

**PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE**

**LUCIANO ALMEIDA PEIXOTO**

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO EM EXAMES ORTOPÉDICOS  
DA COLUNA VERTEBRAL PARA AUXÍLIO NOS  
DIAGNÓSTICOS FISIOTERAPÊUTICOS DA REGIÃO  
CERVICAL E LOMBAR**

**CURITIBA  
2006**

**LUCIANO ALMEIDA PEIXOTO**

**SISTEMA DE APOIO À DECISÃO EM EXAMES ORTOPÉDICOS  
DA COLUNA VERTEBRAL PARA AUXÍLIO NOS  
DIAGNÓSTICOS FISIOTERAPÊUTICOS DA REGIÃO  
CERVICAL E LOMBAR**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia em Saúde.

**Área de Concentração:**

Informática em Saúde

**Orientador:**

Prof. Dr. Laudelino Cordeiro Bastos

**Co-Orientadora**

Prof<sup>a</sup>.Dr<sup>a</sup>. Vera Lúcia Israel

**CURITIBA  
2006**



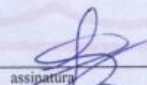
Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
 Centro de Ciências Biológicas e da Saúde  
 Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
 DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE  
 DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 036

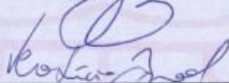
Aos 31 dias do mês de agosto de 2006 realizou-se a sessão pública de defesa da dissertação “**Sistema de Apoio à Decisão em Exames Ortopédicos da Coluna Vertebral para Auxílio nos Diagnósticos Fisioterapêuticos da Região Cervical e Lombar**”, apresentado por **Luciano Almeida Peixoto** como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia em Saúde, – Área de Concentração – Informática em Saúde, perante uma Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Laudelino Cordeiro Bastos,  
 PUCPR (Presidente)

  
 assinatura

APROVADO.  
 parecer (aprov./ reprov.)

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Vera Lúcia Israel,  
 (UFPR)



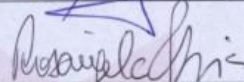
aprovado

Prof. Dr. Edson Emílio Scalabrin,  
 (PUCPR)



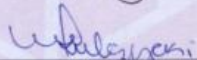
aprovado

Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Rosângela Corrêa Dias,  
 (UFMG)



aprovado

Prof<sup>ª</sup>. M<sup>ª</sup> Marciane Maria Kulczycki,  
 (PUCPR)



aprovado

Conforme as normas regimentais do PPGTS e da PUCPR, o trabalho apresentado foi considerado APROVADO (aprovado/reprovado), segundo avaliação da maioria dos membros desta Banca Examinadora. Este resultado está condicionado ao cumprimento integral das solicitações da Banca Examinadora registradas no Livro de Defesas do Programa. Deve cumprir em 90 dias todas as adequações solicitadas pela Banca Examinadora na arguição e nos volumes da Dissertação.

Prof. Dr. Laudelino Cordeiro Bastos,  
 Diretor do PPGTS PUCPR





“É impossível avaliar a força que possuímos sem medir o tamanho do obstáculo que ela pode vencer, nem o valor de uma ação sem sabermos o sacrifício que ela comporta.”

(Anônimo)

## AGRADECIMENTOS

A minha esposa Sandra, pela ajuda, incentivos e conselhos, dando-me forças para superar os mais variados desafios.

Aos meus pais, pelo incentivo, carinho, conselhos e mais do que tudo, pela ajuda em todas as horas, dispondo a me ajudar com o que fosse necessário para que este projeto se encaminhasse e atingisse os nossos objetivos.

A todos os professores do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde e da Clínica de Fisioterapia da PUCPR pela contribuição à pesquisa durante as aulas, incentivo e auxílio nos momentos que mais precisei.

Aos companheiros do mestrado que em vários momentos me aconselharam, me ensinaram e me ajudaram, compartilhando os seus conhecimentos e experiências.

Ao Prof. Dr. Edson Emílio Scalabrin, por acreditar em meu sonho e que me possibilitou dar continuidade ao meu projeto abrindo portas para o ingresso ao mestrado.

Ao Prof. Dr. Laudelino Cordeiro Bastos, orientador desta pesquisa, que desde a primeira conversa que tivemos sempre me deu forças e idéias para que o projeto estivesse de acordo com as normas e realidades da área de saúde.

A Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Vera Lúcia Israel, co-orientadora desta pesquisa, pela colaboração, profissionalismo, ética, sendo importantíssima a sua orientação durante o andamento da pesquisa.

A Prof<sup>a</sup>. Marciane Maria Kulczycki, Prof<sup>a</sup>. Juliana Linhares e a Prof<sup>a</sup>. Maria Laura A. Calado de Assunção, que se dispuseram a fornecer

materiais e realizar o acompanhamento da pesquisa durante as visitas à Clínica de Fisioterapia da PUCPR.

Ao Prof. Dr. João da Silva Dias pelas orientações sobre a pesquisa e por todos os auxílios para que eu conseguisse encontrar os caminhos para a conclusão da pesquisa.

Ao Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde pela atenção prestada por todos os funcionários e diretores e também pelo incentivo das bolsas de estudo subsidiadas pelo programa.

Aos fisioterapeutas Cássio Preis e Danieli Isabel Romanovitch Ribas, companheiros de mestrado pelas orientações, explicações e auxílio durante o decorrer da pesquisa.

A fisioterapeuta Greice Kelly Vaccaro que se deslocou do Mato Grosso do Sul até Curitiba para me auxiliar durante o decorrer da pesquisa, sendo este auxílio imprescindível para a sua conclusão.

A Mega Sistemas Corporativos, empresa que trabalho, que possibilitou a minha presença nas aulas, congressos e reuniões durante o horário de trabalho, contribuindo assim com a conclusão deste grande desafio.

## RESUMO

Os Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) ainda são pouco difundidos em clínicas de Fisioterapia no Brasil, sendo que quase todo o trabalho de preenchimento de prontuários, avaliações e fichas de acompanhamento dos clientes são manuais. Neste contexto, foi realizada uma pesquisa entre os Sistemas de Apoio à Decisão utilizados em clínicas-escola brasileiras a fim de identificar a necessidade de se desenvolver uma ferramenta para auxiliar no apoio à decisão clínica dos fisioterapeutas, especificamente nos diagnósticos fisioterapêuticos da coluna vertebral baseados em exames ortopédicos. O principal objetivo da pesquisa foi desenvolver um sistema computacional e uma base de conhecimento, validada por especialistas, para a simulação dos diagnósticos dos clientes. Durante a pesquisa foram levantadas as doenças e condições que se apresentam com maior frequência na coluna vertebral, focando os estudos nas regiões cervical e lombar. A pesquisa visou identificar os fatores que podem caracterizar os possíveis diagnósticos, formando uma base de conhecimento tratada por meio dos componentes do “Shell de Inteligência Artificial” denominado “*Expert Sinta*” e armazenadas em uma base de dados “*Firebird*”. Com o sistema, o Fisioterapeuta/acadêmico pode simular os sinais e sintomas do paciente, recebendo como resultado informações relevantes para a confirmação do possível diagnóstico fisioterapêutico. Para coleta dos dados, foi realizado um levantamento de dados com o auxílio e orientação dos fisioterapeutas e professores da Clínica de Fisioterapia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Foram analisados 177 prontuários com diagnósticos fisioterapêuticos da coluna vertebral, região cervical e lombar, o que representou 26,6% de um total global de 663 prontuários separados aleatoriamente do arquivo de prontuários dos anos de 2003 a 2005. Foram utilizados como “Padrão Ouro” as 34 regras de produção criadas e validadas em conjunto com os fisioterapeutas da clínica-escola da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, representando os métodos aplicados pelos acadêmicos no processo de aprendizagem desta clínica-escola. Com as regras de produção, foi possível a simulação dos diagnósticos de todos os prontuários chegando a uma sensibilidade de 0,978, ou seja, muito próximo de um, sendo este resultado considerado extremamente satisfatório. Como contribuição, a pesquisa visou à distribuição deste sistema e da base de conhecimentos para todo o meio acadêmico e da área de Fisioterapia brasileira, com o intuito de no futuro muitos profissionais e/ou acadêmicos possam auxiliar no crescimento e na contínua validação desta base de conhecimento.

Descritores: Sistemas de Apoio à Decisão, Sistemas Especialistas, Fisioterapia, Exames Ortopédicos, Coluna Cervical e Lombar.

## ABSTRACT

The DSS – Decision Support System has been little diffused among Physical Therapy clinics throughout Brazil. All the tasks of filling in patients` medical records, evaluations, and follow-up forms are manually performed. In this context, a research involving Brazilian University Clinical was made to establish the DSS employed by them, in order to identify the need for development of a more effective tool to assist physiotherapists in the clinical decision support process, especially for the diagnostics for Physical Therapy treatments of the spinal column in orthopedic exams. The main aim of the research was the development of a decision support system, and a knowledge base validated by specialists which should be capable of simulating the patients` diagnostics. The research brought forward the most frequent pathologies which affect the spinal column, and focused the studies on the cervical and lumbar areas. It aimed at identifying the factors that can characterize the possible diagnostics, thus forming a knowledge base treated with use of the “Artificial Intelligence Shell” called “Expert Sinta”, and stored up in a “Firebird” database. With this system, it is possible for the user/student to simulate a patient’s symptoms and signs, and thus get information relevant to the confirmation of a possible Physical Therapy diagnostic. In order to gather the necessary knowledge base, a research was undertaken with the help and under the coordination of the Catholic University of the State of Paraná through its Physical Therapy Clinic’s therapists and professors. One hundred and seventy-seven medical records with Physical Therapy diagnostics of the spine, cervical and lumbar area were analyzed. These represented 26% of a global number of 663 medical records randomly picked out of the files dated 2003 – 2005. As “Gold Standard” were used the 34 production rules created and validated by Catholic University of the State of Paraná Medical-School Clinic’s Physical Therapists, representing the methods applied by the students in their



learning process. By means of these rules, it was possible to simulate a diagnostic for each of the 177 medical records with an accuracy of 0.978 i.e. almost 1.0, which was an undoubtedly satisfactory result. This research sought the distribution (spreading) of the above system and of the knowledge base to the entire Brazilian academic environment, as well as to the physical therapy area, hoping that, in the future, many professionals and students shall contribute to the continuous growth and validation of this knowledge base.

Key-words: DSS – Decision Support System, Expert Systems, Physical Therapy, Orthopedic Exams, Cervical and Lumbar Column.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Coluna Vertebral - Vista frontal e de perfil.....	11
Figura 2 - Coluna Vertebral – Detalhamento da região cervical. ....	13
Figura 3 - Coluna Vertebral - Detalhamento da região lombar.....	15
Figura 4 – Constituição básica de um sistema especialista.....	24
Figura 5 – Fisiometer – Posturograma .....	27
Figura 6 - Tela de exposição da regra do SAD .....	28
Figura 7 – Arquitetura simplificada do funcionamento do Expert Sinta.....	30
Figura 8 – Exemplo de uma árvore de decisão .....	31
Figura 9 – Exemplo de um diagrama de classes.....	33
Figura 10 – Exemplo da hierarquia de classes dos diagramas da UML .....	35
Figura 11 - Diagrama de caso de uso – Ator: Usuário .....	43
Figura 12 - Diagrama de caso de uso – Ator: Fisioterapeuta.....	44
Figura 13 - Diagrama de caso de uso – Ator: Paciente.....	44
Figura 14 - Diagrama de caso de uso – Ator: Administrador do Sistema.....	45
Figura 15 - Diagrama de classes do sistema .....	46
Figura 16 - Diagrama de relacionamentos entre as tabelas.....	47
Figura 17 - <i>M2V Expert System</i> – Login do usuário .....	51
Figura 18 - <i>M2V Expert System</i> – Tela principal .....	51
Figura 19 - <i>M2V Expert System</i> – Edição do cadastro de projetos .....	52
Figura 20 - <i>M2V Expert System</i> – Edição do cadastro de regras.....	53
Figura 21 – Exemplo de um fluxo utilizado para a construção das regras de produção em exames ortopédicos lombares .....	54
Figura 22 - <i>M2V Expert System</i> – Tela de simulação de diagnósticos .....	55
Figura 23 - <i>M2V Expert System</i> – Iniciando uma simulação de diagnósticos.....	56
Figura 24 - <i>M2V Expert System</i> – Exemplo de pergunta fechada dirigida ao usuário.....	56
Figura 25 - <i>M2V Expert System</i> – Exemplo de pergunta fechada dirigida ao usuário.....	57

Figura 26 - <i>M2V Expert System</i> – Exemplo de um diagnóstico encontrado pelo SAD .....	57
Figura 27 - <i>M2V Expert System</i> – Resultados de cada uma das perguntas	58
Figura 28 - <i>M2V Expert System</i> – Tela de auditoria.....	59

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estrutura básica de uma tabela 2 x 2 relacionando o atributo (A) ao efeito (E).....	39
Tabela 2 – Percentual das doenças e condições identificadas nos prontuários analisados de 2003 a 2005 (n=177).....	61
Tabela 3 – Padrão Ouro - Resultados da simulação no sistema de SAD ....	61
Tabela 4 – Padrão Ouro - Resultados da simulação de diagnósticos.....	62

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Sexo dos clientes da Clínica de Fisioterapia da PUCPR.....	60
--	----

## LISTA DE ABREVIATURAS

<b>ABF</b>	Associação Brasileira de Fisioterapeutas
<b>ABNT</b>	Associação Brasileira de Normas Técnicas
<b>CMM</b>	<i>Capability Maturity Model</i>
<b>IA</b>	Inteligência Artificial
<b>ISO</b>	<i>International Standardization Organization</i>
<b>MI</b>	Membro Inferior
<b>MMII</b>	Membros Inferiores
<b>MS</b>	Membro Superior
<b>MMSS</b>	Membros Superiores
<b>OMS</b>	Organização Mundial da Saúde
<b>OO</b>	Orientação a Objetos
<b>SAD</b>	Sistema de Apoio à Decisão
<b>SBC</b>	Sistema Baseado em Conhecimento
<b>SE</b>	Sistema Especialista
<b>SIS</b>	Sistema de Informação em Saúde
<b>TI</b>	Tecnologia da Informação
<b>UML</b>	<i>Unified Modeling Language</i>
<b>WCPT</b>	<i>World Confederation for Physical Therapy</i>
<b>WHO</b>	<i>World Health Organization</i>

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1	OBJETIVO GERAL.....	3
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
1.3	MOTIVAÇÃO / JUSTIFICATIVA.....	3
1.4	DELIMITAÇÃO.....	4
1.5	ESTRUTURA DA PESQUISA.....	4
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>5</b>
2.1	O FISIOTERAPEUTA.....	6
2.1.1	A Fisioterapia.....	6
2.1.2	A formação do fisioterapeuta.....	6
2.1.3	A história da Fisioterapia.....	7
2.1.4	A história da Fisioterapia no Brasil.....	8
2.2	A COLUNA VERTEBRAL.....	10
2.2.1	Classificação das dores na coluna vertebral.....	11
2.2.2	A região cervical.....	13
2.2.3	A região lombar.....	14
2.3	A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL.....	16
2.4	A AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO.....	18
2.5	SISTEMAS ESPECIALISTAS.....	20
2.5.1	Vantagens.....	21
2.5.2	Funcionamento.....	22
2.5.3	Aplicação.....	24
2.5.4	Problemas enfrentados pelos sistemas especialistas atuais.....	25
2.5.5	Situação atual dos Sistemas de Apoio à Decisão em Fisioterapia.....	25
2.5.5.1	Fisiometer – Sistema de informação para avaliação postural. ....	26
2.5.5.2	UESB – Um sistema especialista para apoio à decisão em exames ortopédicos do ombro, cotovelo e punho.....	27
2.6	O SHELL “ <i>EXPERT SINTA</i> ”.....	30

2.7	ESPECIFICAÇÕES DE UM SOFTWARE.....	32
2.7.1	Modelagem .....	32
2.7.1.1	Modelo em UML.....	32
2.7.1.2	Diagrama de caso de uso .....	32
2.7.1.3	Diagrama de classes .....	33
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>36</b>
3.1	TIPO DE PESQUISA .....	36
3.2	LOCAL DE ESTUDO .....	36
3.3	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO .....	37
3.4	AMOSTRA .....	37
3.5	TEORIA DE ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	38
3.6	MATERIAIS E EQUIPAMENTOS.....	40
3.7	DELINEAMENTO.....	40
3.8	CONSIDERAÇÕES ÉTICAS.....	41
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>42</b>
4.1	SISTEMA PARA A COLETA DOS DADOS .....	42
4.1.1.1	Diagrama de caso de uso .....	42
4.1.1.2	Diagrama de classes .....	45
4.1.1.3	Diagrama de Relacionamento entre as tabelas do banco de dados .....	47
4.1.2	A implementação .....	48
4.1.3	O funcionamento.....	50
4.1.4	Fluxo para a construção das regras .....	54
4.2	RESULTADOS OBTIDOS COM OS PRONTUÁRIOS DURANTE AS SIMULAÇÕES .....	60
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>63</b>
5.1	CONTRIBUIÇÕES.....	64
5.2	TRABALHOS FUTUROS.....	64



<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>66</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>70</b>

# 1 INTRODUÇÃO

Mesmo com facilidade de acesso das mais diversas informações por meio da Internet, os fisioterapeutas têm dificuldades em encontrar empresas ou instituições que forneçam soluções informatizadas que atendam ao perfil e à realidade dentro das clínicas de Fisioterapia.

A grande maioria dos sistemas de informação utilizados nas clínicas de Fisioterapia são sistemas adaptados de gerenciamento de consultórios médicos, podendo, em alguns casos, exercer o papel de gerenciador de informações, não atuando como um Sistema de Apoio à Decisão (SAD) para o fisioterapeuta.

Esta dificuldade de encontrar ferramentas de apoio à decisão ocorre pela não disseminação dos SAD na área de Fisioterapia nas universidades, clínicas e na própria comunidade científica, sendo baixo o índice de artigos, dissertações e teses publicadas em bibliotecas e base de dados digitais.

A pouca motivação por parte da comunidade científica também acarreta um número pequeno de desenvolvimento de projetos de SAD por empresas privadas nesse ramo de atividades.

Outros fatores para o fraco índice de informatização das clínicas são os custos que os fisioterapeutas têm sobre o valor dos procedimentos realizados, sendo os impostos e as despesas operacionais os mais relevantes. Em conseqüência, o pouco lucro também contribui para que poucas clínicas utilizem sistemas de informação e que poucos profissionais tenham certa intimidade em processos informatizados de auxílio na recuperação dos clientes.

Diante desse quadro, foi desenvolvido um sistema computacional para o apoio à decisão para os acadêmicos e profissionais de Fisioterapia, que, por meio da análise de uma base de conhecimento, alimentada e validada por especialistas da Clínica de Fisioterapia da PUCPR, auxilia os acadêmicos nos diagnósticos fisioterapêuticos para exames ortopédicos da coluna vertebral, regiões cervical e lombar.

