



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

Iroilton dos Santos Gama

**UTILIZAÇÃO DE REDES *BAYESIANAS* PARA DIAGNÓSTICOS DE
PATOLOGIAS ORTOPÉDICAS DE QUADRIL E JOELHO**

Palmas-TO

2012

Iroilton dos Santos Gama

**UTILIZAÇÃO DE REDES *BAYESIANAS* PARA DIAGNÓSTICOS DE
PATOLOGIAS ORTOPÉDICAS DE QUADRIL E JOELHO**

Trabalho apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do curso de sistema de informação, orientado pela Professora Mestre Parcilene Fernandes de Brito.

Palmas-TO

2012

Iroilton dos Santos Gama

**UTILIZAÇÃO DE REDES *BAYESIANAS* PARA DIAGNÓSTICOS DE
PATOLOGIAS ORTOPÉDICAS DE QUADRIL E JOELHO**

Trabalho apresentado como requisito parcial da disciplina Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do curso de sistema de informação, orientado pela Professora Mestre Parcilene Fernandes de Brito.

Aprovada em 20 de Junho de 2012.

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Parcilene Fernandes de Brito
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. M.Sc. Fernando Luiz de Oliveira
Centro Universitário Luterano de Palmas

Prof. M.Sc. Cristina D'Ornellas Filipakis Souza
Centro Universitário Luterano de Palmas

Palmas-TO

2012

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	5
2	REVISÃO DE LITERATURA	8
2.1	REDES BAYESIANAS.....	8
2.1.1	REPRESENTAÇÃO	11
2.1.2	TEORIA DOS GRAFOS.....	13
2.1.3	TEORIA DA PROBABILIDADE.....	18
2.1.3.1	AXIOMAS DA PROBABILIDADE.....	20
2.1.3.2	TEOREMA DE BAYES	21
2.1.3.3	CONSTRUINDO UMA REDE BAYESIANA.....	23
2.1.4	APRENDIZAGEM	24
3	MATERIAIS E MÉTODOS	27
3.1	MATERIAIS.....	27
3.1.1	HARDWARE	27
3.1.2	SOFTWARE.....	27
3.1.3	FONTES BIBLIOGRÁFICAS	27
3.2	METODOLOGIA	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
4.1	APRENDIZAGEM	31
4.2	REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO	35
4.2.1	NÓS.....	35
4.2.2	CONSTRUÇÃO DA REDE BAYESIANA.....	38
4.2.3	TABELA DE PROBABILIDADE CONDICIONAL	41
4.2.4	TESTE E AVALIAÇÃO DO ESPECIALISTA.....	43
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
6	REFERÊNCIAS.....	51
	ANEXOS.....	55

RESUMO

Este trabalho apresenta uma pesquisa sobre redes *bayesianas* e os conceitos que a compõem para criação de uma rede para diagnósticos de patologias ortopédicas, especificamente do quadril e joelho. A ideia deste trabalho não é substituir o profissional da área e sim oferecer a estes profissionais de fisioterapia um recurso para auxílio no diagnóstico das patologias ortopédicas.

PALAVRAS-CHAVE: Sistemas baseados no conhecimento, Raciocínio probabilístico, Rede *bayesiana*

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Exemplo de Tabela de Probabilidade Condicional 'ConcursoFederal'	25
Tabela 2. Lista de patologias da rede bayesiana.	30
Tabela 3. Lista parcial das patologias e seus sintomas.	35

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação da transmissão do conhecimento	11
Figura 2. Representação da parte qualitativa.....	12
Figura 3. Representação da parte quantitativa.....	12
Figura 4. Grafo não direcionado.....	14
Figura 5. Grafo direcionado.....	14
Figura 6. Exemplo de um caminho fechado que forma um ciclo.....	15
Figura 7. Exemplo de um grafo acíclico dirigido.....	15
Figura 8. Grafo cíclico, exemplo de restrição.....	16
Figura 9. Exemplo de restrições.....	17
Figura 10. Representação de dependência entre variáveis.....	18
Figura 11. Rede bayesiana e suas probabilidades.....	25
Figura 12. Rede bayesiana - Exemplo Netica.....	26
Figura 13. Rede bayesiana com propagação dos dados.....	26
Figura 14. Parte das patologias da região do quadril/coxa	32
Figura 15. Parte da definição do domínio a ser trabalhado.....	33
Figura 16. Distinção dos sintomas determinantes.....	34
Figura 17. Parte da rede <i>bayesiana</i> , construída com a ferramenta netica	37
Figura 18. Menu para criação de uma nova rede.....	38
Figura 19. Menu para adicionar um novo nó a rede.....	39
Figura 20. Estado do nó na rede em sua criação, com dois estados.....	39
Figura 21. Exemplo de inferência.....	40
Figura 22. Tela de propriedades do nó 'PatologiasQuadrilCoxa' da rede.....	41
Figura 23. Tela da tabela de probabilidade condicional.....	42
Figura 24. Inferência na rede.....	44

Figura 25. Teste entorse ligamento colateral lateral.....	45
Figura 26. Teste entorse de LCP	46
Figura 27. Teste luxação congênita quadril.....	47
Figura 28. Teste entorse do LCA	48

ANEXO

ANEXO I – DEFINIÇÃO DA REGIÃO QUADRIL/COXA

ANEXO II – DEFINIÇÃO DA REGIÃO DO JOELHO

**ANEXO III – DEFINIÇÃO DE SINTOMAS DETERMINÍSTICOS DAS PATOLOGIAS
DA REGIÃO DO QUADRIL/COXA**

**ANEXO IV – DEFINIÇÃO DE SINTOMAS DETERMINÍSTICOS DAS PATOLOGIAS
DA REGIÃO DO JOELHO**

ANEXO V - TABELA COM OS SINTOMAS DAS PATOLOGIAS

ANEXO VI - REDE BAYESIANA DO DOMÍNIO QUADRIL/COXA E JOELHO

1 INTRODUÇÃO

A inteligência artificial tem como objetivo realizar tarefas e resolver problemas de forma similar a um ser humano. Ao longo das pesquisas surgiram várias técnicas que atualmente são utilizadas para resolver diversos tipos de problemas. Neste contexto, Marcílio (2008, p. 2) diz que a inteligência artificial é composta por uma variedade enorme de áreas, que envolvem desde campos “de uso geral, como aprendizado e percepção, até tarefas mais específicas, como jogos de xadrez”. Marcílio (2008, p. 2) afirma ainda que sistematizar e automatizar tarefas intelectuais faz parte da inteligência artificial, por isso, ela é potencialmente relevante para qualquer setor da atividade intelectual humana.

Segundo Marques (2000, p. 1), “duas abordagens principais, dentro do contexto dos sistemas que agem racionalmente, podem ser utilizadas: raciocínio lógico e raciocínio probabilístico”. O raciocínio lógico extrai suas conclusões a partir da análise do conhecimento a respeito do problema. Esta abordagem pode não ser útil em situações onde não se conhece previamente todo o contexto do problema. Para estes casos, o raciocínio probabilístico se enquadra de maneira mais adequada por apresentar respostas confiáveis mesmo não se conhecendo totalmente o contexto do problema.

Sistemas que atuam em situações de incertezas têm duas características, ele é capaz de atribuir níveis de confiabilidade em todas as sentenças de sua base de conhecimento e ainda estabelecer relações entre si. Essas características são encontradas na técnica de inteligência artificial denominada por rede *bayesiana*, que trabalha com o raciocínio probabilístico. Essa técnica utiliza o conceito de teoria dos grafos para o estabelecimento das relações entre sentenças e, ainda, teoria da probabilidade, para a atribuição de níveis de confiabilidade (MARQUES, 2000, p. 1).

Na área da saúde, o diagnóstico de patologias envolve um grau de incerteza que leva o profissional a trabalhar, até mesmo de forma inconsciente, com a probabilidade de o diagnóstico seguir um ou outro rumo. Um projeto desenvolvido anteriormente por Alves (2011) busca trabalhar a complexidade da abstração de tais

diagnósticos, no contexto da avaliação de patologias em membros inferiores. Esse trabalho também teve como foco o auxílio no diagnóstico das patologias ortopédicas de forma mais abrangente, envolvendo também as regiões do tornozelo e pé. No entanto, essa pesquisa utiliza sistema especialista como técnica de inteligência artificial, que tem como característica a avaliação determinística, diferente da rede *bayesiana*, que tem como particularidade resultados probabilístico por usarem como método de inteligência artificial sistema especialista probabilístico.

Sistemas que tenham como finalidade auxiliar no processo de diagnóstico lidam com uma vasta gama de variáveis e com situações de incerteza. Assim, as redes *bayesianas* podem contribuir nesse processo justamente por apresentarem característica probabilística e serem mais flexível. Os resultados advindos dessas redes podem ajudar profissionais da área a diagnosticar determinada patologia ou acelerar esse processo. O diagnóstico pode ser conseguido de maneira mais rápida ao se saber, por exemplo, os exames que serão necessários para se chegar ao diagnóstico de acordo com os sinais e sintomas do paciente, através de uma ferramenta que pode ser construída futuramente.

As redes *bayesianas* trazem como resultado dados estatísticos ou probabilísticos. Esses resultados são a tradução do conhecimento do especialista ou do conhecimento que existe acerca de um domínio, adquirido através de livros e artigos científicos, e transformado em números. Nesse trabalho, o conhecimento do contexto foi adquirido através de entrevistas com um fisioterapeuta e as referências utilizadas para o entendimento do domínio foram sugeridas por ele.

Dentro desse contexto, esse projeto tem como domínio o diagnóstico de patologias ortopédicas da região do quadril/coxa e joelho com o objetivo de criar uma rede *bayesiana* que indique a patologia mais provável, dados os sinais e sintomas que o paciente apresenta, de maneira a comprovar a relação entre a probabilidade teórica do profissional da área e a fornecida pela rede.

Foram criadas as seções que abrangem o conteúdo de redes *bayesianas* com o objetivo de ter o embasamento para a construção da rede. As seções envolvem teoria da probabilidade, desde as propriedades mais simples até o teorema de *bayes*, que é a fórmula utilizada pela rede *bayesiana* para os cálculos probabilísticos e teoria dos grafos, que permitem a representação gráfica da rede *bayesiana*. Foram descritos os materiais necessários para o desenvolvimento desse projeto, assim como sua metodologia e forma de pesquisa. Os resultados dessa pesquisa

foram divididos em três subseções: definição do domínio; aquisição do conhecimento e representação do conhecimento. Nelas são utilizados os conceitos descritos na revisão de literatura ligando-os ao propósito do trabalho. As fontes utilizadas para o desenvolvimento desse trabalho estão descritas na seção de referências.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste capítulo será abordado o conceito de rede *bayesiana* com uma introdução sobre o tema, a forma de sua representação, que envolve a teoria da probabilidade e a teoria dos grafos e sobre o teorema de *bayes*. Conceitos esses necessários para entendimento da tecnologia e implementação da rede.

2.1 REDES BAYESIANAS

A inteligência artificial tem muitas definições, uma delas diz envolver uma combinação de matemática e engenharia. Outra definição, diz estar ligada a um conhecimento mais empírico, envolvendo hipóteses e confirmação experimental (RUSSELL, 2004, p.4). Segundo Russel (2003, p. 3):

A inteligência artificial pode auxiliar em muitos campos da ciência, por isso atualmente ela é considerada um campo universal, pois essa área abrange uma enorme variedade de subcampos desde aprendizado e percepção até tarefas mais específicas como jogos de xadrez, demonstração de teoremas matemáticos, criação de poesia e diagnósticos de doenças.

As pesquisas na área de inteligência artificial têm avançado de forma bastante significativa, abrangendo áreas muito específicas, como a engenharia, robótica e medicina. Na medicina, tem-se usado bastante os recursos de inteligência artificial na área de diagnósticos. Esses recursos são utilizados no cotidiano médico baseando-se em conhecimento dos especialistas.

Para que se possa apresentar um recurso que utiliza técnicas de inteligência artificial, necessita-se de um estudo para que seja possível passar o conhecimento sobre um determinado domínio para linguagem computacional. Desta forma, faz-se com que o sistema “aprenda” e haja uma resposta coerente de acordo com o aprendido. Para passar esse conhecimento é necessário compreender os diversos elementos que compõem o contexto e, depois, modelá-los para um sistema computacional. Segundo Py (2004, *online*), “a inteligência artificial está dividida em três áreas de pesquisa relativamente independentes”, sendo elas:

- processamento da linguagem natural, que são programas de computadores que “entendem”, “conversam” ou “leem” a conversa de um humano no seu dia a dia;
- desenvolvimento de robôs inteligentes;
- sistemas que utilizam como base conhecimento de especialistas.

Pesquisas na área de inteligência artificial tiveram como alvo áreas mais específicas e uma delas foram os sistemas baseados no conhecimento, com o objetivo de solucionar problemas em determinado domínio. Nesta área, o conhecimento de um especialista “deve ser representado em forma de regras ou modelo de objetos” (PY, 2004, *online*).

Sistemas baseados no conhecimento são sistemas que dependem de alimentação de dados, os quais são extraídos de um especialista, para que um mecanismo automatizado de raciocínio seja aplicado para se obter um resultado que auxilie na tomada de decisão. Desta maneira, para que os sistemas baseados no conhecimento funcionem de forma correta é necessário que os dados inseridos sejam atualizados e estejam corretos para que não haja erros nos resultados apresentados.

Sistemas que têm como base o conhecimento de um especialista podem utilizar diferentes técnicas para modelagem, destas são citadas algumas: regras de produção, raciocínio baseados em casos, redes neurais e redes probabilísticas.

A rede *bayesiana* é uma técnica de inteligência artificial que surgiu como um novo campo a ser explorado no final da década de 80. Isso se deve ao surgimento de softwares, como *netica* e *hugin expert*, que permitiram a propagação das evidências na rede (TRONCHONI, 2008, p.37).

As redes *bayesianas* se caracterizam como técnica de inteligência artificial por usarem a teoria da probabilidade e a teoria dos grafos de forma a fornecerem resultados probabilísticos. Desta maneira, esta técnica pode ser utilizada em uma ferramenta que verifique as probabilidades de, por exemplo, chover em Palmas no período de estiagem. Assim, um sistema poderá auxiliar agricultores na tomada de decisão sobre como conduzir a irrigação de sua plantação.

Nassar (2007, p. 5) afirma que, “geralmente, a rede *bayesiana* é extraída de um especialista que transfere seus conhecimentos sobre o domínio” ou determinado

contexto de aplicação para o responsável por elaborar a rede *bayesiana*. Nassar (2007, p.5) diz ainda que pesquisas foram realizadas para permitir a construção de redes *bayesianas* utilizando algoritmos para estimar valores das probabilidades, assim como identificar os nós da rede a partir de uma base de dados. A utilização desses algoritmos se dá em base de dados com o objetivo de extrair desse tipo de local probabilidades de forma automática, evitando assim novas experiências ou novos estudos para se atingir o mesmo resultado.

A transferência de conhecimento consiste em troca de informações entre o especialista e o responsável em desenvolver a rede *bayesiana*. A troca de informações pode ser feita através de entrevistas, que são realizadas para esclarecimento do domínio por parte do desenvolvedor. Com o entendimento sobre o domínio é possível criar a rede. Por exemplo, para que um novo funcionário de uma determinada empresa possa desempenhar alguma função, ele tem que saber o que deve ser feito e como deve ser feito. Esse processo de aprendizagem do novo funcionário geralmente ocorre com auxílio de outros funcionários mais experientes, que mostram como deve-se agir nas situações comumente encontradas no exercício daquela função. Muitas vezes é necessário se repetir algo, e outra vez ocorre de o novo funcionário apresentar dúvidas que podem ser respondidas pelos colegas. O processo de transferência de conhecimento entre o especialista do domínio e o responsável por desenvolver a rede é similar ao exemplo apresentado, ou seja, requer um entendimento inicial para que se possa modelar as situações do domínio, que no caso do funcionário, seria a vivência no ambiente de trabalho, e ao se construir essas situações na rede surgem dúvidas que demandam novas entrevistas e, a partir daí, novos ajustes. A figura 1 apresenta o processo de transmissão do conhecimento do funcionário antigo para o novo funcionário.

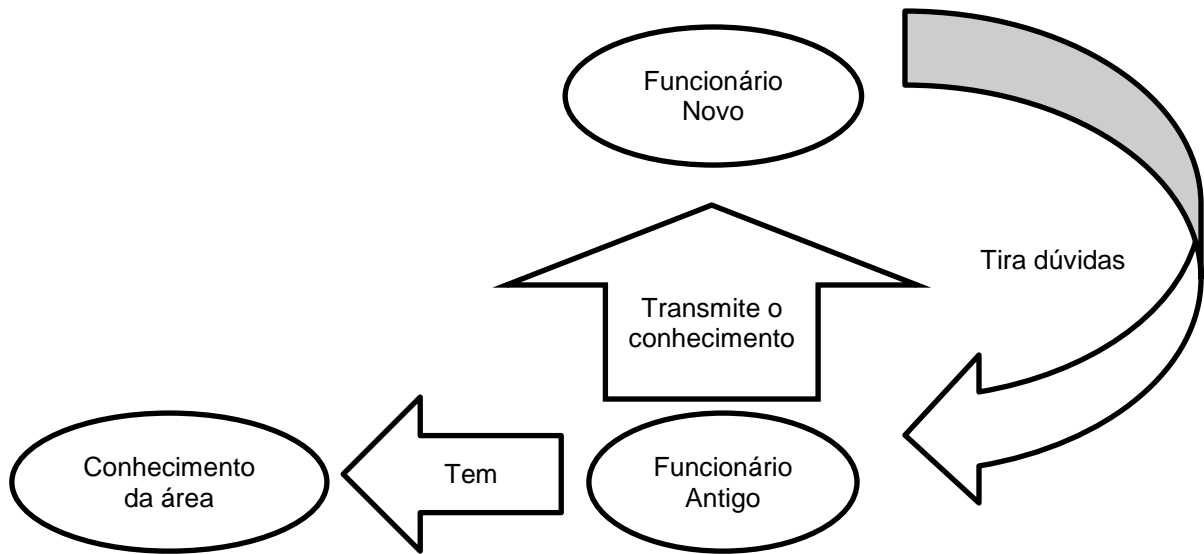


Figura 1. Representação da transmissão do conhecimento

Nota-se que na figura 1 é feito a transmissão do conhecimento, assim como no processo de transmissão do conhecimento do especialista do domínio para o desenvolvedor da rede. Essa transmissão funciona a partir do conhecimento que o funcionário antigo tem sobre a área que é transmitida ao novo funcionário que pode apresentar dúvidas que surgem no decorrer da atividade. Assim como na construção da rede, o desenvolvedor por não ser o especialista da área e ter o conhecimento adequado, também apresenta dúvidas sobre as informações que a ele são transmitidas, as quais exigem novas reuniões até que as dúvidas sejam sanadas.

2.1.1 REPRESENTAÇÃO

Russell (2004, p. 482) descreve redes *bayesianas* como um modelo probabilístico representado por grafos acíclicos dirigidos, o qual contém dependências entre variáveis. Por usarem a teoria da probabilidade, o raciocínio probabilístico é uma das grandes vantagens das redes *bayesianas*, tornando possível tomar decisões racionais mesmo não havendo dados suficientes para provar tal situação.

Segundo Gaag (1996 apud NASSAR, 2007), redes *bayesianas* são formadas por duas partes complementares: uma parte qualitativa e a outra quantitativa. A qualitativa é um modelo gráfico no qual as variáveis são os nós e as regras são os arcos direcionados. A figura 2 exemplifica o modelo gráfico.



Figura 2. Representação da parte qualitativa.

Na figura 2, pode-se notar o arco que é representado pela seta entre os vértices V1 e V2. Nesta representação a variável V1 é a causa, ou condição para que a variável V2 aconteça. Desta maneira, o V2 é a consequência do V1, apresentando uma relação de dependência. Não havendo a ligação das variáveis por um arco, assume-se que elas são independentes.

Segundo Nassar (2007, p. 6) a parte quantitativa é composta por três classes de probabilidade:

- o conjunto de probabilidades condicionais associadas aos arcos existentes no modelo gráfico da parte qualitativa;
- as probabilidades estimadas das hipóteses diagnósticas ou categorias de classificação (nó de saída);
- as probabilidades de cada nó de entrada.

Na figura 3 é possível visualizar a composição das classes da probabilidade.

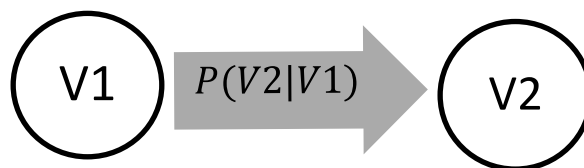


Figura 3. Representação da parte quantitativa

Na figura 3 é exemplificada a composição das três classes de probabilidade, onde V1 é o nó de entrada, V2 o nó de saída, e o arco representa o conjunto de probabilidades condicionais existente na rede *bayesiana*.

Segundo Nassar (2007, p. 6):

Existem dois tipos de cálculos realizados por uma rede bayesiana: a atualização de crenças e a revisão de crença a cada consulta realizada. A atualização de crenças é o cálculo das probabilidades das variáveis aleatórias. A obtenção das probabilidades das hipóteses diagnósticas e a identificação da hipótese diagnósticas com maior valor de probabilidade referem-se a revisão de crenças.

A atualização de crenças ocorre a partir de um dado de entrada, que após inserido na rede *bayesiana* se propaga por toda ela, efetuando também a revisão de crenças, que estão contidas nos arcos e obtêm o resultado das hipóteses diagnósticas, que são feitas nos 'nós' de entrada e repassam os valores das probabilidades para os nós de saída.

Ainda conforme Nassar (2007, p. 6):

“esta hipótese diagnóstica mais provável pode ser vista como a explicação mais satisfatória para o conjunto de evidências (*inputs*) em mãos. Numa rede *bayesiana* pode-se observar a propagação de um dado de entrada em toda a rede, permitindo observar a quantidade de informação daquele dado específico”.

A observação desta propagação é feita através da representação da rede, que será melhor abordada nas próximas seções.

2.1.2 TEORIA DOS GRAFOS

A teoria dos grafos é mais recente se comparado a outras teorias matemáticas conhecidas. A primeira vez que a teoria dos grafos foi utilizada foi no séc. XVII por Euler e não passava de uma especulação matemática. Hoje a teoria dos grafos é bastante utilizada nas áreas de computação, da matemática e engenharia. Esta teoria contém vários tipos de grafos, mas nesta seção serão abordados apenas os grafos cíclicos, acíclicos, direcionado e não direcionado, para entendimento da rede *bayesiana* (PEREIRA, *online*, 2012).

