isso foi criada uma identidade visual para o novo sistema, tendo como intuito a distribuição do mesmo. Na Figura 5.3 é exibida uma imagem da página principal do web site desenvolvido.

Figura 5.3 – Página principal do site para divulgação do sistema Physio Easy.



No web site foi disponibilizado uma área de download onde o qualquer pessoa interessada pode ser adquirido o software gratuitamente.

O tutorial também foi disponibilizado em uma versão on-line, permitindo assim a sua atualização sempre que necessário. Foi disponibilizado também, um questionário (Figura 5.4) para avaliação do sistema, além de uma área de contato, possibilitando assim a interação com os profissionais interessados.

O questionário foi baseado no QUIS (Questionnaire for User Interaction Satisfaction), que é uma ferramenta desenvolvida para avaliar a satisfação de usuários em relação a aspectos específicos da interação entre homem e computador. Este questionário encontra-se no Apêndice E. Até momento os resultados obtidos com este questionário tiveram uma avaliação que vai de boa à excelente em todos os quesitos analisados.

Figura 5.4 – Questionário on-line.

Physio Easy

Download Tutorial Avaliação Sobre

Physio Easy é fruto de uma trabalho de pesquisa, sendo necessária a sua avaliação. Ajude-nos nesta tarefa respondendo o questionário abaixo.

INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DA SATISFAÇÃO DO USUÁRIO
Tradução do "Questionnaire for User Interaction Satisfaction" (QUIS)

Qual é sua idade?

Sexo: Feminino Masculino

PARTE 1: Experiência com o uso do sistema

1.1. Há quanto tempo você tem utilizado este sistema?
 Menos de 1 hora

PARTE 2: Experiência anterior com computadores

2.2. Avalie sua experiência com os computadores no geral.
 Nenhuma experiência;

PARTE 3: Impressões como usuário

Por favor, marque o número que reflete mais adequadamente a sua impressão sobre a utilização do sistema avaliado.

3.1. Em geral, o sistema, para você, é:
Péssimo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Excelente

3.3. Em relação ao uso geral do sistema é:

O sistema também foi submetido ao registro de propriedade intelectual. Tal processo foi encaminhado junto ao Departamento de Inovação tecnológica da Universidade Federal de Santa Catarina, sendo que o mesmo continua em curso.

6. CONCLUSÃO

A avaliação completa e sistemática da postura com base na anatomia funcional, em uma anamnese acurada, na observação e no exame físico minucioso são fatores fundamentais para garantir maior confiabilidade do diagnóstico (MAGEE, 2005).

Diante deste fato, um sistema capaz de proporcionar padronização à avaliação clínica, permitindo ao profissional uma metodologia mais sistemática e menos subjetiva é bastante útil.

De acordo com Iunes, o uso de um sistema de biofotogrametria computadorizada possibilita uma maior concordância entre diferentes avaliadores durante uma avaliação, do que quando esta é feita por meio de observação visual.

A biofotogrametria computadorizada é um recurso acessível à maioria dos fisioterapeutas que já utiliza a fotografia e possui equipamentos básicos, como câmera digital e um computador, permitindo realizar a avaliação postural e quantificar as alterações encontradas de maneira mais confiável.

A integração de ferramentas de biofotogrametria com um SE, responsável pela sistematização e padronização dos processos de avaliação pode fornecer ao fisioterapeuta uma forma rápida e precisa, com menor subjetividade na avaliação.

Desta forma as avaliações realizadas com o auxílio do SE são apresentadas de maneira coesa e padronizada, o que possibilita melhor acompanhamento do tratamento estabelecido.

Além de auxiliar o fisioterapeuta no seu diagnóstico e na escolha do melhor tratamento, a integração destes recursos visa proporcionar maior confiança ao paciente, possibilitando melhor visualização da evolução do seu tratamento, por meio de dados quantitativos.

6.1 SUGESTÕES FUTURAS

Diante dos resultados alcançados com a conclusão deste trabalho e tendo a possibilidade de melhorias do mesmo, algumas sugestões futuras podem ser feitas.

Em relação ao idioma, seria interessante a criação de um dicionário que possibilitasse a escolha do vários idiomas, facilitando assim o uso do sistema e abrangendo um número maior de usuários.