O diagnóstico fisioterapêutico é realizado pelo Fisioterapeuta como parte da conduta do processo fisioterapêutico e do diagnóstico clínico elaborado por um médico. Com o diagnóstico clínico em mãos, o fisioterapeuta avalia o paciente, prescreve, planeja e aplica o tratamento, estabelecendo suas etapas, métodos, técnicas e recursos fisioterapêuticos apropriados a cada caso específico.

O sistema serve de apoio para a simulação de sinais e sintomas dos clientes, confirmando o diagnóstico fisioterapêutico e principalmente auxiliando no aprendizado dos acadêmicos de clínicas-escola.

O sistema, por meio de sua base de conhecimento, é capaz de encontrar possíveis diagnósticos fisioterapêuticos a partir de observações e análise de sintomas, que são representados pelas respostas de um conjunto de perguntas fechadas dirigidas ao aluno.

Atualmente, na maioria das clínicas de Fisioterapia brasileiras e norte-americanas, a mensuração dos sinais e sintomas dos clientes é feita por meio da avaliação do paciente, que consiste na anamnese, no exame físico e nos testes e exames ortopédicos, nas quais o aluno utiliza estes resultados para diagnosticar as doenças e condições do paciente.

Foi verificado durante a pesquisa que, no momento da anamnese e durante a avaliação, o acadêmico implicitamente analisa vários fatores observados no paciente para confirmar ou até mesmo alterar o diagnóstico fisioterapêutico apresentado pelos testes ortopédicos.

Esta análise implícita realizada pelo aluno foi representada na base de conhecimento do sistema por meio de regras de produção, que indagam ao aluno quanto aos resultados dos testes ortopédicos e se foram realizados exames complementares e quais os seus resultados, podendo o diagnóstico fisioterapêutico final, apresentado pelo sistema, ser alterado conforme os resultados dos testes e exames.

O SAD fornece dados relevantes que podem ser levados em consideração pelo profissional para a tomada de decisão dos diagnósticos fisioterapêuticos, auxiliando-o em suas atividades diárias.

Deve-se ressaltar que a informatização de outros setores ou processos internos da clínica, hospital ou consultório de Fisioterapia, como por exemplo, o prontuário eletrônico do paciente, não foi abrangido por este sistema e que somente serão simulados neste sistema informações sobre as doenças e condições, testes realizados e exames complementares, não necessitando de nenhuma outra informação sobre o paciente.

## **1.1 OBJETIVO GERAL**

O objetivo geral foi desenvolver um Sistema de Apoio à Decisão para auxílio nos diagnósticos fisioterapêuticos da coluna vertebral, regiões cervical e lombar, para ser utilizado na clínica-escola de Fisioterapia da PUCPR.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar e caracterizar os conhecimentos relevantes para um sistema de apoio à tomada de decisão para uma clínica-escola de Fisioterapia.
- Conceituar e formalizar os conhecimentos para apoiar a tomada de decisão nos diagnósticos fisioterapêuticos da coluna vertebral, regiões cervical e lombar.
- Projetar, implementar e testar o sistema proposto.

## **1.3 MOTIVAÇÃO / JUSTIFICATIVA**

A escolha da pesquisa baseou-se no fato que a grande maioria dos fisioterapeutas realizam o seu trabalho sem o auxílio de um sistema computacional, sendo que os formulários e fichas são preenchidos manualmente.

Diante do estado da arte, o profissional de Fisioterapia não conta com uma ferramenta informatizada que o auxilie no diagnóstico e na tomada de decisão em praticamente nenhuma doença e condição.

Baseando-se no quadro de distribuição dos profissionais de Fisioterapia no Paraná (ANEXO A), foi verificada a grande relevância do

tema e da pesquisa para um melhor desenvolvimento da área de Fisioterapia, pois o número de fisioterapeutas, clínicas, clínicas-escola e consultórios vem aumentando a cada ano e a utilização da tecnologia na área de Fisioterapia não está acompanhando este crescimento.

#### **1.4 DELIMITAÇÃO**

Para a delimitação da pesquisa foi levado em consideração o perfil da maioria dos clientes da clínica-escola da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR) que apresentam doenças e condições ortopédicas.

Dentro das doenças e condições ortopédicas, foram selecionados apenas os diagnósticos da coluna-vertebral, regiões cervical e lombar, possibilitando focar a pesquisa em um universo menos abrangente.

#### **1.5 ESTRUTURA DA PESQUISA**

Este estudo está dividido em quatro capítulos:

a) **Fundamentação Teórica:**

Neste capítulo foi realizado o levantamento das informações relevantes para a pesquisa, dando ênfase à multidisciplinaridade do assunto pesquisado.

b) **Metodologia:**

Descreve todas as características da pesquisa, os materiais e os métodos utilizados durante o desenvolvimento do trabalho de pesquisa.

c) **Resultados e Discussões:**

O capítulo expõe os resultados obtidos com o SAD e, em conjunto, também é realizada a discussão da aplicação do sistema.

d) **Conclusões:**

Neste capítulo, são apresentadas as conclusões referentes às análises realizadas sobre a simulação da base de conhecimento do SAD junto aos prontuários de clientes da Clínica de Fisioterapia da PUCPR.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

Para alcançar os objetivos da pesquisa, que correlaciona as áreas de informática e da saúde, foram necessárias pesquisas relacionadas às duas áreas.

Como o executor deste trabalho é um profissional da área de informática, foi necessário um embasamento teórico sobre a área de Fisioterapia e a anatomia da coluna vertebral. Este estudo possibilitou a interpretação de muitos testes fisioterapêuticos utilizados na construção das regras de produção do sistema e facilitou a comunicação com os fisioterapeutas da clínica-escola da PUCPR.

Neste capítulo, foram levantados os dados sobre a história da Fisioterapia, desde a Idade Média até a atualidade, o início da atividade no Brasil, em 1929, a formação do fisioterapeuta e a anatomia da coluna vertebral, regiões cervical e lombar.

Posteriormente, são abordados um pouco da história e algumas das técnicas de inteligência artificial, o funcionamento dos sistemas especialistas e detalhamento de outros sistemas especialistas na área de Fisioterapia.

## **2.1 O FISIOTERAPEUTA**

Para melhor compreensão deste estudo, neste capítulo é apresentada a revisão de literatura a respeito do fisioterapeuta, desde a história da Fisioterapia até a sua formação acadêmica.

### **2.1.1 A Fisioterapia**

Ciência aplicada que tem por objeto de estudos o movimento humano em todas as suas formas de expressão e potencialidades, tanto nas alterações patológicas quanto nas repercussões psíquicas e orgânicas (REBELATTO;BOTOMÉ, 1999). Seu objetivo é preservar, manter (forma preventiva), desenvolver ou restaurar (reabilitação) a integridade de órgãos, sistemas ou funções. Como processo terapêutico, utiliza conhecimentos e recursos próprios, utilizando-os com base nas condições psico-físico-sociais, tendo por objetivo promover, aperfeiçoar ou adaptar o indivíduo à melhoria de qualidade de vida.

### **2.1.2 A formação do fisioterapeuta**

O fisioterapeuta é um profissional com formação acadêmica superior, legalmente habilitado ao exercício e à responsabilidade técnica em Fisioterapia (REBELATTO; BOTOMÉ, 1999). Ligado a essa primeira responsabilidade, encontra-se o *aprender a fazer*. É preciso formar profissionais que saibam utilizar, na prática, o que construíram na teoria. O profissional deve estar consciente de que atualmente se exige o desenvolvimento das aptidões, competências, e habilidades necessárias para desempenhar com êxito suas tarefas, sem negligenciar o trabalho em equipe (KULCZYCKI; BUENO, 2003).

O Fisioterapeuta é o responsável pela construção do diagnóstico dos distúrbios cinéticos funcionais, pela prescrição das condutas fisioterapêuticas, sua ordenação e indução no paciente, bem como pelo acompanhamento da evolução do quadro funcional (MIGRONE, 2004).

O profissional de Fisioterapia atua em diversas áreas clínicas, como neurologia, neuropediatria, pneumologia, traumatologia e ortopedia, geriatria, estética, ginecologia e obstetrícia, cardiologia, intensivismo (UTI), veterinária, etc. (MIGRONE, 2004).

Na sua formação, é importante a obtenção de um conhecimento generalístico em saúde, sendo necessário o curso de disciplinas relacionadas aos saberes de clínica médica (neurologia, pediatria, cardiologia, pneumologia etc.) e sua correlação com a prática fisioterapêutica. O fisioterapeuta estuda em média quatro ou cinco anos. As disciplinas envolvem a anatomia, fisiologia humana, patologia geral, patologia de órgãos e sistemas, semiologia (avaliação do paciente), radiologia aplicada, cinesiologia clínica (estudo do movimento humano e suas implicações clínico-funcionais), cinesioterapia, reeducação funcional, eletroterapia, termoterapia, laserterapia, massoterapia e cinesioterapia (REBELATTO; BOTOMÉ, 1999).

No contexto de movimento humano, o assunto não só alude ao ato de caminhar ou elevar um braço, mas também ao simples ato de ficar em pé (equilíbrio estático) ou mesmo sentar ou deitar. Isso porque o movimento humano também equivale ao simples respirar (mecânica ventilatória), à contração dos ventrículos cardíacos em ritmos e intensidades variáveis; equivalem às alterações de diâmetros de brônquios e vasos sanguíneos; ou ao batimento de cílios das vias respiratórias que mantêm hígidos os pulmões; equivale ao fluxo de íons e axoplasma nos tecidos que controlam todas as funções do corpo (REBELATTO; BOTOMÉ, 1999).

### **2.1.3 A história da Fisioterapia**

Entre os anos 4000 a.C. a 395 d.C. a atividade física já era tida como um sinônimo de saúde. Também havia a preocupação em eliminar as doenças utilizando recursos como massagens e agentes físicos – sol, luz, calor, água e eletricidade. A China registra obras de cinesioterapia em 2698



a.C.; na mesma época, a Índia utilizava exercícios respiratórios para evitar a constipação (REBELATTO; BOTOMÉ, 1999).

No período da Idade Média, caracterizado por uma ordem social estabelecida no plano espiritual, houve uma lacuna em termos de evolução nos estudos e na atuação na área da saúde. A doença passou a ser considerada um castigo divino e a Fisioterapia não mais era utilizada com fins curativos, mas com o objetivo de incrementar a potência física das camadas mais privilegiadas (REBELATTO; BOTOMÉ, 1999).

Nos séculos XV e XVI surge o Renascimento, época em que houve uma sistematização do conhecimento científico e literário, desenvolvendo-se uma conduta extremamente intervencionista. Desenvolve-se não somente a questão curativa, mas também a manutenção do estado de saúde de indivíduos sãos e a prevenção de doenças (REBELATTO; BOTOMÉ, 1999).

Após este período, surgiu a época da Industrialização e as execuções de atividades repetitivas acabaram gerando lesões que, combinadas à falta de saneamento básico, epidemias e incapacidades, ocasionaram uma busca de recursos para capacitar o trabalhador para executar suas funções. Os estudos na área de saúde concentraram sua atenção no tratamento de doenças e seqüelas, o que faz surgir a idéia de atendimento hospitalar. Mais tarde, ainda no século XIX, surgem as especializações médicas (MARQUES; SANCHEZ, 1994).

Além de produzir muitos incapacitados, o período de guerras (1919/1945) foi uma época em que foram realizadas, de forma desumana, grandes pesquisas para a área da saúde (MARQUES; SANCHEZ, 1994).

#### **2.1.4 A história da Fisioterapia no Brasil**

Na história da área de saúde no Brasil, a Medicina foi a profissão que surgiu primeiro, sendo de sua competência um caráter mais intervencionista, logo após surgiu a Enfermagem, englobando o cuidado com o paciente dentro do processo de reabilitação (SANCHEZ, 1994).

No Brasil, a Fisioterapia iniciou-se no ano de 1929 dentro da Santa Casa de Misericórdia de São Paulo, mas foi em 1951 que foi criado o primeiro curso técnico para formação de fisioterapeutas, que tinha a duração de um ano. Na década seguinte, para uma melhor adequação ao curso devido ao aumento pela procura dos profissionais, o curso passaria a ter a duração de dois anos (SANCHEZ, 1994).

Em 1969, por meio do DECRETO-LEI (938/69), a Fisioterapia foi reconhecida como um curso de nível superior. Para esta regulamentação, criou-se o Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional (COFFITO) e Conselhos Regionais (CREFITOs), conforme a LEI 6316, de 17 de dezembro de 1975.

Em 1983, o Conselho Federal de Educação, edita o currículo mínimo para a Fisioterapia, com quatro anos letivos. O conteúdo foi dividido em quatro ciclos, composto pelas seguintes matérias: a) biológicas; b) de formação geral; c) pré-profissionalizantes e d) profissionalizantes (SANCHEZ, 1994).

Na próxima seção, será abordada a anatomia da coluna vertebral, desde a classificação das dores que a acometem, até o detalhamento das regiões cervical e lombar.

## 2.2 A COLUNA VERTEBRAL

A coluna vertebral é o eixo ósseo do corpo, situada no dorso, na linha mediana e é capaz de sustentar, amortecer e transmitir o peso corporal. Além disto, supre a flexibilidade necessária à movimentação, protege a medula espinhal e forma com as costelas e o esterno o tórax ósseo, que funciona como um fole para os movimentos respiratórios (RUBINSTEIN, 2006).

Segundo Gray e Goss (1998), a coluna vertebral é constituída por 33 vértebras e dividida em 5 regiões, sendo:

- Cervical, com 7 vértebras.
- Torácica, com 12 vértebras.
- Lombar, com 5 vértebras.
- Sacral com 5 vértebras, podendo variar de 4 a 6.
- Coccígena com 4 vértebras rudimentares, podendo variar de 3 a 5.

Uma vértebra típica constitui-se de duas partes essenciais: um segmento ventral, o corpo, que é a porção mais volumosa, e uma parte dorsal, o arco vertebral (arco neural), que envolve o forame vertebral. Localizado entre o arco vertebral (lâmina e pedículos) e o corpo vertebral está o forame vertebral, que forma, por meio da justaposição das vértebras e discos, um tubo denominado o canal vertebral (JESUS, 2006). De cada lado, localizado entre os pedículos, está o forame de conjugação. Dentro do canal vertebral, está o sistema nervoso. Na região lombar-sacra, ele é constituído pela cauda eqüina e dentro dos forames de conjugação estão as raízes nervosas (GRAY; GOSS, 1998).

Os corpos das vértebras unem-se por discos intervertebrais e ligamentos longitudinais anterior e posterior. Os discos intervertebrais estão presentes desde a superfície inferior do corpo do eixo até a junção lombossacral. O disco possui dois componentes básicos: o anel fibroso, externamente, e o núcleo pulposo, internamente, que serve como um

sistema hidráulico completo que absorve choques e ajuda a distribuir a carga de maneira suave e uniforme (JESUS, 2006).

O núcleo pulposos é altamente elástico e compressível e localiza-se posteriormente no anel fibroso. No entanto, quando o disco é comprimido, o núcleo pulposos libera o material aquoso que embebe o anel fibroso e a reabsorção deste material ocorre quando o disco não está sob tensão. O núcleo pulposos é a melhor fonte de nutrição do disco intervertebral, devido ao seu baixo metabolismo e à sua irrigação praticamente ausente no adulto (GRAY; GOSS, 1998).

### 2.2.1 Classificação das dores na coluna vertebral

Existem tipos diferentes de dores na coluna vertebral, as mais comuns são as relacionadas às doenças e condições da própria estrutura da coluna e às afecções situadas nas suas proximidades (WINTER *et al.*, 1999).



Figura 1 - Coluna Vertebral - Vista frontal e de perfil.

Fonte: Site [www.doresnascostas.com.br](http://www.doresnascostas.com.br), acessado em 18 de Setembro de 2005

Legenda:

- A) Coluna cervical (Lordose cervical)
- B) Coluna torácica (Cifose torácica)
- C) Coluna lombar (Lordose lombar)

- 1) Corpo vertebral
- 2) Disco intervertebral
- 3) Raiz nervosa

Segundo Winter *et al.* (1999), entre as dores relacionadas às doenças e condições em sua estrutura podem ser destacadas:

- Degenerativas (artrose, ossificação ligamentar idiopática).
- Mecânico-Posturais (posturas viciosas, seqüelas neurológicas).
- Traumáticas (hérnias discais, lesão do "chicote" e fraturas).
- Infeciosas (bacterianas, micóticas).
- Malformações congênitas.
- Inflamatórias (artrite reumatóide do adulto, artrite reumatóide juvenil, espondilite anquilosante).
- Metabólicas (osteoporose).
- Neoplásicas (metástases ósseas, mieloma múltiplo).
- E ainda afecções no interior da dura-máter (meningioma, neurinoma, abscesso, meningite).

Ainda segundo Winter *et al.* (1999) entre as dores decorrentes do acometimento de estruturas na sua vizinhança (dor referida), tem-se:

- Disfunção da articulação temporomandibular.
- Gânglios.
- Tireoidite.
- Faringite.
- Carcinoma de laringe.
- Traqueíte.
- Aneurisma dissecante da aorta.
- Inflamação da carótida.
- Infarto do miocárdio.
- Angina pectoris.
- Pericardite.

### 2.2.2 A região cervical

A região cervical é constituída por 7 vértebras e é dividida em dois segmentos, o suboccipital (Atlas (C1) e Axis (C2)) e o cervical inferior (C3-C7) (HOPPENFELD, 1999).

A cervical possui três funções: (1) provê suporte e estabilidade à cabeça; (2) suas superfícies articulares dão mobilidade à cabeça e (3) abriga e conduz a medula espinhal e a artéria vertebral (HOPPENFELD, 1999).

Gomes (1999, p.20) citando Mannheimer (1994) coloca que o suboccipital consiste das articulações entre o occipital, Atlas (C1) e Axis (C2).

Qualquer desequilíbrio da musculatura pode facilmente alterar a posição normal da cabeça sobre o pescoço (WINTER *et al.*, 1999).

Os movimentos cervicais ocorrem em sua maior parte na região da terceira vértebra cervical até a sétima vértebra (C3-C7) (WINTER *et al.*, 1999)

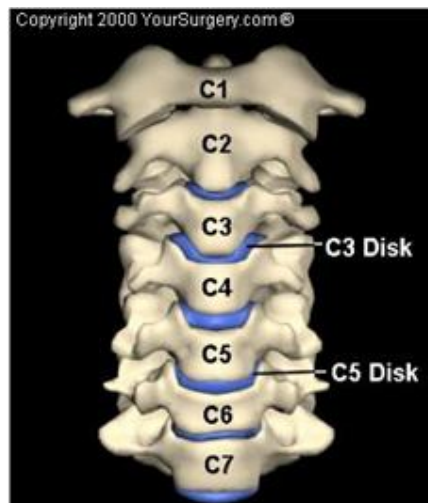


Figura 2 - Coluna Vertebral – Detalhamento da região cervical.

Fonte: Site [www.yoursurgery.com](http://www.yoursurgery.com), acessado em 08 de Agosto de 2005.