Segundo Gomes (2011, p.17), “os grafos podem ser não orientados e direcionados (orientados ou dígrafos)”. Em um grafo não orientado as linhas que unem os pares dos vértices representam as arestas. Nas redes *bayesianas* usa-se o grafo direcionado, por isso o seu sentido é apontado na aresta por uma seta, correspondendo à orientação do par ordenado (NETTO, 1979, apud GOMES, 2011, p17).

Segundo Veiga (ET AL, 2002, p. 15)

Um grafo G consiste de dois conjuntos V e E . O conjunto V é um conjunto de 'nós' finito e não vazio. O conjunto E é um conjunto de pares de 'nós'; estes pares são chamados de arestas (arcos). A notação $V(G)$ e $E(G)$ representa os conjuntos de 'nós' e arestas, respectivamente, do grafo G . Escreve-se também $G = (V,E)$ para representar um grafo. Em um grafo não direcionado, o par de nós representa qualquer arco sem direção. Assim, os pares (u,v) e (v,u) representam a mesma aresta. Em um grafo direcionado, cada arco é representado por um par ordenado $\langle u,v \rangle$; u é a cauda e v a cabeça do arco. Então $\langle u,v \rangle$ e $\langle v,u \rangle$ representam dois arcos diferentes.

Essas representações são exemplificadas na figura 4 a seguir.



Figura 4. Grafo não direcionado.

A figura 4 representa um grafo não direcionado. Na imagem têm-se os 'nós' U e V ; além de uma aresta sem direção que pode ser representado como (U,V) ou (V,U) . Isto se deve ao fato de a aresta não apresentar direção.

A representação gráfica de um grafo, geralmente, é feita por um círculo, sendo os vértices e as arestas sendo a conexão às extremidades do círculo por um arco (DIESTEL, 2005 apud GOMES p.16). Um exemplo desta definição é exibido na figura 5 abaixo.

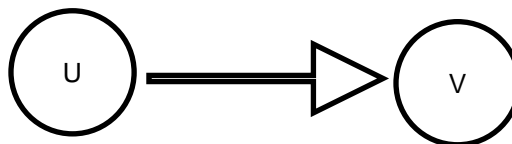


Figura 5. Grafo direcionado.

Na figura 5 tem-se um grafo direcionado. Este grafo é composto pelos 'nós' U e V ; e também por uma aresta ou arco direcionado. Nesta representação existe uma diferença, o direcionamento da aresta. Por isso, a aresta é representada como (U,V) , somente. Esta é a representação dos grafos da rede *bayesiana*.

Considera-se um ciclo, em um grafo direcionado, um caminho fechado direcionado, como pode ser visto na figura 6 (ALOISE, 2001, p. 8).

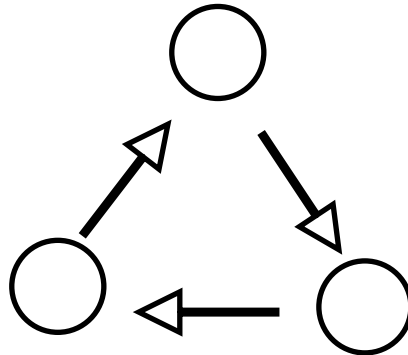


Figura 6. Exemplo de um caminho fechado que forma um ciclo.

Na figura 6 é exibido um grafo que forma um ciclo. Com este ciclo não é possível trabalhar na rede *bayesiana*, pois este grafo não traria resultado, pois as probabilidades condicionais estariam sempre retornando para um nó anterior. Desta forma entraria em um “*loop*” infinito.

Um grafo direcionado é cíclico quando contém um ciclo e isto ocorre quando os vértices inicial e final se coincidem. Se não, é chamado de grafo direcionado acíclico, pois não forma ciclo (ALOISE, 2001, p. 8). Nas redes *bayesianas* usam-se somente grafos acíclicos dirigidos, pois se fosse permitido a utilização de grafos cíclicos, estes poderiam entrar em “*loop*” na rede e desta forma não trariam resultados.

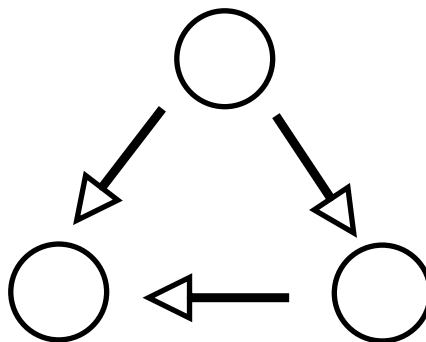


Figura 7. Exemplo de um grafo acíclico dirigido.

Pode notar-se na figura 7 que a representação de um grafo acíclico dirigido é aquela que o arco apresenta um direcionamento e o seu destino ou de algum arco subsequente não seja o nó pai ou nó raiz. Diferente da figura 6 que apresenta um grafo cíclico.

Definidos os arcos e nós de um grafo como conjunto apresentam-se as restrições (VEIGA ET AL, 2002, p. 15):

- Um grafo não deve ter um arco de um nó v que volta para ele mesmo. Por isso os arcos (v,v) e $\langle v,v \rangle$ não são válidos.
- Grafo múltiplo, uma vez que um grafo não deve ter múltiplas ocorrências de um mesmo arco, ou seja, (v_1,v_2) e outra ocorrência de (v_1,v_2) no mesmo grafo.
- Grafo cíclico, pois desta maneira o grafo entraria em “loop” infinito e não traria resultado algum.

Um exemplo de restrição pode ser verificado no grafo cíclico: João vai ao estádio somente se Ricardo também for. Ricardo, por sua vez, só vai ao estádio se José for. José da mesma forma, só vai ao estádio se seu colega João também for.

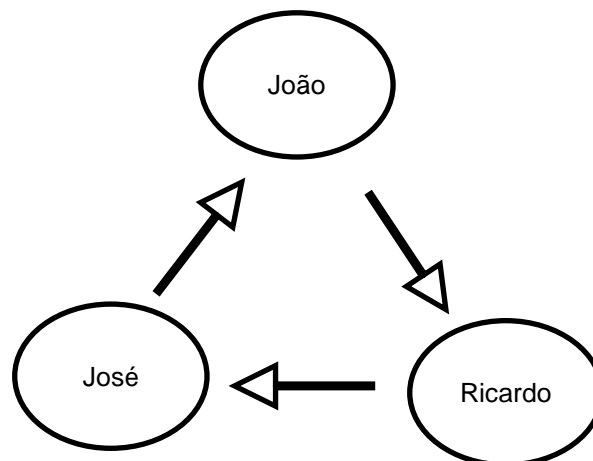


Figura 8. Grafo cíclico, exemplo de restrição.

Como pode ser visto na figura 8, a dependência um do outro prejudica o objetivo de todos, que é ir ao estádio, pois ninguém decide nada e fica aguardando a decisão do colega. Na rede *bayesiana* acontece de forma semelhante, o que faria o cálculo da rede entrar em “loop” infinito e desta maneira ele não seria finalizado e não traria probabilidade alguma.

Outra restrição pode ser exemplificada da seguinte forma: João necessita de canetas em seu departamento, com isso ele solicita novas canetas ao Ricardo que é o responsável pelas compras e controle interno deste órgão público. Ricardo cria o processo e manda para análise do controle interno, mas como neste órgão público

tem esse erro, de o responsável pela compra também ser responsável pelo controle interno, ele mesmo já analisa como favorável e solicita a João a compra das canetas.

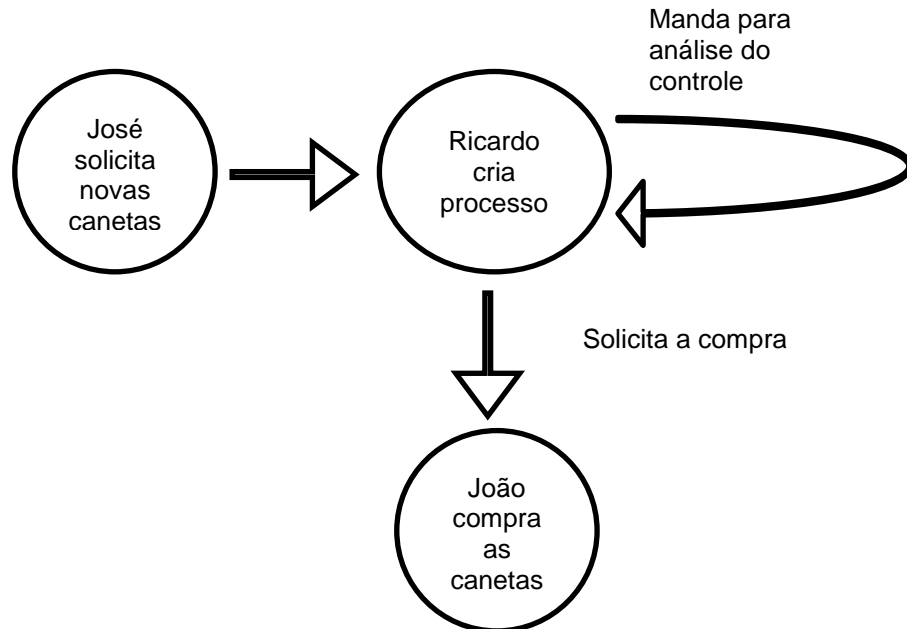


Figura 9. Exemplo de restrições

Na figura 9 nota-se um grafo que sai do nó 'Ricardo cria processo' e volta para ele mesmo. Este grafo representa um processo de compra em um órgão público. No entanto, em uma rede *bayesiana* este arco não pode ser utilizado, pois este não é válido. Caso fosse utilizado esse recurso em uma rede *bayesiana*, ela não traria resultados, pois correr-se-ia o risco de o cálculo da probabilidade entrar em "loop" da mesma forma como nos grafos cíclicos.

É importante destacar a teoria dos grafos, pois "as redes bayesianas são grafos acíclicos direcionados que representam dependências entre variáveis". (GOMES, 2011, p. 16). Por exemplo, João, torcedor de futebol, só vai assistir ao jogo no estádio se não estiver doente, não estiver chovendo e seu amigo Ricardo for ao estádio de carro. A seguir, na figura 10, é apresentado um grafo representando o exemplo citado.

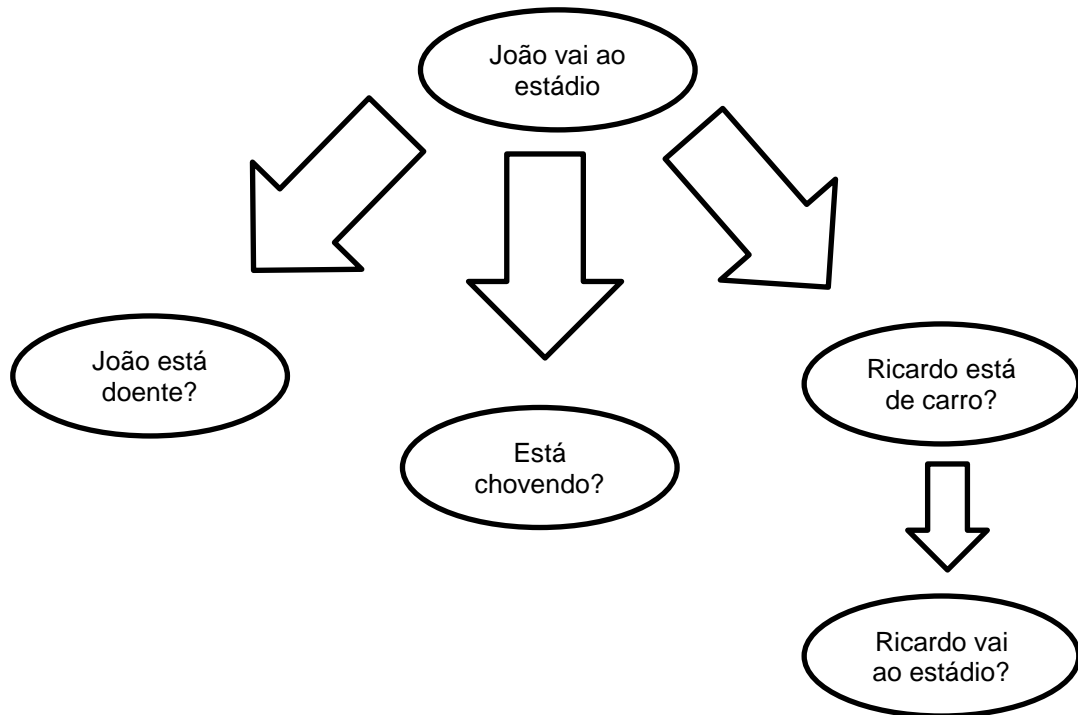


Figura 10. Representação de dependência entre variáveis.

Na figura 10 tem-se a representação de um grafo acíclico dirigido e também a dependência entre as variáveis, em que a variável ‘João vai ao estádio’ depende diretamente das variáveis ‘João está doente?’, ‘Está chovendo?’, ‘Ricardo está de carro?’ e depende indiretamente do nó ‘Ricardo vai ao estádio?’. Desta maneira, pode-se visualizar a dependência entre variáveis, já que João vai ao estádio somente se não estiver doente, nem chovendo na hora do jogo e se o Ricardo estiver de carro e indo para o estádio.

Como apresentado anteriormente, para que as redes *bayesianas* sejam representadas em modelos gráficos é necessária a utilização dos conceitos de teoria dos grafos que foram apresentados nesta seção e teoria da probabilidade que será melhor explicada na próxima seção.

2.1.3 TEORIA DA PROBABILIDADE

Segundo Oliveira (2009, p. 48) “a área de probabilidade começou a ser desenvolvida no século XVII antes ainda da formalização da área da estatística, em questões propostas em jogos de azar.” E ainda conforme Oliveira (2009, p. 50), *Huygens* publicou o primeiro tratado de probabilidade em 1656, dois anos depois de *Pierre de*

Fermat e Blaise Pascal estabelecerem os princípios do cálculo das probabilidades, na França.

De acordo com Neapolitan (2003 apud SANTOS, 2009, p. 9) “os métodos probabilísticos são usados como base da inferência em sistemas de inteligência artificial”. Esses sistemas são caracterizados por influência direta de um evento sobre outro. Por exemplo, para saber se uma pessoa tem uma doença, que é um evento, tem que fazer um exame que dirá se a pessoa a tem ou não. O fato de a pessoa ter ou não a doença tem influência direta no exame, outro evento, pois este confirmará tal caso. Se a pessoa tem a doença, o exame será positivo, se não tiver será negativo.

Uma das formas para a tomada de decisão quando se trabalha com incertezas é através da utilização da teoria da probabilidade onde, com um número reduzido de evidências, é possível ter um resultado coerente com a realidade. Para se trabalhar com incerteza é preciso também utilizar evidências de confiança. Por exemplo, a probabilidade de chover em Palmas, Tocantins sabendo que se está em época de estiagem é de 27% ou de 0.27. O dado de certeza vem da verossimilhança, ou seja, a experiência do meteorologista que analisa as condições do tempo e do clima.

Os fenômenos estudados pela estatística variam de uma observação para outra, dificultando a previsão de um resultado futuro. Para esclarecer esses experimentos aleatórios é adotado o modelo matemático probabilístico (LUNA, 2004, p.22). Esta variação existe porque os experimentos podem conter fatores naturais que podem modificar o seu resultado, como vento, por exemplo, no caso de um papel que de um lado foi escrito a letra “A” e de outro a letra “B”. O experimento consiste em soltar o papel no chão, em um ambiente aberto sujeito às condições climáticas. Ao soltar o papel no chão, notou-se que as chances do papel cair com o lado escrito “A” são de 50%, considerando que no horário do experimento não teve vento nem alguma outra condição climática que pudesse alterar o resultado do experimento. Quando o experimento foi realizado com vento de 6 km/h as chances de o papel cair no chão com o lado “B” cresceram 3% e chegando a 53%. Por isso a previsão de um resultado futuro é difícil.

Segundo Morgado et al (2001 apud GONÇALVES, 2009, p. 3), tem-se que “a probabilidade estuda e analisa a ocorrência de fenômenos aleatórios, os quais são considerados experimentos quando repetidos sob as mesmas condições,

produzindo resultados em que não é certa a afirmação, ou seja, não se pode antever com certeza.”.

Segundo Gonçalves (2009, p.3), algumas definições são importantes para o entendimento da teoria da probabilidade:

- **Espaço amostral:** é o conjunto de todos aqueles resultados que podem acontecer em determinado experimento aleatório.
- **Evento:** é qualquer elemento pertencente ao espaço amostral, ou seja, um possível resultado da experiência.

A seguir, é apresentado um exemplo de espaço amostral, representado por S , que são os resultados possíveis de uma experiência, representada por E .

E = Observar a cor da bola tirada de uma caixa, a qual contém 6 bolas, uma de cada cor.

$S = \{\text{Azul, Amarelo, Preto, Branco, Vermelho, Laranja}\}$

$A = \{\text{Azul, Branco}\}$

No sorteio, são retiradas as cores ‘Azul’ e ‘Branco’ e desta maneira este experimento tem como evento os elementos sorteados.

2.1.3.1 AXIOMAS DA PROBABILIDADE

A partir de um experimento aleatório, representado pelo espaço amostral S , pode-se notar que a teoria da probabilidade está baseada em uma função P que, a cada evento A de S associa um número real no intervalo $[0, 1]$, chegando, desta forma, a representação $P(A)$, denominado probabilidade do evento A , que atende as seguintes propriedades (SILVA, 2002):

- a. $P(S) = 1$;
- b. Se A e B são eventos disjuntos de S , então $P(A \cup B) = P(A) + P(B)$;
- c. Se A_1, A_2, \dots, A_n é uma família de eventos de S , dois a dois disjuntos, então

$$P(A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n) = P(A_1) + P(A_2) + \dots + P(A_n).$$

Muitas propriedades importantes podem ser extraídas dos axiomas acima. Por exemplo:

- d. $P(\emptyset) = 0$;
- e. Se $A \subseteq B \subseteq S$, então $P(A) \leq P(B)$;

- f. Se $A, B \subseteq S$, então $P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$;
 g. Se $A \subseteq S$, então $0 \leq P(A) \leq 1$.

No axioma 'd' entende-se como a probabilidade de 'vazio' ou a probabilidade de nada acontecer é igual a 0, ou seja, se a rede não for feita uma inferência não haverá a propagação das evidências e desta maneira não é possível se ter um resultado ou uma probabilidade.

Já no axioma 'e' entende-se que a $P(A)$ é menor ou igual a $P(B)$ e por 'A' está contido em 'B', que por sua vez está contido em 'S', a probabilidade de o evento 'A' ocorrer não será maior que a probabilidade de o evento 'B' ocorrer.

No axioma 'f' é exibida a união de conjunto para formar um único espaço amostral. Nesta união somasse os eventos contidos em A e B e eliminasse aqueles que por ventura possam existir nos dois, para que não haja repetição. Para que $A \cap B$ seja válido, tanto A quanto B também devem ser válidos, no entanto, é necessário que seja feita a subtração de $P(A \cap B)$, pois o somatório dos dois conjuntos considera duas vezes sua interseção (RUSSELL, 2004, p.458).

Enfim, o axioma 'g', mostra que os resultados probabilísticos de determinado evento sempre serão maior ou igual a 0 e menor ou igual a 1.

Os axiomas 'a', 'd', 'f' e 'g' são chamados de **axiomas de Kolmogorov** que mostra "como elaborar o restante da teoria da probabilidade a partir de seus princípios básicos mais simples" (RUSSELL, 2004, p.458).

2.1.3.2 TEOREMA DE BAYES

As redes *bayesianas* têm como método de inferência o teorema de *bayes*, uma fórmula específica para cálculo de probabilidades, que foi proposta por Thomas Bayes em 1763 (ALMEIDA, 2006 p. 20). Este teorema tem como principal função atualizar e revisar as probabilidades condicionais. Baseado nos conceitos básicos sobre probabilidade condicional, isto é, $P(H|e)$ - a probabilidade de uma Hipótese H ocorrer dado uma Evidência e. Este método permite calcular a seguinte probabilidade:

$Pr(A)$ e $Pr(B)$ são as probabilidades *a priori* de A e B;

$Pr(B|A)$ e $Pr(A|B)$ são as probabilidades *a posteriori* de B condicional a A e de A condicional a B respectivamente.

A equação abaixo representa a fórmula da inversão, também chamada de teorema de *bayes* (LUNA, 2004, p. 28):

$$P(H|e) = \frac{P(e|H)P(H)}{P(e)}$$

Onde, $P(H)$ é a probabilidade a *priori* de H; $P(H|e)$ é a probabilidade a *posteriori* de H, isto é, a probabilidade de H ocorrer após conhecer a evidência e; $P(e|H)$ é a verossimilhança da evidência e dado a hipótese H, e $P(e)$ é um fator de normalização (LUNA, 2004 p. 28).

Segundo Russel (2004, p. 466), para a aplicação do teorema de *bayes* é preciso de três termos: uma probabilidade condicional e duas incondicionais. Para melhor entendimento, tem-se o exemplo, com dados fictícios, com a seguinte situação:

As chances de uma pessoa ganhar na loteria são de 10%. No entanto sabe-se também de algumas probabilidades incondicionais, que dizem que somente 1/5000 pessoas ganham na loteria sozinha e que a probabilidade de alguém ganhar na loteria juntamente com outras pessoas é de 1/40.

Considerando S e G respectivamente, como sendo a probabilidade incondicional de um jogador ganhar na loteria e a probabilidade incondicional de jogador ganhar sozinho, têm-se:

$$P(S|G) = 0.1 \text{ (Probabilidade de ganhar na loteria)}$$

$$P(G) = 1/5000$$

$$P(S) = 1/40$$

Para descobrir a probabilidade de uma pessoa ganhar na loteria sozinha, pode-se aplicar o teorema de *bayes*, e conclui-se:

$$P(G|S) = (P(S|G)P(G))/P(S) = (0.1 \times 1/5000)/(1/40) = 0.0008$$

Depois de aplicada a fórmula do teorema, conclui-se que 1 (um) a cada 5000 (cinco mil) jogos feitos, há um único ganhador na loteria. Observa-se ainda que, mesmo a probabilidade de se ganhar na loteria seja elevada (0.1), a probabilidade

de se ganhar sozinho na loteria é muito pequena. A seguir será apresentada a seção mostrando a forma de construção de uma rede *bayesiana*.

