

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E  
GESTÃO DO CONHECIMENTO**

Roberto Heinzle

**UM MODELO DE ENGENHARIA DO CONHECIMENTO PARA  
SISTEMAS DE APOIO A DECISÃO COM RECURSOS PARA  
RACIOCÍNIO ABDUTIVO**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Alvaro Ostuni Gauthier.

Co-orientador: Prof. Dr. Francisco Antonio Pereira Fialho.

Florianópolis

2011

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

H472m Heinzle, Roberto

Um modelo de engenharia do conhecimento para sistemas de apoio a decisão com recursos para raciocínio abdutivo [tese] / Roberto Heinzle ; orientador, Fernando Álvaro Ostuni Gauthier. - Florianópolis, SC, 2011.  
251 p.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Inclui referências

1. Engenharia e gestão do conhecimento. 2. Sistemas de suporte de decisão. 3. Ontologia. 4. Inferência. 5. Raciocínio abdutivo. I. Gauthier, Fernando Alvaro Ostuni. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento. III. Título.

CDU 659.2

Roberto Heinzle

**UM MODELO DE ENGENHARIA DO CONHECIMENTO PARA  
SISTEMAS DE APOIO A DECISÃO COM RECURSOS PARA  
RACIOCÍNIO ABDUTIVO**

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de Doutor em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Especialidade Engenharia do Conhecimento, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento.

Florianópolis, 10 de Março de 2011

---

Prof. Paulo Maurício Selig, Dr.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Fernando A O. Gauthier, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Ivo Marcos Theis, Dr.  
Universidade Regional de Blumenau

---

Prof<sup>a</sup>. Maria Madalena Dias, Dr<sup>a</sup>.  
Universidade Estadual de Maringá

---

Prof. Mauro Roisenberg, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Roberto C. S. Pacheco, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Rogerio Cid Bastos, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina



*Dedico este trabalho aos meus  
pais, Ralf Heinzle e Ruth Heinzle.*



## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Santa Catarina-UFSC, a qual devo a totalidade da minha formação acadêmica, passando pelos níveis de Graduação, Mestrado e Doutorado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento-EGC. Sou grato a todas as pessoas nele envolvidos: Professores, Coordenadores, Servidores e Colegas acadêmicos. Estarão para sempre em minha memória.

À Universidade Regional de Blumenau, pelo financiamento concedido. Sem ele este trabalho certamente não teria sido possível.

Aos meus orientadores, Prof. Gauthier e Prof. Fialho, os quais considero referências de sabedoria e conduta. Mestres generosos na tarefa de compartilhar e difundir seus conhecimentos e experiências. Entendo como um privilégio a oportunidade que tive de com eles poder aprender e conviver.

À minha família, Marcia Regina Selpa de Andrade (Esposa); Fernando Heinzle e Rodrigo Heinzle (Filhos); e Isadora de Andrade Paulo (Enteada). Sou grato pelo amor; pelo incentivo; pela paciência e compreensão por minhas tantas ausências. Pessoas especiais e essenciais, cujas presenças são dádivas Divinas na minha vida.

E, finalmente, a Deus, pela minha existência e por sua imensa e generosa bondade. Sei que esteve comigo permanentemente nesta jornada, sobretudo naqueles momentos de dificuldade e de cansaço surgidos ao longo da caminhada.



***Mehr Licht! – mehr Bildung, Wissenschaft  
und Wahrheit.”***

*(Johann Wolfgang von Goethe)*



## RESUMO

HEINZLE, Roberto. **Um Modelo de Engenharia do Conhecimento para Sistemas de Apoio a Decisão com Recursos para Raciocínio Abduativo**. Florianópolis, 2011. 251 f. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, UFSC, Florianópolis-SC.