### 2.2.3 A região lombar

A coluna lombar é formada por 5 vértebras (L1 a L5). A região lombar permite os movimentos de flexão e extensão, flexão lateral e rotação (LOUDON *et al.*, 1999).

A coluna lombar abriga a cauda eqüina, conduzindo-a aos membros inferiores, além de dar mobilidade às costas. Suas outras funções são: fornecer sustentação à porção superior do corpo e transmitir o peso à pelve e aos membros inferiores (HOPPENFELD, 1999).

A lombalgia, ou dor lombar, ocupa em todas as clínicas de dor no mundo o primeiro lugar em freqüência de queixas referidas pelos clientes (NUNES, 1989).

Segundo Castro e Souza (2003, p. 11), citando Rosenthal (1994) a lombalgia é uma entidade que pode promover abatimento, fraqueza e incapacidade, sendo, dentre os distúrbios dolorosos que acometem o homem, aquele que apresenta incidência apenas menor que a cefaléia. Em alguma fase da vida, cerca de 80% das pessoas terão dor na região da coluna lombar.

Um levantamento realizado pela Organização Mundial de Saúde (OMS) mostrou que mais da metade da população mundial irá sofrer de dores lombares pelo menos uma vez na vida. Segundo a Associação Médica Brasileira (AMB) e o Conselho Federal de Medicina (CFM).

Grieve (1994) descreve lombalgia como dor nas costas mais especificamente na região da coluna lombar, seguimento este que suporta a maior carga e grande parte do peso corporal. O mesmo autor conceitua lombalgia como toda condição de dor, rigidez com pouca ou sem dor, localizada na região inferior do tronco.

As lombalgias são ocasionadas por processos inflamatórios, degenerativos, por alterações mecânicas da coluna vertebral, como má postura, escoliose, má formações e sobrecargas na musculatura lombar (PORTO, 2000).

A dor lombar manifestar-se devido a doenças sistêmicas, como metástases tumorais, mieloma múltiplo, leucemia, anemia falciforme, espondilite anquilosante ou até mesmo como uma manifestação clínica de doenças de órgãos localizados no abdômen, como úlcera péptica, colecistite, pancreatite, apendicite retrocecal, aneurisma da aorta, inflamações pélvicas, endometriose, doenças da próstata. A dor lombar também pode ocorrer devido a doenças da articulação do quadril e da articulação sacro ilíaca, como doenças degenerativas, além, de ocorrer devido a doenças da coluna lombar, como espondilolistese, artrose, degeneração discal e fraturas (BARROS FILHO; LECH, 2001).

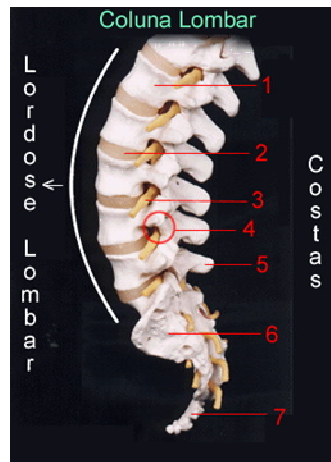


Figura 3 - Coluna Vertebral - Detalhamento da região lombar.

Fonte: Site [www.doresnascostas.com.br](http://www.doresnascostas.com.br), acessado em 18 de Setembro de 2005.

- |                            |                           |
|----------------------------|---------------------------|
| 1) Corpo Vertebral Lombar; | 2) Disco intervertebral;  |
| 3) Raiz nervosa;           | 4) Forâmen de Conjugação; |
| 5) Apófise Espinhosa;      | 6) Sacro;                 |
| 7) Cócix;                  |                           |

Na próxima seção, será exposta a revisão de literatura pertinente à área de Inteligência Artificial e sistemas especialistas, dando ênfase ao *Shell* de Inteligência Artificial “*Expert Sinta*” utilizado para criar sistemas especialistas.



### 2.3 A INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

O que hoje é chamado de Inteligência Artificial (IA) é um ramo da Ciência da Computação que nasceu em 1956 e a IA foi construída a partir de idéias filosóficas, científicas e tecnológicas herdadas de outras ciências, algumas tão antigas quanto a Lógica, com seus 23 séculos (BITTENCOURT, 1998).

A inteligência artificial é a parte da Ciência da Computação voltada para o desenvolvimento de sistemas de computadores inteligentes, isto é, sistemas que exibem características que estão associadas à inteligência no comportamento humano, como compreensão da linguagem, aprendizado, raciocínio, resolução de problemas, entre outros (COELHO, 1995).

Shmeil (1999) descreve que a Inteligência Artificial (IA) busca, por um lado, a compreensão, e, por outro, o desenvolvimento de entidades inteligentes. Ela tem como objetivo maior uma teoria sobre inteligência que explique o comportamento que naturalmente ocorre em entidades inteligentes. Encontramos algumas definições de IA oriundas de diferentes autores, cujas variações são enquadradas ao longo de duas dimensões, originando quatro categorias:

Sistemas que pensam como os humanos  
Sistemas que agem como os humanos

Sistemas que pensam racionalmente  
Sistemas que agem racionalmente

Fonte: SHMEIL, 1999

A Inteligência Artificial permite que o computador “pense” simulando o processo de aprendizado dos humanos e seu objetivo principal é simultaneamente teórico quanto à criação de teorias e modelos para a capacidade cognitiva e prática quanto a implementação de sistemas computacionais baseados nestes modelos (SHMEIL, 1999).

Nesse sentido, a Inteligência Artificial tem uma relação com seu objeto de estudo parecido com a psicologia, mas com uma importante diferença: os modelos e teorias da IA são implementados em um computador, o que os torna, de certa forma, autônomos (BITTENCOURT, 1998).

A Inteligência Artificial é dotada de mecanismos de aquisição automática de conhecimentos, na qual pode-se citar o exemplo da linguagem Prolog e dos sistemas especialistas.

Segundo Rich e Knight (1993), o estudo da Inteligência Artificial é distribuído em três grandes áreas:

- Processamento de Linguagem Natural que visa permitir que as pessoas interajam com o computador da maneira que estão habituadas a se comunicar, utilizando expressões da linguagem humana.
- Robótica que, aliada a Engenharia, busca implementar as funções de movimento, percepção e controle à máquina.
- Processamento de Conhecimento refere-se ao armazenamento e manipulação de conhecimento pela máquina de forma a poder ser utilizado para a resolução de problemas, como é feito pelos sistemas especialistas.

Na próxima seção será abordado como é realizada a Aquisição de Conhecimento que será manipulado e tratado pela IA para a resolução de problemas.

## 2.4 A AQUISIÇÃO DO CONHECIMENTO

A psicologia tem um papel fundamental no processo de aquisição do conhecimento. A forma de tratamento, os aspectos psicológicos, como comportamento, comunicação e percepção, determinam a qualidade da interação entre o especialista e o Engenheiro do Conhecimento (GAMMACK; YOUNG, 1985).

A aquisição do conhecimento caracteriza-se pela obtenção de heurísticas de um ser humano e sua armazenagem em um sistema computacional. Esta parte é a que consome um maior tempo em um Sistema de Apoio a Decisão (FLORES, 2005).

Pode-se então dizer que aquisição de conhecimento é um processo de extração, transformação e transferência de informação de uma fonte de conhecimento para um programa de computador. É um estágio fundamental no desenvolvimento de um sistema inteligente, e também o mais problemático (OSHIRO *et al.*, 2001).

A aquisição de conhecimento é, sem dúvida, o aspecto crucial no desenvolvimento de SBC e, portanto, faz-se necessário o uso de uma abordagem sistemática, preferencialmente apoiada em alguma forma de reuso. Uma idéia chave, introduzida para aumentar a reusabilidade do conhecimento e facilitar a manutenção dos sistemas resultantes, consiste em separar os conhecimentos de domínio e de tarefa. Esta separação mostra que há dois problemas basicamente distintos, apesar de relacionados ao projeto de um SBC e que estes podem ser, pelo menos até certo ponto, investigados e resolvidos separadamente. Desta forma, podem existir modelos estruturados separados para representar o domínio e a tarefa (ABEL, 1998).

Flores (2005, p02) descreve que:

“O desempenho humano envolve o uso hábil de uma enorme quantidade de experiências do dia-a-dia e o aprendizado, a partir das mesmas, acontece de forma bastante inconsciente. Nós aprendemos a falar nossa língua por intermédio da comunicação com os outros. Aprendemos a realizar tarefas por tentativas, às vezes com sucesso, às vezes falhando. Em muitos casos, o conhecimento adquirido através dessas experiências não é sólido, mas, sem dúvida, está num formato de regras práticas, que armazenamos em algum lugar, para usá-las quando forem

relevantes a uma nova situação. Essas regras práticas são chamadas de heurísticas, no linguajar de IA, e representam o suporte principal do conhecimento que tentamos armazenar para o uso dos sistemas em linguagem natural, sistemas especialistas e robôs.”

Na próxima seção será exposto uma das áreas da Inteligência Artificial, os sistemas especialistas, como suas características, funcionamento, vantagens e aplicações.

## 2.5 SISTEMAS ESPECIALISTAS

Os sistemas especialistas constituem uma área economicamente interessante de aplicações da IA, pois empregando suas técnicas e conhecimento em problemas específicos de um dado domínio para simular a atuação de peritos humanos, maximiza-se o tempo, gerando economia nos custos para resolução do problema.

Segundo Harmon (1988), sistemas especialistas são sistemas de computação que realizam funções semelhantes àquelas normalmente executadas por um especialista humano. Esses sistemas usam representação de conhecimento ou perícia humana num domínio particular, de forma a executar funções semelhantes às de um especialista, e este conhecimento é representado por alguns formalismos para representação do conhecimento.

Segundo Rocha *et al.* (2001), sistemas especialistas são sistemas cujo propósito é a resolução de problemas em um domínio específico, por meio da exploração de uma base de conhecimento e de um mecanismo de raciocínio.

Ou seja, os sistemas especialistas são programas computacionais que simulam o comportamento de especialistas humanos, baseando-se nas informações fornecidas pelo usuário para concluir e emitir um parecer acerca de um domínio específico.

O desenvolvimento de um típico sistema especialista se inicia com um engenheiro de conhecimento que exaustivamente entrevista uma reconhecida autoridade em um campo particular e codifica a perícia obtida em alguma forma de representação simbólica. Depois, o conhecimento extraído é transportado para um computador que eletronicamente repete análises peritas e estratégias de solução de problemas (GENARO, 1995).

Pantaleão e Sluter (2003, p. 09), citando Rolson (1998) relatam que na fase de avaliação, algumas dificuldades podem surgir. Para muitos domínios, é impossível identificar uma resposta como “absolutamente correta” para um dado problema. O que se avalia é se a resposta é

compatível com a resposta que um especialista daria para o problema em questão. Nesta fase, é desejável a interação com outros especialistas que não participaram do desenvolvimento do sistema.

### **2.5.1 Vantagens**

A utilidade de um sistema especialista está, primeiramente, baseada na disponibilidade e na conveniência. Ao contrário de um especialista humano, que tem que dormir, comer, descansar, passar férias e assim por diante, um sistema especialista está disponível 24 horas por dia, todos os dias do ano. Além disso, esses sistemas especialistas podem ser criados, enquanto especialistas existem em número limitado. Acrescente-se a isso que, ao contrário dos humanos, um especialista computadorizado nunca morre levando consigo o conhecimento. O conhecimento em um sistema especialista pode ser facilmente copiado e armazenado, fazendo com que a perda permanente de um conhecimento especializado seja bastante rara (SCHILDT, 1989).

Outra vantagem dos sistemas especialistas sobre os especialistas humanos é que ele está sempre utilizando toda a sua capacidade. Quando um especialista humano fica cansado, a confiabilidade de sua orientação pode ser prejudicada. Porém, um especialista computadorizado sempre gera a melhor opinião possível, dentro das limitações de seu conhecimento (SCHILDT, 1989).

Outra vantagem dos sistemas especialistas é que após a sua criação, este pode ser facilmente copiado, podendo passar sua base de conhecimento de uma máquina para outra. Um ser humano, sem dado conhecimento, precisaria de um longo período para se formar como especialista em determinado campo, o que torna difícil e onerosa a aquisição de conhecimento de novos especialistas humanos (ABEL, 1998).

## 2.5.2 Funcionamento

Todos os sistemas especialistas são compostos de quatro partes: base de conhecimento, máquina de inferência, aquisição do conhecimento e explanação (HARMON, 1988).

Base de Conhecimento: é um conjunto de dados que armazena informações específicas e regras sobre determinado assunto. Flores (2005, p.03), citando Ahuja (1987) expõe que atualmente não existe formalismo de representação que possa ser considerado melhor do que todos os outros existentes. Várias análises comparativas foram feitas e, em nenhuma delas, um método apresentou vantagem clara em relação aos outros.

Máquina de Inferência: é a parte do sistema especialista que usa a informação recebida para encontrar um objeto correspondente (HARMON, 1988).

Aquisição de Conhecimento: é responsável pela atualização do conhecimento, por meio de um mecanismo de interação cooperativa, gerado a partir do módulo de explanação (HARMON, 1988).

Módulo de Explanação: é responsável pela descrição do raciocínio do sistema para o usuário. Ele é ativado tanto pelo mecanismo de inferência como pelo módulo de aquisição de conhecimentos. O mecanismo de inferência evoca o módulo de explanação, visando um processo de transformação de conhecimento, representado na base de conhecimentos do SE ou deduzido no processo de busca de uma solução. Por meio do módulo de aquisição de conhecimentos, o módulo de explanação tem por objetivo fundamental o auxílio à depuração e à construção incremental da base de conhecimentos do SE já existente ou daquele em fase de construção (HARMON, 1988).

Os sistemas especialistas devem, também, ter a habilidade para aprender com a experiência e explicar o que estão fazendo e por que o fazem, tornando-se assim uma poderosa ferramenta. Em qualquer especialidade da área de saúde, por exemplo, é inaceitável um sistema

especialista que não seja capaz de explicar como chegou a uma conclusão (GENARO, 2006).

Os sistemas especialistas empregam informações nem sempre completas, manipulando-as por meio de métodos de raciocínio simbólico sem seguir modelos numéricos, para produzir aproximações satisfatórias ou aproximações úteis (AFONSO, 2001).

Sendo assim, quanto mais completa e corretamente estiver representado o conhecimento, melhor será a saída do sistema. Para tanto, se fazem necessárias à aquisição de conhecimento, o uso de heurísticas, de métodos de representação de conhecimento e de máquinas de inferência (AFONSO, 2001).

Existem várias arquiteturas de sistemas especialistas sendo utilizadas., dentre elas, a mais simples de compreender e a mais difundida compõe-se de 3 elementos básicos citados por Afonso (2001).

- Base de conhecimento.
- Quadro negro.
- Mecanismo de inferência

O quadro negro citado é uma estrutura que contém informações e serve para afixar, modificar e observar mudanças que devem ser examinadas pela base de conhecimento ou o mecanismo de inferência (LEVINE *et al.*, 1988).



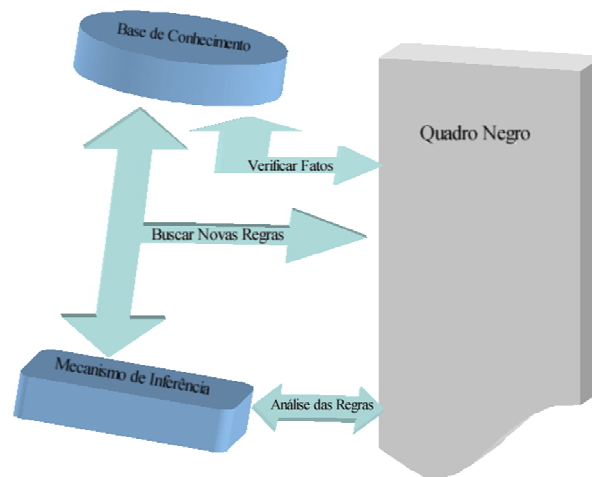


Figura 4 – Constituição básica de um sistema especialista

Fonte: <http://www.din.uem.br/ia/especialistas/elementos.html>, acessado dia 30 de Maio de 2006

### 2.5.3 Aplicação

Segundo Levine *et al.* (1988), dentre as principais aplicações dos sistemas especialistas podemos destacar os:

- Sistemas de interpretação: identifica objetos a partir de conjuntos de observações. Por exemplo: compreensão de fala, análise de imagens, interpretação geológica.
- Sistemas de diagnóstico: deduz possíveis problemas a partir de observações ou sintomas. Por exemplo: diagnósticos médicos, e mecânicos.
- Sistemas de projeto: desenvolve configurações de objetos que satisfazem determinados requisitos ou restrições. Por exemplo: projeto de circuitos digitais e projeto de edifícios.
- Sistemas de monitoração: comparam observações de comportamento de sistemas, com características consideradas necessárias para alcançar objetivos. Por exemplo: monitoração de rede de distribuição elétrica e controle de tráfego aéreo.

- Sistemas de controle: governam de forma adaptativa o comportamento de um sistema. Por exemplo: robôs e gerência de produção.

Na área de saúde, estes sistemas têm como objetivo funcionar como formas de apoio a serem usadas por profissionais não especialistas, facilitando o acesso à informação e auxiliando-os a focar a sua atenção em fatores que correm o risco de serem esquecidos.

#### **2.5.4 Problemas enfrentados pelos sistemas especialistas atuais**

Segundo Sistemas... (2006), dentre os problemas dos sistemas especialistas enfrentados pelos desenvolvedores podem ser destacados:

Fragilidade - Como os sistemas especialistas somente têm acesso a conhecimentos específicos em seu domínio, não possuem conhecimentos mais genéricos, assim não abrangem necessidades de algumas situações facilmente resolvidas por especialistas humanos.

Falta de metaconhecimento - Geralmente não possuem conhecimentos sofisticados sobre sua própria operação, não conseguindo raciocinar sobre seu próprio escopo e restrições, sendo este o maior obstáculo à aplicação de tecnologia dos sistemas especialistas para novos domínios.

Validação - O desempenho de um sistema especialista é muito difícil ser medido, justamente pela dificuldade de quantificar o uso deste conhecimento em cada uma das áreas de aplicação.

#### **2.5.5 Situação atual dos Sistemas de Apoio à Decisão em Fisioterapia**

Os Sistemas de Apoio à Decisão em Fisioterapia ainda são pouco difundidos, sendo muito difícil encontrar pesquisas científicas ou projetos sendo desenvolvidos para esta área.

Após realizar uma vasta busca à procura de sistemas informatizados, tanto de apoio à decisão como de sistemas de informação, foram identificados apenas dois sistemas que atualmente encontram-se em fase de desenvolvimento.

Nas seções a seguir, encontra-se o detalhamento destas pesquisas:

### **2.5.5.1 Fisiometer – Sistema de informação para avaliação postural.**

O Fisiometer é um projeto que está sendo desenvolvido no Rio de Janeiro há cerca de 5 anos pela fisioterapeuta paraibana Dr<sup>a</sup>. Francinett da Costa Dias, que, em conjunto com um programador, iniciou o desenvolvimento de um software para atingir as necessidades específicas dos fisioterapeutas na área de avaliação postural.