2.1.3.3 CONSTRUINDO UMA REDE BAYESIANA

Conforme Russel (2004, p. 483), é necessário tomar certas precauções para se construir uma rede *bayesiana*. Primeiro é preciso ter uma boa representação do domínio e para isso deve-se construir a tabela de probabilidades condicionais. Para o cálculo da tabela de probabilidades condicionais, utiliza-se a seguinte equação:

$P(x_1, \dots, x_n) = \prod P(x_i | \text{Pais}(x_i))$ para $0 \leq i \leq n$, onde: a representação dos nós pais da rede, nesta equação, é Pais. No entanto, com a reescrita desta equação ela se modifica para:

$$P(x_1, \dots, x_n) = P(x_n | x_{n-1}, \dots, x_1) P(x_{n-1}, \dots, x_1)$$

Para que cada conjunção de probabilidades reduza-se a uma probabilidade condicional e uma conjunção menor, a equação, mais uma vez, é reescrita tendo resultado a seguinte equação:

$$\begin{aligned} P(x_1, \dots, x_n) &= P(x_n | x_{n-1}, \dots, x_1) P(x_{n-1} | x_{n-2}, \dots, x_1) P(x_2 | x_1) P(x_1) \\ &= \prod P(x_i | x_{i-1}, \dots, x_1) \end{aligned}$$

A próxima equação é o resultado da comparação da equação acima com a equação para o cálculo da tabela de conjunção de probabilidades.

$$P(x_i | x_{i-1}, \dots, x_1) = P(x_i | \text{Pais}(x_i)) \text{ para } \text{Pais}(x_i) \subseteq \{x_{i-1}, \dots, x_1\}$$

Segundo Russel (1995 apud ALMEIDA, 2006, p. 23), esta equação mostra que para se possa ter a representação correta do domínio é necessário que cada nó seja condicionalmente independente de seus predecessores, dado seu nó pai. Então, “intuitivamente, os pais de um nó X_i devem conter todos os nós X_1, \dots, X_{i-1} que influenciem diretamente em X_i ” (RUSSEL, 1995 apud ALMEIDA, 2006, p. 23).

Desta maneira, existem alguns procedimentos que podem ser seguidos para a construção da rede *bayesiana*:

- escolher um conjunto de variáveis X_i que descrevam o domínio;
- escolher uma ordem para as variáveis, de acordo com a relevância das mesmas para o domínio;

enquanto existirem variáveis:

- escolher uma variável X_i e adicioná-la como sendo um nó na rede;
- determinar os nós pais(X_i) dentre os nós que já estejam na rede e que satisfaçam a equação: $P(X_i | X_{i-1}, \dots, X_1) = P(X_i | \text{Pais}(X_i))$ para $\text{Pais}(X_i) \in \{x_{i-1}, \dots, x_1\}$;
- definir a tabela de probabilidades condicionais para X_i .

Nesta seção foram apresentados conceitos pertinentes sobre a representação das redes *bayesianas*.

Na próxima seção será abordado sobre a aprendizagem em redes *bayesianas*.

2.1.4 APRENDIZAGEM

Segundo Luna (2004, p. 47)

a aprendizagem de rede *bayesiana* consiste em induzir, a partir de uma amostra de dados, as distribuições de probabilidades simples e condicionais e/ou identificar as relações de interdependência entre as variáveis de um domínio de dados, que se constitui na população de interesse.

A amostra de dados a qual se refere Luna (2004) pode ser adquirida através de um especialista e/ou livros e demais conteúdos científicos como também pode ser através de uma base de dados. Já o processo de identificação da relação de interdependência é realizado a partir da determinação das dependências entre as variáveis e a inferência que determinada variável causará efeitos em outra.

Segundo Russell (2004, p. 481), após definição da topologia, é necessário determinar, para cada nó, a tabela de probabilidades condicionais. A probabilidade condicional de cada caso condicional dos nós pais é representada por cada linha da tabela. Uma possível combinação dos valores para os nós pais é um caso

condicional. A partir da variável aleatória 'ConcursoFederal' e dados fictícios, tem-se a Tabela 1 como um exemplo.

Tabela 1. Exemplo de Tabela de Probabilidade Condicional 'ConcursoFederal'

		P(ConcursoFederal	
		Estudo2Anos, Estudo6Meses)	
Estudo2Anos	Estudo6Meses	Verdadeiro	Falso
	Verdadeiro	Falso	0.52
Falso	Verdadeiro	0.13	0.87

A figura 11 apresenta as probabilidades condicionais para cada nó do domínio da rede bayesiana apresentada anteriormente.

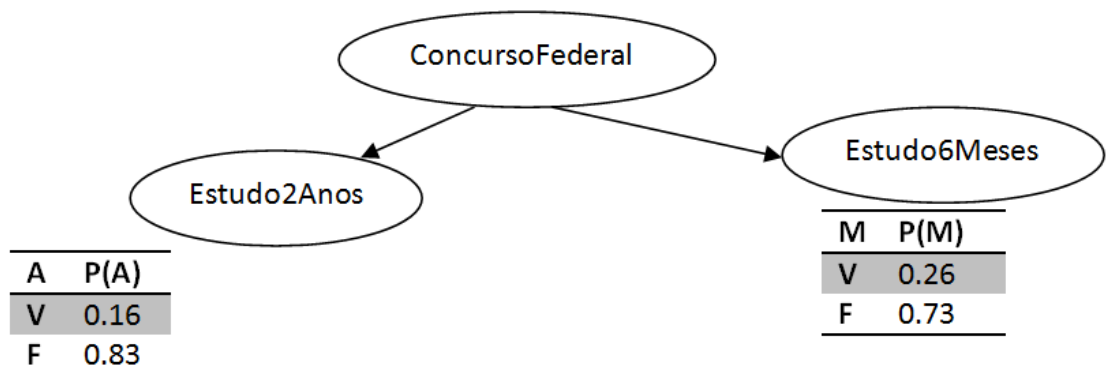


Figura 11. Rede bayesiana e suas probabilidades.

Neste exemplo (figura 11) foi possível visualizar a tabela de probabilidades condicional. Nesta tabela estão os dados que deverão ser inseridos na rede para que a inferência seja feita e assim seja possível chegar aos resultados.

Na figura 12 é exibida a rede em formato inicial e, na figura 13, é mostrada a rede com a propagação dos dados, deixando explícito como a rede ficará, caso seja verdadeiro que a pessoa que concorreu a vaga estudou até dois anos. Os dados usados para sustentar a rede são fictícios, tendo como finalidade apenas demonstrar a propagação de informações na rede bayesiana criada.

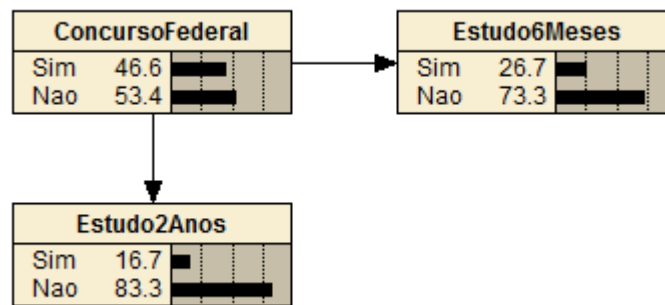


Figura 12. Rede bayesiana - Exemplo Netica.

Com a inserção dos dados da tabela de probabilidades condicionais, a rede bayesiana fica como exibido na figura 12. Nela existem três nós, 'ConcursoFederal', 'Estudo2anos' e 'Estudo6Meses' e seus arcos com as probabilidades condicionais. Na figura 13 é possível visualizar a probabilidade de se passar em um concurso federal estudando até dois anos.

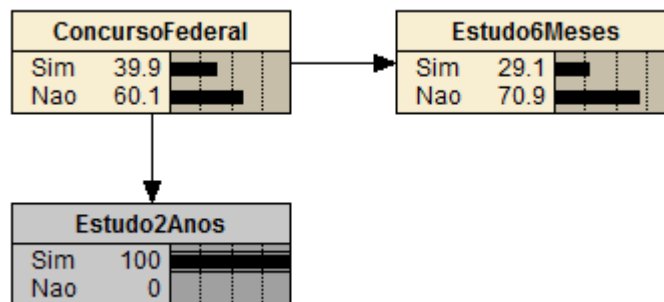


Figura 13. Rede bayesiana com propagação dos dados.

No exemplo da figura 13, verifica-se a alteração das probabilidades do nó 'ConcursoFederal' após a inferência indicando que o concorrente a vaga estudou por até dois anos. O número 100 no nó 'Estudo2Anos' indica a inferência na rede, e a partir daí é feita a propagação das evidências. É possível ver essa propagação, pois é apresentado um resultado no nó de saída 'ConcursoFederal' que indica a probabilidade de aprovação em um concurso federal de 39.9% estudando dois anos. A rede bayesiana por ser baseada no teorema de bayes, que tem como princípio a teoria da probabilidade, propaga a informação atualizando os nós pela rede.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Ao longo do desenvolvimento deste trabalho, diversos recursos de hardware e software foram utilizados, tais recursos bem como a metodologia de trabalho são apresentados nesta seção.

3.1 MATERIAIS

Os materiais utilizados para o desenvolvimento deste trabalho envolvem hardware, software e fontes bibliográficas. A bibliografia utilizada foi acessada por meio da biblioteca da instituição, bem como em consultas na internet. A seguir é apresentada uma breve descrição dos materiais utilizados.

3.1.1 _HARDWARE

- Intel Core 2 Quad Q8300 2.5ghz, 4gb de memória (computador pessoal);

3.1.2 SOFTWARE

Este trabalho foi desenvolvido utilizando a shell de desenvolvido denominado *Netica*, que é uma ferramenta para construção de redes *bayesianas* da *norsys* de uso prático e acessível. Esta ferramenta foi projetada para ser simples, confiável e de alto desempenho, podendo ser utilizada nas mais diversas áreas, dentre elas: engenharia, ecologia e medicina (NORSYS, 2012, *online*).

Além da *Netica* foram estudadas a *UnBayes*, *Hugin Expert* e *iBNetz*. Essas ferramentas atendem a necessidade do projeto, no entanto, houve maior facilidade de utilização da *Netica* e, por isso, esta foi escolhida e utilizada no projeto.

3.1.3 FONTES BIBLIOGRÁFICAS

- Livros;
- Sites diversos;

- Artigos científicos;
- Trabalhos de conclusão de curso, teses e dissertações;

3.2 METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa aplicada que utiliza as redes *bayesianas* por trazer resultados probabilísticos. Assim, foi utilizada natureza quantitativa para a análise das redes e apresentação dos resultados.

O trabalho foi realizado em duas frentes paralelas. Na primeira, foram feitas pesquisas para a construção da revisão de literatura abrangendo os conceitos de redes *bayesianas*, e dos conceitos que a compõem, teoria dos grafos e teoria da probabilidade. Neste mesma frente foi elaborado qual seria o objetivo da rede, que tem o intuito de auxiliar especialistas no diagnóstico de patologias ortopédicas nas regiões do quadril/coxa e joelho.

Na outra frente, contou-se com a participação de um especialista na área, o fisioterapeuta, mestre em gerontologia e professor no Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA, Pierre Soares Brandão. Após o consentimento do especialista em colaborar com a pesquisa, o mesmo apresentou algumas referências sobre as patologias ortopédicas que são os nós da rede e os resultados que esta expressa, também dicas e sugestões sobre a organização das partes do trabalho.

A partir daí foram realizadas algumas reuniões para se definir os dados a serem trabalhados, as regiões e as patologias que seriam usadas para construir a rede. Com essas definições foram feitas pesquisas bibliográficas para se explorar melhor o conhecimento sobre os conceitos envolvidos nesse trabalho, através de artigos e demais conteúdos científicos. Com a definição destes conceitos, foram feitas novas entrevistas com o profissional da área para levantamento de dados necessários para criação da rede *bayesiana*.

Depois do levantamento dos dados iniciou-se o desenvolvimento da rede *bayesiana*, envolvendo as regiões, quadril/coxa e joelho. Por sugestão do especialista, na construção da rede *bayesiana* não foram trabalhadas as patologias do tornozelo e pé, pois seus sinais e sintomas não tem uma inter-relação com outras regiões. Por exemplo, segundo o especialista, uma dor na planta do pé, com certeza a patologia será no pé, ou da mesma forma com o tornozelo. Já a região do

quadril/coxa e joelho apresentam maior relação entre elas. Por exemplo, uma pessoa que tem um problema no joelho, também pode ter um problema no quadril que provocou a pessoa a ter essa patologia no joelho e vice-versa. Desta forma, para apresentação da rede *bayesiana* se torna mais interessante trabalhar com as patologias ortopédicas das regiões quadril/coxa e joelho.

Cabe ressaltar que as entrevistas com o profissional foram realizadas tal qual proposto por Gil (2002), utilizando o tipo não estruturado, também chamado de entrevista livre, sem roteiros. Nela, foi delegado ao profissional da área a decisão sobre a forma de responder as questões feitas. Esse método de entrevista deixa o entrevistado livre para as respostas. Dessa maneira, cabe ao entrevistador captar o que é realmente necessário para o desenvolvimento do trabalho, além daquilo que lhe foi respondido.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O desenvolvimento do trabalho teve seu início com a apresentação ao fisioterapeuta sobre a pesquisa e o estudo que se tinha a intenção de desenvolver. A partir do entendimento do especialista da viabilidade do projeto foram feitas entrevistas para definição do domínio e as patologias a serem trabalhadas.

Nesta parte foi definido o domínio a ser trabalho, juntamente com o especialista, com o objetivo de se utilizar a rede *bayesiana*, de forma que o resultado pudesse trazer benefício aos profissionais de fisioterapia. Esse domínio abrange as patologias ortopédicas dos membros inferiores, nas regiões quadril/coxa e joelho. Também foram definidas as patologias a serem inseridas na rede, conforme pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2. Lista de patologias da rede bayesiana.

REGIÃO	PATOLOGIAS
Quadril/Coxa	Luxação congênita do quadril
	Doença articular degenerativa
	Distensões e lacerações musculares
	Bursite trocantérica
	Pontada no quadril
	Meralgia parestésica
	Miosite ossificante
	Doença de Legg-Calvé-Perthes
	Deslocamento da epífese da cabeça do fêmur
	Artroplastia total do quadril
Joelho	Entorse/laceração do ligamento colateral medial
	Entorse/laceração do ligamento colateral lateral
	Entorse (deficiência) do LCA
	Entorse do LCP
	Tendinite quadricipital ou patelar (joelho do saltador)
	Ruptura do tendão quadricipital ou patelar
	Bursite patelar
	Bursite anserina (da pata de ganso)
	Síndrome da plica
	Síndrome do atrito do trato ileotibial (TIT)
	Lacerações meniscais
	Tríade infeliz (O'Donoghue)
	Osteoartrite
	Osteocondrite dissecante
	Meniscectomia
	Síndrome de dor patelofemoral

Após definidas as patologias foi elaborado um modelo para que fosse possível transcrever os seus sinais e sintomas e, desta maneira, formar uma estrutura que facilitasse a visualização do especialista. A partir daí, o especialista transcreveu de acordo com o seu conhecimento a probabilidade de ser diagnosticada uma determinada patologia ao se notar um conjunto de sintomas.

4.1 APRENDIZAGEM

Nas entrevistas com o especialista foi passado que o diagnóstico das patologias ortopédicas é feito a partir dos sinais e sintomas do paciente e, por isso, a construção da rede *bayesiana* foi baseado neste fator.

Em uma das entrevistas foi disponibilizado pelo especialista o livro Guia de Consulta Rápida para Fisioterapia: Distúrbios, testes e estratégias de reabilitação (GANN, 2005), que foi fundamental para a construção do conhecimento sobre os sinais e sintomas das patologias ortopédicas. Com base neste livro foi criada uma estrutura para que fosse possível o especialista transpor as informações necessárias para construção da tabela de probabilidade condicional, definindo as probabilidades de cada patologia a ser diagnosticada, dado algum sinal e/ou sintoma do paciente.

Parte da estrutura das patologias por regiões estão descritas nas figuras 14 e 15. Nesta estrutura, primeiro foi descrita a região de que se tratam as patologias. Após isso, a estrutura foi ramificada descrevendo os sintomas determinantes para o diagnóstico das patologias. Em seguida foram apresentados os sinais e sintomas restantes.

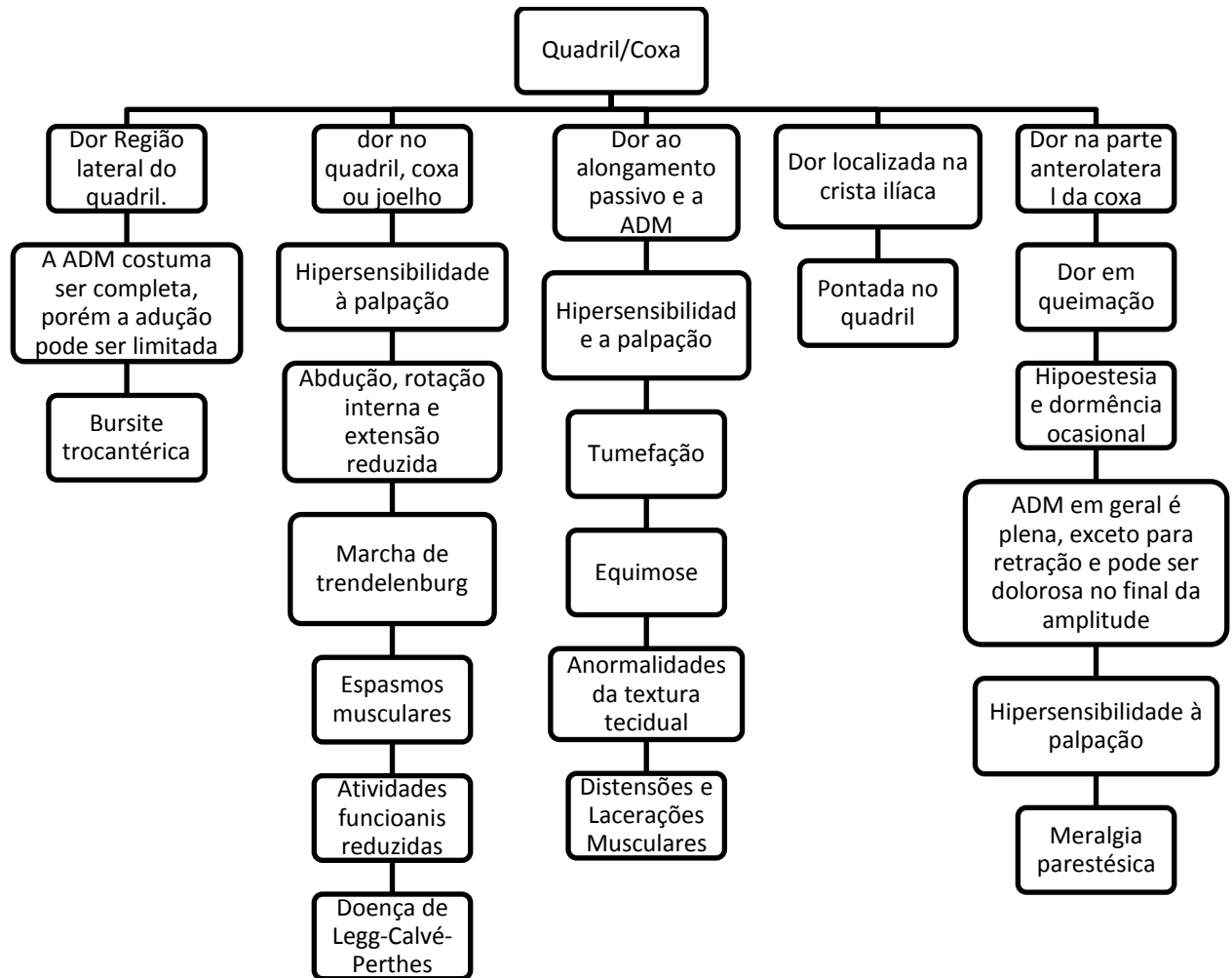


Figura 14. Parte das patologias da região do quadril/coxa

Na figura 14 é possível visualizar parte das patologias da região do quadril/coxa e seus respectivos sinais e sintomas e ao final da ramificação o nome da patologia. A partir da organização do domínio foi possível apresentá-lo ao especialista para se obter os dados necessários para o desenvolvimento da rede. Esta organização foi necessária para a inferência das probabilidades de cada patologia dado algum sinal ou sintoma existente. Outra região com parte das patologias pode ser visualizada na figura 15.

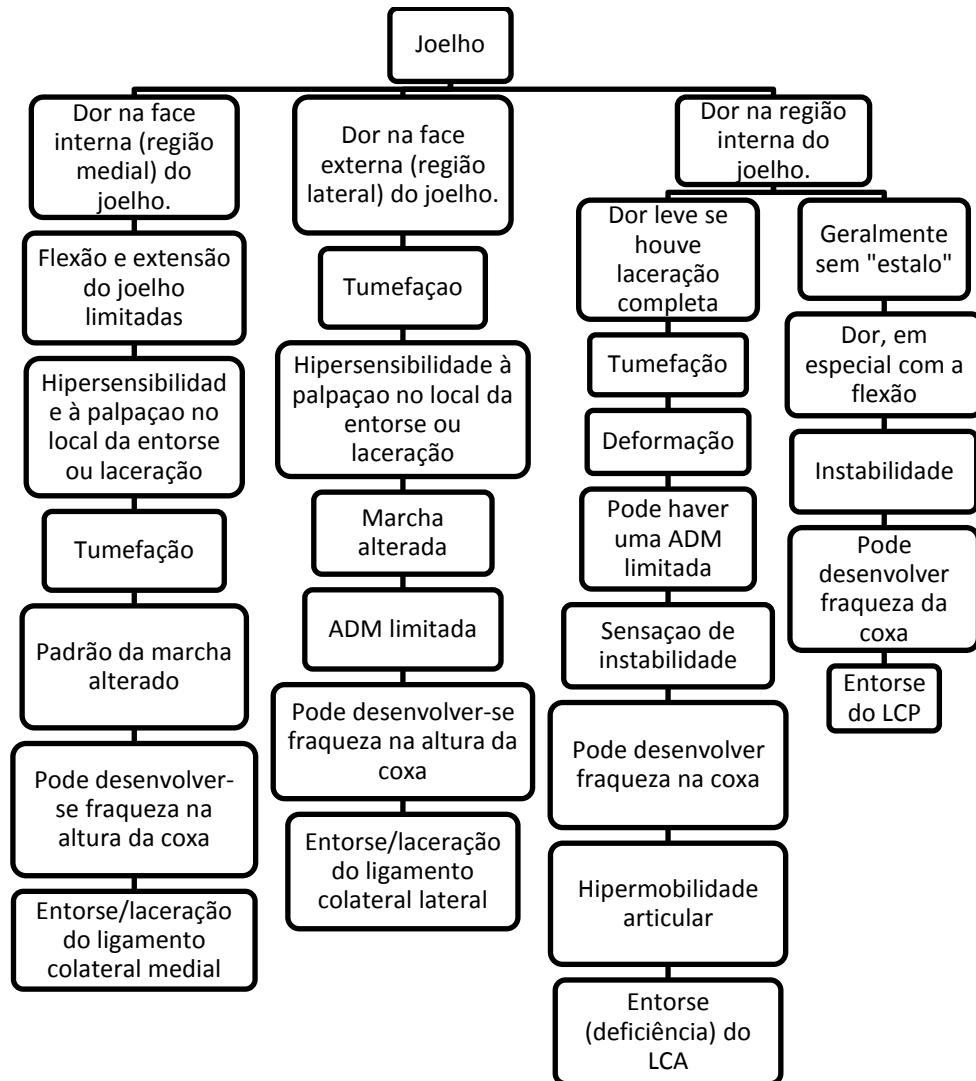


Figura 15. Parte da definição do domínio a ser trabalhado.