Durante a extração de métricas, alguns usuários possuem pouca habilidade com o clique do mouse, o que pode gerar certa imprecisão na medida. Diante deste fato, uma solução seria a opção de, além do zoom que já existe, se ter a opção de diminuir a velocidade de movimentação do mouse, o que auxiliaria em um clique mais preciso e rápido.

Seguindo o padrão do SAPO, o sistema poderia ter vários protocolos indicando as medidas que devem ser feitas. Estes protocolos poderiam estar associados a bases específicas do sistema especialista, gerando assim módulos para cada tipo de avaliação. Estes módulos poderiam ser instalados separadamente, dependendo do interesse e das práticas adotadas por cada avaliador.

A associação dos protocolos de avaliação com uma base específica de sistema especialista possibilita a alimentação automática desta base. Assim, durante a extração das métricas, o sistema especialista poderia ter as perguntas relacionadas a estas métricas respondidas automaticamente.

Nos questionários de avaliação também poderia ser implementado a possibilidade de inserir anexos, como documentos, exames médicos, imagens de radiografias, etc. Também seria interessante a possibilidade do usuário poder escolher entre diferentes módulos de questionários. Onde cada módulo teria um questionário específico ao tipo de avaliação que esteja sendo feita.

Outra melhoria interessante, diz respeito à possibilidade de se analisar vídeos. Uma ferramenta simples seria a possibilidade de extração de quadros, cujas imagens pudessem ser analisadas estaticamente. No entanto também poderia ser implementado ferramentas de análise cinemática, destinadas tipos específicos de avaliação.

REFERÊNCIAS

- BARAÚNA, M. A.; RICIERI, D. V. **Biofotogrametria** – Recurso Diagnóstico do Fisioterapeuta. Disponível em: <<http://www.fisionet.com.br/noticias/interna.asp?cod=63>>. Acesso em 16 mai. 2012.
- BIENFAIT. M. **Os Desequilíbrios Estáticos – Fisiologia, Patologia e Tratamento Fisioterápico**. São Paulo, Summus, 1993, p. 65.
- BLAND J M, Altman DG (1986) **Statistical Methods for Assessing Agreement of Clinical Measurement**. Lancet , 1986; i: 307-310
- BRAZ, R. G.; GOES, F. P. Del C.; CARVALHO, G. A. **Confiabilidade e validade de medidas angulares por meio do software para avaliação postural**. Fisioter Mov 2008;21(3):117-26
- CARDOSO JP, Lopes CRS, Queiroz RS, Rosa VA, Vilela ABA. **O uso de sistemas especialistas para apoio à sistematização em exams ortopédicos do quadril, joelho e tornozelo**. Rev Saúde.com. 2005; 1(1): 24-34.
- DE AZEVEDO, F. M., BRASIL, L. M. e DE OLIVEIRA, R. C.; **Redes Neurais com Aplicações em Controle e em Sistemas Especialistas**. Florianópolis: Visual Books. 2000.
- FAZENDO VÍDEO. **Dicas e Informações Técnicas** Disponível em: <<http://www.fazendovideo.com.br/vtlen.asp>>. Acesso em: 19 fev. 2012.
- FEDORAK, C.; ASHWORTH, N.; MARSHALL, J.; PAULL, H. **Reliability of the visual assessment of cervical and lumbar lordosis: How good are we?** Spine. 2003;28:1857-9.
- FERNANDES, Anita Maria da Rocha. **Inteligência artificial: noções gerais**. Santa Catarina: Visual Books, 2003.
- FERREIRA, E. A. G.; DUARTE, M.; MALDONADO, E. P.; BURKE, T. N.; MARQUE, A. P. **Postural Assessment Software (PAS/SAPO): Validation and Reliability**. Clinics. 2010;65(7):675-81.

FISCHLER, M. A.; FIRSCHEIN, O. **Intelligence: The Eye, the Brain, and the Computer.** New York: Addison-Wesley. 1987.

GLANER, M. F.; MOTA, Y. L.; VIANA, A. C. R.; SANTOS, M. C. **Fotogrametria: Fidedignidade e falta de objetividade na avaliação postural.** Motricidade, 2012, vol. 8, n. 1, pp. 78-85

GROSS, J; FETTO, J; ROSEN, E. **Exame musculoesquelético.** Porto Alegre: Artmed, 2000.