Na avaliação da Dra. Francinett da Costa Dias, os sistemas de verificação, como a goniometria, a medição manual de radiografia, a perimetria e a antropometria são de difícil reavaliação, gerando perdas significativas para o desenvolvimento da Fisioterapia (DIAS, 2005).

Em sua busca por estas ferramentas, a referida fisioterapeuta encontrou equipamentos como o escoliômetro e o cifolordógrafo ocupando um espaço físico que a maioria dos fisioterapeutas não dispõe para realização de avaliações fisioterapêuticas, acarretando a não mensuração permanente do trabalho desenvolvido com o paciente. (DIAS, 2005).

Ao iniciar suas pesquisas para o desenvolvimento de uma plataforma para avaliação funcional computadorizada, o primeiro obstáculo encontrado pela Dra. Francinett foi a consciência da complexidade do sistema que rege a postura humana, desde sua atividade tônica à sua interação sensorial entre os dendritos e suas sinapses (DIAS, 2005).

O software foi elaborado e desenvolvido em conjunto com o programador Hémerson Antônio Dias e, posteriormente, avaliado cientificamente na dissertação da Dr<sup>a</sup>. Waleska da Silveira Venturelli, concluída no ano de 2005 (DIAS, 2005).

De acordo com as conclusões da referida dissertação de mestrado citada por Dias (2005), a reprodutividade das análises foi extremamente satisfatória, com os valores do coeficiente de correlação próximo a um entre todas as variáveis analisadas.

A Figura 5 mostra um exemplo da avaliação funcional de um paciente e a utilização da ferramenta para realizar a medição postural.

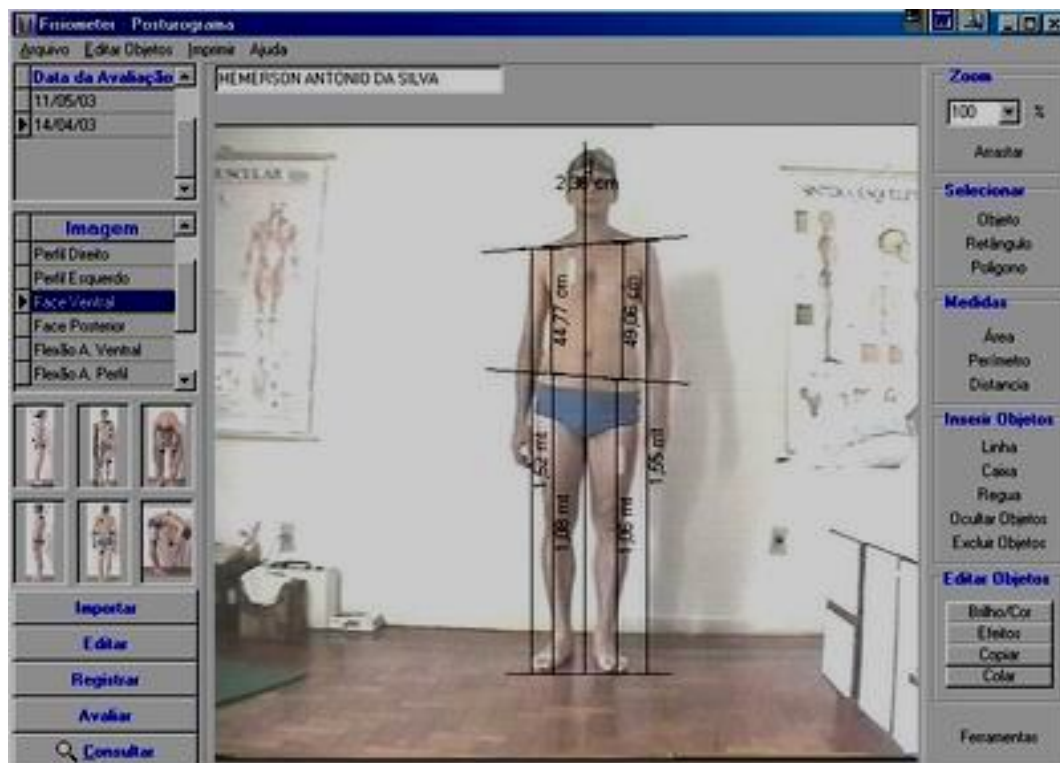


Figura 5 – Fisiometer – Posturograma

Fonte: Site [www.fisiometer.com.br](http://www.fisiometer.com.br), acessado em 03 de Dezembro de 2005

### 2.5.5.2 UESB – Um sistema especialista para apoio à decisão em exames ortopédicos do ombro, cotovelo e punho

Outro projeto analisado foi o desenvolvido por pesquisadores da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), denominado “Um Sistema Especialista para Apoio à Decisão em Exames Ortopédicos de Ombro, Cotovelo e Punho” (CARDOSO *et al.*, 2004).

O projeto utiliza-se diretamente da ferramenta “*Expert Sinta*”, que faz a análise das regras de produção contidas em uma base de dados de conhecimento para a geração das *interfaces* de comunicação com o usuário.

Este projeto está sendo inserido na disciplina de Informática Aplicada à Saúde, do curso de Fisioterapia da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia e ainda está em fase inicial de aplicação e avaliação por discentes e docentes. Posteriormente, pretende-se utilizar o projeto como recurso auxiliar e complementar nas aulas teóricas (CARDOSO *et al.*, 2004).

Os pesquisadores têm o objetivo de incluir no sistema os exames ortopédicos cervical, torácico, lombar, sacroilíaco, articulação do quadril, joelho, tornozelo e pé, mão e temporomandibular (CARDOSO *et al.*, 2004).

A Figura 6 demonstra um exemplo de uma regra de uma base de conhecimentos para apoio à decisão aos fisioterapeutas para exames ortopédicos de punho.

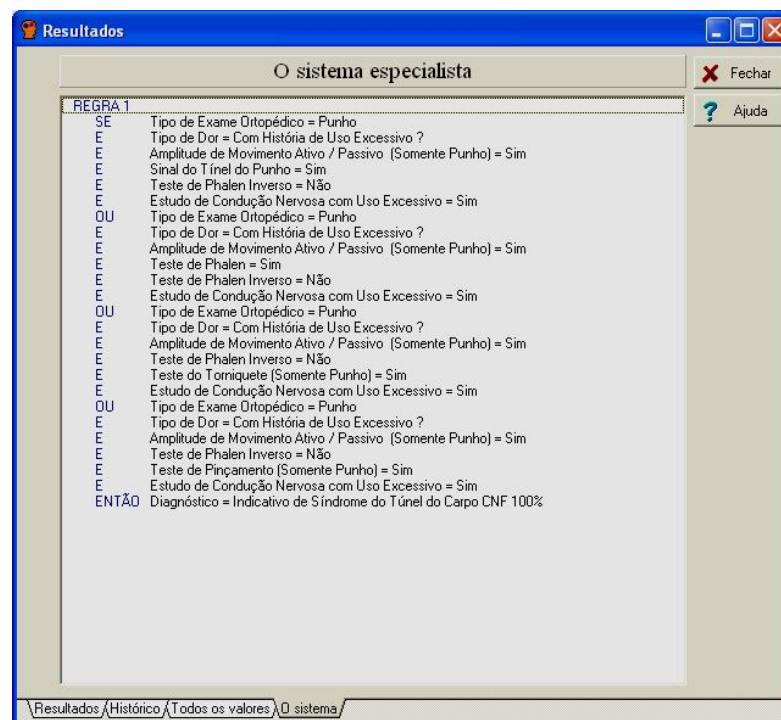


Figura 6 - Tela de exposição da regra do SAD

Fonte: CARDOSO *et al.* (2004)

As regras mostram os passos necessários para que o SAD identifique o diagnóstico de Síndrome do Túnel do Carpo no punho, a partir das respostas do usuário.

Como no exemplo representado pela Figura 6, as regras foram produzidas no estilo SE... ENTÃO, com a possibilidade de inclusão de conectivos lógicos, relacionando os atributos no escopo da base.

Cada regra gerada leva em consideração os seguintes parâmetros: a história da dor relacionada a cada articulação; a amplitude de movimento; os exames ortopédicos; e, finalmente, a radiografia.

Na sua *interface* externa, o usuário deve escolher para qual exame ele deseja realizar a consulta ao sistema, se ombro, cotovelo ou punho. Também é possível realizar a consulta para um ou mais exames simultaneamente.

Em seguida, após a escolha do exame, o usuário deve responder as perguntas geradas acerca da articulação escolhida. As condições para que o sistema possa chegar a uma conclusão irá depender das respostas do usuário.

Ao responder cada uma das perguntas, o sistema executará as regras contidas na base de conhecimento e, se cada uma das regras for satisfeita, o sistema conclui o diagnóstico.

Os pesquisadores têm o objetivo de incluir no sistema os exames ortopédicos cervical, torácico, lombar, sacroilíaco, articulação do quadril, joelho, tornozelo e pé, mão e têmporomandibular.

## 2.6 O SHELL “*EXPERT SINTA*”

O “*Expert Sinta*” é uma ferramenta computacional (*Shell*) gratuita (*freeware*), que utiliza técnicas de Inteligência Artificial para geração automática de sistemas especialistas.

A ferramenta foi desenvolvida no estado do Ceará pelo grupo SINTA (Sistemas Inteligentes Aplicados), atuando junto ao Laboratório de Inteligência Artificial (LIA) da Universidade Federal do Ceará (SISTEMAS..., 2005).

A ferramenta é um pouco limitada por não vir recebendo modificações pela equipe de desenvolvimento nos últimos anos, mas demonstrou ser bastante eficiente na interpretação da base de conhecimentos.

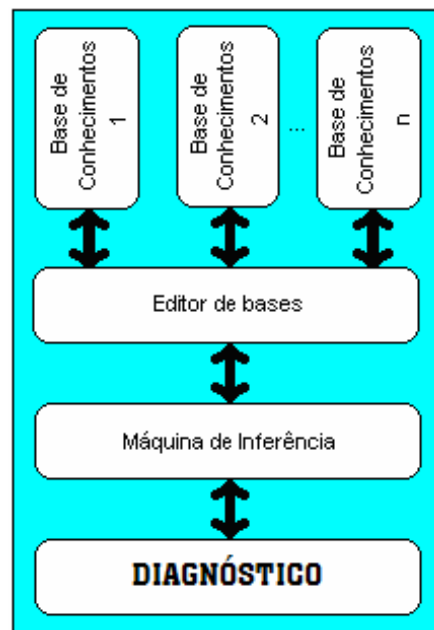


Figura 7 – Arquitetura simplificada do funcionamento do Expert Sinta

Fonte: <http://www.inf.ufrgs.br/~castilho/cmp113/C4.html>, acessado em 15 de Março de 2005

A ferramenta utiliza um modelo de representação do conhecimento, baseado em “Árvore de Decisão”, tendo como objetivo principal simplificar o trabalho de implementação de sistemas especialistas, por meio do uso de uma máquina de inferência compartilhada, da construção automática de telas e menus, do tratamento probabilístico das regras de produção e da

utilização de explicações sensíveis ao contexto da base de conhecimento modelada (CARDOSO et al. 2004).

Um sistema especialista, baseado em tal tipo de modelo, é bastante útil em problemas de classificação. O usuário responde a uma seqüência de menus e o sistema encarregar-se-á de fornecer respostas que se encaixem no quadro apontado pelo usuário. Como exemplos, temos sistemas de diagnósticos médicos e configuração de redes de computadores (SISTEMAS..., 2005).

Uma árvore de decisão utiliza uma estratégia de “dividir-para-conquistar”, ou seja, um problema complexo é decomposto em subproblemas mais simples e recursivamente a mesma estratégia é aplicada a cada subproblema (SISTEMAS..., 2005).

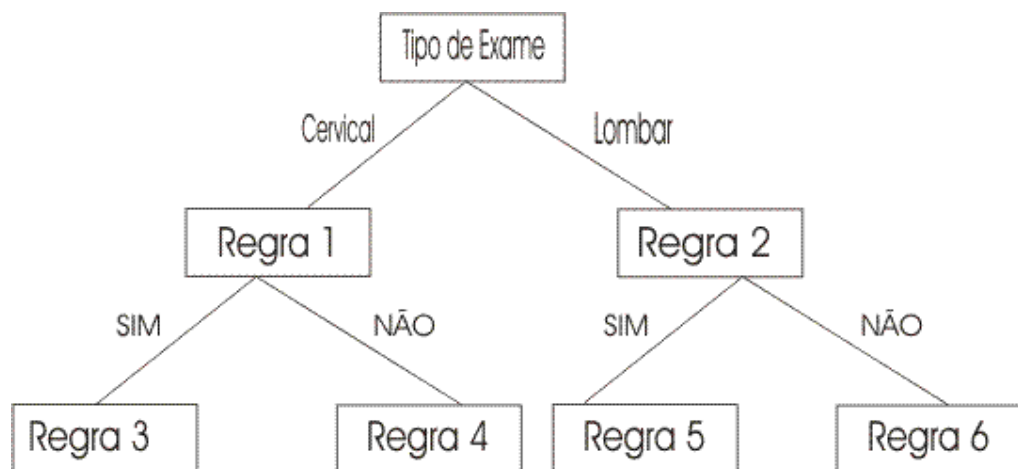


Figura 8 – Exemplo de uma árvore de decisão

Maiores informações e a cópia da ferramenta podem ser obtidas na internet no endereço: <http://www.lia.ufc.br/~bezerra/exsinta/exsintashell.htm>.



## 2.7 ESPECIFICAÇÕES DE UM SOFTWARE

### 2.7.1 Modelagem

A modelagem é uma atividade fundamental para realizar o desenvolvimento de um software. É a atividade de construir modelos que expliquem características ou o comportamento de um software ou um sistema de software. Na construção, os modelos podem ser usados na identificação das características e funcionalidades que o software deverá prover.

A modelagem normalmente implica na construção de modelos gráficos que simbolizam os artefatos utilizados e seus inter-relacionamentos. Uma forma comum de modelagem de sistemas é por meio de fluxogramas, no caso de sistemas procedurais (não orientados a objetos), enquanto a modelagem de sistemas orientados a objetos normalmente usa a linguagem gráfica denominada *Unified Modeling Language* (UML) (BOOCH *et al.*, 2000).

#### 2.7.1.1 Modelo em UML

A UML é uma linguagem de modelagem não proprietária de terceira geração. A UML não é um método de desenvolvimento, o que significa que ela não diz o que o analista deverá fazer primeiro e em seguida ou como desenhar o sistema, mas o auxilia a visualizar seu desenho e a comunicação entre os objetos que representam o sistema. Basicamente, a UML permite que os desenvolvedores visualizem os produtos de seu trabalho em diagramas padronizados (BOOCH *et al.*, 2000).

No sistema, foi adotada a metodologia de Linguagem Orientada a Objeto com base na UML, segundo Furlan (1998).

#### 2.7.1.2 Diagrama de caso de uso

Nenhum sistema existe isoladamente. Todo sistema interessante interage com atores humanos ou autômatos que utilizam esse sistema para

algum propósito e esses atores esperam que o sistema comporte-se de acordo com as maneiras previstas (BOOCH *et al.*, 2000).

O Diagrama de Caso de Uso ou *Use Case*, retrata os atores mostrando as funções representadas por cada um deles e também mostra o relacionamento entre atores e os casos de uso dentro do sistema.

Um ator pode ser uma entidade externa ou qualquer outro sistema que interage com o sistema em discussão. Deve-se identificar os atores e os processos que eles iniciam ou que participam no sistema.

### 2.7.1.3 Diagrama de classes

O Diagrama de Classes é uma coleção de elementos estáticos, tais como classes, tipos e seus relacionamentos, conectados uns aos outros e aos seus conteúdos como um grafo (FURLAN, 1998).

Os diagramas retratam os relacionamentos entre as classes que podem compor outra classe, herdar partes de outras, depender de outra etc..

O diagrama de classes é uma modelagem muito útil para o sistema, pois define todas as classes que o sistema necessita possuir e é a base para a construção dos próximos diagramas utilizados na UML (BOOCH *et al.*, 2000).

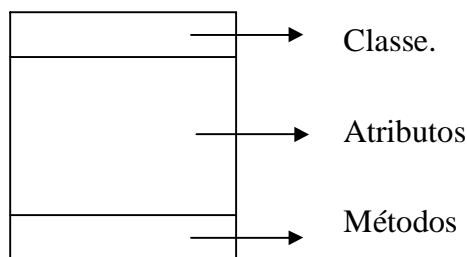


Figura 9 – Exemplo de um diagrama de classes

Classe = é a representação de um conjunto de coisas reais ou abstratas que são reconhecidas como sendo do mesmo tipo por compartilhar as mesmas características de atributos.

Atributo = é a menor unidade que em si possui significância própria e interrelacionada com o conceito lógico da classe à qual pertence. Apresenta um princípio de atomicidade, ou seja, do armazenamento de um valor simples em uma célula.

Métodos = são um serviço de classe ou comportamento resultante de um procedimento algorítmico.

Conforme Furlan (1998), os tipos de associação utilizado nos diagramas de classes são:

- Agregação: demonstra que as informações de um objeto precisam ser complementadas por outra classe, objeto-todo e objeto-parte.
- Composição: um tipo de agregação na qual o objeto-parte pertence a um único objeto-todo.
- Generalização: também conhecida como herança ou especialização, representa as dependências e hierarquias do diagrama.

A Figura 10 mostra um exemplo da hierarquia de classes, utilizada para a construção de um diagrama de classes.