A figura 15 descreve parte das patologias da região do joelho. Nela estão organizados os respectivos sinais e sintomas e, no final da ramificação, o nome das patologias. Os sintomas das doenças descritas nas figuras 14 e 15 são as mesmas que podem ser encontradas de forma completa nos anexos I e II. A organização dos sintomas dessa maneira facilitou a transferência do conhecimento do especialista para o desenvolvedor da rede. Isso porque tinha-se muita dificuldade na visualização desse processo com os sintomas apenas organizados nas tabelas.

A partir da organização dos sintomas foram identificados quais seriam aqueles determinísticos para cada patologia. Essa identificação fornece certo grau de certeza de que, tendo aquele sintoma, determinada patologia pode ser confirmada ou tem uma chance maior de ser identificada. Um exemplo pode ser visualizado na figura 16.

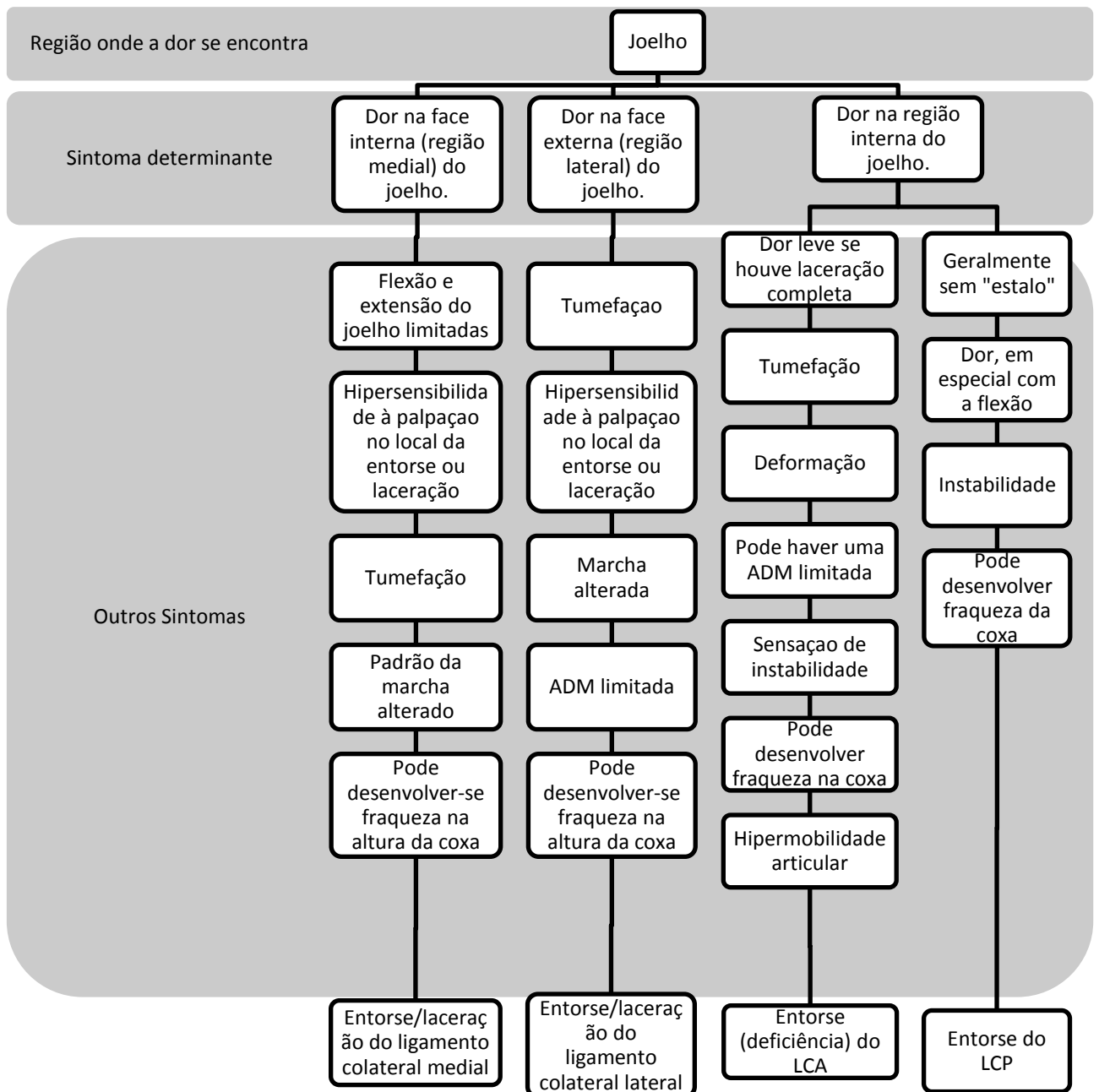


Figura 16. Distinção dos sintomas determinantes.

A distinção dos sintomas determinantes, que é possível ser visualizada na figura 16, foi necessária para organização da rede, pois os sintomas das patologias em alguns casos se repetiram. Para que a rede refletisse a realidade, apresentando a probabilidade aproximada da patologia dado seus respectivos sinais e sintomas, os sintomas determinísticos tiveram que ser separados. A distribuição completa

pode ser visualizada nos anexos III e IV. A seguir tem-se a seção de representação do conhecimento, que tem a apresentação da rede.

4.2 REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

A representação deste conhecimento se deu a partir da aquisição dos dados citados na seção anterior. Com a definição destes dados foi possível construir a rede *bayesiana*. Este processo será descrito nas próximas seções.

4.2.1 NÓS

A composição da rede *bayesiana* é feita a partir de seus nós e arcos. Ficou definido que cada sintoma referente às patologias trabalhadas é um nó na rede *bayesiana*. Com isso, na tabela 3 será listada parte dos nós de entrada da rede. A lista completa poderá ser vista no anexo IV.

Tabela 3. Lista parcial das patologias e seus sintomas.

REGIÃO	PATOLOGIAS	SINTOMAS
Quadril/ Coxa	Doença articular degenerativa	Desconforto na região inguinal, nádega, coxa ou mesmo no joelho ou alguma rigidez articular.
		Dor na região inguinal, nádega, coxa ou mesmo no joelho ou alguma rigidez articular.
		Rigidez matinal <30 min
		Dor em queimação
		Desvios de marcha
		Retração capsular
	Distensões e lacerações musculares	ADM
		Dor ao alongamento passivo
		ADM
		Hipersensibilidade à palpação
	Meralgia parestésica	Tumefação
		Equimose
		Anormalidade da textura tecidual
		Dor na parte anterolateral da coxa
	Doença de Legg-Calvé-Perthes	Dor em queimação
		Hipoestesia e dormência ocasional
ADM		
Hipersensibilidade à palpação		
		Dor no quadril
		Dor na coxa
		Dor no joelho.
		Hipersensibilidade à palpação

Joelho		Abdução, rotação interna e extensão reduzida
		Marcha de trendelenburg
		Espasmos musculares
		Atividades funcionais reduzidas
	Entorse/laceração do ligamento colateral medial	Dor na face interna (região medial) do joelho.
		Flexão e extensão do joelho limitadas
		Hipersensibilidade à palpação no local da entorse ou laceração
		Tumefação
		Padrão da marcha alterado
		Pode desenvolver-se fraqueza na altura da coxa
	Entorse (deficiência) do LCA	Dor na região interna do joelho
		Dor leve se houve laceração completa
		Tumefação
		Deformação
		ADM
		Sensação de Instabilidade
		Fraqueza na altura da coxa
		Hipermobilidade articular
	Tendinite quadricipital ou patelar (joelho do saltador)	Dor em corridas e saltos
		A extensão resistida produz sintomas
		Palpação dolorosa na inserção tendinosa, acima ou abaixo da patela
		ADMA é dolorosa e ligeiramente reduzida
		Fraqueza
		Tumefação
		Pode desenvolver atrofia e fibrose
		Anormalidade da textura tecidual
Tríade infeliz (O'Donoghue)	Dor	
	Impossibilidade de sustentar o peso corporal	
	Tumefação	
	ADM	
	Atrofia	
	Fraqueza	
	Hipersensibilidade à palpação	
	Instabilidade	
Síndrome de dor patelofemoral	Dor à posição sentada prolongada e ao descer escada	
	Dor ao redor e abaixo da patela, especialmente à flexão	
	Tumefação	
	Mecanismo de rastreamento alterado	
	Crepitação	
	Patela com alinhamento inadequado, em geral lateralmente deslocada ou "olhando de soslaio"	
	Pode haver alguma proeminência	

Os nós de entrada da rede tem apenas dois estados, o ‘sim’ e o ‘não’, que representam se o paciente apresenta ou alega ter tal sinal ou sintoma. Todos os sintomas foram transferidos para rede *bayesiana* transformando-se em nós, e parte dessa rede é exibida na figura 17. A rede completa pode ser visualizada no anexo VI.

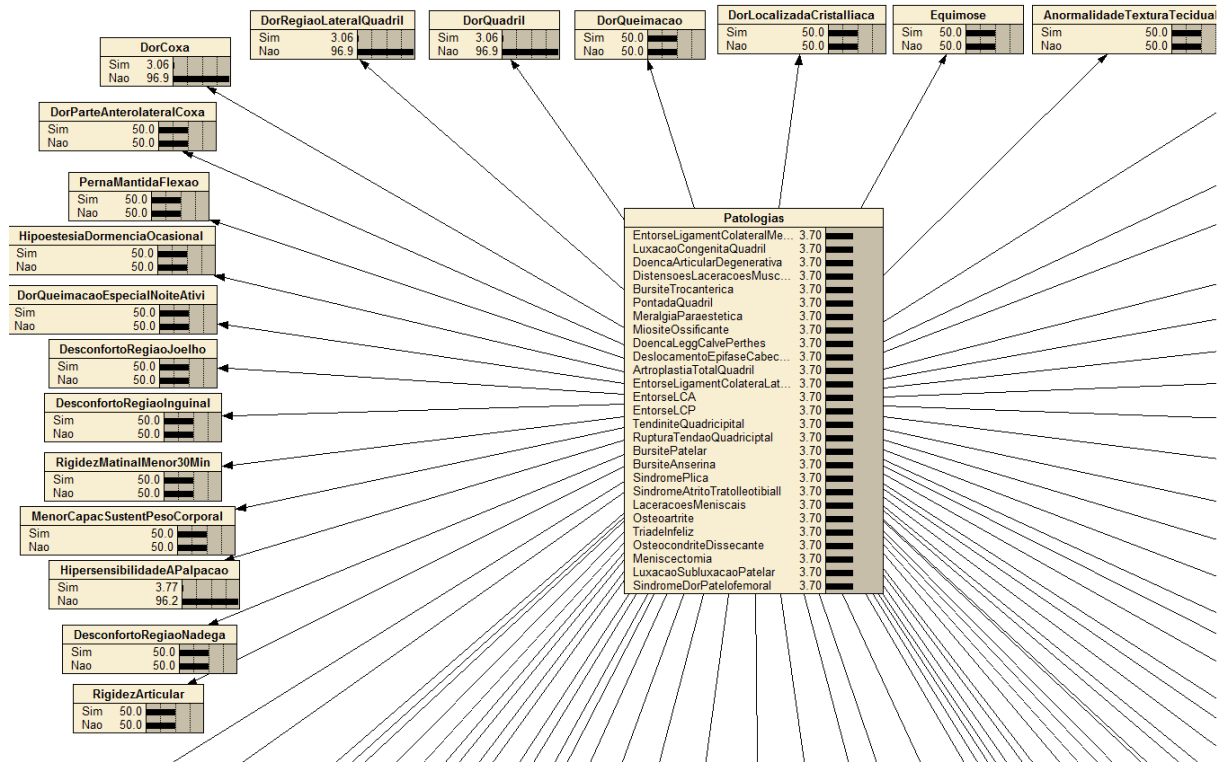


Figura 17. Parte da rede *bayesiana*, construída com a ferramenta *netica*

Na figura 17 é possível visualizar parte dos nós da rede criados com a ferramenta *netica*. Ao centro é apresentado o nó de saída e ao seu redor os nós de entrada ligados pelos arcos. O nó de saída, representado na rede como o nó ‘Patologias’, apresenta as probabilidades finais que são os resultados que se tem a partir dos nós de entrada. Os nós de entrada são os sinais e sintomas identificados de cada patologia. Já os arcos comportam as probabilidades condicionais que contem os dados utilizados nos cálculos necessários para utilização do teorema de *bayes*. Exemplo, caso seja constatado que o paciente tem hipersensibilidade a palpação o nó ‘HipersensibilidadeAPalpacao’ da rede deve ser marcado como sim e desta maneira terá como resultado do nó ‘Patologias’:

- Meniscectomia, 20% de possibilidade;
- Luxação/subluxação patelar, 20% de possibilidade;
- Síndrome de dor patelofemoral, 20% de possibilidade;
- Osteocondrite, 6.35% de possibilidade;
- Síndrome do atrito do trato ileotibial, 5.08% de possibilidade;
- Bursite patelar, 5.08% de possibilidade;
- Meralgia parestesica, 5.08% de possibilidade;
- Entorse/laceração do ligamento colateral medial, 4.23% de possibilidade;
- Entorse/laceração do ligamento colateral lateral, 4.23% de possibilidade;
- Distensões e lacerações musculares, 4.23% de possibilidade;
- Tríade infeliz (O'Donoghue), 3.17% de possibilidade;
- Doença de Legg-Calvé-Perthes, 2.54% de possibilidade;

A construção da rede *bayesiana* será descrita na próxima seção.

4.2.2 CONSTRUÇÃO DA REDE BAYESIANA

Utilizando a ferramenta *netica* iniciou-se a construção da rede *bayesiana*. Primeiramente foi criada uma nova rede, e em seguida a criação dos seus nós. Este processo é feito utilizando o menu 'File' e clicando na opção 'New Network' ou apenas acessando o atalho 'CTRL + N'.

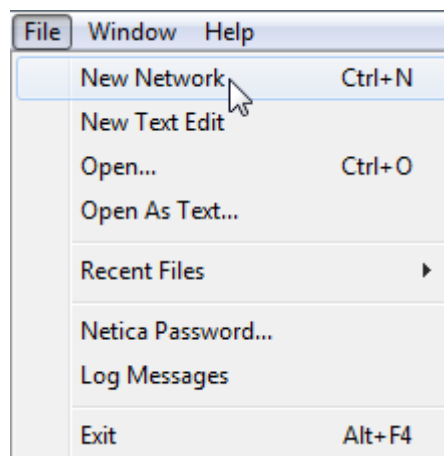


Figura 18. Menu para criação de uma nova rede.

Já para se adicionar os nós, utiliza-se a opção 'Modify' e em seguida a opção 'Add' clicando na opção 'Nature Node' ou pela tecla de atalho 'F9'.

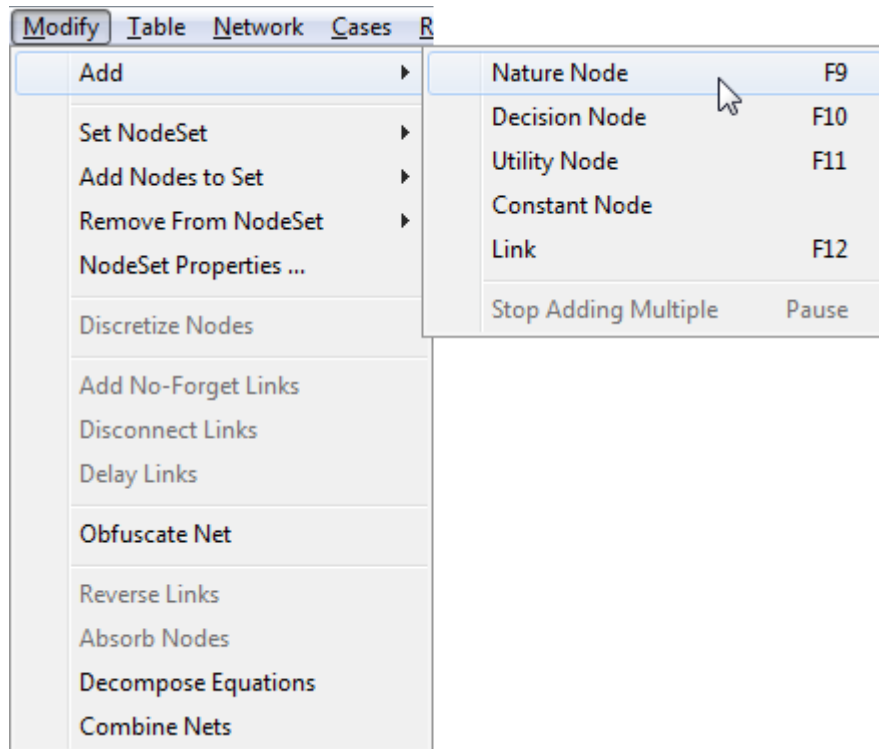


Figura 19. Menu para adicionar um novo nó a rede.

A criação da rede iniciou-se pelo nó 'Patologias', nela foram inseridas as patologias do domínio, as quais apresentam as respostas em forma de probabilidades. Em seguida foram criados os nós de entrada, que representam os sinais e sintomas das respectivas patologias estudadas neste projeto. Após a criação dos nós e alteração de seu nome foram criados os estados 'sim' e 'nao', que representam a alegação do paciente ou a constatação do fisioterapeuta, se ele tem ou não determinado sinal ou sintoma. O nó na rede *bayesiana* tem por objetivo representar os sinais e sintomas do domínio. Um exemplo de um nó é exibido na figura 20.

FraquezaAlturaCoxa		
Sim	50.0	
Nao	50.0	

Figura 20. Estado do nó na rede em sua criação, com dois estados.

Na figura 20 é apresentado um nó de entrada da rede. Por existirem dois estados e não ter sido feita inferência nesse nó, as porcentagens apresentadas são

iguais. A partir da inferência nos nós de entrada é realizada a propagação das evidências na rede. A propagação das evidências é o resultado do cálculo do teorema de *bayes* sobre os dados das probabilidades condicionais atualizado após uma inferência. E consiste na entrada de um novo dado na rede e na atualização de seus nós. Por exemplo, ao se inferir na rede o nó “”, simulando que o paciente tem este sintoma, automaticamente o nó ‘Patologias’ é atualizado com as probabilidades indicando que 12% de chances de ter síndrome da plica. A figura 21 é a representação do exemplo citado.

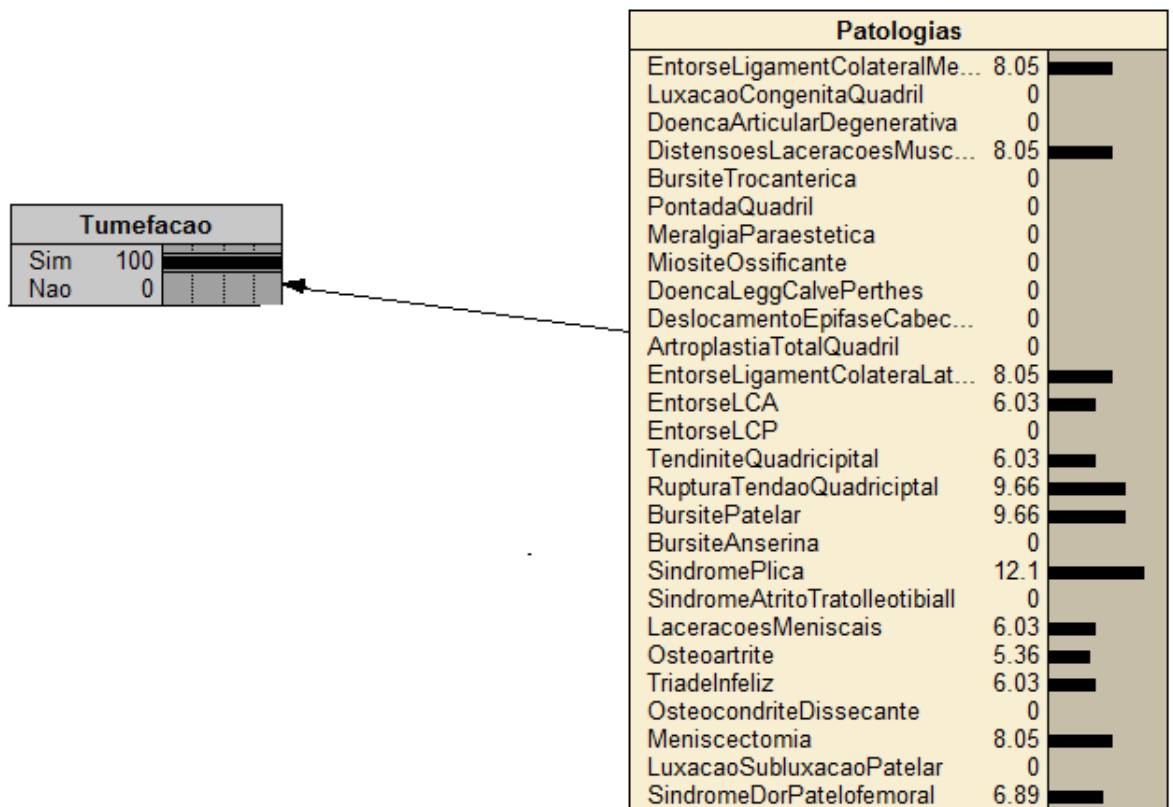


Figura 21. Exemplo de inferência.