HERTLING, D; KESSLER, R.M. **Tratamento de distúrbios musculoesqueléticos comuns: princípios e métodos de fisioterapia.** 4. ed. Barueri: Manole, 2009. 1083 p.

IUNES, D. H.; BEVILAQUA-GROSSI, D.; OLIVEIRA, A. S.; CASTRO, F. A.; SALGADO, H. S. **Análise comparativa entre avaliação postural visual e por fotogrametria computadorizada.** Rev Bras Fisioter. 2009;13(4):308-15

IUNES, D. H.; CASTRO, F. A.; SALGADO, H. S.; MOURA, I. C.; OLIVEIRA, A. S.; BEVILAQUA-GROSSI, D. **Confiabilidade intra e inter-examinadores e repetibilidade da avaliação postural pela fotogrametria.** Rev Bras Fisioter 2005; 9(3):327-34.

JPEG.ORG. **JPEG Homepage.** Disponível em: <<http://www.jpeg.org/jpeg/index.html>>. Acesso em: 21 jun. 2012.

KENDALL, F.; MCCREARY, E. K.; PROVANCE, P. G.; **Músculos provas e funções.** São Paulo: Manole; 2007.

KISNER, C; COLBY, I. A. **Therapeutic Exercise: Foundations and Techniques.** Philadelphia, F. A. Davis Co. 1985.

MAGEE, DJ. **Avaliação musculoesquelética.** 4ª ed. Barueri: Manole. 2002.

MOFFAT, M; VICKERY, S. **Manual de manutenção e reeducação postural.** Porto Alegre: Artmed, 2002. 293 p.

MONTELLO, M. V. **Sistema Especialista para predição de Complicações Cardiovasculares integrado a um Sistema de**

Controle de Pacientes Portadores de Diabetes Mellitus.

Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina. 1999.

OPENCV. **OpenCV v2.4.0 documentation.** Disponível em:

<http://docs.opencv.org/modules/core/doc/drawing_functions.html?highlight=line#rectangle>. Acesso em: 21 jun. 2012.

PADMA T.; BALASUBRAMANIE, P. **Domain experts' knowledge-based intelligent decision support system in occupational shoulder and neck pain therapy.** Applied Soft Computing. 2011. 11: 1762-1769.

PADMA T.; BALASUBRAMANIE, P. **Knowledge based decision support system to assist work-related risk analysis in musculoskeletal disorder.** Knowledge-Based Systems. 2009. 22: 72-78.

PENHA, P. J; CASAROTTO, R. A; SACCO, I. C. N; MARQUES, A. P; JOÃO, S. M. A. **Qualitative postural analysis among boys and girls of seven to ten years of age.** Rev Bras Fisioter, São Carlos, v. 12, n. 5, p. 386-91, Sept./Oct. 2008.

PITA, Marisa de Castro; PASCHOARELLI, Luis Carlos; SILVA José Carlos Plácido. **Biofotogrametria Computadorizada:** Aplicação na Avaliação Postural Fisioterapêutica e sua Contribuição para o Design Ergonômico. Anais do VII ERGODESIGN e VII USICH. Balneário Camboriú/SC: NPDESIGN - UNIVALI, 2007, v. 1.

RICH, E. **Inteligência Artificial.** São Paulo: Mc Graw Hill. 1988.

RICIERI, D. V. **Biofotogrametria – Análise Cinemática Angular dos Movimentos – A Ciência e seus Segredos.** 2ª ed. Revista e Ampliada, Curitiba, Inspirar – Centro de Estudos e Pesquisa e Extensão em Saúde, 2005, p.15 e 20.

ROLANDI, W, G. **Knowledge Engineering in Practice.** AI Expert, December, 1986.

SHUMWAY-COOK A, WOOLLACOTT MH. **Controle motor: teorias e aplicações práticas.** 2ª ed. São Paulo: Manole; 2002.