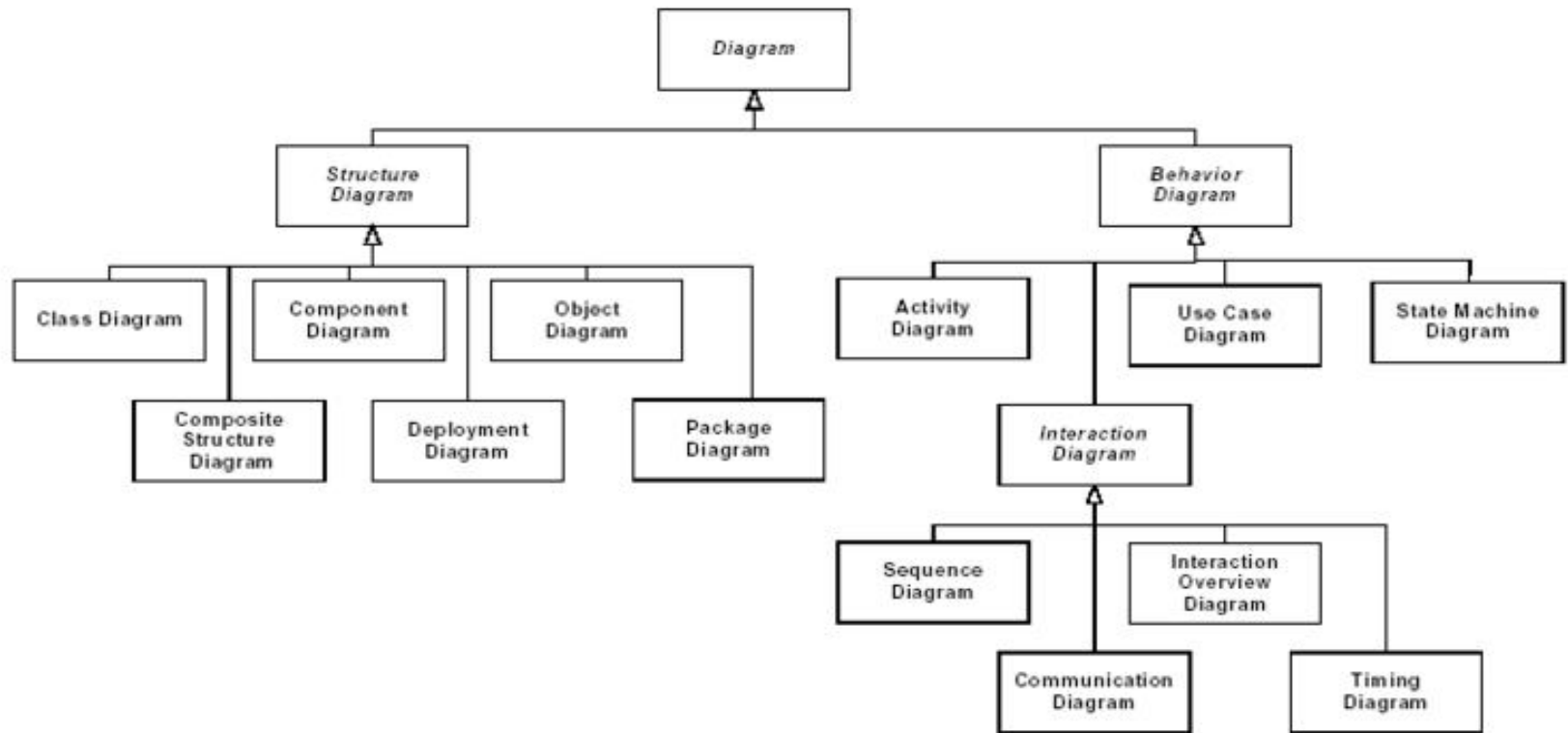


Figura 10 – Exemplo da hierarquia de classes dos diagramas da UML

Fonte: LARMAN (2004)

## **3 METODOLOGIA**

Neste capítulo serão descritas as características metodológicas da pesquisa, os materiais e os métodos utilizados durante o desenvolvimento do trabalho de pesquisa.

### **3.1 TIPO DE PESQUISA**

Trata-se de um estudo exploratório com uma abordagem qualitativa enfocado na utilização de ferramentas computacionais na área de Fisioterapia, subsidiado nas tecnologias em saúde.

Para descrever o termo “pesquisa qualitativa”, Neves (1996, p.01), citando Maanen, relata que a expressão “pesquisa qualitativa” assume diferentes significados no campo das ciências sociais. Ele compreende um conjunto de diferentes técnicas interpretativas que visam descrever e decodificar os componentes de um sistema complexo de significados. Tem por objetivo traduzir e expressar o sentido dos fenômenos do mundo social. Trata-se de reduzir a distância entre indicador e indicado, entre teoria e dados, entre contexto e ação.

### **3.2 LOCAL DE ESTUDO**

O presente estudo foi realizado na Clínica de Fisioterapia da Pontifícia Universidade Católica do Paraná, na cidade de Curitiba. O período da coleta de dados foi de novembro de 2005 a fevereiro de 2006, ocorrendo uma pausa entre os dias 16/12/2005 e 23/01/2006, por motivo de férias dos acadêmicos e funcionários da clínica.

As visitas à Clínica de Fisioterapia foram constantes, com o objetivo de construir as regras de produção baseadas em MAGEE (2002), outros autores e nos prontuários dos clientes, que também seguem este mesmo autor na sua maioria.

### **3.3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO**

Os critérios de inclusão dos prontuários foram:

- Prontuários com doenças e condições da coluna vertebral, região cervical e lombar.
- Prontuários com os diagnósticos fisioterapêuticos de:
  - Lesão sobre o nervo femoral.
  - Espondilolistese lombar.
  - Encurtamento muscular lombar.
  - Alteração muscular em MMII.
  - Comprometimento sacro-ilíaca.
  - Disfunção neurológica radicular cervical.
  - Síndrome do desfiladeiro torácico.
  - Lombalgia.
  - Cervicalgia.

O único critério de exclusão foi não incluir prontuários com mais de 2 diagnósticos fisioterapêuticos, justamente pela dificuldade de separar, neste tipo de prontuários, os testes aplicados especificamente para cada uma das articulações.

### **3.4 AMOSTRA**

A coleta de informações consistiu na análise do “Arquivo Inativo” de prontuários de clientes, sendo que a seleção foi realizada pelo próprio autor, separando aleatoriamente prontuários que estavam ordenados em ordem alfabética e armazenados em várias prateleiras dentro de uma das salas da clínica.

Dentre todo o montante de prontuários gerais, inicialmente foram separados aleatoriamente 663 de clientes de ambos os sexos, entre os anos de 2003 a 2005.

Destes, novamente foram separados 177 prontuários que envolviam diagnósticos de coluna vertebral, regiões cervical e lombar, sendo cada um destes prontuários analisado individualmente.

Estes 177 prontuários foram utilizados na criação e validação das regras de produção com o auxílio dos fisioterapeutas da Clínica de Fisioterapia da PUCPR, formando a base de conhecimento necessária para as análises dos exames ortopédicos.

### **3.5 TEORIA DE ANÁLISES ESTATÍSTICAS**

Estatística<sup>1</sup> é a ciência que tem por objetivo orientar a coleta, o resumo, a apresentação, a análise e a interpretação dos dados (CALLEGARI-JACQUES, 2004). Podem ser identificadas duas grandes áreas de atuação desta ciência: a estatística descritiva, envolvida com o resumo e a apresentação dos dados, e a estatística inferencial, que ajuda a concluir sobre conjuntos maiores de dados (populações) quando apenas partes desses conjuntos (as amostras) foram estudadas (CALLEGARI-JACQUES, 2004).

Após a conclusão da fase de coleta de dados da pesquisa, segundo Marconi e Lakatos (1999), os dados devem seguir os seguintes passos: seleção, codificação e tabulação.

Seleção: é o exame minucioso dos dados. De posse do material coletado, o pesquisador deve submetê-lo a uma verificação crítica, a fim de detectar falhas ou erros, evitando informações confusas, distorcidas, incompletas, que possam vir a prejudicar o resultado de sua pesquisa (MARCONI; LAKATOS, 1999).

Codificação: é a técnica operacional utilizada para categorizar os dados que se relacionam. Mediante a codificação, os dados são transformados em símbolos, podendo ser tabelados e contados (MARCONI; LAKATOS, 1999).

---

<sup>1</sup> Estatística: Do grego *statistós*, de *statízo*, “estabelecer”, “verificar”, acrescido do sufixo *-ica*.

Tabulação: é a disposição dos dados em tabelas, possibilitando maior facilidade na verificação das inter-relações entre eles. É uma parte do processo técnico de análise estatística, que permite sintetizar os dados de observação conseguidos pelas diferentes categorias e representá-los graficamente (MARCONI; LAKATOS, 1999).

A representação dos dados tabulados geralmente são feitas por meio de Tabelas, Quadros ou Gráficos. Estes 3 métodos de apresentação de dados estatísticos facilita ao leitor uma compreensão e interpretação rápida da massa de dados, podendo este rapidamente encontrar importantes detalhes sobre os dados ali distribuídos (MARCONI; LAKATOS, 1999).

A avaliação da eficácia de um teste pode ser realizado por meio da análise da tabela 2x2, uma técnica na qual uma dada amostra é dividida em quatro grupos segundo seus estados de acometimento ou não de uma determinada doença e de apresentarem resultado positivo ou negativo no exame. Com isso, podem ser calculadas taxas de erros ou acertos que estimam as probabilidades indicativas da acurácia e da precisão do teste (PEREIRA, 1999).

Segundo Pereira (1999), normalmente, a tabela 2x2 tem um formato na qual as duas colunas apresentam os dados referentes aos clientes acometidos ou não de uma dada condição clínica e as duas linhas contém os dados referentes aos clientes que tiveram resultado positivo ou negativo num teste ou exame que se esteja estudando.

Considere-se agora a situação acima, representada numa tabela 2x2 (Tabela 1), na qual  $a+b$  representa clientes que possui lesão e  $c+d$  clientes que não possuem lesão:

		Padrão Ouro		Total
		E	E	
Classe Prevista	A	<b>a</b>	<b>B</b>	<b>a+b</b>
	A	<b>c</b>	<b>D</b>	<b>c+d</b>
	Total	a+c	b+d	N
		Classe real		

Tabela 1 - Estrutura básica de uma tabela 2 x 2 relacionando o atributo (A) ao efeito (E).



Temos nessa situação os seguintes resultados possíveis:

- Teste positivo e lesão presente: VP (verdadeiro positivo) = a.
- Teste negativo e lesão ausente: VN (verdadeiro negativo) = d.
- Teste negativo e lesão presente: FN (falso negativo) = b.
- Teste positivo e lesão ausente: FP (falso positivo) = c.

Ao se perguntar: se a lesão está presente, qual a probabilidade do teste ser positivo? A resposta é dada da seguinte maneira:  **$(a/(a+c))$** , esta é a chamada sensibilidade estimada do teste (PEREIRA, 1999).

Ao se perguntar: se a lesão está ausente, qual a probabilidade do teste ser negativo? A resposta no caso é dada da seguinte maneira:  **$(d/(b+d))$** , esta é a chamada especificidade estimada do teste.

Esses conceitos de sensibilidade e especificidade são bastante conhecidos, embora freqüentemente em um nível superficial ou intuitivo.

Um teste altamente sensível raramente deixará de ser positivo em pessoas que realmente tenham lesão e um teste altamente específico raramente deixará de ser negativo em pessoas que não tenham lesão. (PEREIRA, 1999).

### **3.6 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS**

Os materiais utilizados foram dois computadores, modelo Pentium IV; um computador modelo Pentium III; o sistema desenvolvido pelo pesquisador para esta pesquisa e os prontuários separados e utilizados para a criação da base de dados de conhecimento do sistema.

### **3.7 DELINEAMENTO**

Os 177 prontuários foram submetidos pelo próprio pesquisador a simulações no Sistema de Apoio à Decisão, sendo os diagnósticos encontrados pelo sistema comparados com os diagnósticos fisioterapêuticos dados pelos acadêmicos da Clínica de Fisioterapia e posteriormente tabulados para receber a análise dos resultados obtidos.

As simulações consistiram em responder as perguntas feitas pelo sistema por meio dos sinais e sintomas existentes no prontuário dos clientes.

### **3.8 CONSIDERAÇÕES ÉTICAS**

Esta pesquisa teve como objetivo desenvolver um sistema informatizado de simulação de diagnósticos fisioterapêuticos por acadêmicos e profissionais de Fisioterapia.

O projeto de pesquisa foi submetido à aprovação pelo Comitê de Ética da PUCPR (ANEXO B), no ano de 2005, sendo aprovado no dia 07 de dezembro de 2005, sob o número de registro 913.

Conforme a Resolução 196/96, do Conselho Nacional de Saúde (CNS), o pesquisador garante a confiabilidade das informações dos clientes contidas nos prontuários que serão manipulados na pesquisa, resguardando as informações, para que não sejam utilizadas para outras finalidades, e os prontuários, para que não sejam extraviados ou retirados do ambiente da Clínica de Fisioterapia da PUCPR.

Os profissionais da área de Fisioterapia participantes na validação das regras de produção assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (ANEXO C).

Seguindo os procedimentos descritos neste capítulo, foi possível determinar os resultados que serão apresentados no próximo capítulo. Os resultados foram dispostos em forma de tabelas e gráficos.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

O capítulo apresenta os resultados obtidos com a simulação da base de conhecimento do SAD nos prontuários de clientes da Clínica de Fisioterapia da PUCPR. Durante a apresentação também é realizada a discussão dos resultados baseados na literatura.

O capítulo inicia com o detalhamento do desenvolvimento do Sistema de Apoio à Decisão, desde a modelagem do banco de dados, das classes, até o sistema, utilizando uma plataforma de implementação.

Na seqüência, é explicado detalhadamente o funcionamento do sistema, os passos para que os usuários possam simular os diagnósticos dos prontuários e como são criadas as regras de produção na base de conhecimentos.

### **4.1 SISTEMA PARA A COLETA DOS DADOS**

Para que fosse possível realizar a coleta de dados, foi necessário o desenvolvimento de um SAD respeitando todos os padrões especificados no CMM (*Capability Maturity Model*) e citados por Fiorini e Baptista (1998) para criação do projeto, modelagem, desenvolvimento e testes.

Na seqüência, descrevem-se as fases do desenvolvimento.

#### **4.1.1.1 Diagrama de caso de uso**

Na seqüência, são mostrados todos os diagramas de caso de uso criados para representar o sistema computacional.

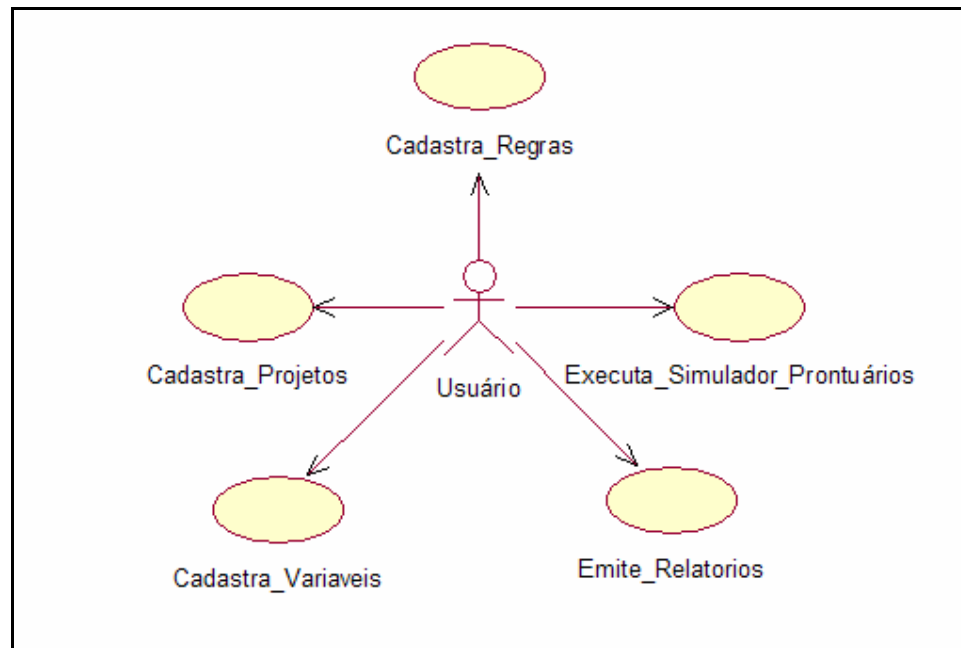


Figura 11 - Diagrama de caso de uso – Ator: Usuário

A Figura 11 exibe a interação do ator denominado “Usuário” com o SAD. Este ator desempenha o papel de maior importância no sistema, pois interage com todos os processos existentes.

O ator “Usuário” é responsável por realizar o cadastramento das regras que serão interpretadas pela máquina de inferência do SAD, sendo que, para a construção das regras, todas as variáveis de apoio deverão estar cadastradas.

O ator “Usuário” tem permissão para, a qualquer momento, iniciar uma nova base de conhecimento vazia. Neste caso, um novo projeto deverá ser inserido.

Após todas as regras serem cadastradas na base de conhecimento do SAD, o ator “Usuário” pode realizar diversas simulações de diagnósticos, simulações estas que ficam armazenadas no banco de dados, e realizar a emissão de relatórios estatísticos disponíveis no sistema ou utilizar-se de ferramentas externas para montar os relatórios da forma que mais lhe convier.

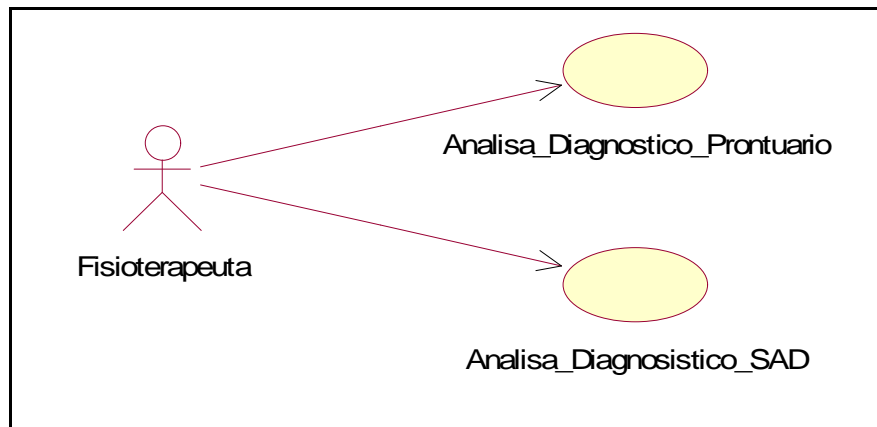


Figura 12 - Diagrama de caso de uso – Ator: Fisioterapeuta

A Figura 12 exibe a interação do ator denominado “Fisioterapeuta” com o SAD. Este ator interage com o usuário do sistema no momento da criação das regras de produção na base de conhecimentos. Sua principal atuação é auxiliar na validação constante das regras que identificam os diagnósticos fisioterapêuticos.

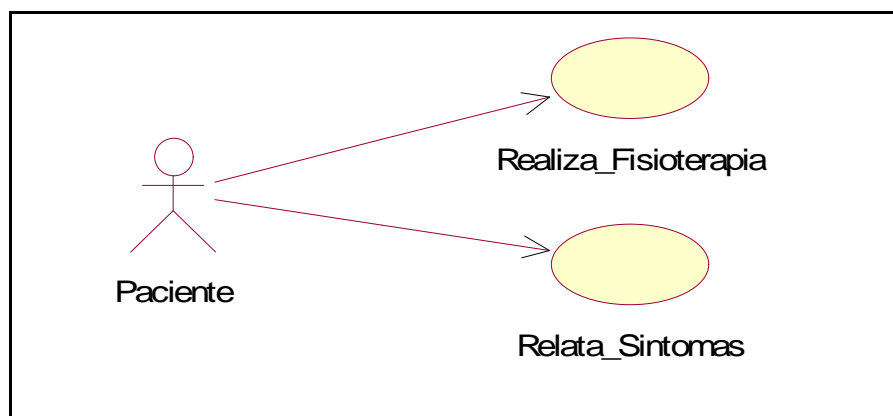


Figura 13 - Diagrama de caso de uso – Ator: Paciente

A Figura 13 exibe a interação do ator denominado “Paciente” com o SAD. Este ator é denominado passivo em nosso modelo, pois apenas é responsável por fornecer os sinais e sintomas que serão simulados. Mesmo sendo considerado um ator passivo, ele representa um dos atores fundamentais para o funcionamento do SAD.