Para alterar o nome e adicionar os estados de cada nó foi acessada sua propriedade e no campo ‘name’ alterado o nome do nó existente e em seguida adicionado outros estados de acordo com a necessidade de cada nó.

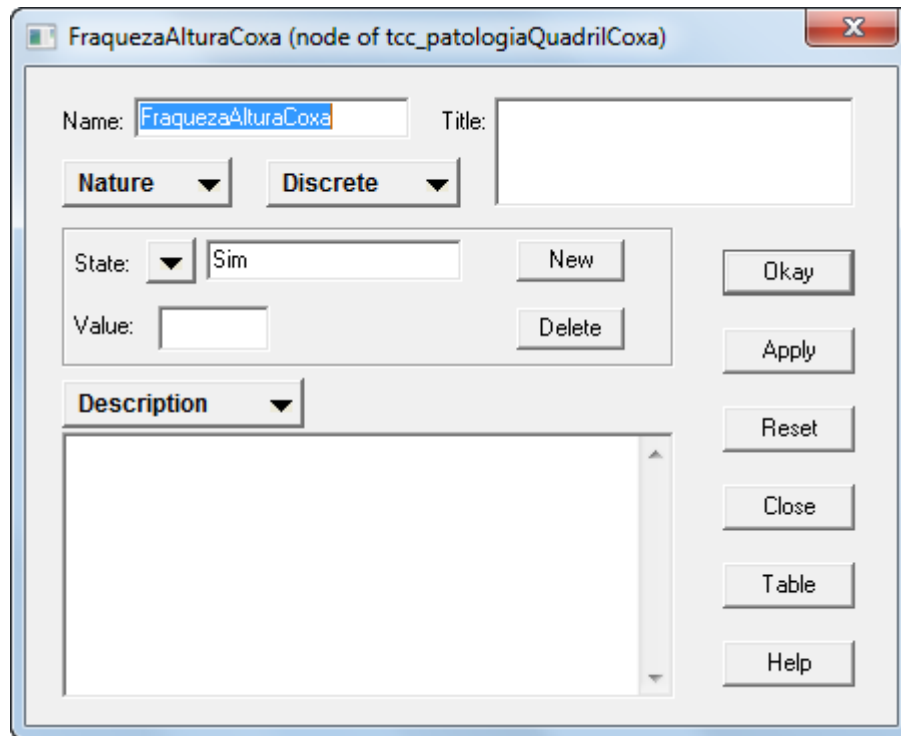


Figura 22. Tela de propriedades do nó 'PatologiasQuadrilCoxa' da rede.

Na figura 22 também é possível verificar a tabela de probabilidades condicionais clicando no botão 'table'. Na próxima seção será descrito o processo da criação da tabela de probabilidade condicional.

4.2.3 TABELA DE PROBABILIDADE CONDICIONAL

Para que fosse possível a construção da tabela de probabilidade condicional, o especialista foi consultado e, por não haver documentação sobre as probabilidades de cada patologia dado determinado sintoma, somente seu conhecimento empírico foi considerado. Para se ter dados mais confiáveis é necessário adquirir dados de um grupo de especialistas. Na figura 23 é possível visualizar como adicionar os dados referentes a tabela de probabilidades condicionais.

Node: **FraquezaAlturaCoxa** ▼ Apply Okay

Chance ▼ **% Probability** ▼ Reset Close

Patologias	Sim	Nao
EntorseLigamentColateralMedial	15.000	85.000
LuxacaoCongenitaQuadril	1.770	98.230
DoencaArticularDegenerativa	1.770	98.230
DistensoesLaceracoesMusculares	1.770	98.230
BursiteTrocanterica	1.770	98.230
PontadaQuadril	1.770	98.230
MeralgiaParaestetica	1.770	98.230
MiositeOssificante	1.770	98.230
DoencaLeggCalvePerthes	1.770	98.230
DeslocamentoEpifaseCabecaFemur	1.770	98.230
ArtroplastiaTotalQuadril	1.770	98.230
EntorseLigamentColateraLateral	15.000	85.000
EntorseLCA	11.250	88.750
EntorseLCP	18.000	82.000
TendiniteQuadricipital	1.770	98.230
RupturaTendaoQuadriciptal	1.770	98.230
BursitePatelar	1.770	98.230
BursiteAnserina	1.770	98.230
SindromePlica	1.770	98.230
SindromeAtritoTratolleotibiall	1.770	98.230
LaceracoesMeniscais	1.770	98.230
Osteoartrite	1.770	98.230
TriadelInfeliz	1.770	98.230
OsteocondriteDissecante	1.770	98.230
Meniscectomia	1.770	98.230
LuxacaoSubluxacaoPatelar	1.770	98.230
SindromeDorPatelofemoral	1.770	98.230

Figura 23. Tela da tabela de probabilidade condicional.

Na figura 23 é possível ver a tabela de probabilidades condicional em seu início de um dos nós da rede, neste caso a de um sintoma 'FraquezaAlturaCoxa'. Na primeira linha da tabela são exibidos todos os seus estados e a partir da seguinte são exibidos os estados do nó de saída e as probabilidades de cada uma ocorrer dado alguma evidência.

A partir do preenchimento da tabela de probabilidade condicional a rede *bayesiana* começa a tomar forma. Assim, o teorema de *bayes* é aplicado nesse conjunto de dados de forma a se obter um resultado a partir de uma inferência. O

processo de inferência consiste no ato em busca do conhecimento que é a inserção de um dado na rede, é como se fosse uma pergunta feita para rede.

A partir do preenchimento da tabela de probabilidade condicional de cada nó, foram realizadas algumas inferências para verificação da propagação das evidências na rede. Esse processo será melhor descrito na próxima seção.

4.2.4 TESTE E AVALIAÇÃO DO ESPECIALISTA

O processo de teste ocorreu após a construção da rede, sendo verificado se a propagação das evidências estava ocorrendo. Entende-se como propagação das evidências a atualização das probabilidades na rede a partir da inserção de algum novo dado.

A parte de teste contou com a avaliação de um especialista, fisioterapeuta, Pierre Brandão, que efetuou testes na rede para verificar se a propagação das evidências ocorreu de acordo com a realidade, baseado em sua própria experiência profissional e na literatura da área.

A avaliação do especialista quanto a rede foi dita como aprovada, pois a rede seguiu de forma adequada e aproximada com os conceitos apresentados por ele. Para que os resultados tenham uma validade maior, em um trabalho futuro pode-se testar a rede em ambiente real. Na figura 24 é exposto o resultado de um dos testes feitos.

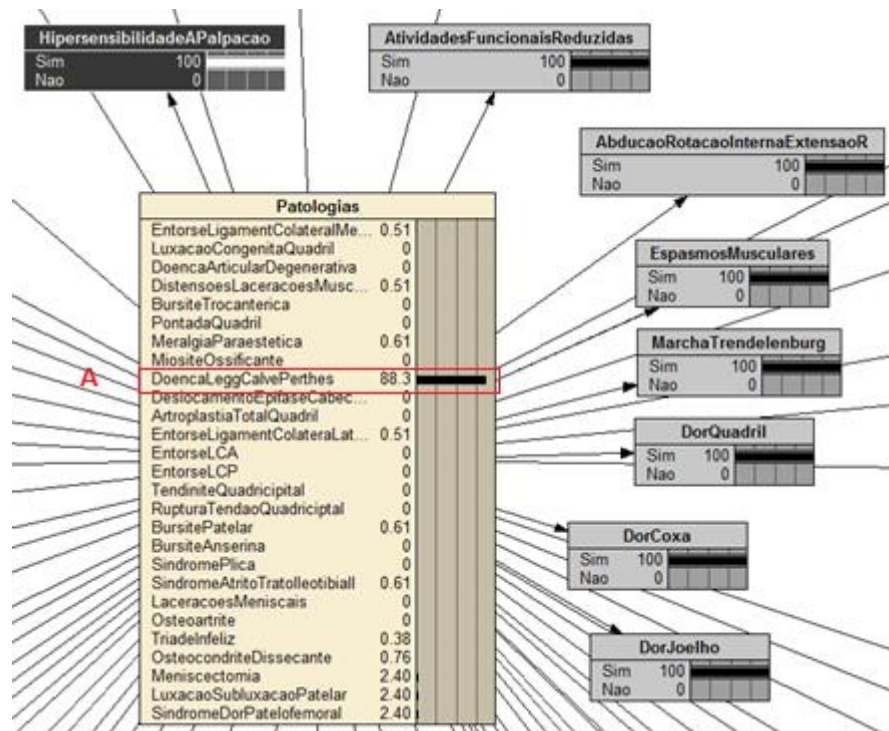


Figura 24. Inferência na rede.

Na figura 24 é apresentada a inferência feita nos nós. O resultado alcançado mostrou-se de acordo com o esperado, pois com os sintomas selecionados:

- 'HipersensibilidadeAPalpacao',
- 'AtividadeFuncionalReduzida',
- 'AbducaoRotacaoInternaExtensaoR',
- 'EspasmosMusculares',
- 'MarchaTrendelenburg',
- 'DorQuadril', 'DorCoxa'
- 'DorJoelho'

o fisioterapeuta deduziu se tratar da doença de Legg-Calvé-Perthes, a mesma inferida pela rede. A seguir outros testes feitos na rede *bayesiana*.

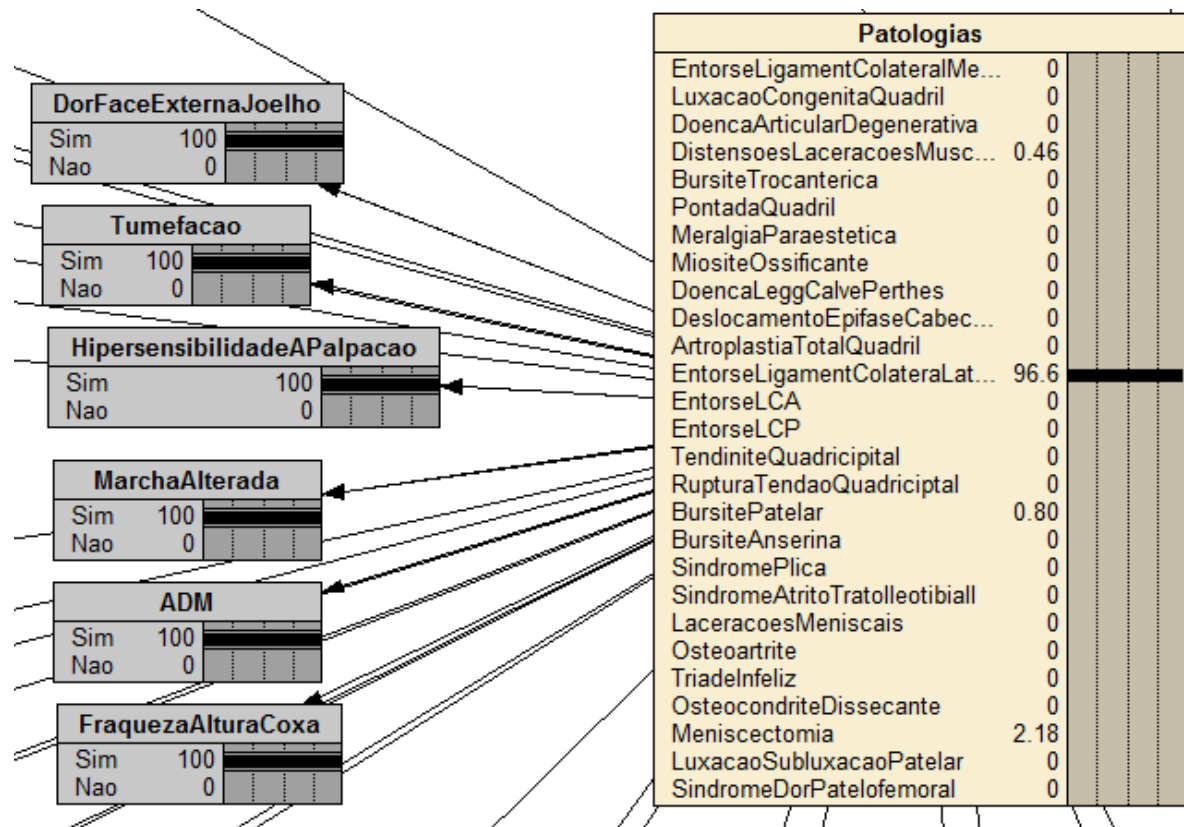


Figura 25. Teste entorse ligamento colateral lateral

Na figura 25 é apresentada o teste relacionado a patologia entorse do ligamento colateral lateral. O resultado alcançado de 96.6% mostrou-se de acordo com o esperado, pois com os sintomas selecionados:

- 'HipersensibilidadeAPalpacao',
- 'DorFaceExternaJoelho',
- 'Tumefação',
- 'MarchaAlterada',
- 'ADM',
- 'FraquezaAlturaCoxa'

A resposta recebida da rede foi de acordo com o que o fisioterapeuta deduziu, tratando-se da doença de entorse do ligamento colateral lateral. Na figura 26 é exibido outro teste onde não foram selecionados todos os sintomas referente a patologia e a rede já considerou a probabilidade da entorse de LCP como 91.4%.

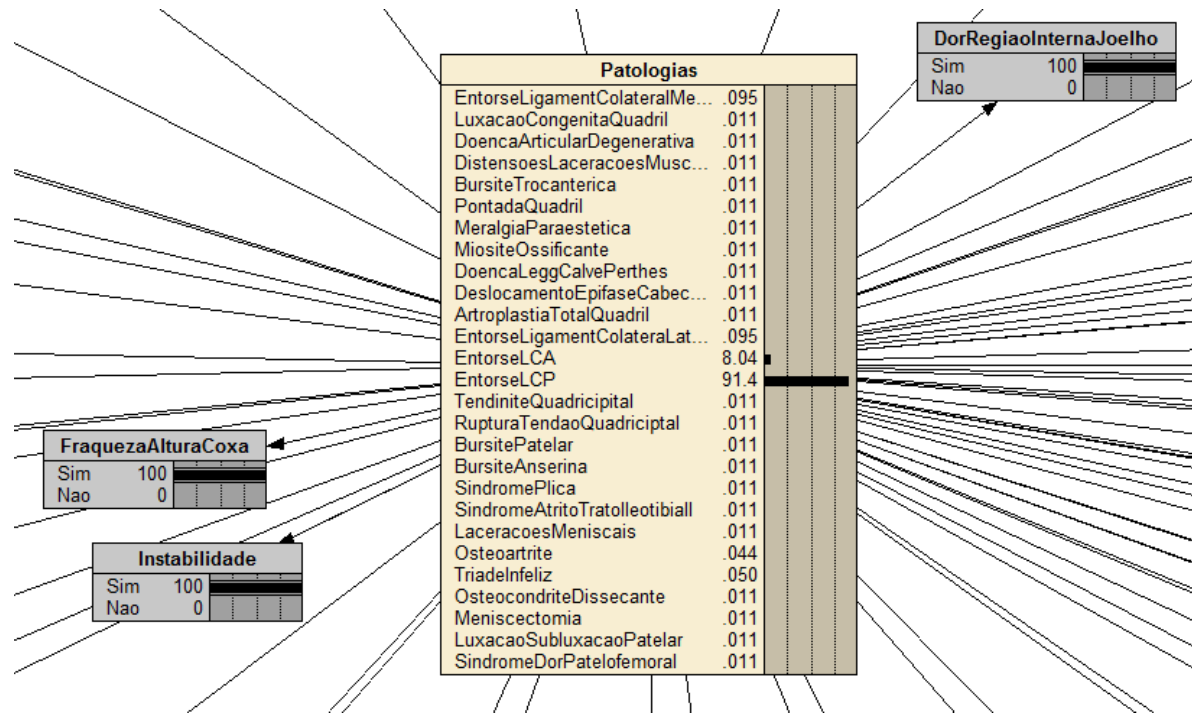


Figura 26. Teste entorse de LCP

Na figura 26 é exibida a rede onde foram selecionados os sintomas:

- 'FraquezaAlturaCoxa'
- 'Instabilidade'
- 'DorRegiaoInternaJoelho'

Mesmo não selecionando todos os sintomas relacionados a entorse de LCP a rede 'deduziu' que a probabilidade de ser esta a patologia é 91.4%. Isso se deve ao fato de ter selecionado um sintoma determinante, 'DorRegiaoInternaJoelho', que já apresenta 45% de probabilidade para entorse de LCP e 45% para entorse de LCA, e ao selecionar os outros dois sintomas informados que não tem peso nas outras patologias. Com isso tem-se esse resultado de 91.4% para entorse de LCP. Na figura 27 é exibido o teste relacionado a uma patologia que tem apenas dois sintomas.

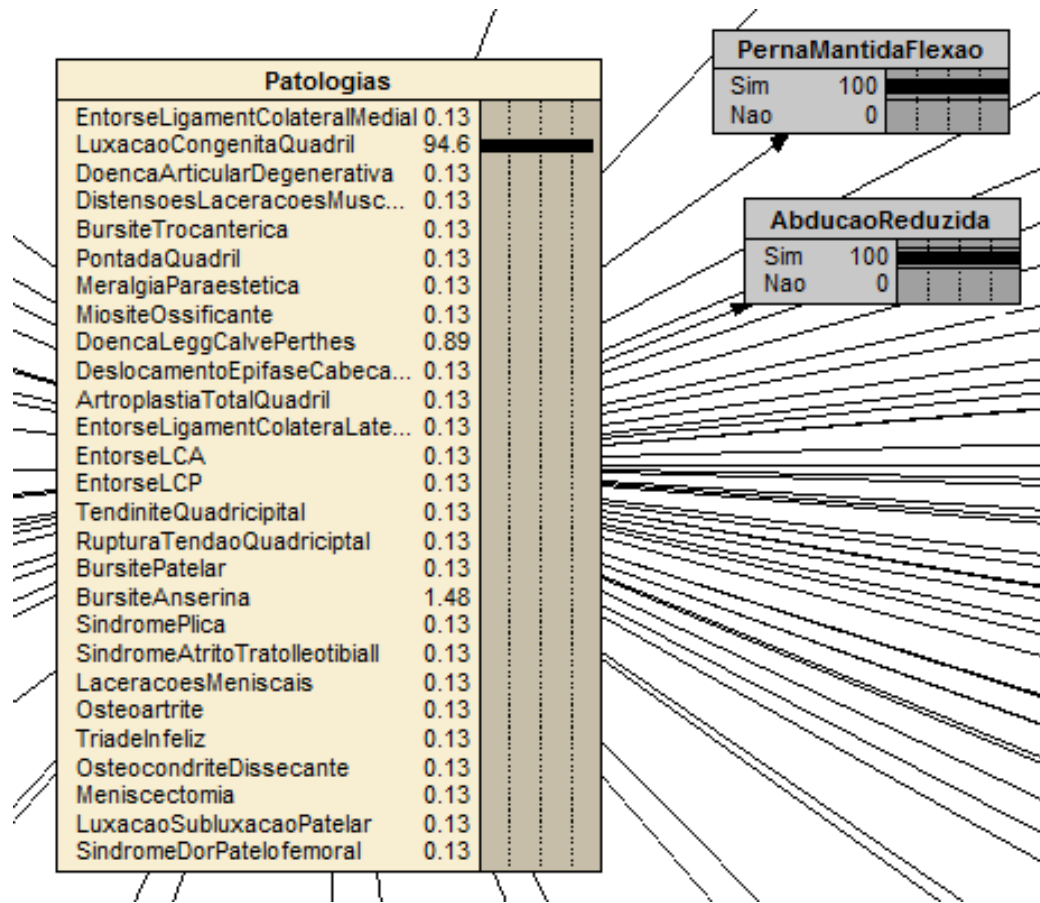


Figura 27. Teste luxação congênita quadril

Na figura 27 é exibido o teste, o qual foram selecionados todos os sintomas relacionados a patologia. A rede apresentou como resposta 94.6%, mesmo tendo pouco sintomas. Isso ocorreu pois os sintomas selecionados não terem grande relação a outras patologias. Mas pode-se notar que Bursite Anserina apresentou 1.48% de probabilidade e doença de Legg-Calvé-Perthes apresentou 0.89%, diferente do restante das patologias. Isso se deve ao fato de o sintoma 'AbduçãoReduzida' ser um sintoma dessa patologias também. Mas pelo fato de o sintoma 'PernaMantidaFlexao' não pertencer as patologias Bursite Anserina e doença de Legg-Calvé-Perthes, o resultado indicado foi 94.6% para luxação congênita do quadril. A seguir na figura 28 é apresentado mais um teste.