Esta Tese tem por objetivo a construção de um modelo de engenharia do conhecimento para integrar o raciocínio não-monotônico aos Sistemas de Apoio a Decisão-SAD, e assim oferecer um instrumento mais efetivo no auxílio aos processos cognitivos desenvolvidos pelo gestor no âmbito de uma tomada de decisão organizacional. Para identificar os princípios e as alternativas a serem considerados na construção do modelo foi feita uma revisão da literatura sobre as diferentes abordagens dos pesquisadores das áreas de teoria da decisão, teoria do raciocínio, lógica e raciocínio computacional. Desta forma, percebeu-se que os princípios que fundamentam a Teoria do Raciocínio de Peirce, somada à representação do conhecimento com o uso de uma ontologia, poderiam ser aplicados para embasar a criação do modelo que permite aos Sistemas de Apoio a Decisão oferecer o suporte necessário ao gestor, inclusive com recursos para desenvolvimento do raciocínio não-monotônico. O modelo foi então formulado e, posteriormente, submetido à validação por meio de uma aplicação experimental realizada junto à Universidade Regional de Blumenau e relacionada à gestão dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* oferecidos pela instituição. Entre as conclusões a que se chegou, merecem destaque a viabilidade da integração do raciocínio não-monotônico às funcionalidades analíticas dos Sistemas de Apoio a Decisão e que ele é instrumento atenuante dos fatores indicados pelos modelos de tomada de decisão como restritivos à racionalidade nos processos decisórios.

**Palavras-chave:** Sistemas de Apoio a Decisão. Ontologia. Inferência Sintética. Raciocínio Abduativo.



## ABSTRACT

HEINZLE, Roberto. **A Knowledge Engineering Model for Decision Support Systems with Abductive Reasoning Resources**. Florianópolis, 2011. 251 f. Thesis (Doctoral) Post-Graduate Program in Knowledge and Management, UFSC, Florianópolis-SC.

This Thesis aims to build a model of knowledge engineering to integrate the non-monotonic reasoning to the Decision Support Systems-DSS and, through it, getting a more effective tool to assist the cognitive process developed by the decision maker within an organizational decision. To identify principles and alternatives to be considered in the model building, it was done a literature review on the different approaches of researchers of the areas of decision theory, theory of reasoning, computational logic and reasoning. This way it was observed that the principles underlying the Peirce's Reasoning Theory, added to the representation of knowledge using ontology could be applied as bases to create a model that allows the Decision Support Systems to offer appropriate support for the user, including resources for the development of non-monotonic reasoning. The model was then formulated and subjected to validation through an experimental application conducted in the Regional University of Blumenau and related to the management of *stricto sensu* graduate programs offered by the institution. Among the reached conclusions, it should be emphasized the feasibility of integrating the non-monotonic reasoning to the analytical capabilities of the Decision Support Systems and; that it is an instrument of the mitigating factors suggested by the models of decision making as restrictive to the rationality of the decision processes.

**Keywords:** Decision Support Systems. Ontology. Synthetic Inference. Abductive Reasoning.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Conversões de Conhecimento .....	52
Figura 2 - Elementos Intervenientes na Tomada de Decisão .....	56
Figura 3 - Expansão dos Papéis dos Sistemas de Informação.....	64
Figura 4 - Classificação dos Sistemas de Informação .....	66
Figura 5 - Arquitetura do SAD .....	72
Figura 6 - Características e Capacidades do SAD.....	83
Figura 7 - SAD Atual.....	85
Figura 8 - Subsistema de Dados.....	86
Figura 9 - Exemplo de Rede Semântica.....	103
Figura 10 - Rede Semântica e Correspondente RDF .....	111
Figura 11 - Ontologia de Animais .....	112
Figura 12 - Fragmento de Ontologia em DAML+OIL .....	115
Figura 13 - Segmento de ontologia OWL.....	117
Figura 14 - Criação de Classes.....	118
Figura 15 - Propriedade Transitiva .....	119
Figura 16 - Propriedade Funcional Inversa.....	120
Figura 17 - OWL:cardinality .....	121
Figura 18 - Restrições de Valor .....	122
Figura 19 - Criação de Classe com União.....	123
Figura 20 - OWL:disjointWith.....	124
Figura 21 - Tela Principal do OntoEdit.....	125
Figura 22 - Tela Principal do Protégé .....	126
Figura 23 - Tela do Protégé com Ontologia Aberta .....	127
Figura 24 - Componentes de um Sistema DL .....	145
Figura 25 - Definições para TBox .....	147
Figura 26 - Afirmções para ABox.....	148
Figura 27 - Visão Esquemática do Modelo.....	155
Figura 28 - Visão Esquemática do Sistema de Modelos.....	158
Figura 29 - Organograma Resumido / FURB .....	171
Figura 30 - Cadastros do Sistema Novo Pós-Graduação .....	174
Figura 31 - Classes da Ontologia.....	192
Figura 32 - Object Properties da Ontologia .....	193
Figura 33 - Data Properties da Ontologia .....	194
Figura 34 - Instâncias da Ontologia .....	195
Figura 35 - Consulta dos Programas Existentes .....	197
Figura 36 - Cursos de um Programa .....	198
Figura 37 - Orientandos de um Orientador .....	199
Figura 38 - Cenários na Ontologia.....	201
Figura 39 - Resposta / Primeiro Cenário.....	204
Figura 40 - Resposta / Segundo Cenário.....	205



## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Suposições do Processo Perfeitamente Racional .....	45
Quadro 2 - Tecnologias da Informação e Conhecimento para suporte a GC ...	58
Quadro 3 - Classificação e Características dos SI.....	65
Quadro 4 - Levantamento Bibliográfico – Publicações desde 2005 .....	78
Quadro 5 - Características Desejáveis do SAD.....	82
Quadro 6 - Elementos da Linguagem DAML+OIL .....	114
Quadro 7 - Atividades e Subatividades da Methontology.....	129
Quadro 8 - Atividades e Tarefas da Metodologia OTK .....	130
Quadro 9 - Etapas e Atividades da Metodologia Grüninger & Fox .....	132
Quadro 10 - Requisitos para Integrar o Raciocínio Não-Monotônico .....	154
Quadro 11 – Cursos de Graduação da FURB .....	169
Quadro 12 – Estrutura Básica das Resoluções Internas .....	179
Quadro 13 – Inconsistências Entre os Atos Regulatórios .....	183
Quadro 14 – Paralelo entre Características .....	185
Quadro 15 - Método Empregado para Construção da Ontologia .....	189
Quadro 16 - Questões de Competência da Ontologia .....	191
Quadro 17 - Listagem de Termos .....	191
Quadro 18 - Conjuntos P e E do SMVH - Parcial.....	202



# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO</b>	<b>27</b>
1.1 O PROBLEMA DE PESQUISA	31
1.2 A PERGUNTA DE PESQUISA	32
1.3 OBJETIVOS	32
1.3.1 <b>Objetivo Geral</b>	<b>32</b>
1.3.2 <b>Objetivos Específicos</b>	<b>32</b>
1.4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TRABALHO	33
1.4.1 <b>Ineditismo</b>	<b>35</b>
1.4.2 <b>Contribuição Teórica</b>	<b>35</b>
1.5 ESCOPO E LIMITAÇÕES	35
1.6 ASPECTOS METODOLÓGICOS	35
1.6.1 <b>Metodologia</b>	<b>35</b>
1.6.2 <b>Classificação Tipológica</b>	<b>37</b>
1.7 A PESQUISA NO PROGRAMA	38
1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO	41
<b>CAPÍTULO 2 - PROCESSO DECISÓRIO</b>	<b>43</b>
2.1 MODELOS DE TOMADA DE DECISÃO	44
2.2 A ERA DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO	49
2.2.1 <b>Reflexos nas Organizações</b>	<b>50</b>
2.3 GESTÃO DO CONHECIMENTO	51
2.3.1 <b>Requisitos e Condições Ambientais</b>	<b>53</b>
2.3.2 <b>Processo Decisório Organizacional</b>	<b>55</b>
2.3.3 <b>O Suporte da Tecnologia</b>	<b>57</b>
2.4 ENGENHARIA DO CONHECIMENTO	59
2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
<b>CAPÍTULO 3 - SISTEMAS DE INFORMAÇÃO</b>	<b>63</b>
3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO	64
3.2 SISTEMAS DE APOIO A DECISÃO	68
3.2.1 <b>Um Breve Histórico e o Estado da Arte</b>	<b>70</b>
3.2.1.1 Aspectos de Destaque – Estado da Arte	80
3.2.1.2 Trabalhos Correlatos	80
3.2.2 <b>Características Requisitos e Funcionalidades</b>	<b>81</b>
3.2.3 <b>Arquitetura</b>	<b>84</b>
3.2.3.1 O Subsistema de Dados	85
3.2.3.2 O Subsistema de Modelos	87
3.2.3.3 O Subsistema Interface	89
3.2.3.4 Estruturas Alternativas – Outras propostas	89
3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	90