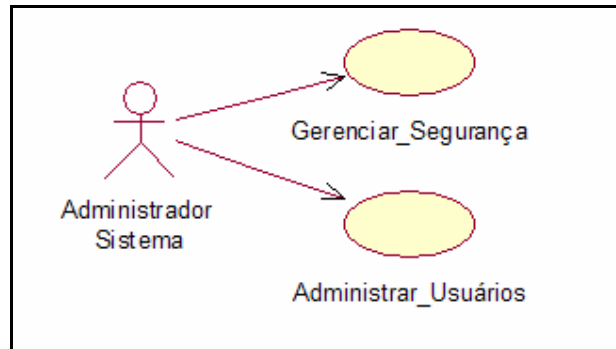


Figura 14 - Diagrama de caso de uso – Ator: Administrador do Sistema

A Figura 14 exibe a interação do ator denominado “Administrador do Sistema” com o SAD. Este ator é responsável pelo gerenciamento do sistema, controlando os acessos de usuários e gerenciando suas senhas.

Todos os usuários que utilizem o sistema deverão antecipadamente procurar o administrador do sistema para que seja cadastrado um novo usuário e uma senha no sistema para que seja possível o seu acesso ao SAD.

#### 4.1.1.2 Diagrama de classes

A Figura 15 exibe o diagrama de classes simplificado do sistema. Por meio desta representação, é possível avaliar todo o relacionamento entre as classes do SAD. Como forma de representação simplificada do diagrama não foram representados os atributos e métodos contidos dentro de cada uma das classes.

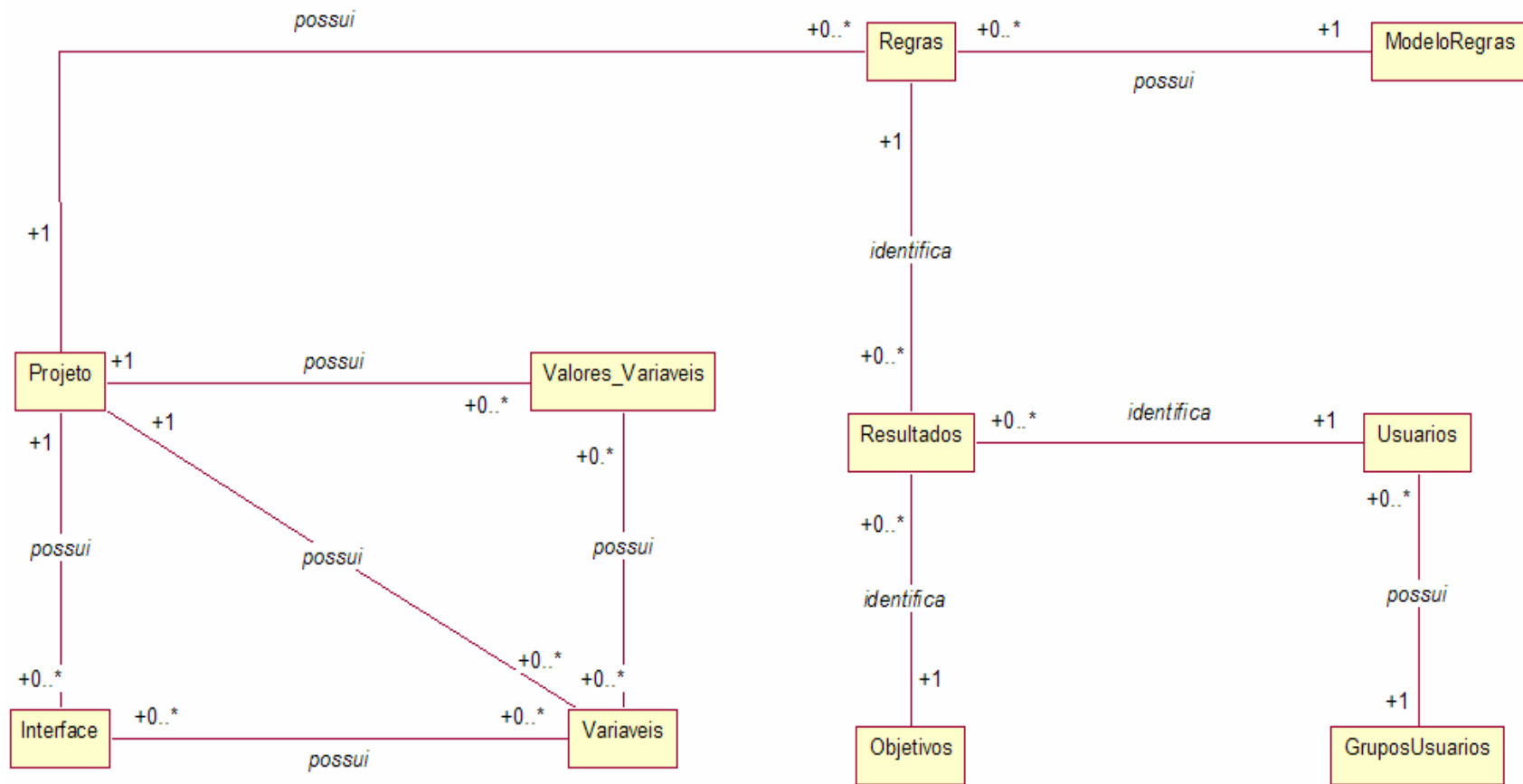


Figura 15 - Diagrama de classes do sistema





### 4.1.2 A implementação

Para a implementação do sistema de SAD, utilizou-se a ferramenta de programação visual denominada Borland Delphi® 3.

Borland é a empresa que atualmente detém os direitos de desenvolvimento da ferramenta Delphi. O Delphi não é somente uma linguagem de programação no sentido convencional, mas sim um pacote de programação que inclui uma linguagem de programação estruturada e orientada a objetos, baseada no *Object Pascal* (evolução do *Pascal* padrão), um conjunto de ferramentas de programação e um ambiente para o desenvolvimento rápido de aplicações.

O Delphi possui uma *interface* gráfica fácil e interativa, que facilita a codificação de uma aplicação. Ele ainda oferece meios para o desenvolvedor criar seus próprios componentes, além de diversos assistentes para a construção de sua aplicação.

A orientação a objetos disponibilizada pelo Delphi foi utilizada na herança das telas (*interface*) e o código-fonte foi implementado de forma estruturada.

Para acessar o banco de dados foram utilizados os componentes de acesso a dados *DBExpress*®, que segundo Harmon (2002), *DBExpress* é a mais nova tecnologia de acesso a banco de dados da *Borland*.

O *DBExpress* chama a atenção de muitos programadores pelas seguintes características:

- **Multipataforma:** enquanto outras tecnologias como ADO e BDE, são específicas para o *Windows*, o *DBExpress* atualmente é compatível com *Windows* e *Linux*.
- **Multibanco:** o *DBExpress* possui uma particularidade que talvez seja o seu grande trunfo em relação a outras tecnologias, o de ser multibanco. O tipo de acesso e tratamento de exceções de cada um dos bancos de dados pode ser configurado em apenas um dos componentes de acesso, podendo ser alterado com a mesma facilidade.

- Fácil distribuição: outro grande detalhe desta tecnologia é a distribuição da aplicação em máquinas-clientes, não necessitando da instalação de clientes de banco de dados nas estações e sim apenas dos arquivos DLLs<sup>2</sup> que gerenciarão o acesso até o servidor. Este pequeno detalhe diminui os custos com aquisições de um cliente de acesso ao banco de dados para cada uma das estações que utilizarão a aplicação.

O sistema de gerenciamento de banco de dados (SGDB) utilizado para criar a base de dados da aplicação foi o *Firebird* 1.5.2, que, além de ser suportado pelo *DBExpress*, possui as seguintes características:

- Os bancos de dados podem residir em um arquivo único ou em arquivos múltiplos.
- O tamanho máximo de banco de dados em um arquivo único é de 2 gigabytes para ambiente Windows 98 e de 4 gigabytes para Windows NT/2000. Dada a possibilidade de um banco de dados residir em vários arquivos, a capacidade de armazenamento pode atingir vários terabytes.
- O número de conexões de cliente *Firebird* 1.5.2 é dependente apenas da combinação das limitações impostas pelo hardware e pela capacidade do sistema operacional (WILDEROM; WILDEROM, 2001).
- É um banco de dados *Open-Source* (Código Aberto ou Livre) e as licenças para sua utilização e distribuição são totalmente livres (*Free*).

Além disso, o *Firebird* 1.5.2 tem suporte ao SQL ANSI-92 que é o padrão da *Structured Query Language* (SQL), podendo ser utilizada depois em qualquer outra base de dados. Possui funções SQL estendidas, como procedimentos armazenados (*stored procedures*), gatilhos (*triggers*) e

---

<sup>2</sup> Uma DLL (*Dynamic Link Library*) é um pedaço de código (uma biblioteca) próprio ou de terceiros que pode ser linkado ao programa em tempo de execução ao invés de ser durante o processo de construção/programação.

papéis (*roles*). Com estes recursos combinados, pode-se ter uma base de dados muito estável que garanta a integridade e segurança dos dados.

### 4.1.3 O funcionamento

No sistema de SAD, o usuário informa somente detalhes sobre as doenças e condições, como data de nascimento e sexo dos clientes, que foram retirados dos prontuários em papel dos clientes da clínica, não necessitando das demais informações, como nome, endereço, telefone, etc.

Os dados do projeto, regras, objetivos e variáveis ficam armazenados dentro de um banco de dados relacional Firebird 1.5.2, protegidos pelos recursos de segurança do próprio banco de dados.

A herança, uma característica importante das linguagens orientadas a objeto (LARMAN, 2004), foi utilizada com os objetivos de facilitar a programação do sistema, otimizar o tempo utilizado na digitação de código e tornar as *interfaces* mais parecidas possíveis. Na herança visual, além da *interface*, o código utilizado para acessar os dados também foi herdado, não precisando ser refeito. As telas de cadastros e pesquisas ficaram muito parecidas entre si, facilitando o aprendizado do usuário na utilização do sistema.

O acesso ao sistema é baseado em uma tela de *login* de usuários previamente cadastrados (Figura 17), dando acesso ao usuário somente às regras por ele cadastradas, restringindo, assim, as informações de outros usuários.

Cada aluno/fisioterapeuta pode ser cadastrado como um usuário diferente no sistema, recebendo um número de usuário e uma senha pessoal. Isso se faz necessário para garantir a privacidade e a confiabilidade das informações cadastradas e manipuladas por cada um dos usuários do sistema.



Figura 17 - *M2V Expert System* – Login do usuário

O sistema armazena todas as ações realizadas pelo usuário, bem como todos os resultados das execuções das regras de produção, sejam elas satisfatórias ou não. Isso possibilitará a auditoria das regras de produção e da utilização do SAD.

Com o banco de dados de auditoria, o responsável pelo sistema pode realizar o monitoramento da segurança dos dados armazenados por meio de ferramentas que geram relatórios com base em informações filtradas de banco de dados.

O idioma utilizado como *interface* do sistema foi o Inglês, mas todas as regras, *interfaces* e objetivos criados pelos usuários podem estar em qualquer idioma, uma vez que o sistema emite as mensagens e perguntas no idioma cadastrado pelo próprio usuário.

A Figura 18 exibe a tela principal do Sistema de Apoio à Decisão e os botões com atalhos que dão acesso às funcionalidades do sistema.

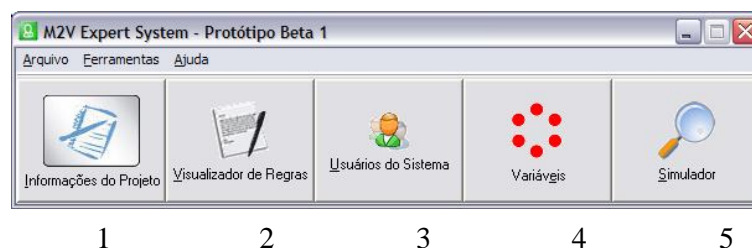


Figura 18 - *M2V Expert System* – Tela principal

1. Tela de cadastro do projeto.
2. Tela de visualização das regras
3. Tela de usuários do sistema
4. Tela de cadastro de variáveis
5. Botão de execução das regras de produção.

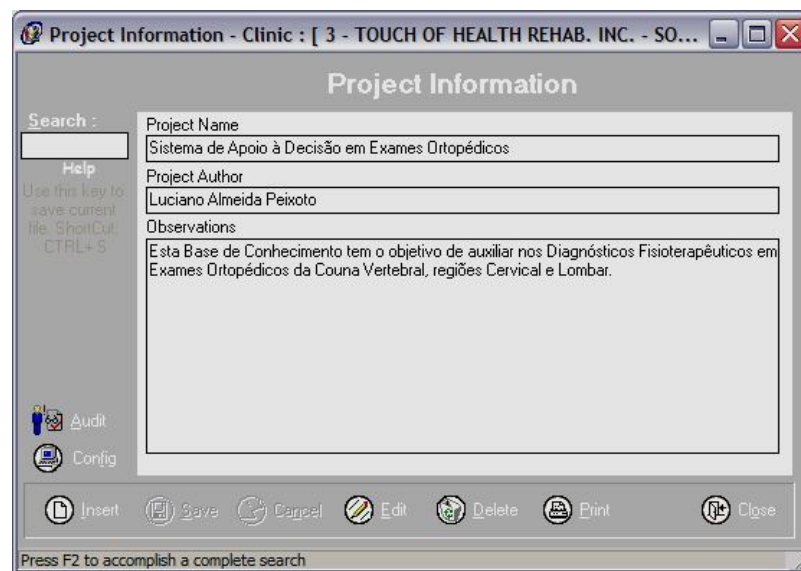


Figura 19 - *M2V Expert System* – Edição do cadastro de projetos

Na tela de cadastro de projetos, o usuário pode separar as diversas bases de dados de conhecimento criadas por ele. Dentro deste cadastro ficam também armazenadas todas as informações sobre os autores do projeto.

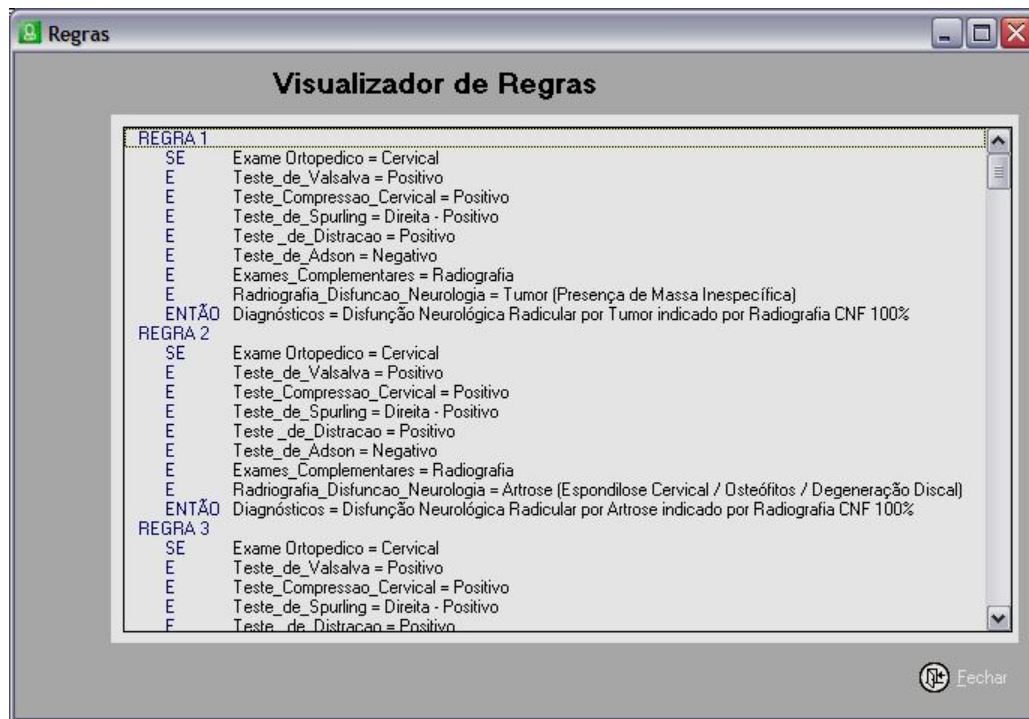


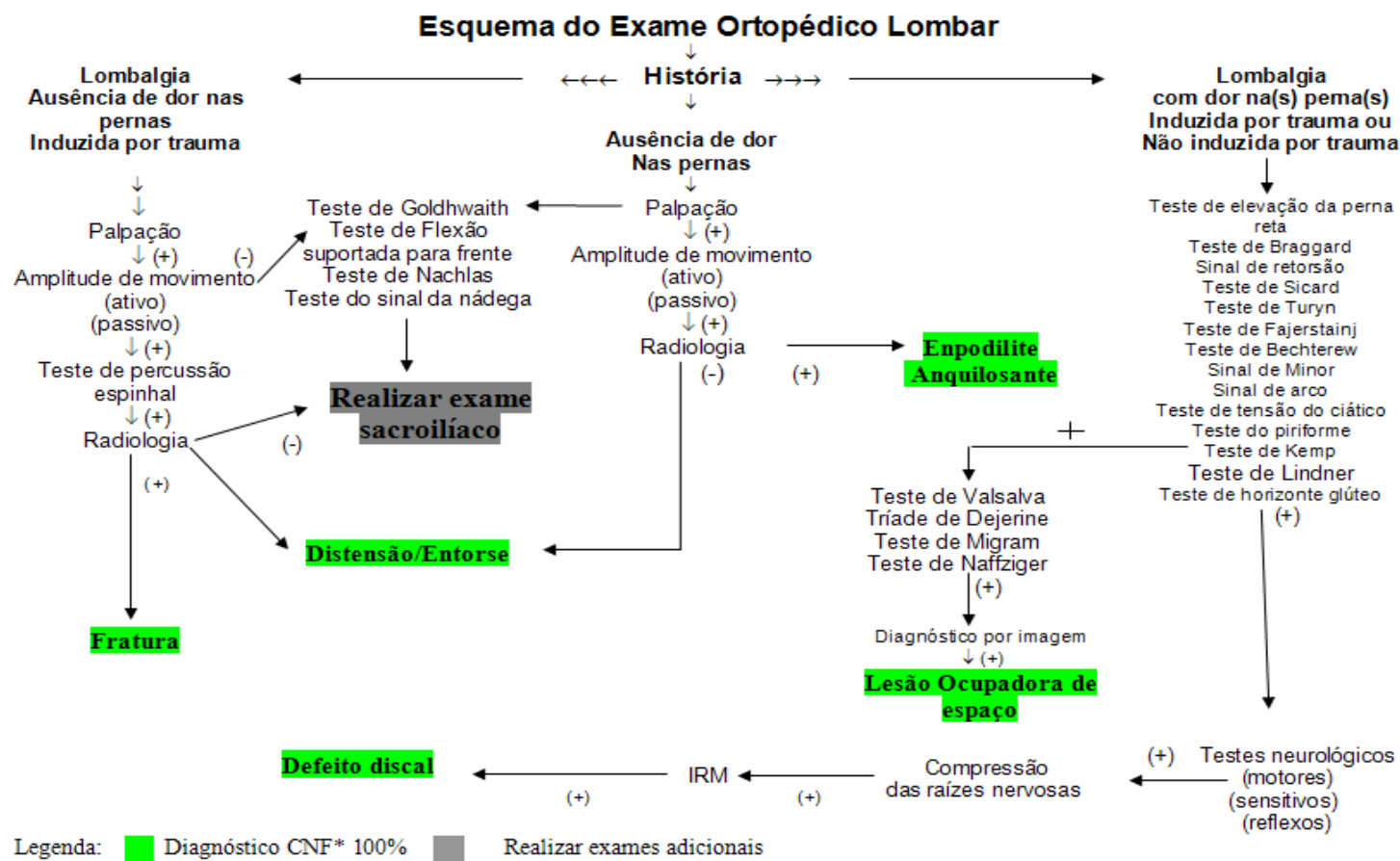
Figura 20 - M2V Expert System – Edição do cadastro de regras

Na tela de cadastro de regras de produção (Figura 20) é possível criar diferentes “caminhos” que indicam determinado diagnóstico, utilizando as variáveis previamente cadastradas na base de conhecimento.