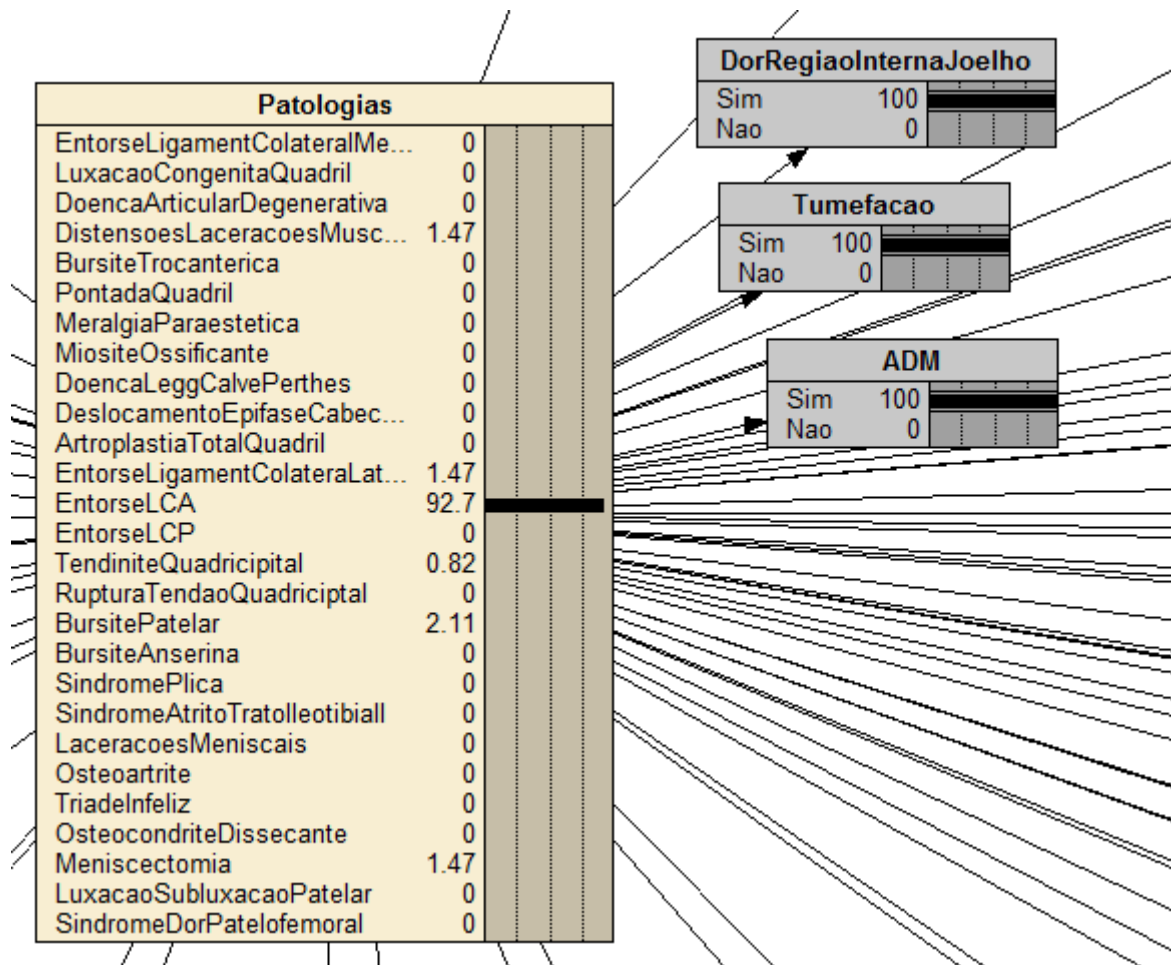


Figura 28. Teste entorse do LCA

Na figura 28 é apresentado o teste relacionado a entorse do LCA, onde foram selecionados apenas três sintomas relacionados a patologia. O resultado apresentado pela rede foi de 92.7% de probabilidades de ser essa a patologia. Isto se deu, pois os sintomas selecionados não possuem grande relação com outras patologias. Com isso, de acordo com a rede, a patologia relacionada aos sintomas selecionados é entorse de LCA. A seguir será apresentado as considerações deste trabalho.

A rede *bayesiana* construída trabalha apenas com características de sinais e sintomas do paciente. Por isso a probabilidade obtida como resposta, que é exibido na figura 24-A, não atinge 100%. Na rede desenvolvida, as patologias atingiram em torno de 90% de certeza. Para que fosse possível atingir níveis maiores de certeza, a rede deveria trabalhar também com os testes e exames relacionados a cada patologia. Os resultados dos testes são a confirmação para o fisioterapeuta que o

paciente tem determinada patologia. No entanto, a proposta deste projeto foi trabalhar com sinais e sintomas para simulação dos dados e, a partir dos resultados obtidos, verificar a possibilidade de se utilizar redes *bayesianas* para diagnósticos de patologias da região quadril/coxa e joelho.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo o desenvolvimento de uma rede *bayesiana* para auxílio a profissionais da área de fisioterapia. A rede criada transmite o conhecimento que o especialista tem acerca das patologias ortopédicas das regiões do quadril/coxa e joelho. Esta rede traz como resposta a probabilidade de o paciente ter determinada patologia a partir de entradas, que dizem quais os seus sintomas. Esta rede serve como demonstração de uma aplicação de inteligência artificial, podendo no futuro ser analisada a viabilidade de sua utilização em um ambiente real.

Para a construção de um sistema, as fases iniciais são de grande importância para o sucesso do desenvolvimento. A rede *bayesiana* permite a criação de maneira gradual, de forma que as probabilidades, por exemplo, sejam efetivadas apenas quando houver um consenso entre os envolvidos, pois só assim os nós da rede refletirão, de fato, a realidade do domínio.

A inserção das probabilidades na rede pode ser feita de duas maneiras, a partir de especialistas do domínio ou através de base dados. No desenvolvimento deste trabalho foi consultado um especialista para obter as probabilidades do domínio. Já a parte de sintomas foi adquirida em consulta ao livro de Gann (2005), que teve grande importância para o desenvolvimento deste trabalho. A última fase a ser executada no trabalho foi a avaliação da rede, que através de simulação de casos e avaliação do especialista, foi constatada a coerência da rede em relação ao conhecimento do especialista do domínio, com desempenho considerado satisfatório, segundo o especialista consultado.

Neste trabalho, foi apresentada uma rede destinada ao diagnóstico de patologias ortopédicas da região do quadril/coxa e joelho. Para desenvolvimento de trabalhos futuros é proposto a realização de testes em consultórios de fisioterapia com a rede e o desenvolvimento de interface para aplicação. A criação desta interface proporcionará a viabilidade de utilização da rede na prática

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Ricardo Ishibashi Moreira de. **Redes Bayesianas e sua Aplicação em um Modelo de Interface Adaptativa para uma Loja Virtual**. 2006. 50 p.

Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso em Sistemas de Informação I e II) – Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, Tocantins.

ALOISE, Dario José; CRUZ, João Soriano da. **Teoria dos Grafos e Aplicações**. 2001. 25 p. Centro de Ciências Exatas e da Terra. Departamento de Informática e Matemática Aplicada. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, Rio Grande do Norte.

ALVES, Hugo. **Utilização de um sistema especialista para diagnóstico de patologias ortopédicas dos membros inferiores**. 2011. 70 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Sistemas de Informação. Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP/ULBRA. Palmas, Tocantins.

FERREIRA, E. **Estudo de um Algoritmo de Mineração de Dados Aplicado à Avaliação de Curvas de Consumo de Energia Elétrica**. 2005. 116 p. Dissertação de Mestrado em engenharia elétrica: automação e sistemas elétricos industriais. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, Minas Gerais. Disponível em: < adm-net-a.unifei.edu.br/phl/pdf/0029443.pdf> Acesso em: 15 nov. 2011.

GANN, N. Ortopedia: **Guia de Consulta Rápida para Fisioterapia: Distúrbios, testes e estratégias de reabilitação**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Koogan, 2005. p. 192.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175 p.

GOMES, Érica Cupertino. **Análise de confiabilidade humana de procedimentos de radioterapia via redes bayesianas**. 2011. 122p. Tese de Doutorado em Engenharia Nuclear. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

Disponível em:

<www.con.ufrj.br/DScTeses/teses2011/tese_erica_cupertino_gomes.pdf>

GONÇALVES, André Ricardo. **Redes Bayesianas**. Campinas. Unicamp Disponível em: <<http://www.dca.fee.unicamp.br/~andreric/arquivos/pdfs/bayesianas.pdf>>

LUNA, José Eduardo Ochoa. **Algoritmos EM para Aprendizagem de Redes Bayesianas a partir de Dados Incompletos**. 2004. 120 p. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação). Universidade Federal de Mato Grosso do Sul. Mato Grosso do Sul. Disponível em:

<www.dct.ufms.br/~mzanusso/producao/EM_BayeNetwork.pdf >. Acesso em: 20 mai. 2011.

MARCÍLIO, Carla de Melo; Manarin, Daiane De Nez; Osteto, João Luiz; Fiorenza, Mirian de Fátima Bueno; **A Utilização de Inteligência Artificial (IA) em Sistemas de Informação (SI)**. Artigo. Instituto Catarinense de Pós-Graduação. Criciúma.

Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/43010242/Utilizacao-de-IA-em-SI-Artigo>>.

Acesso em: 18 mai. 2011.

MARQUES, Roberto Ligeiro; Dutra, Inês. **Redes Bayesianas: o que são, para que servem, algoritmos e exemplos de aplicações**. Notas de aula, UFRJ, 2000.

Disponível em: <www.cos.ufrj.br/~ines/courses/cos740/leila/cos740/Bayesianas.pdf>

Acesso em: 15 mai. 2011.

MENDES, Raquel Dias. **Inteligência Artificial: Sistemas Especialistas no Gerenciamento da Informação**. Ci. Inf. [online]. 1997, vol.26,n.1 ISSN 0100-1965.

<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-19651997000100006>.

NASSAR, Sílvia Modesto. **Tratamento de incerteza: Sistemas especialistas probabilísticos**. 2007. 69 p. Programa de pós-graduação em ciência da

computação. UFSC Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina.

NORSYS. **Norsys software corp**. 2012. Disponível em: <www.norsys.com>

OLIVEIRA, Marcos Santos de; Oliveira, Daniela Carine Ramires de

Probabilidade e estatística. São João Del-rei, MG: UFSJ, 2009. 87 p. ON-LINE.

Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/51928160/Fasciculo1>> Acesso em: 13 nov. 2011.

PEREIRA, Giselle Moraes Resende; Câmara, Marcos Antônio da . **Algumas**

Aplicações da Teoria dos Grafos . 2008. 12 p. Disponível em:

<http://www.portal.famat.ufu.br/sites/famat.ufu.br/files/Anexos/Bookpage/Famat_revista_11_artigo_04.pdf> Acessado em: 29 mai. 2012, 11:51:32;

PY, M. X; Sistemas Especialistas: uma introdução. Disponível em: <

<http://www.inf.ufrgs.br/gppd/disc/cmp135/trabs/mpy/sistemasespecialistas.pdf> >.

Acesso em: 23 nov. 2011.

RUSSELL, Stuart J. **Inteligência Artificial**. Rio de Janeiro . Elsevier, 2004. 1021 p.

SANTOS, Felipe Scuciatto dos. **Desenvolvimento de módulo de redes**

bayesianas para o amplia. 2009. 32 p. Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas

Departamento de Ciência da Computação, Inteligência Artificial .Centro Universitário

Feevale, Novo Hamburgo – RS. Disponível em: <

tconline.feevale.br/tc/files/0001_1948.pdf > Acesso em: 23 mai. 2011.

SILVA, W. T. da; LADEIRA, M. **Mineração de dados em redes Bayesianas**. In:

CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 22., 2002,

Florianópolis. Anais. Florianópolis: UFSC, 2002. p. 235-286.

TRONCHONI ,Alex Bernsts . **Identificação de causas de desligamentos não**

programados em redes de distribuição. 2008. 125 p. Dissertação de mestrado em

engenharia elétrica. Pontifícia Universidade Católica Do Rio Grande Do Sul – PUC-

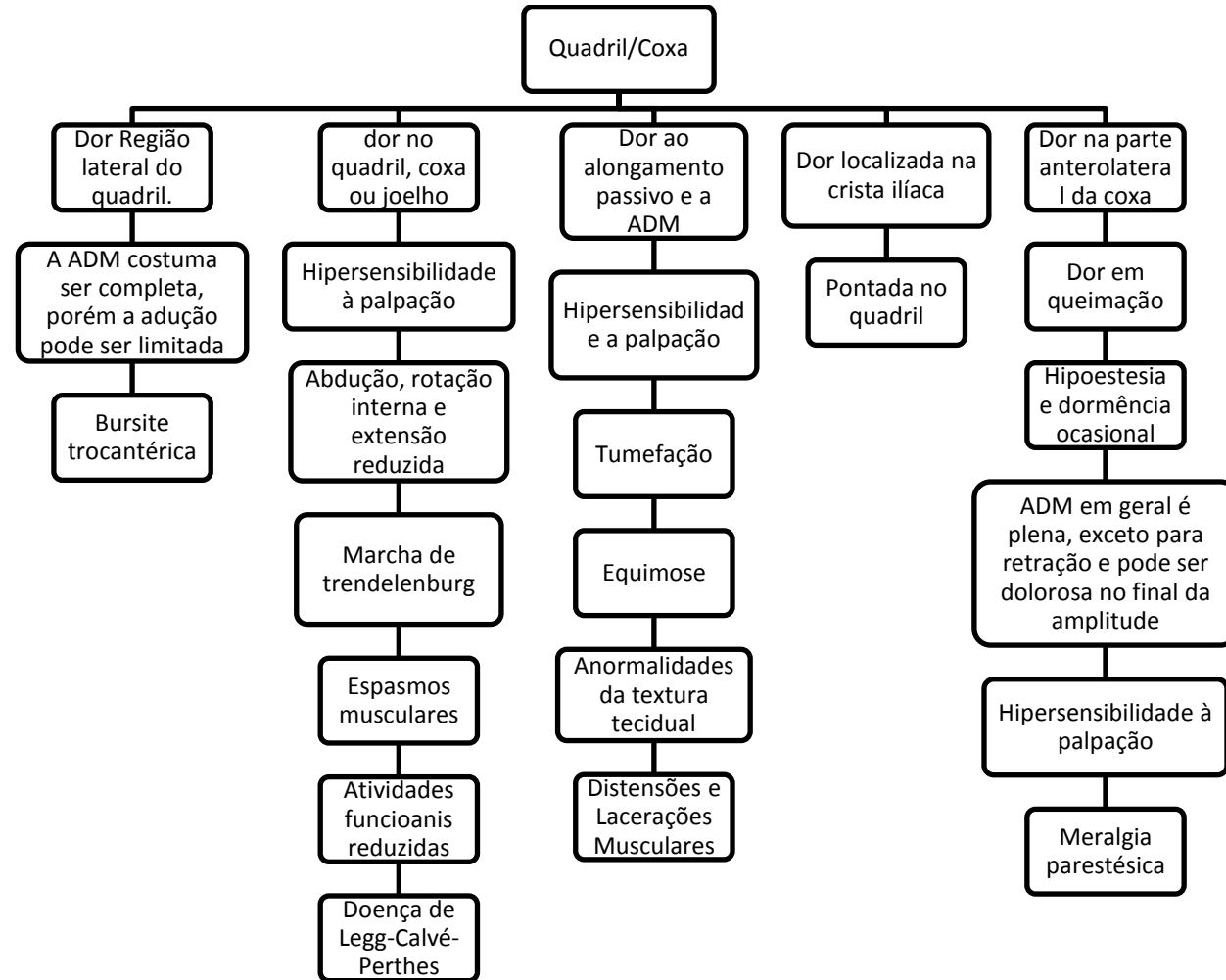
RS. Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

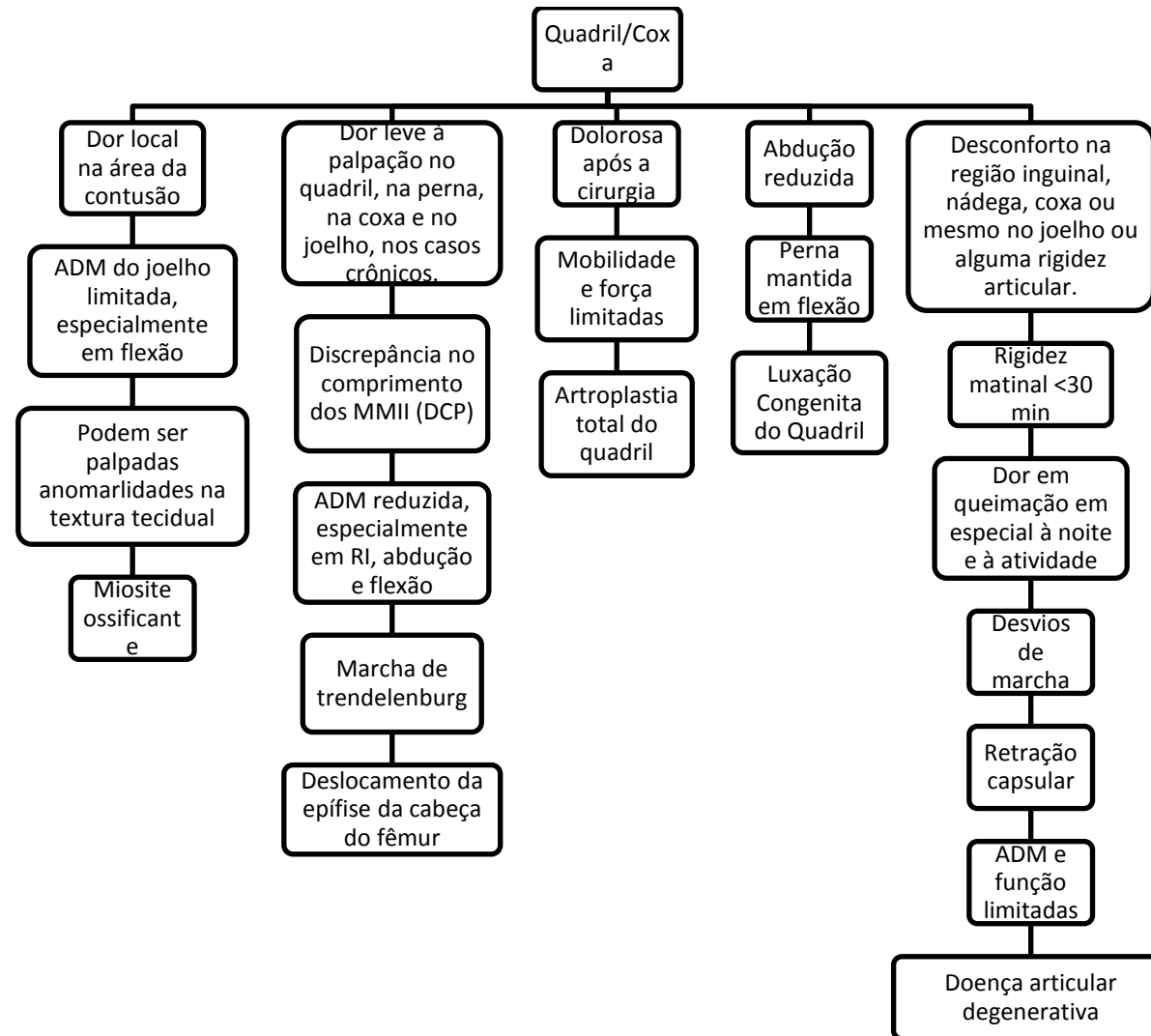
VEIGA, Samuel; SILVA, Wagner. **Redes Bayesianas**: Uma Visão Geral. 2002 78 p. Departamento de Ciência da Computação, Inteligência Artificial. UnB – Universidade de Brasília, Brasília – DF. Disponível em:

<<http://samuelveiga.pro.br/arq/Redes%20Bayesianas%20-%20Uma%20visao%20geral.pdf>>. Acesso em: 14 mai. 2011.