<b>CAPÍTULO 4 - CONHECIMENTO E RACIOCÍNIO COMPUTACIONAL</b>	<b>93</b>
4.1 FORMAS DE REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO	93
4.1.1 Regras de Produção	95
4.1.2 Quadros e Roteiros	97
4.1.3 Lógica das Proposições e dos Predicados	100
4.1.4 Redes Semânticas	102
4.1.5 Classificação por Abordagem	104
4.2 ONTOLOGIA	105
4.2.1 Classificação	109
4.2.2 Linguagens de Representação	109
4.2.3 Ambientes para Construção	124
4.2.4 Metodologias de Desenvolvimento	127
4.3 RACIOCÍNIO COMPUTACIONAL	132
4.3.1 Peirce e os Tipos de Raciocínio	136
4.3.2 Sistema de Manutenção da Verdade – SMV	141
4.4 LÓGICA DESCRITIVA – DL	144
4.4.1 Componentes de um Sistema	144
4.4.2 Construções e Semântica	145
4.4.3 Mecanismo de Inferência	148
4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	149
<b>CAPÍTULO 5 - O MODELO PROPOSTO</b>	<b>151</b>
5.1 PRÉ-DELINEANDO O MODELO	151
5.2 REQUISITOS DO MODELO	152
5.3 EXTENSÃO DA ARQUITETURA DDM	155
5.3.1 Elementos-Chave à Não-Monotonicidade	157
5.3.1.1 Raciocínio Abduativo	162
5.3.1.2 Integração da Não-Monotonicidade Abduativa nos SAD	163
5.4 PROCEDIMENTOS PARA ADOÇÃO	164
5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	165
<b>CAPÍTULO 6 - APLICAÇÃO DO MODELO</b>	<b>167</b>
6.1 CARACTERIZAÇÃO DA IES	168
6.1.1 Estrutura Administrativa	169
6.2 PROGRAMAS E CURSOS STRICTO SENSU NA FURB	171
6.2.1 Gestão e Regulamentação dos Programas e Cursos	172
6.2.1.1 Regulamentação	174
6.3 REQUISITOS DO SISTEMA	184
6.4 VALIDAÇÃO DO MODELO	186
6.4.1 A Ontologia	186
6.4.1.1 Ferramental e Metodologia Utilizados	187
6.4.1.2 Construção	190
6.4.2 Consultas, Ensaios e Simulações	195
6.4.2.1 Execução	196
6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	206

<b>CAPÍTULO 7- CONCLUSÕES</b>	<b>207</b>
7.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	210
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>213</b>
<b>APÊNDICE A – Instâncias da Ontologia</b>	<b>243</b>
<b>GLOSSÁRIO</b>	<b>249</b>



## CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

A intenção de construir sistemas capazes de oferecer suporte computacional ao gestor no processo de tomada tem sido há algum tempo um desafio para pesquisadores e desenvolvedores. Dentre estes, estão os Sistemas de Apoio a Decisão-SAD, uma classe de sistemas de informação que objetiva fornecer instrumentos ou subsídios úteis aos gestores das organizações, com recursos que permitem comparar, analisar, simular e apoiar a seleção de alternativas com base na geração de cenários que envolvem um significativo número de variáveis relacionadas ao domínio de um processo decisório. Suas características tecnológicas diferenciadas, sobretudo no que se refere à sua funcionalidade analítica sustentada por modelos de referência e a intensa interatividade com o usuário, somadas à sua utilização específica, são aspectos que os distinguem de outros tipos de sistemas de informação.

Nos dias atuais, nos tempos da era da informação e do conhecimento, estes esforços tem sido intensificados pois tais sistemas passaram a ter importância crescente. Deles, agora o usuário gestor espera apoio tanto na tarefa de transformar as enormes bases de dados acumuladas em fontes de conhecimento a serem exploradas, como também no processo cognitivo relacionado à análise e julgamento deste conhecimento com vistas a qualificar uma decisão. São expectativas relacionadas de forma direta às dificuldades-chave inerentes ao processo decisório contemporâneo, e que são classificadas pelos diversos modelos de tomada de decisão como os dois principais elementos restritivos à racionalidade plena desejada no processo. Essas dificuldades são decorrentes do fato que a nova realidade impôs ao gestor um outro cenário para o processo de tomada de decisão, marcado pelo aumento de sua complexidade, resultante da dificuldade do tratamento e interpretação semântica de um grande volume de informações e sua consequente transformação em conhecimento útil ao processo decisório.