O ponto de partida de todas as regras é apenas um, devendo o responsável pela construção realizá-la de forma estruturada, visando atender o máximo de resultados possíveis a partir de apenas uma pergunta inicial.

A Figura 21 exibe, com base em Cipriano (1999), como foi construído o fluxo para representar um exemplo de como a máquina de inferência do SAD irá identificar qual “caminho” seguir a cada resposta do usuário.

## 4.1.4 Fluxo para a construção das regras



Fluxo 1 – Exemplo de um fluxo utilizado para a construção das regras de produção em exames ortopédicos lombares

Fonte: (CIPRIANO, 1999; p.194)

Figura 21 – Exemplo de um fluxo utilizado para a construção das regras de produção em exames ortopédicos lombares

Após as regras cadastradas, é necessário dar início a simulação dos diagnósticos no sistema de SAD desenvolvido, para isso o usuário deverá acessar o botão “Simulador”, preencher os dados do usuário que está realizando a simulação, alguns dados do paciente e pressionar o botão “Gravar” (Figura 22).

Simulador

### Simulação de Diagnósticos

Dados | Usuários

Dados do Paciente :

Data de Nascimento  
(DD/MM/AAAA)  
24/11/1977

Sexo:  
 Masculino  
 Feminino

Diagnóstico do Prontuário:  
Álgia na região lombar

Dados do Usuário que fará a Simulação:

Código	Nome
1	Luciano.Peixoto

Gravar

Fechar

Figura 22 - M2V Expert System – Tela de simulação de diagnósticos

Na seqüência, o usuário deverá clicar no botão “Iniciar Simulação” para que o sistema de SAD inicie a execução das regras de produção contidas na sua base de conhecimentos.



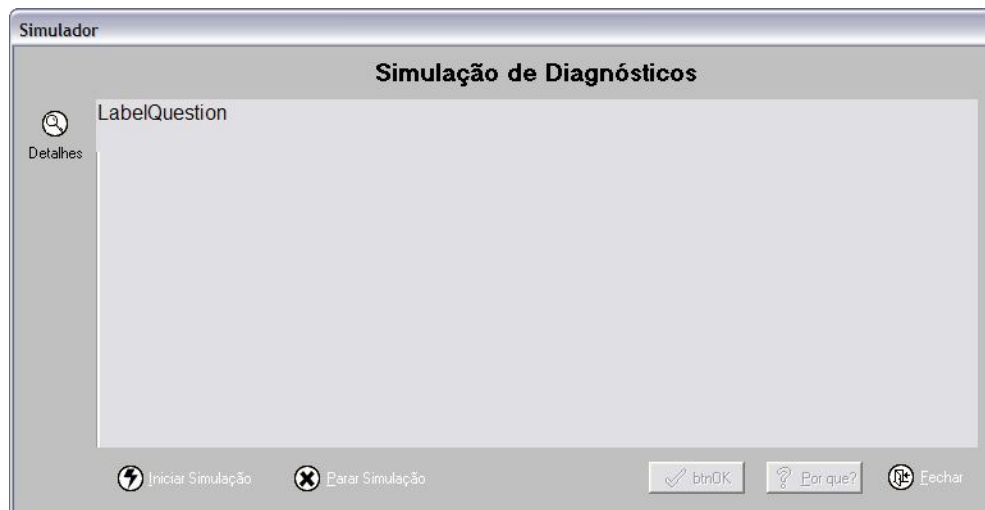


Figura 23 - *M2V Expert System* – Iniciando uma simulação de diagnósticos

Cada uma das variáveis é ligada a uma pergunta fechada que é dirigida ao usuário e a seqüência das perguntas respeita as regras definidas.

A seqüência de respostas do usuário determinará qual “caminho” o SAD deverá seguir para atingir um diagnóstico fisioterapêutico de resultado.

Ou seja, por meio de uma pergunta inicial padrão para todos os tipos de prontuários, o sistema vai direcionando as próximas perguntas, formando assim o caminho necessário para que a base de conhecimentos encontre um resultado que será emitido para o usuário.

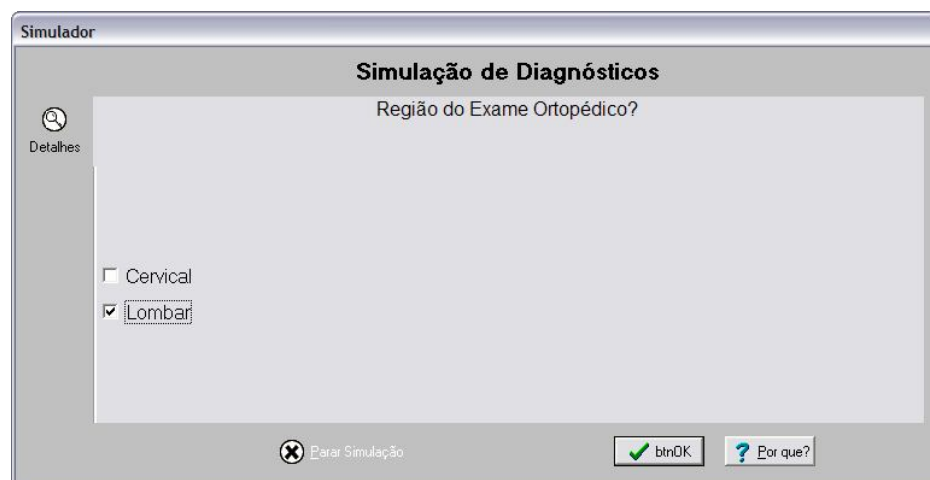


Figura 24 - *M2V Expert System* – Exemplo de pergunta fechada dirigida ao usuário

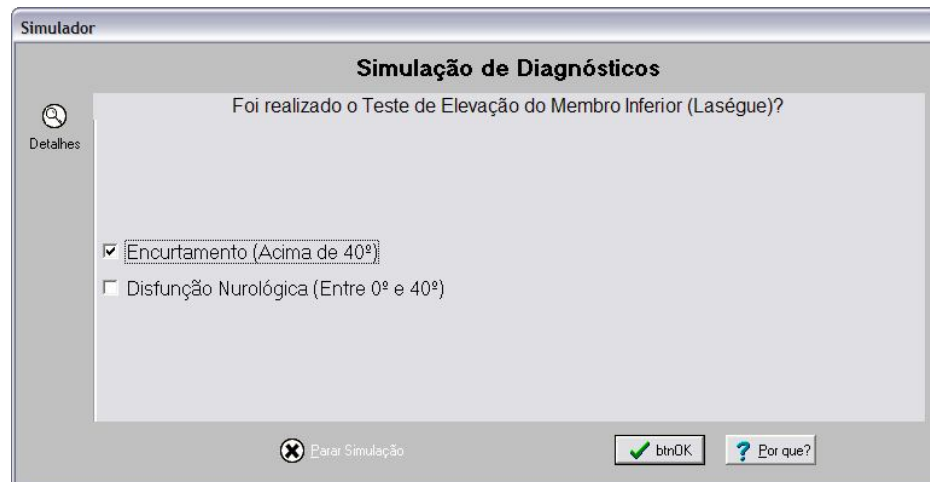


Figura 25 - M2V Expert System – Exemplo de pergunta fechada dirigida ao usuário

As respostas das perguntas fechadas direcionam o SAD, que por meio de sua base de conhecimentos, gera novas perguntas ou indicará um diagnóstico ao usuário.

A Figura 26 mostra o diagnóstico encontrado pelo SAD após um conjunto de respostas dadas pelo usuário.

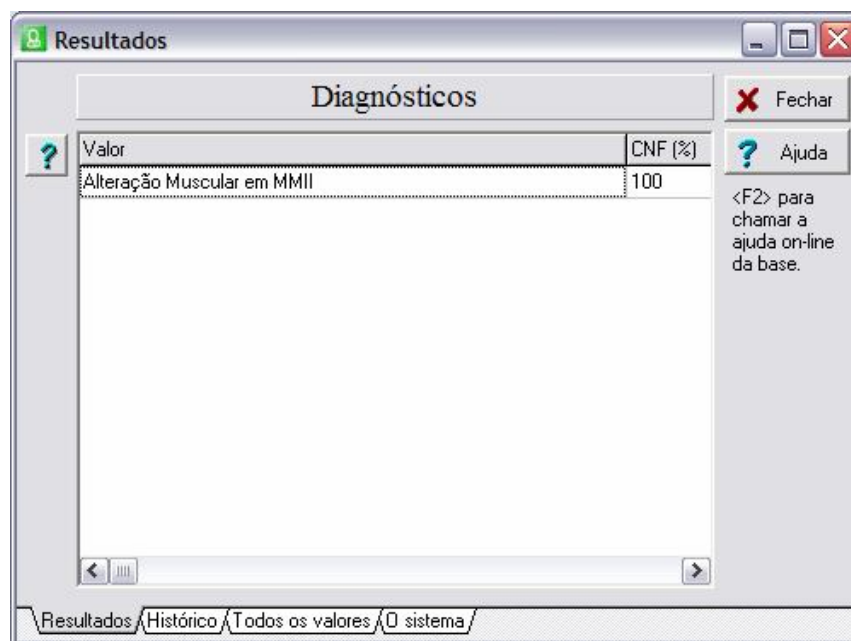


Figura 26 - M2V Expert System – Exemplo de um diagnóstico encontrado pelo SAD

A Figura 27 mostra o detalhamento das respostas emitidas pelo usuário para cada uma das perguntas realizadas pelo SAD.



Figura 27 - M2V Expert System – Resultados de cada uma das perguntas

Outro processo desenvolvido foi a tela de auditoria (Figura 28), que armazena as ações realizadas por cada um dos usuários do sistema, especificando se o usuário inseriu ou apagou novas regras, projetos e variáveis.

A função principal desta tela é o armazenamento das simulações de diagnósticos realizadas pelos usuários, armazenando a data, hora e o resultado da simulação, seja este satisfatório ou não.

É considerado um resultado satisfatório, a execução de uma simulação do sistema, que encontra um diagnóstico fisioterapêutico. Resultados não satisfatórios são aquelas execuções que são encerradas pela máquina de inferência por não encontrar nenhum “caminho” para as respostas do usuário.

Entity  
User File

Drag a column header here to group by that column

Code	User	Date Generation	Action
16966	RICARDO PORTO	26/02/2006 21:04:43	Update
16970	RICARDO PORTO	26/02/2006 21:05:54	Update
17042	RICARDO PORTO	01/03/2006 06:53:14	Update
17043	RICARDO PORTO	01/03/2006 06:53:22	Update
17044	RICARDO PORTO	01/03/2006 06:53:32	Update
17549	MARCELO H. PORTO	13/03/2006 11:20:25	Update
17566	SERGIO A. QUINTERO	13/03/2006 12:26:34	Update
18595	MARCELO H. PORTO	13/04/2006 09:44:44	Insert
19322	SANDRA	24/05/2006 12:48:32	Update
19323	M2VTHERAPY	24/05/2006 20:33:49	Update
19324	SANDRA	24/05/2006 20:35:13	Update

Count is 24

User 6 altered by the user M2VTHERAPY on the 24/05/2006 at 20:33:49 o'clock

Visualize Groups Close

Figura 28 - M2V Expert System – Tela de auditoria

Durante a validação do SAD, foram feitos testes da aplicação simulando um ambiente cliente/servidor com três máquinas, na qual uma foi configurada como servidor e que hospedou o banco de dados e a aplicação servidora do *Firebird (Firebird Server)*. Duas máquinas foram configuradas como cliente, onde foram instalados o sistema e a aplicação cliente do *Firebird (Firebird Client)*.

Também foram realizados testes de inserções, exclusões e pesquisas em todas as telas de forma concorrente (as máquinas-cliente acessando a mesma tabela do banco de dados) e paralela (as máquinas-cliente acessando tabelas diferentes). Foi testada principalmente a tela de simulação de diagnósticos, simulando a interrupção do processo e todas as 34 regras cadastradas no sistema.

## 4.2 RESULTADOS OBTIDOS COM OS PRONTUÁRIOS DURANTE AS SIMULAÇÕES

A amostra foi composta por 177 prontuários de clientes da Clínica de Fisioterapia da PUCPR, dos quais cinquenta e seis clientes (31,6%) eram do sexo masculino e cento e vinte e um (68,4%) eram do sexo feminino.

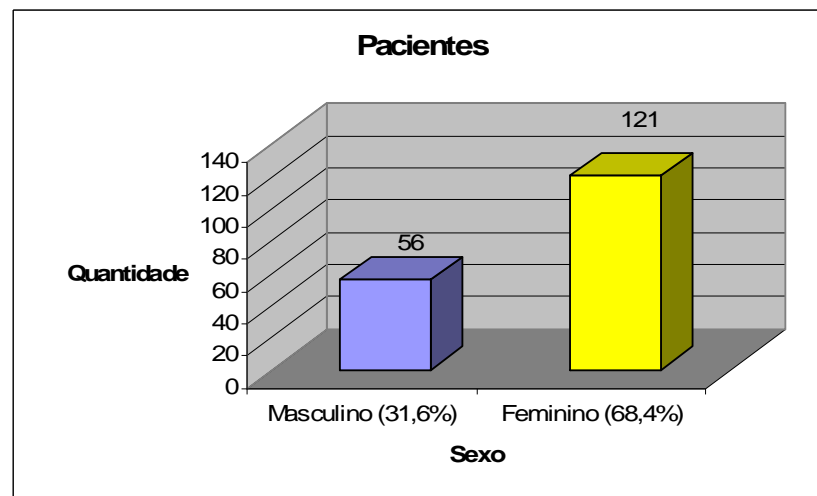


Gráfico 1 – Sexo dos clientes da Clínica de Fisioterapia da PUCPR

Na avaliação dos prontuários separados foram identificadas as doenças e condições conforme a tabela 2, mostrando que os diagnósticos fisioterapêuticos de lombalgia, cervicalgia e alteração muscular em MMII são os de maior frequência nos clientes com doenças e condições da coluna vertebral, regiões cervical e lombar da Clínica de Fisioterapia da PUCPR.

O diagnóstico mais comum entre todos foi o de lombalgia, representando 27,7% dos casos analisados, confirmando o estudo de Nunes (1989) citando que a lombalgia, ou dor lombar, ocupa em todas as clínicas de dor no mundo o primeiro lugar em frequência de queixas referidas pelos clientes.

Percentual das doenças e condições identificadas	Nr.	Perc. (%)
Lesão sobre o Nervo Femoral	6	3,4%
Espondilolistese Lombar	14	7,9%
Encurtamento Muscular Lombar	17	9,6%
Alteração Muscular em MMII	31	17,5%
Comprometimento Sacro-Ilíaca	5	2,8%
Disfunção Neurológica Radicular Cervical	16	9%
Síndrome do Desfiladeiro Torácico	4	2,3%
Lombalgia	49	27,7%
Cervicalgia	35	19,8%
<b>Total</b>	<b>177</b>	<b>100%</b>

Tabela 2 – Percentual das doenças e condições identificadas nos prontuários analisados de 2003 a 2005 (n=177)

Baseando-se nos resultados obtidos por meio das 177 simulações dos prontuários dos clientes no sistema de SAD, conforme a tabela 2x2 (Tabela 3), os resultados obtidos foram:

Padrão Ouro – Resultados da simulação no sistema de SAD				
		Lesão	Não Lesão	Total
SAD	Lesão	<b>87 (a)</b>	<b>4 (b)</b>	<b>91</b>
	Não Lesão	<b>2 (c)</b>	<b>84 (d)</b>	<b>86</b>
	Total	89	88	177 (N)

Tabela 3 – Padrão Ouro - Resultados da simulação no sistema de SAD

A Tabela 4 apresenta os resultados das análises estatísticas realizadas sobre os dados coletados durante as simulações. Foram calculados: sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo, valor preditivo negativo e acurácia.

Padrão Ouro – Resultados da simulação de diagnósticos	
Sensibilidade (a/(a+c))	0,978
Especificidade (d/(b+d))	0,955
Valor Preditivo Positivo (a/(a+b))	0,956
Valor Preditivo Negativo (d/(c+d))	0,977

$$\frac{\text{Taxa de Acertos ou Acurácia ((a+d) / (a+b+c+d))}{0,966}$$

Tabela 4 – Padrão Ouro - Resultados da simulação de diagnósticos.

Como pode ser observado, os resultados das simulações aproximaram-se de 98% de acertos, sendo que este valor elevado de sensibilidade deve-se ao fato de que todas as 34 regras criadas no sistema e os prontuários utilizados nas simulações seguiam os padrões de anamnese utilizados pelos acadêmicos da Clínica de Fisioterapia da PUCPR.

A sensibilidade observada neste estudo, condiz com o resultado de Dias (2005), que também relata resultados com valores de correlação próximos de um entre todas as variáveis simuladas por meio de um SAD, no caso, o Fisiometer.

Neste estudo não foi necessário o cálculo da mediana, medidas de dispersão ou variabilidade e desvio padrão, pois os resultados obtidos durante a simulação eram apenas positivos ou negativos, ou seja, o resultado de cada uma das simulações apresentava exatamente o diagnóstico contido no prontuário do paciente ou não.

## 5 CONCLUSÕES

O uso de Sistemas de Apoio à Decisão (SAD) voltados à área de Fisioterapia pode representar uma importante ferramenta de apoio aos profissionais da área, por meio dos dados armazenados, da seqüência dos procedimentos e das facilidades disponibilizadas pela ferramenta e, principalmente, pelas informações disponibilizadas ao fisioterapeuta. Com isso, pode-se maximizar a qualidade da recuperação, ganhar tempo, diminuir custos e atingir melhores resultados junto aos clientes.

Do ponto de vista da inovação tecnológica no setor de saúde, a distância que o país guarda em relação à fronteira tecnológica internacional ainda exige muitos esforços. O Brasil encontra-se na fase de absorção de tecnologias geradas na fronteira tecnológica, e que só depois desse período, considerado de transição, é que ele poderá adotar tecnologia, direcionando investimentos nesta área (CASTRO; SANTANA, 1998).