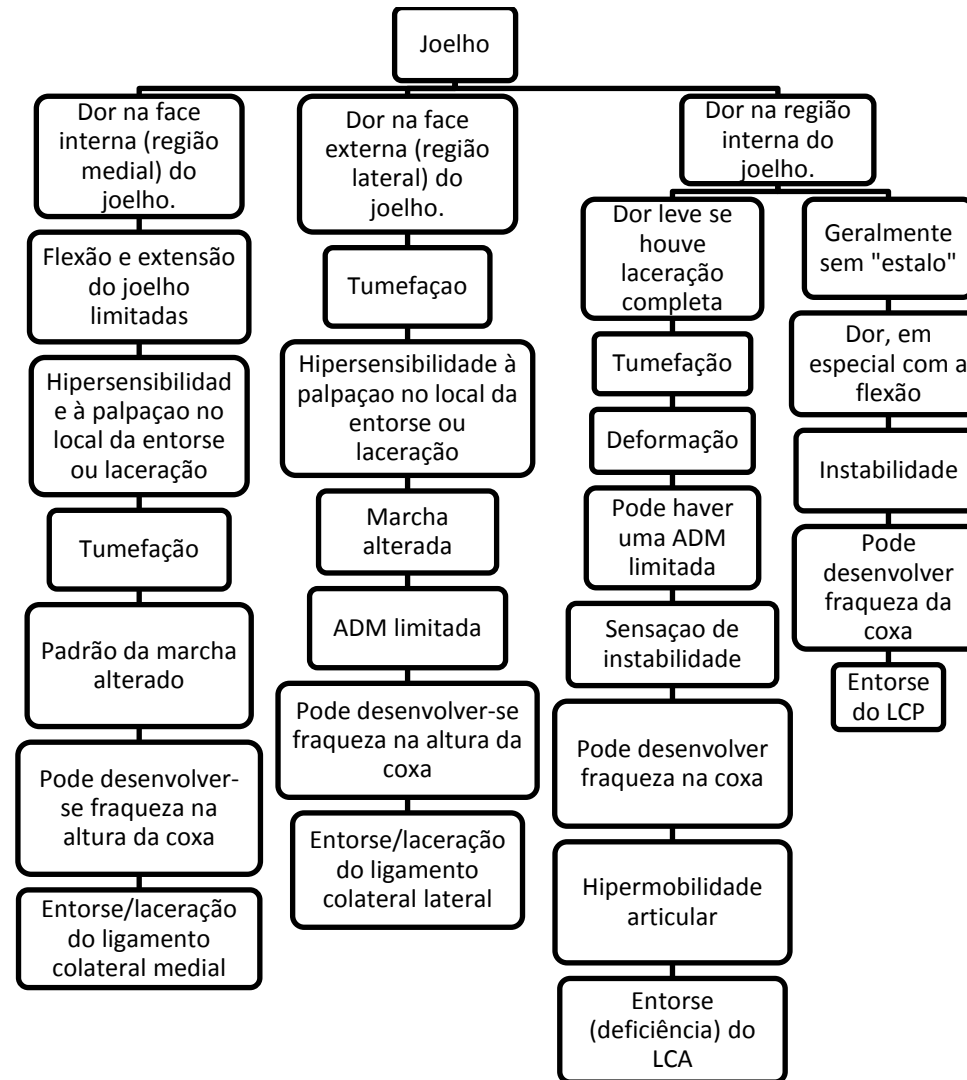
ANEXOS

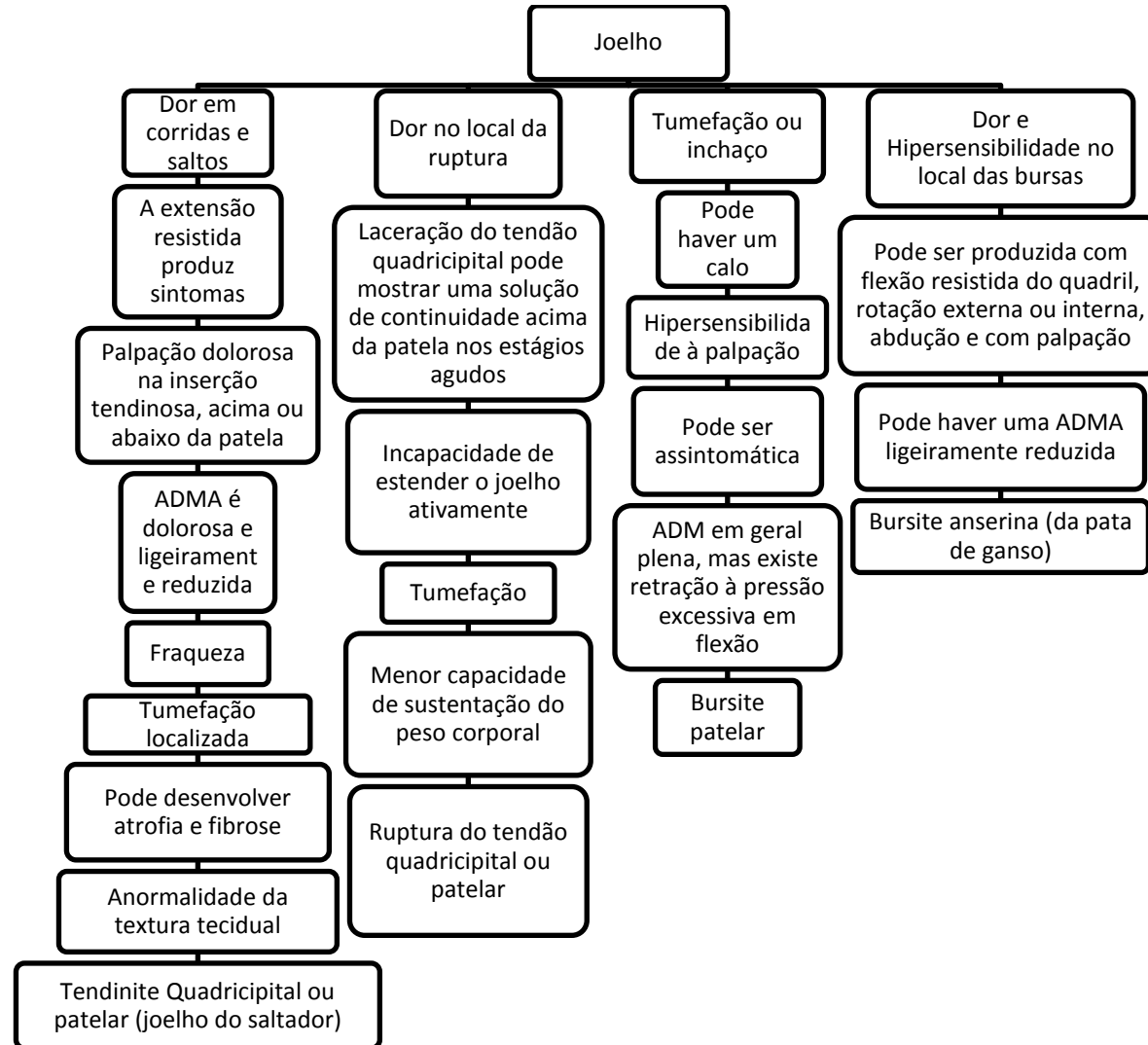
ANEXO I

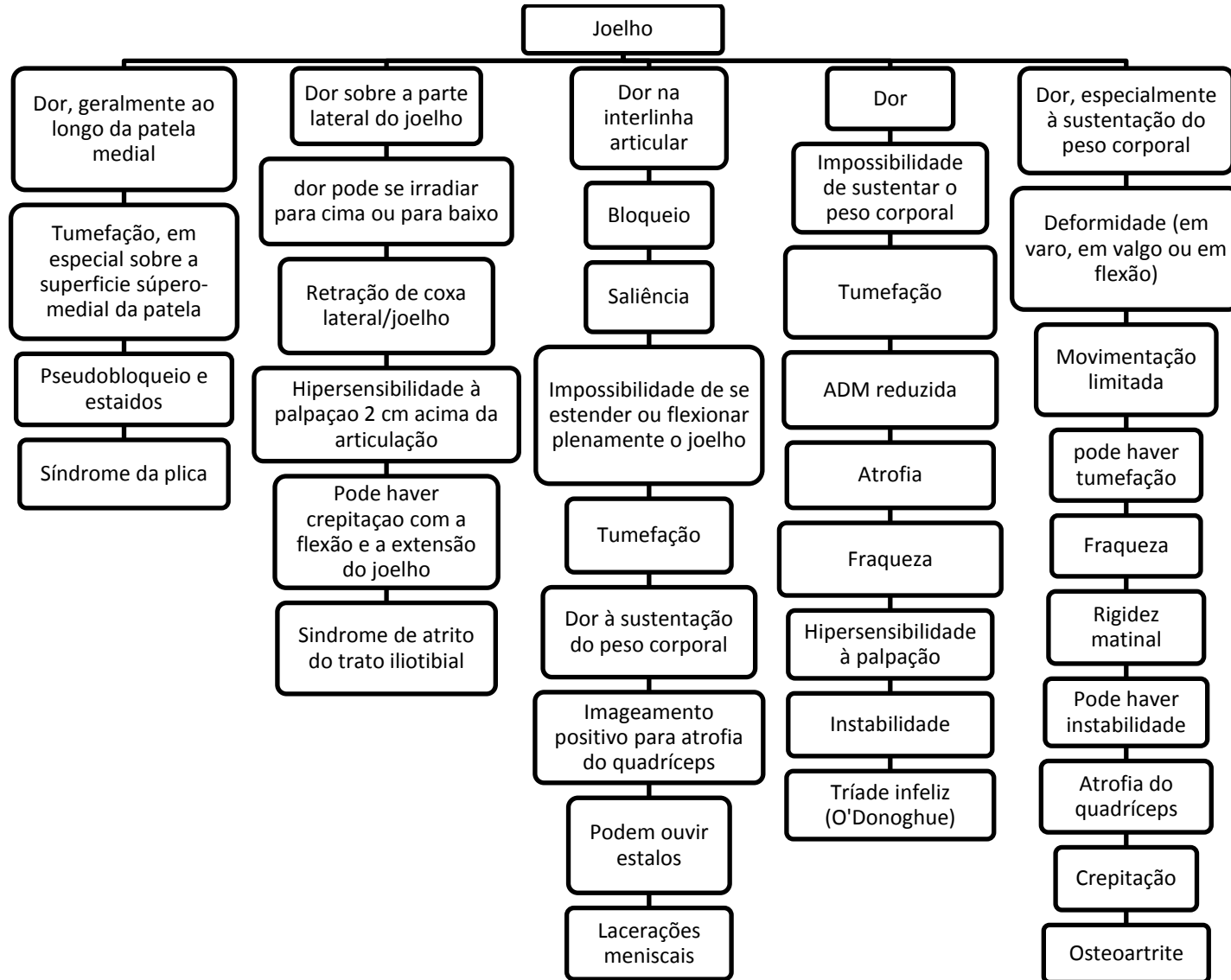


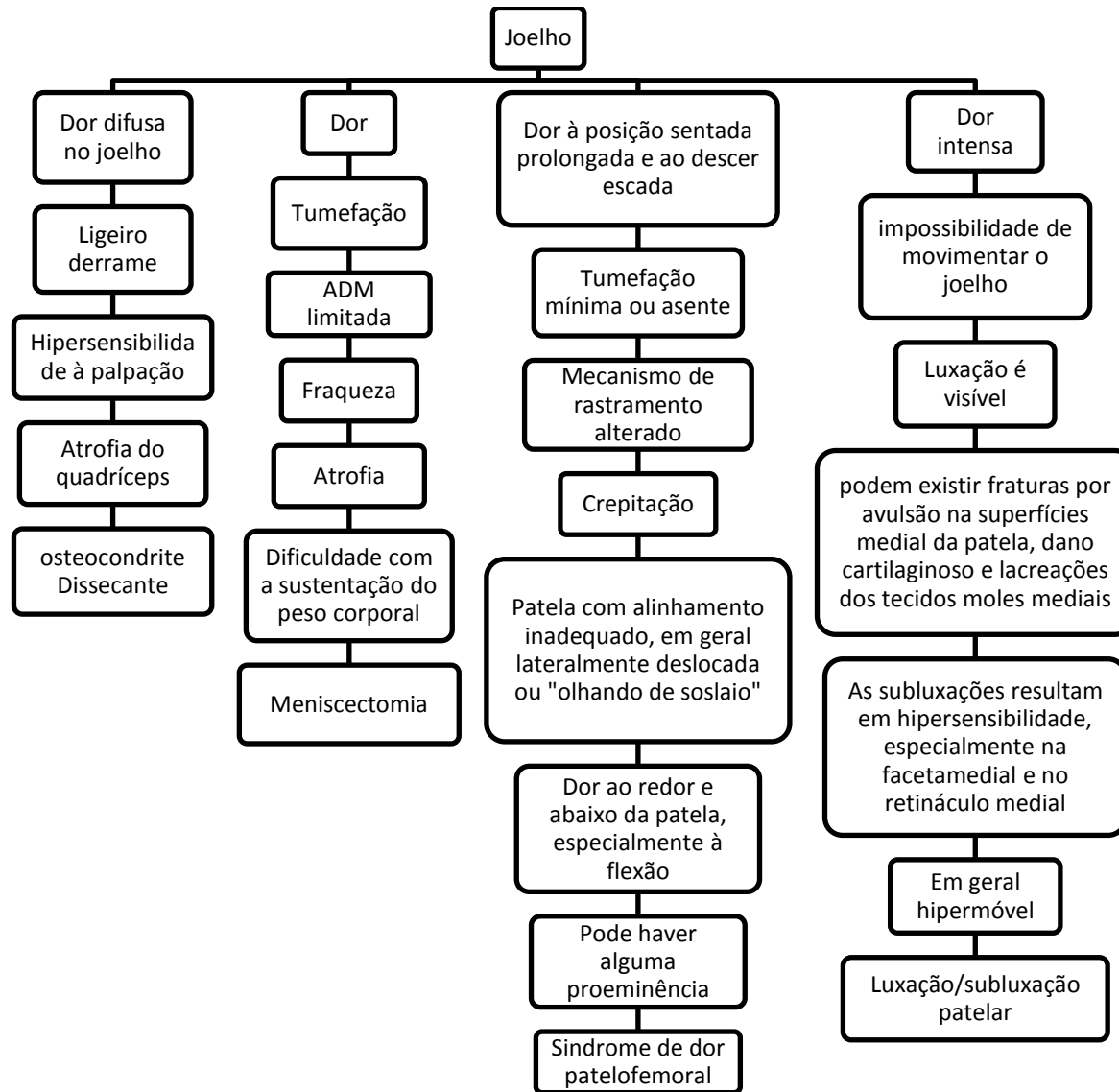


ANEXO II

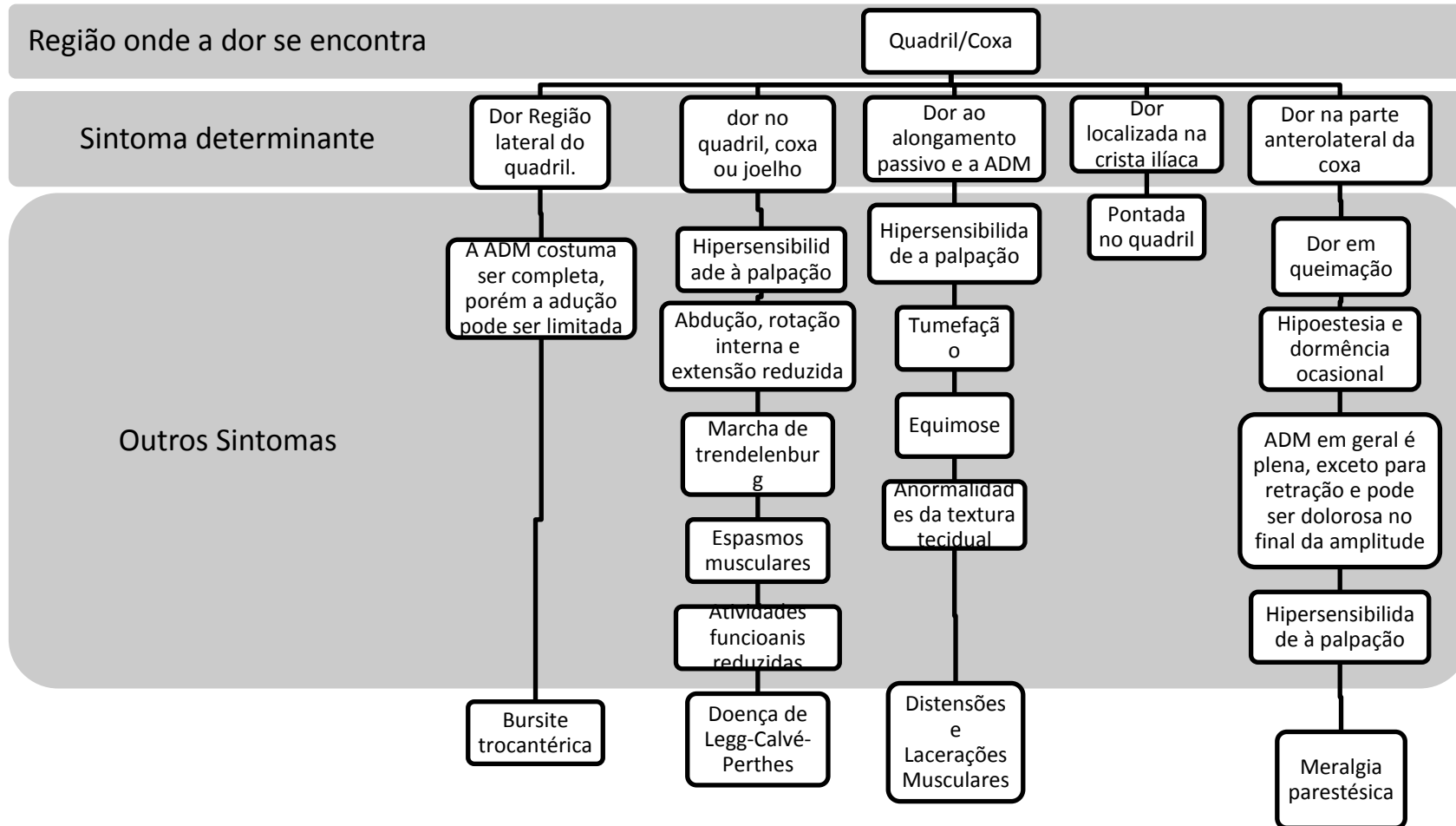


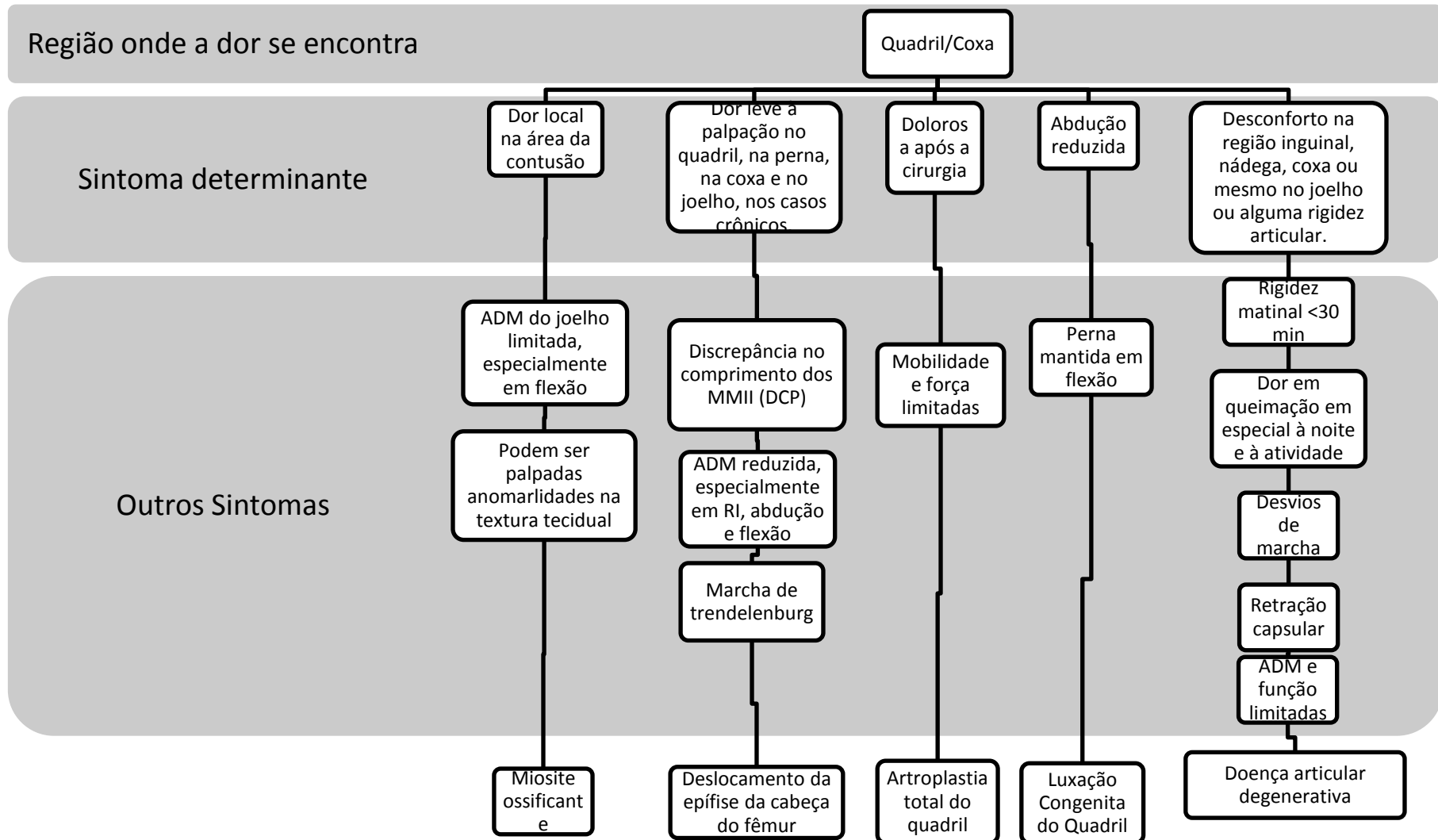




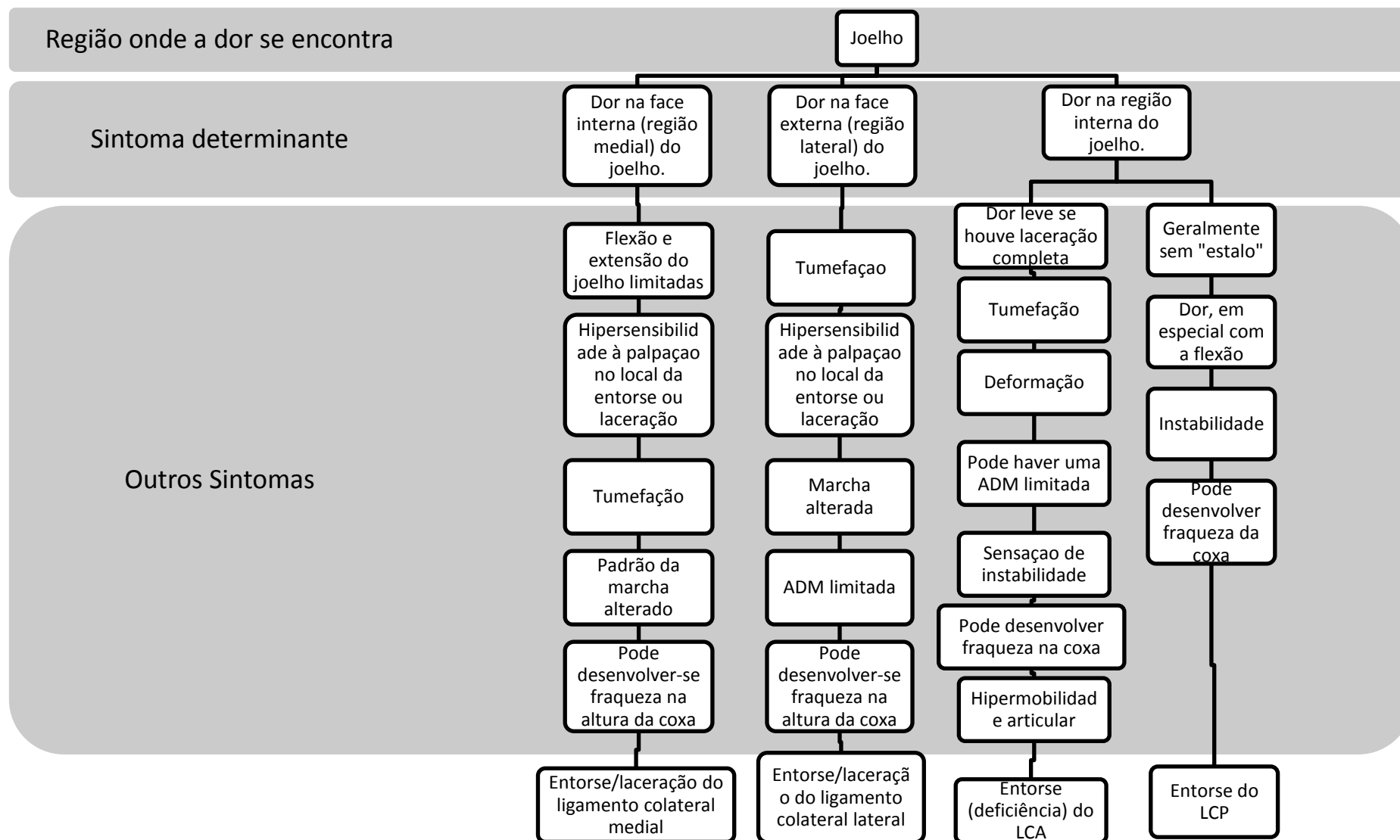


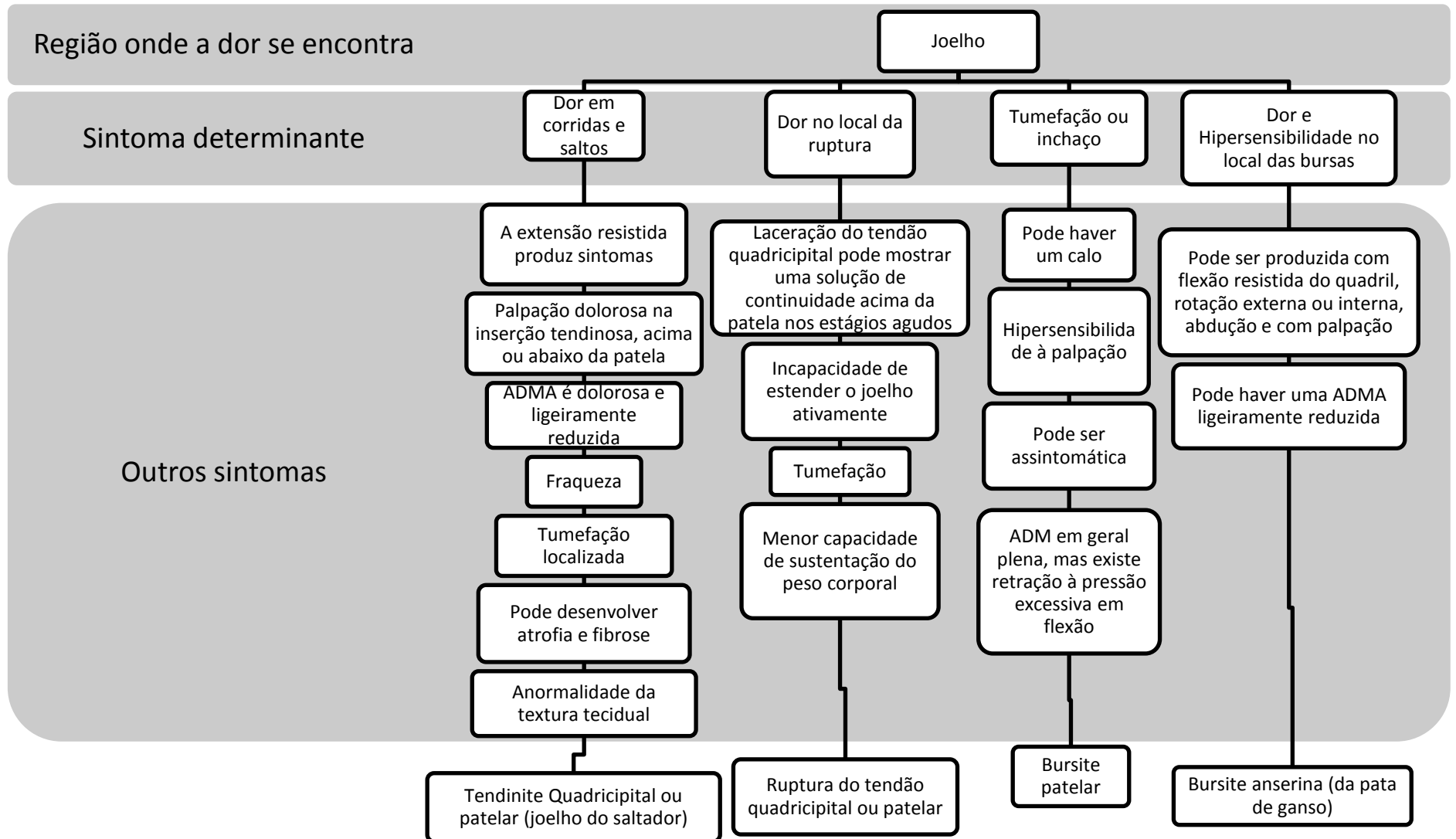
ANEXO III

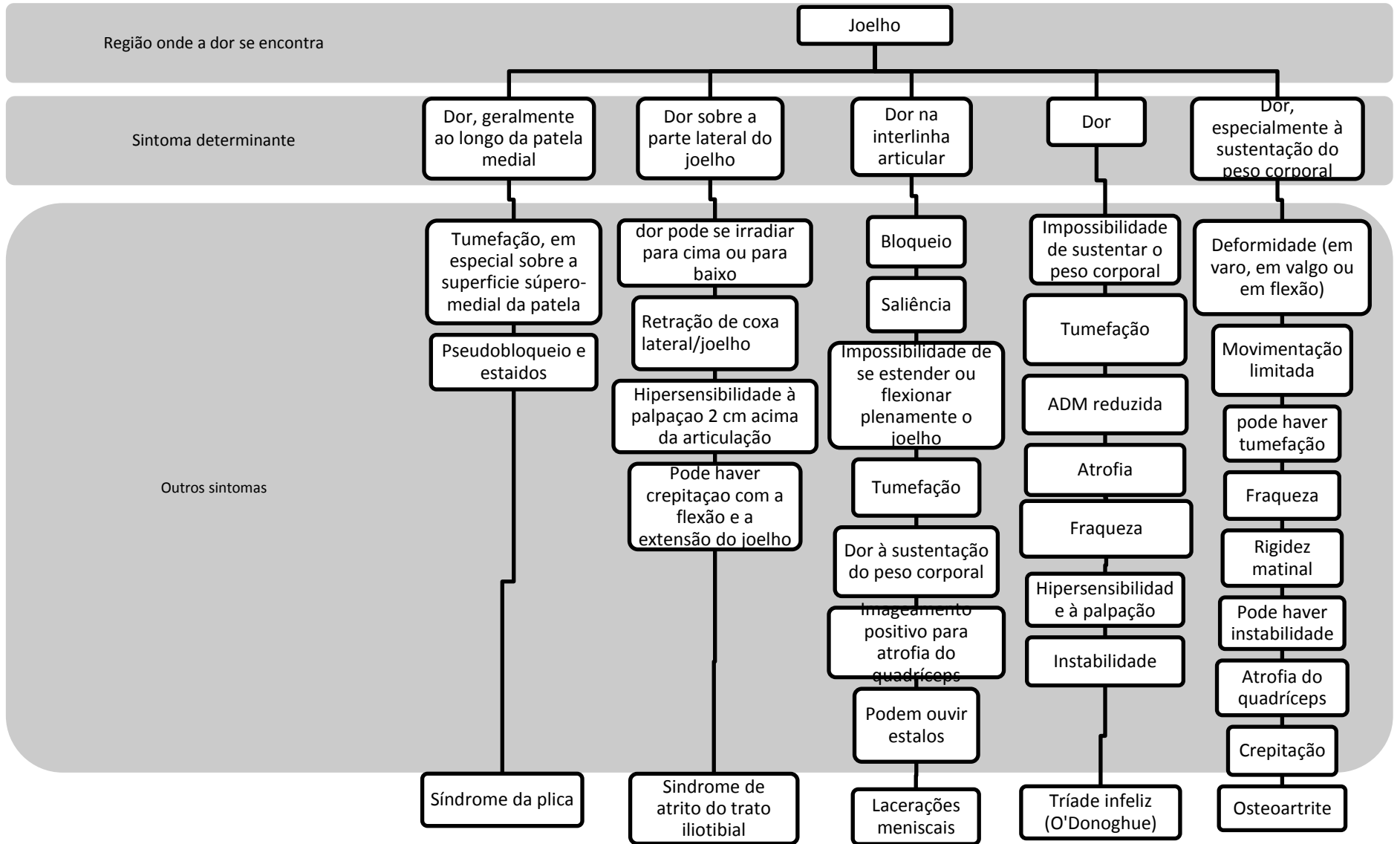


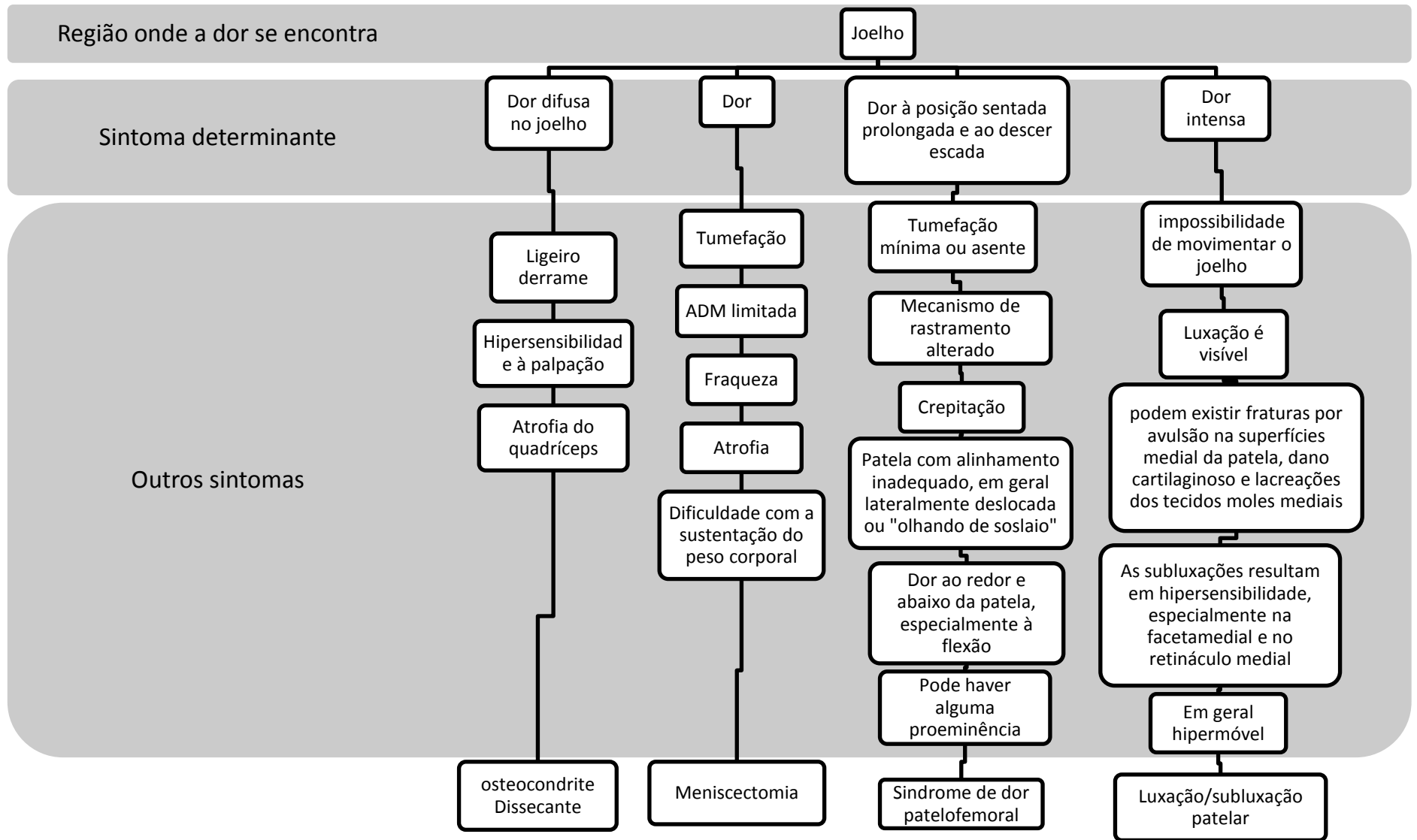


ANEXO IV









ANEXO V

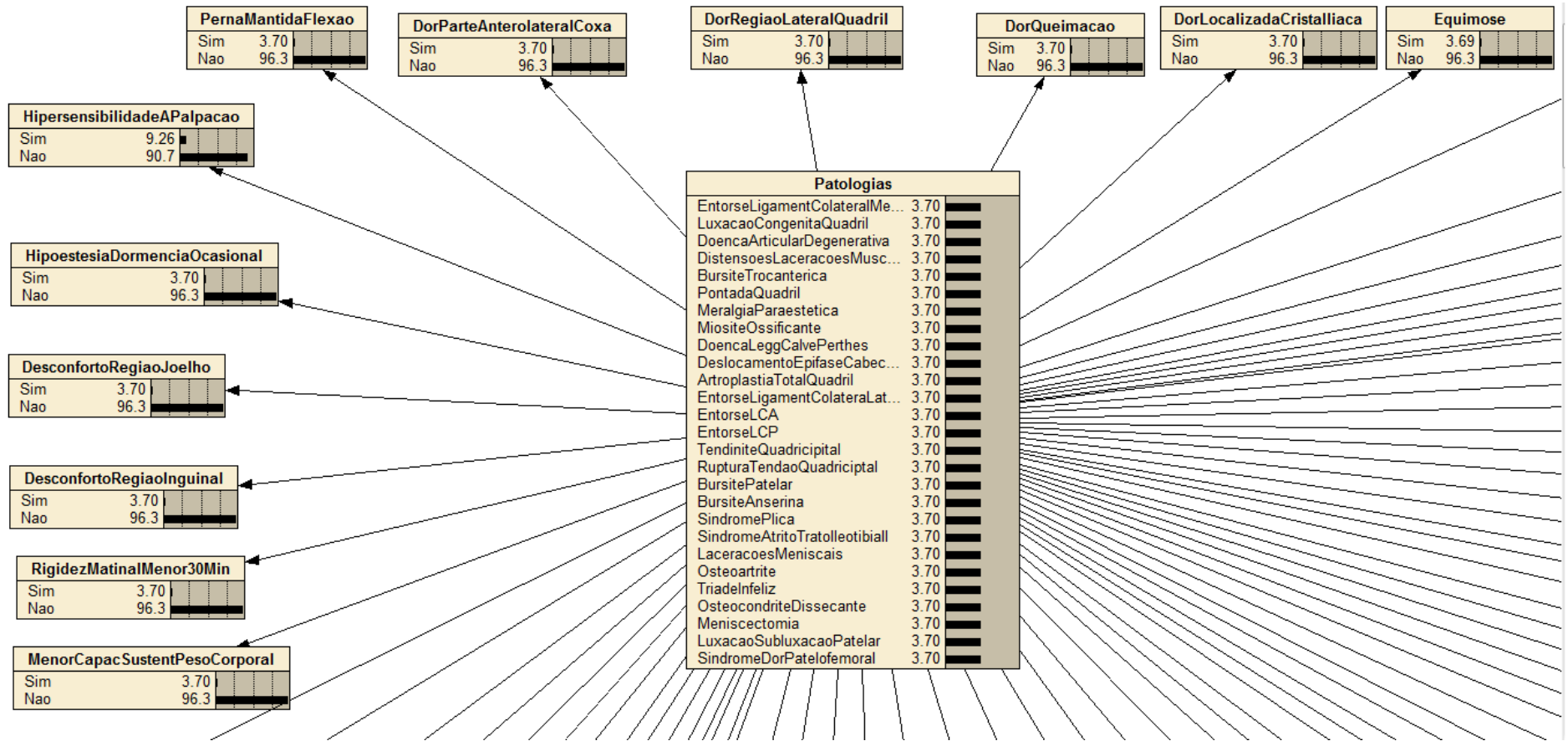
REGIÃO	PATOLOGIAS	SINTOMAS	
Quadril/ Coxa	Luxação congênita do quadril	Abdução reduzida Perna mantida em flexão	
	Doença articular degenerativa	Desconforto na região inguinal, nádega, coxa ou mesmo no joelho ou alguma rigidez articular. Dor na região inguinal, nádega, coxa ou mesmo no joelho ou alguma rigidez articular. Rigidez matinal <30 min Dor em queimação Desvios de marcha Retração capsular ADM	
	Distensões e lacerações musculares	Dor ao alongamento passivo ADM Hipersensibilidade à palpação Tumefação Equimose Anormalidade da textura tecidual	
	Bursite trocantérica	Dor na região Lateral do quadril. ADM	
	Pontada no quadril	Dor localizada na crista íliaca	
	Meralgia parestésica	Dor na parte anterolateral da coxa Dor em queimação Hipoestesia e dormência ocasional ADM Hipersensibilidade à palpação	
	Miosite ossificante	Dor local na área da contusão ADM Anormalidades da textura tecidual	
	Doença de Legg-Calvé-Perthes	Dor no quadril Dor na coxa Dor no joelho. Hipersensibilidade à palpação Abdução, rotação interna e extensão reduzida Marcha de trendelenburg Espasmos musculares Atividades funcionais reduzidas	
	Deslocamento da epífise da cabeça do fêmur	Dor leve à palpação no quadril, na perna, na coxa e no joelho, nos casos crônicos.	
	Artroplastia total do quadril	Dolorosa após a cirurgia Mobilidade e força limitadas	
	Joelho	Entorse/laceração do ligamento colateral	Dor na face interna (região medial) do

medial	joelho.	
	Flexão e extensão do joelho limitadas	
	Hipersensibilidade à palpação no local da entorse ou laceração	
	Tumefação	
	Padrão da marcha alterado	
	Pode desenvolver-se fraqueza na altura da coxa	
Entorse/laceração do ligamento colateral lateral	Dor na face externa (região lateral) do joelho.	
	Tumefação	
	Hipersensibilidade à palpação no local da entorse ou laceração	
	Marcha alterada	
	ADM	
	Fraqueza na altura da coxa	
Entorse (deficiência) do LCA	Dor na região interna do joelho	
	Dor leve se houve laceração completa	
	Tumefação	
	Deformação	
	ADM	
	Sensação de Instabilidade	
	Fraqueza na altura da coxa	
	Hipermobilidade articular	
Entorse do LCP	Dor na região interna do joelho	
	Geralmente sem “estalo”	
	Dor, em especial com a flexão	
	Instabilidade	
	Pode desenvolver fraqueza da coxa	
Tendinite quadricipital ou patelar (joelho do saltador)	Dor em corridas e saltos	
	A extensão resistida produz sintomas	
	Palpação dolorosa na inserção tendinosa, acima ou abaixo da patela	
	ADMA é dolorosa e ligeiramente reduzida	
	Fraqueza	
	Tumefação	
	Pode desenvolver atrofia e fibrose	
	Anormalidade da textura tecidual	
	Ruptura do tendão quadricipital ou patelar	Dor no local da ruptura
		Laceração do tendão
Incapacidade de estender o joelho ativamente		
Tumefação		
Menor capacidade de sustentação do peso corporal		
Bursite patelar	Tumefação ou Inchaço	