SOUZA, J. A.; PASINATO, F.; BASSO, D.; CORRÊA, E. C. R.; SILVA, A. M. T. **Biofotogrametria: confiabilidade das medidas do protocolo do software para avaliação postural (SAPO)**. Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum. 2011, 13(4):299-305

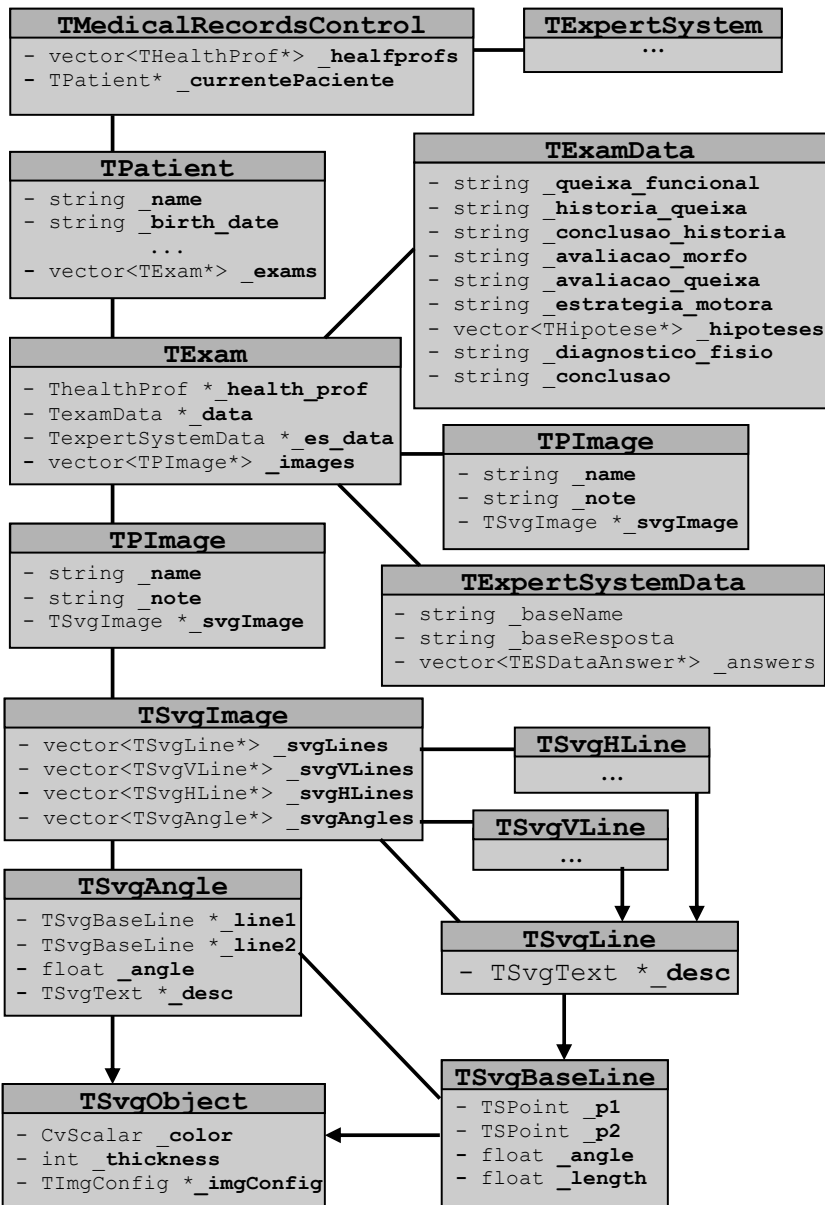
TOMMASELLI, AMG, SILVA, JFC, HASEGAWA, JK, GALO, M, DAL POZ, AP. **Fotogrametria: aplicações a curta distância**. FCT 40 anos Perfil científico educacional. Presidente: Meneguetti Jr. e Alves; 1999. P. 147-59

VIEL, E; PLAS, F; TRUDELLE, P. **O diagnóstico cinesioterapêutico: concepção, realização e transcrição na prática clínica e hospitalar**. São Paulo: Manole, 2001.

WATERMAN, D. **A Guide to Expert Systems**. USA: Addison-Wesley. 1986.

WATSON, AWS. **Procedure for the production of high quality photographs suitable for the recording and evaluation of posture**. Rev Fisioter Univ São Paulo 1998; 5(1): 20-6

APÊNDICE A – Diagrama de Classe do Sistema.



APÊNDICE B – Questionário de avaliação funcional.

Queixa Funcional

- **Queixa Funcional**

- **Histórico da Queixa Funcional**

- **Conclusão da História**

- **Avaliação Morfopatológica**

- **Avaliação da Queixa Funcional**

Estratégia Motora

- **Estratégia Motora**

- ***Hipótese X**

- ***Teste X**

* Permite a inserção de um ou mais itens.