Portanto, estão agora em evidência questões relacionadas a busca de estratégias e instrumentos para auxiliar as organizações na obtenção de informações (pelo tratamento e interpretação do dado localizado), na sua transformação em conhecimento, e no uso adequado deste como insumo nos processos de tomada de decisão. São questões de importância fundamental para os SAD contemporâneos, e até mesmo

para a própria sobrevivência de uma organização. Como consequência, a intensa busca de respostas a essas questões fez nascer duas novas áreas de pesquisa científica, denominadas de Gestão do Conhecimento e Engenharia do Conhecimento, nas quais se insere também o presente trabalho. A primeira preocupa-se com a identificação, coleta, organização e retenção do conhecimento organizacional, visando sua disponibilização e aplicação nos processos organizacionais, em especial naqueles de tomada de decisão. Trata-se de uma ação cuja proposta é explorar os recursos intelectuais da organização para melhorar sua produtividade e competitividade. Para Bukowitz e Williams (2002), a gestão do conhecimento é um processo pelo qual a organização gera riqueza, a partir do seu conhecimento ou capital intelectual. Já a Engenharia do Conhecimento diz respeito ao desenvolvimento e a aplicação de técnicas, metodologias, ferramentais e artefatos com tal finalidade. Segundo Santos, Pacheco e Fialho (2006), são três os seus objetivos: 1) Fornecer ferramentas para a gestão do conhecimento organizacional; 2) Apoiar o trabalhador do conhecimento, e; 3) Construir melhores sistemas de conhecimento.

Ainda quanto ao suporte a ser oferecido pelos SAD nos processos cognitivos desenvolvidos pelo gestor na tomada de decisão, ele visa minimizar as dificuldades relacionadas às limitações da capacidade de inteligência e de percepções da mente humana para considerar e tratar a totalidade dos aspectos de valor e de conhecimento que podem ter importância num processo decisório. Este suporte é um requisito que está vinculado a um adequado mapeamento da semântica do negócio no sistema, o que é possível com a utilização de modelos de conhecimento e mecanismos de raciocínio automático sobre estes modelos, com os quais se busca apoiar as análises e julgamentos do usuário gestor. Tecnologias capazes de viabilizar tais funcionalidades têm sido aplicadas e desenvolvidas, inclusive com a contribuição de soluções advindas da área de Inteligência Artificial (POWER, 2002),(SELL et al., 2005). O estado da arte está no desenvolvimento de instrumentos que permitam recuperação, integração, intercâmbio e, principalmente, interpretação semântica sobre os dados disponíveis.

A capacidade semântica nos Sistemas de Apoio a Decisão, assim como nos demais sistemas de informação dela dotados, é obtida com a aplicação imprescindível de duas tecnologias: a representação do conhecimento e o raciocínio computacional, sem os quais, afirma Rover (2001), “sistema algum consegue produzir respostas minimamente desejáveis”. São essencialmente mecanismos que permitem representar o conhecimento e sobre ele “raciocinar”. Um raciocínio computacional,

na forma de inferências sobre os dados e por meio de regras lógicas, transformando os dados em informações suficientemente “inteligentes”, que descrevem relacionamentos concretos e formais. Através dele, cálculos lógicos são feitos numa “álgebra semântica”, permitindo assim, oferecer conhecimento potencialmente útil como insumo no desenvolvimento do processo cognitivo inerente a uma tomada de decisão.