	Calo	
	Hipersensibilidade à palpação	
	Pode ser assintomática	
Bursite anserina (da pata de ganso)	ADM	
	Dor e Hipersensibilidade no local das bursas	
	Pode ser produzida com flexão resistida do quadril, rotação externa ou interna, abdução e com palpação	

	Pode haver uma ADMA ligeiramente reduzida
Síndrome da plica	Dor, geralmente ao longo da patela medial
	Tumefação, em especial sobre a superfície súpero-medial da patela
	Pseudobloqueio e estalidos
Síndrome do atrito do trato ileotibial (TIT)	Dor na parte lateral do joelho
	Dor pode se irradiar para cima ou para baixo
	Retração de coxa lateral/joelho
	Hipersensibilidade à palpação 2 cm acima da articulação
	Pode haver crepitação com a flexão e a extensão do joelho
Lacerações meniscais	Dor na interlinha articular
	Bloqueio
	Saliência
	impossibilidade de se estender ou flexionar plenamente o joelho
	Tumefação
	Dor à sustentação do peso corporal
	Imageamento positivo para atrofia do quadríceps
Podem ouvir estalos	
Tríade infeliz (O'Donoghue)	Dor
	Impossibilidade de sustentar o peso corporal
	Tumefação
	ADM
	Atrofia
	Fraqueza
	Hipersensibilidade à palpação
	Instabilidade
Osteoartrite	Dor, especialmente à sustentação do peso corporal
	Crepitação
	Deformidade (em varo, em valgo ou em flexão)
	Movimentação limitada
	pode haver tumefação
	Fraqueza
	Rigidez matinal
	Pode haver instabilidade
Atrofia do quadríceps	
Osteocondrite dissecante	Dor difusa no joelho
	Ligeiro derrame
	Hipersensibilidade à palpação
	Atrofia do quadríceps
Meniscectomia	Dor
	Tumefação
	ADM
	Fraqueza
	Atrofia
	sustentação do peso corporal
Síndrome de dor patelofemoral	Dor à posição sentada prolongada e

		ao descer escada
		Dor ao redor e abaixo da patela, especialmente à flexão
		Tumefação
		Mecanismo de rastreamento alterado
		Crepitação
		Patela com alinhamento inadequado, em geral lateralmente deslocada ou "olhando de soslaio"
		Pode haver alguma proeminência
	Luxação/subluxação patelar	Dor intensa
		impossibilidade de movimentar o joelho Luxação é visível
		Podem existir fraturas por avulsão na superfícies medial da patela, dano cartilaginoso e lacerações dos tecidos moles mediais
As subluxações resultam em hipersensibilidade, especialmente na facetamedial e no retináculo medial		
Em geral hipermóvel		
Luxação/subluxação patelar		

ANEXO VI



DesconfortoRegiaoNadega		
Sim	3.70	
Nao	96.3	

RigidezArticular		
Sim	3.70	
Nao	96.3	

DorLocalRuptura		
Sim	3.70	
Nao	96.3	

ADM		
Sim	3.70	
Nao	96.3	

Tumefacao		
Sim	3.70	
Nao	96.3	

MarchaAlterada		
Sim	3.69	
Nao	96.3	

FraquezaAlturaCoxa		
Sim	3.70	
Nao	96.3	

Patologias		
EntorseLigamentColateralMe...	3.70	
LuxacaoCongenitaQuadril	3.70	
DoencaArticularDegenerativa	3.70	
DistensoesLaceracoesMusc...	3.70	
BursiteTrocanterica	3.70	
PontadaQuadril	3.70	
MeralgiaParaestetica	3.70	
MiositeOssificante	3.70	
DoencaLeggCalvePerthes	3.70	
DeslocamentoEpifaseCabec...	3.70	
ArtroplastiaTotalQuadril	3.70	
EntorseLigamentColateraLat...	3.70	
EntorseLCA	3.70	
EntorseLCP	3.70	
TendiniteQuadricipital	3.70	
RupturaTendaoQuadricipital	3.70	
BursitePatelar	3.70	
BursiteAnserina	3.70	
SindromePlica	3.70	
SindromeAtritoTratolleotibiall	3.70	
LaceracoesMeniscais	3.70	
Osteoartrite	3.70	
Triadefeliz	3.70	
OsteocondriteDissecante	3.70	
Meniscectomia	3.70	
LuxacaoSubluxacaoPatelar	3.70	
SindromeDorPatelofemoral	3.70	