Conclusão

- **Diagnóstico Fisioterapêutico**

- **Conclusão**

APÊNDICE C – Arquivo “.sap” referente a um prontuário.

```

<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1" ?>
<medical_record>
<mr_patient>
<p_name>Paciente 01</p_name>
<p_birth_date>20/10/1975</p_birth_date>
<p_gender></p_gender>
<p_height>0.00</p_height>
<p_weigth>0.00</p_weigth>
<p_note>Anotações do paciente 1</p_note>
<p_subject_cod>0000000000</p_subject_cod>
<p_job>Fisioterapeuta</p_job>
<p_marital_status></p_marital_status>
<p_place_birth></p_place_birth>
<p_address>Rua XXX XXX NNN</p_address>
<p_zip_code>00000-000</p_zip_code>
<p_neighborhood>BBBBB</p_neighborhood>
<p_city>MMMM</p_city>
<p_state></p_state>
<p_country></p_country>
<p_fone></p_fone>
<p_email></p_email>
</mr_patient>
<mr_group_exams>
<ge_exam e_date="01/01/2007" e_hour="00:42">
<e_evaluator>
<e_name>Avaliador 1</e_name>
<e_job></e_job>
<e_cod></e_cod>
<e_fone></e_fone>

```

```

<e_email></e_email>
</e_evaluator>
<e_data>
<d_weigth>66.00</d_weigth>
<d_height>1.70</d_height>
<d_queixa_funcional>Informações da queixa
funcional</d_queixa_funcional>
<d_historia_queixa>Histórico da queixa
funcional</d_historia_queixa>
<d_conclusao_historia>Conclusão da história da queixa
funcional</d_conclusao_historia>
<d_avaliacao_morfo>Avaliação Morfo</d_avaliacao_morfo>
<d_avaliacao_queixa>Avaliação
Queixa</d_avaliacao_queixa>
<d_estrategia_motora>Estratégia motora para Paciente
1</d_estrategia_motora>
<d_group_hipoteses>
<gh_hipotese h_number_name="1">
<h_hipotese>Hipótese 01</h_hipotese>
<h_group_tests>
<gt_test t_number_name="1">Teste 01</gt_test>
<gt_test t_number_name="2">Teste 02</gt_test>
</h_group_tests>
</gh_hipotese>
</d_group_hipoteses>
<d_diagnostico_fisio>Diagnóstico para o Paciente
1</d_diagnostico_fisio>
<d_conclusao>Conclusão da Avaliação</d_conclusao>
</e_data>
<e_group_bases>
<gb_es_base base_name="Base Cabeça Cervical Ombros">
<esb_resposta>nomeesp ... &#x0D;&;&#x0A;</esb_resposta>
</gb_es_base>

```



```

</e_group_bases>
<e_group_images>
<gi_image i_width="768" i_height="1024"
i_data_type="jpg">
<i_name>Vista Anterior</i_name>
<i_img_data>/9j/4AAQSkZJRgABAQAA</i_img_data>
<i_note>Anotações da Vista Anterior</i_note>
<svg_img_config ic_linear_unit="0" ic_angle_unit="0"
ic_pixels_per_unit="1.000000"
ic_dgr_plumbline="0.000000" />
<i_group_objects>
<go_group_svg_lines>
<g_svg_line sl_x1="333" sl_y1="457" sl_x2="427"
sl_y2="457">
<svg_object_property op_px="145050688" op_py="181081824"
op_state="0" op_color="255,255,0,0" op_thickness="1" />
<svg_text>
<svg_object_property op_px="380" op_py="457"
op_state="0" op_color="255,0,0,0" op_thickness="1" />
<st_text>ML</st_text>
</svg_text>
</g_svg_line>
</go_group_svg_lines>
<go_group_svg_vlines>
<g_svg_vline svl_x="378">
<svg_object_property op_px="0" op_py="0" op_state="0"
op_color="0,128,255,0" op_thickness="1" />
<svg_text>
<svg_object_property op_px="378" op_py="10" op_state="0"
op_color="255,0,0,0" op_thickness="1" />
<st_text>LV</st_text>
</svg_text>
</g_svg_vline>