O estudo mostrou que a identificação de diagnósticos por meio de ferramentas computacionais na área de Fisioterapia tem uma taxa bastante elevada de acertos, quando as regras criadas no sistema e os prontuários utilizados nas simulações seguem os mesmos padrões de anamnese, podendo ser uma ferramenta de apoio para o profissional e também para a formação do aprendizado dos acadêmicos de Fisioterapia.

Os acadêmicos de clínicas-escola poderão utilizar a ferramenta como parte integrante do seu aprendizado e formação acadêmica e os professores contarão com mais um recurso auxiliar no aprendizado dos seus acadêmicos.

Cabe salientar que nenhum Sistema de Apoio à Decisão, por melhor que seja, dispensa o conhecimento dos profissionais de Fisioterapia, servindo apenas como ferramenta de auxílio ou apoio à decisão.



## 5.1 CONTRIBUIÇÕES

O sistema para auxílio na tomada de decisões fornece informações que auxilia o aluno e/ou fisioterapeuta, tanto no aspecto social, técnico e acadêmico.

A contribuição no aspecto social dar-se-á pela disseminação de uma ferramenta livre (gratuita) para toda a comunidade de profissionais de Fisioterapia, visando em um futuro próximo a utilização desse tipo de ferramenta como recurso integrante de sua prática.

No aspecto técnico, as informações fornecidas pela ferramenta ao profissional podem ser utilizadas como auxílio no direcionamento do tratamento, aumentando a qualidade da recuperação e o tempo para a recuperação do paciente.

No aspecto acadêmico, a ferramenta inicialmente será disponibilizada gratuitamente para os acadêmicos do curso de Fisioterapia a partir do 7<sup>a</sup> período, que estão tendo contato com clínicas-escola, fazendo parte do aprendizado e incorporando conhecimento da utilização de softwares computacionais na prática da profissão.

O desenvolvimento de uma ferramenta, até o momento pioneira para o ramo de Fisioterapia e com a flexibilidade da utilização do ambiente de desenvolvimento *Borland Delphi*, possibilita a adequação do SAD para qualquer tipo de realidade.

A inserção de uma ferramenta informatizada já na fase de aprendizado dos acadêmicos de Fisioterapia formará um novo conceito de utilização de softwares dentro dos consultórios, clínicas e hospitais.

## 5.2 TRABALHOS FUTUROS

Os diagnósticos de doenças e condições que futuramente serão analisados envolverão as seguintes estruturas articulares:

- Tornozelo.
- Joelho.
- Punho.

- Ombro

Um outro trabalho que será desenvolvido no futuro será a integração do Sistema de Apoio à Decisão (SAD), desenvolvido durante a pesquisa, a um sistema de informação em saúde (SIS) para gerenciamento de clínicas de Fisioterapia norte-americanas.

Este SIS esta sendo desenvolvido pelo pesquisador há quatro anos e conta com o apoio de duas clínicas de Fisioterapia e sete fisioterapeutas no estado da Flórida, Estados Unidos.

Atualmente, o SIS realiza o gerenciamento de todo o processo de recuperação do paciente, principalmente do prontuário eletrônico. Com a integração entre os dois sistemas, será possível unir as informações que estavam independentes, podendo-se utilizá-las diretamente na tomada de decisão ou no gerenciamento das clínicas.

O autor também gostaria que a base de conhecimentos funcione com uma ferramenta de treinamento para novatos e uma extensão da memória do especialista.

## REFERÊNCIAS

ABEL, M., **Sistemas Especialistas**. Porto Alegre - RS: Instituto de Informática - Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 1998.

AFONSO, C., **Aplicação de Análise Multivariada para Cassificação e Pevisão de Avaliação do Desempenho Acadêmico dos Alunos de Engenharia Mecânica do CEFET-PR**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) – Florianópolis - SC, 2001.

BARROS FILHO, T. E. P.; LECH O., **Exame Físico em Ortopedia** – São Paulo – SP: Editora Sarvier, 2001.

BITTENCOURT, G., **Inteligência Artificial: Ferramentas e Teorias**. Campinas – SP: Editora da UNICAMP, 1998.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I., **UML – Guia Prático**. 5º Tiragem, Rio de Janeiro – RJ: Editora Campus, 2000.

BRASIL. **Conselho Federal de Fisioterapia e Terapia Ocupacional. Regulamentação do Profissional de Fisioterapia e Terapia Ocupacional**. Decreto-Lei 938/69, de 13 de outubro de 1969, Brasília, vol I, 3p., 10/1969.

BRASIL. **Criação do Conselho Federal e os Conselhos Regionais de Fisioterapia e Terapia Ocupacional**. Lei nº 6.316, de 17 de Dezembro de 1975, Brasília, vol I, 10p., 12/1975.

CALLEGARI-JACQUES, S. M., **Bioestatística: Princípios e Aplicações**, Porto Alegre – RS, Editora Artmed, 2004.

CARDOSO, J. F.; QUEIROZ, R. S.; LOPES, C. R. S.; ROSA, V. A., **Um Sistema Especialista para Apoio à Decisão em Exames Ortopédicos de Ombro, Cotovelo e Punho** in: IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde (CBIS), 2004.

CASTRO, J. L. de.; SANTANA, L. P. de. **Negociação Coletiva do Trabalho em Saúde**. Natal – RN, OPAS/UFRN, 1998.

CASTRO, K. A.; SOUZA, M. A.; **Análise Quantitativa dos Casos de Lombalgia Atendidos em um Hospital de Referência em Goiânia**, Monografia, UCG – Universidade Católica de Goiás - Goiânia – GO, 2003.

CIPRIANO, J., **Manual Fotográfico de Testes Ortopédicos e Neurológicos**. São Paulo - SP: Editora Manole Ltda, 1999.

COELHO, H., **Inteligência Artificial em 25 lições** – Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1995.

COFFITO - CONSELHO FEDERAL DE FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL - Site Oficial do Conselho Federal - em: <<http://www.coffito.org.br>> - Acesso em: 17 de Setembro de 2005.

CREFITO - CONSELHO REGIONAL DE FISIOTERAPIA E TERAPIA OCUPACIONAL DA 8ª REGIÃO - Site Oficial do Conselho Regional - em: <<http://www.crefito8.org.br>> - Acesso em: 17 de Setembro/2005.

DIAS, F. C., **Software Dedicado: Nova Ferramenta para Avaliação Postural** – disponível em <http://www.fisiometer.com.br>, acesso em 16 de Novembro de 2005.

FIORINI, S. T.; STAA, A. Von.; BAPTISTA, R. M., **Engenharia de Software com CMM** – Rio de Janeiro – RJ: Editora Brasport, 1998.

FLORES, C. D., **Fundamentos dos Sistemas Especialistas**, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Porto Alegre - RS, 2005.

FURLAN, J. D., **Modelagem de Objetos através de UML**. São Paulo - SP: Editora Makron Books, 1998.

GAMMACK, J. G.; YOUNG, R. M., **Psychological Techniques for Eliciting Expert Knowledge**, Universidade de Cambridge, Editora M. A. Brouner, 1985.

GENARO, S., **Como Funcionam os Sistemas Especialistas**, disponível em [www.serpro.gov.br/publicacao/tematec/1995/ttec24](http://www.serpro.gov.br/publicacao/tematec/1995/ttec24), acesso em 18 de Março de 2006.

GOMES, M. S. C.; **A Relação entre a Postura da Coluna Cervical e o Mecanismo do Osso Hióide**, Monografia, instituição CEFAC – Saúde e Educação, São Paulo - SP, 1999.

GRAY, H.; GOSS, C. M., **Anatomia**. 29ª Edição, Rio de Janeiro- RJ: Guanabara Koogan, 1988.

GRIEVE, G. P., **Moderna Terapia Manual da Coluna Vertebral** – tradução de Ivone Castilho. São Paulo – SP: Editora Panamericana, 1994.

HARMON, E., **Delphi/Kylix Desenvolvimento de Banco de Dados**, 1ª Edição, Editora Berkeley, São Paulo, SP, 2002.

HARMON, P., **Sistemas Especialistas** – Rio de Janeiro – RJ, Editora Campus, 1988.

HOPPENFELD, S., **Propedêutica Ortopédica: Coluna e Extremidades**. São Paulo - SP: Editora Atheneu, 1999.

JESUS G.T., **Causas de Lombalgia em Grupos de Pessoas Sedentárias e Praticantes de Atividades Físicas**. In: <http://www.efdeportes.com>, acesso em 13 de maio de 2006

KULCZYCKI, M. M.; BUENO, J. F., **Do Tradicional ao Inovador: A História da Fisioterapia, de Disciplina a Programa de Aprendizagem** – Revista Diálogo Educacional, Curitiba, v.4, n.8, p71-78, jan./abr. 2003.

LARMAN, C., **Utilizando UML e Padrões – Uma Introdução à Análise e ao Projeto Orientados a Objetos e ao Processo Unificado** – 2ª Edição, Porto Alegre – RS: Editora Bookman, 2004.

LEVIVE, R.; DRANG, D. E.; EDELSON, B., **Inteligência Artificial e Sistemas Especialistas: Aplicações e Exemplos Práticos**. Tradução de Maria Cláudia Santos Ribeiro Ratto, São Paulo – SP, Editora McGraw-Hill, 1988.

LOUDON J. K.; BELL S. L.; JOHNSTON J. M., **Guia Clínico de Avaliação Ortopédica**. São Paulo – SP: Editora Manole Ltda, 1999.

MAGEE, D., **Avaliação Músculoesquelética**. São Paulo - SP: Editora Manole Ltda, 2002.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M., **Técnicas de Pesquisa: Planejamento e Execução de Pesquisas, Amostragens e Técnicas de Pesquisas, Elaboração, Análise e Interpretação de Dados**. 4ª Edição, São Paulo – SP, Editora Atlas, 1999.

MARQUES, A.P.; SANCHEZ, E.L., **Origem e evolução da Fisioterapia: aspectos históricos e legais**. São Paulo – SP: Editora da Universidade de São Paulo, 1994.

MIGRONE, S., **Fisioterapia: História , Reflexões e Perspectivas**, São Paulo – SP: Editora Metodista Digital, 1994.

NEVES, J. L., **Pesquisa Qualitativa – Características, Usos e Possibilidades** – Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, V. 1, nº 3, 2º Sem./1996.

NUNES, C. V., **Lombalgia e Lombociatalgia: Diagnóstico e Tratamento** – Rio de Janeiro – RJ: Editora Guanabara Koogan, 1989.

OSHIRO, A. K.; NOVELLI, D. P.; LUCENA, P., **Aquisição do Conhecimento**. São Carlos - São Paulo: Universidade de São Carlos, 2001.

PANTALEÃO, E.; SLUTER, C. R., **Sistema Baseado em Conhecimento para Definição da Linguagem Cartográfica** in: III Colóquio Brasileiro de Ciência Geodésicas (CBCG), 2003.

PEREIRA, J. C. R., **Análise de Dados Qualitativos**, 2ª Edição, São Paulo – SP, Editora da Universidade de São Paulo, 1999.

PORTO, C. C., **Exame clínico: bases para a prática médica** – Rio de Janeiro – RJ: Editora Guanabara Koogan, 2000.

REBELATTO, J. R.; BOTOMÉ, S. P., **Fisioterapia no Brasil: Fundamentos para uma Ação Preventiva e Perspectivas Profissionais** - 2ª edição. São Paulo - SP: Editora Manole Ltda, 1999.

RICH, E.; KNIGHT, K., **Inteligência Artificial**. São Paulo - SP: Editora Makron Books, 1993.

ROCHA, A. R.; OLIVEIRA K. M.; RABELO JR., A., **Qualidade do Software Médico** in: 4º Simpósio Argentino de Informática em Saúde, 2001.

RUBINSTEIN E., **Anatomia Funcional da Coluna Vertebral**, IN: <http://www.icb.ufmg.br>, acesso em 15/01/2006.

SANCHEZ, E.L., **Histórico de Fisioterapia no Brasil e no mundo**. São Paulo – SP: Editora Panamed, 1984.

SCHILDT, H., **Inteligência Artificial Utilizando Linguagem C** – tradução de Cláudio Gaiger Silveira, São Paulo – SP: Editora McGraw-Hill, 1989.

SHMEIL, M. A. H., **Sistemas Multi-Agentes na Modelação da Estrutura e Relações de Contratação de Organizações** - Tese de Doutorado: Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 1999.

**Sistemas Especialistas** – Universidade Estadual de Maringá (UEM). Disponível em <http://www.din.uem.br/ia/especialistas/bases.html>. Acesso em: 26 de janeiro de 2006.

**Sistemas Inteligentes Aplicados - Expert Sinta** - Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade Federal do Ceará - Disponível em: <<http://www.lia.ufc.br/~bezerra/exsinta/>> - Acesso em: 22 de Novembro de 2005.

WILDEROM, S. M.; WILDEROM, B. P. M., **Aplicações Cliente/Servidor com Delphi 6 e Interbase 6** - Uma abordagem prática, 1ª Edição, Editora Érica, São Paulo, SP, 2001.

WINTER, R. B.; LONSTEIN, J. W.; DENIS, F.; SMITH, M. D. – **Atlas de Cirurgia da Coluna Vertebral** – Rio de Janeiro – RJ – Editora Revinter, 1999.

## ANEXOS

### ANEXO A

#### A DISTRIBUIÇÃO DOS PROFISSIONAIS DE FISIOTERAPIA NO PARANÁ

Distribuição dos profissionais fisioterapeutas, terapeutas ocupacionais, empresas e consultórios por núcleos de fiscalização no estado do Paraná é feita da seguinte forma:

Núcleo	Municípios	Fisioterapeutas	T. Ocupacionais	Empresas	Consultórios
<a href="#">Apucarana</a>	26	58	01	43	05
<a href="#">Campo Mourão</a>	22	49	0	34	11
<a href="#">Cascavel</a>	17	109	05	41	02
<a href="#">Cornélio Procopio</a>	21	43	0	32	04
<a href="#">Curitiba</a>	01	1.799	167	304	128
<a href="#">R.M.Curitiba</a>	23	120	08	76	10
<a href="#">Foz do Iguaçu</a>	13	78	03	42	0
<a href="#">Francisco Beltrão</a>	24	26	01	24	07
<a href="#">Guarapuava</a>	11	55	02	21	13
<a href="#">Laranjeiras do Sul</a>	20	11	0	10	04
<a href="#">Litoral</a>	07	33	04	26	06
<a href="#">Londrina</a>	01	368	17	50	76
<a href="#">Região de Londrina</a>	20	103	01	36	12
<a href="#">Maringá</a>	01	223	10	36	09
<a href="#">Região de Maringá</a>	28	50	01	34	02
<a href="#">Paranavaí</a>	29	54	01	44	06
<a href="#">Pato Branco</a>	15	33	0	25	06
<a href="#">Pitanga</a>	13	09	0	09	02
<a href="#">Ponta Grossa</a>	15	83	05	34	15
<a href="#">Santo Antonio da Platina</a>	28	55	01	42	17
<a href="#">Lapa</a>	05	08	03	06	07
<a href="#">Toledo</a>	15	61	02	33	02
<a href="#">Umuarama</a>	32	96	02	35	14
<a href="#">União da Vitória</a>	12	25	03	23	07

Municípios	399
Fisioterapeutas	3.549
Terapeutas Ocupacionais	237
Empresas	1.060
Consultórios	365

Fonte: Site CREFITO da 8ª região, acessado em 14 de Maio de 2006.

## ANEXO B

## TERMO DE APROVAÇÃO DO COMITÊ DE ÉTICA DA PUCPR



Pontifícia Universidade Católica do Paraná  
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação


Curitiba, 08 de dezembro de 2005.  
Of. 570/05/CEP-PUCPR

**Ref. "Sistema de apoio à decisão em exames ortopédicos da coluna vertebral para auxílio nos diagnósticos fisioterapêuticos da região cervical e lombar"**

Prezado (a) Pesquisador

Venho por meio deste, informar a Vossa Senhoria que o Comitê de Ética em Pesquisa da PUCPR, no dia 07 de dezembro do corrente ano aprovou a continuidade da pesquisa intitulada **"Sistema de apoio à decisão em exames ortopédicos da coluna vertebral para auxílio nos diagnósticos fisioterapêuticos da região cervical e lombar"** pertencente ao Grupo III, sob o registro no CEP n.º 913 e será encaminhado a CONEP para o devido cadastro. Lembro ao senhor (a) pesquisador (a) que é obrigatório encaminhar relatório anual parcial e relatório final a este CEP.

Atenciosamente,

  
Prof.ª M. Sc Ana Carolina Miguez Ribeiro  
Coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa - PUCPR

Ilmo Sr  
Luciano Almeida Peixoto



## ANEXO C

### TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu \_\_\_\_\_, RG nº \_\_\_\_\_, estou sendo convidado a participar de um estudo denominado: "Sistema de Apoio à Decisão em exames ortopédicos da coluna vertebral para auxílio nos diagnósticos fisioterapêuticos da região cervical e lombar", cujo objetivo é aplicação de técnicas computacionais na área de Fisioterapia visando à inserção de programas de computador no dia-a-dia prático dos profissionais/estudantes de Fisioterapia, auxiliando-os na tomada de decisões através dos resultados expostos pelo software.

Sei que para o avanço da pesquisa a participação de voluntários é de fundamental importância.

Caso aceite participar desta pesquisa eu:

1 - Responderei a um questionário elaborado pelos pesquisadores, que consta de questões escritas fechadas e objetivas, referentes a alguns casos da prática de profissionais/estudantes de saúde.

2 - Utilizarei um programa de computador (Sistema de Informação), respondendo as perguntas fechadas que o software expuser, ajudando assim a analisar o resultado exposto pelo software, dentro dos meus conhecimentos como profissional/estudante da área de Fisioterapia e repassarei todos os resultados ao pesquisador para que os mesmos sejam validados.

Estou ciente de que minha privacidade será respeitada, ou seja, meu nome, ou qualquer outro dado confidencial, será mantido em sigilo.

A elaboração final dos dados será feita de maneira codificada, respeitando o imperativo ético da confidencialidade.

Estou ciente de que posso me recusar a participar do estudo, ou retirar meu consentimento a qualquer momento, sem precisar justificar, nem sofrer qualquer dano.

O pesquisador envolvido com o referido projeto é o Sr. Luciano Almeida Peixoto com quem poderei manter contacto pelos telefones: 41-3244-1940 e 41-9198-0325 ou pelo e-mail: luciano@m2vsistemas.com.br.

Estão garantidas todas as informações que eu queira saber antes, durante e depois do estudo.

Li, portanto, este termo, fui orientado quanto ao teor da pesquisa acima mencionada e compreendi a natureza e o objetivo do estudo do qual fui convidado a participar. Concordo, voluntariamente em participar desta pesquisa, sabendo que não receberei nem pagarei nenhum valor econômico por minha participação.

Curitiba \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2006

\_\_\_\_\_  
Assinatura do sujeito de pesquisa

\_\_\_\_\_  
Assinatura dos pesquisadores