```

```

</go_group_svg_vlines>
<go_group_svg_hlines>
<g_svg_hline shl_y="272">
<svg_object_property op_px="0" op_py="1879714545"
op_state="0" op_color="0,128,255,0" op_thickness="1" />
<svg_text>
<svg_object_property op_px="10" op_py="272" op_state="0"
op_color="255,0,0,0" op_thickness="1" />
<st_text>LH</st_text>
</svg_text>
</g_svg_hline>
</go_group_svg_hlines>
<go_group_svg_angles>
<g_svg_angle sa_x1="349" sa_y1="209" sa_x2="450"
sa_y2="272" sa_vertex_x="315" sa_vertex_y="271">
<svg_object_property op_px="0" op_py="0" op_state="0"
op_color="102,219,132,0" op_thickness="1" />
<svg_text>
<svg_object_property op_px="353" op_py="248"
op_state="0" op_color="255,0,0,0" op_thickness="1" />
<st_text>MA</st_text>
</svg_text>
</g_svg_angle>
</go_group_svg_angles>
</i_group_objects>
</gi_image>
</e_group_images>
</ge_exam>
</mr_group_exams>
</medical_record>

```

APÊNDICE D – Termo de Consentimento e Esclarecimento.

Participante n^o: _____ Iniciais: _____
Data: ____ / ____ / ____

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
IEB – INSTITUTO DE ENGENHARIA BIOMÉDICA

**“SISTEMA PARA AUXÍLIO AO DIAGNÓSTICO E
ACOMPANHAMENTO NO TRATAMENTO DE PROBLEMAS
POSTURAIS”**

CONSENTIMENTO INFORMADO

EU, _____,
confirmo que o(a) pesquisador(a) _____
discutiu este estudo comigo.

Eu entendi que:

1. Participarei de um estudo onde será realizada a aquisição de fotografias minhas, seguindo os padrões de uma avaliação postural;
2. Serão realizadas quatro fotografias de corpo inteiro, sendo uma de vista frontal, uma da lateral esquerda, uma da lateral direita e uma posterior;
3. As imagens adquiridas serão utilizadas pelo fisioterapeuta responsável, que com auxílio do sistema computacional desenvolvido extrairá métricas do corpo do paciente afim de auxiliá-lo em sua avaliação;
4. As imagens servirão para validar as funcionalidades do sistema e viabilizar o seu uso.
5. As imagens adquiridas durante a avaliação postural, serão mantidas em sigilo e minha identidade será preservada em todas as situações que envolvam discussão, apresentação ou publicação dos resultados da pesquisa;
6. A minha participação neste estudo poderá contribuir para a prática clínica de fisioterapeutas que atuam na(s) área(s) de Reeducação Postural Global (R.P.G.) e/ou Pilates e/ou Ortopedia Geral, com o

auxílio na avaliação postural e tomada de decisão clínica ao tratar pacientes com desvios posturais;

7. Minha participação é voluntária e eu estou livre para me retirar do estudo em qualquer momento sem sofrer quaisquer prejuízos;
8. Se eu tiver dúvida ou preocupações eu posso telefonar para a pesquisadora/fisioterapeuta envolvida neste estudo: Maíra Junkes Cunha – 9909 9897, ou para o pesquisador Glauco Cardozo – (48) 8406-0740.

Depois de todos estes esclarecimentos, EU CONCORDO EM PARTICIPAR DESTA ESTUDO.

Florianópolis, ____ / ____ / ____

Participante: _____

Investigador: _____

APÊNDICE E – Questionário de Avaliação baseado no QUIS.**Questões gerais**

Ha quanto tempo você trabalha nesta área ?

Qual o tempo médio das suas avaliações?

Você utiliza o computador como ferramenta de trabalho?

Sim Não

Você acredita que um sistema computacional pode auxiliá-lo em suas avaliações ?

Sim Não

Qual software você utiliza para auxílio na avaliação postural?

O que realmente seria importante em um software para avaliação postural ?

**INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO DA SATISFAÇÃO DO
USUÁRIO**
**Traduzido do “Questionnaire for User Interaction Satisfaction”
(QUIS)**

Qual a sua idade?

Sexo:

Feminino Masculino

PARTE 1: Experiência com o uso do sistema

1.1. Há quanto tempo você tem utilizado este sistema?

PARTE 2: Experiência anterior com computadores

2.2 Avalie sua experiência com os computadores no geral.

Nenhuma
 Alguma
 Moderada
 Pouco Alta
 Alta

PARTE 3: Impressões como usuário

Por favor, marque o número que reflete mais adequadamente a sua impressão sobre a utilização do sistema avaliado.

3.1 Em geral, o sistema, para você, é:

Péssimo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Excelente

3.3 Em relação ao uso geral o sistema é:

Tedioso 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Estimulante

3.4.5 Em relação ao manuseio o sistema é:

Difícil 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Fácil

PARTE 4: Telas

4.1 Letras na tela do computador

Difícil de ler 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Fácil de ler

4.1.1 A Imagem das letras são

Embaçada 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Nítida

4.2 Os destaques na tela foram:

Inúteis 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Úteis

4.3 Os layouts de tela foram úteis?

Nunca 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Sempre

4.3.1 A quantidade de informação que pode ser apresentada na tela é:
Inadequada 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Adequada

4.3.2 A disposição da informação na tela é:
Ilógica 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Lógico

4.4 A seqüência de telas é:
Confusa 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Clara

Parte 5: Terminologia e Sistema de Informação

5.1 O uso de terminologia em todo o sistema foi:
Inconsistente 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Consistente

5.3 Mensagens apresentadas na tela são:
Inconsistentes 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Consistente

5.4 Mensagens apresentadas na tela são:
Confusas 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Claramente definidas

5.5 O sistema mantém você informado sobre o que ele está fazendo?
Nunca 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Sempre

5.5.4 Duração da espera entre operações do sistema é:
Inaceitável 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Aceitável

5.6 Mensagens de erro:
Inúteis 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Úteis

PARTE 6: Aprendizagem do sistema

6.1 Aprender a operar o sistema é:
Difícil 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Fácil

6.1.3 O tempo de aprendizado sobre o sistema é:
Longo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Curto

6.2.1 Explorar funções do sistema é:
Arriscado 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Seguro

6.2.2 Descobrir novas funções é:

Difícil 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Fácil

6.3.1 Relembrar regras específicas sobre o uso de comandos é:

Difícil 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Fácil

6.4.2 As etapas para completar a tarefa seguem uma seqüência lógica?

Nunca 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Sempre

7.1 A velocidade do sistema é:

Muito baixa 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Rápida o bastante

7.1.1 O tempo de resposta para a maioria das operações é:

Muito longo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Rápido o bastante

7.1.2 A velocidade com que a tela é atualizada com informações é:

Muito baixa 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Rápida o bastante

7.2 O sistema é confiável?

Nunca 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Sempre

7.2.2 Falhas no sistema ocorrem?

Freqüentemente 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Raramente

7.2.3 O sistema alerta sobre potenciais problemas?

Nunca 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Sempre

7.4 Corrigir seus erros ao utilizar o sistema é:

Difícil 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Fácil

7.4.1 Corrigir erros de digitação é:

Complexo 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Simples

7.4.2 A capacidade de desfazer operações é:

Inadequada 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Adequada

7.5 A facilidade de operar o sistema depende do seu nível de experiência?

Nunca 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Sempre

PARTE 9: Tutoriais On-line

9.1 O tutorial é:

Inútil 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Útil

9.1.1 Acessar o tutorial é:

Difícil 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Fácil

9.2 Navegar pelo tutorial é:

Difícil 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Fácil

9.2.1 O tutorial está estruturado de uma forma coerente:

Nunca 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Sempre

9.3.2 As informações são concisas e objetivas:

Nunca 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Sempre

9.4.1 As instruções dadas pelo tutorial para completar as tarefas são:

Confusas 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Claras

9.5 Aprender a operar o sistema utilizando o tutorial é:

Difícil 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Fácil

PARTE 10: Multimédia

10.1 A qualidade de figuras/fotografias é:

Ruim 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Boa

10.1.1 As figuras/fotografias são:

Pouco nítidas 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Bem nítidas

10.1.2 O brilho das figuras/fotografias é:

Esmacido 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Intenso

10.4.1 A quantidade de cores disponíveis é:

Inadequada 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Adequada

PARTE 12: Instalação do programa

12.1 A velocidade de instalação é:

Lenta 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Rápida

12.2.2 Remover versões antigas de programas é:

Difícil 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Automático

12.3 Você é informado sobre o progresso da instalação?

Nunca 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Sempre

12.4 Você recebe explicações pertinentes quando ocorrem falhas?

Nunca 1 2 3 4 5 6 7 8 9 Sempre