No que se refere à representação do conhecimento, existem múltiplas formas e mecanismos para sua viabilização, cada qual fornecendo um aparelho simbólico e construções sintáticas próprias. Entre estas estão, por exemplo, as regras de produção, *frames*, *scripts*, redes semânticas e as ontologias. Quanto à última, as ontologias, elas vem recebendo atualmente especial atenção dos pesquisadores e tornaram-se a opção preferencial nos trabalhos recentes, como pode ser observado no Quadro 4. Nas áreas da Informática e da Engenharia do Conhecimento, diferentemente da Filosofia, onde o termo tem origem, uma ontologia é a representação de um vocabulário relativo a conceitualizações compartilhadas que envolvem estruturas para a modelagem do domínio do conhecimento, para conteúdos específicos de protocolos utilizados para comunicação entre agentes interoperantes e para acordos sobre a representação de teorias de domínios específicos.

Já no que diz respeito à segunda tecnologia, o raciocínio computacional, o desenvolvimento de sistemas dotados de tal faculdade envolve a utilização de mecanismos lógicos de inferência com os quais é simulado na máquina um processo inteligente. Este mecanismo possibilita a inferência de novas verdades a partir de verdades existentes, ou seja, permite tirar conclusões derivadas a partir do domínio do conhecimento contido na base de conhecimentos.

Em geral, este processo de inferência utiliza a lógica matemática tradicional, ou lógica clássica, num raciocínio chamado de monotônico. Esta forma de raciocínio se aplica a um domínio específico, no qual está disponível um modelo de conhecimento consistente e completo, ou seja, todo o conhecimento relacionado ao domínio da aplicação está disponível e não há contradição entre as várias porções que o compõem. Nesses sistemas, se for inserido conhecimento novo, não há a revisão do conhecimento anteriormente estabelecido, apenas o conjunto de declarações verdadeiras aumenta. Assim, não existe a possibilidade de revisão de crenças e verdades, somente é permitido aumentar o estoque de verdades com a inclusão de mais conhecimento. Esta propriedade é denominada de monotonicidade e está presente na ampla maioria dos Sistemas de Apoio a Decisão, como pode ser observado no Quadro 4.

No caso dos Sistemas de Apoio a Decisão, estas características do raciocínio monotônico impõem limitações importantes à sua capacidade semântica, tornando-os inaplicáveis como suporte efetivo para muitos dos processos cognitivos desenvolvidos pelo gestor na solução de problemas do mundo real. Essas restrições estão relacionadas, sobretudo, à inexistência de mecanismos que permitam revisão de crenças ou proposições e à impossibilidade de lidar com o conhecimento incerto ou incompleto, circunstâncias comumente presentes nos processos decisórios, como indicam os modelos de tomada de decisão.

É justamente neste cenário que emerge o tema deste trabalho, ou seja, nos aspectos relacionados ao raciocínio não-monotônico nos Sistemas de Apoio a Decisão. Em especial, quanto à sua efetividade como recurso capaz de minimizar as restrições à racionalidade plena do processo decisório que são indicadas pelos modelos de tomada de decisão. O foco está em buscar alternativas às deficiências do raciocínio monotônico presentes nos SAD, como consequência inerente às tecnologias empregadas em sua concepção e desenvolvimento. Em razão disso, foi decidido direcionar este trabalho de pesquisa à construção de um modelo de engenharia do conhecimento para integrar o raciocínio não-monotônico aos SAD, e assim oferecer um instrumento mais efetivo no auxílio aos processos cognitivos desenvolvidos pelo decisor no âmbito de uma tomada de decisão organizacional. Para tal, entretanto, seria imprescindível identificar os princípios que dariam sustentação à concepção e ao desenvolvimento deste modelo desejado.

Assim, para levantar as alternativas a serem consideradas na construção do modelo, primeiramente foi feita uma revisão bibliográfica sobre as diferentes abordagens dos pesquisadores das áreas de teoria do raciocínio, lógica e raciocínio computacional. Desta forma, percebeu-se que os princípios que fundamentam a Teoria do Raciocínio de Peirce, somada à representação do conhecimento com o uso de uma ontologia, poderiam ser aplicados para embasar a criação do modelo que permitisse aos Sistemas de Apoio a Decisão oferecer suporte ao gestor, inclusive com recursos para o desenvolvimento do raciocínio não-monotônico.

A teoria de Charles Sanders Peirce preconiza que o processo de concepção de hipóteses é também um raciocínio lógico e que são três os tipos de inferência: a dedução, a indução e a abdução. Para Peirce, a concepção de hipóteses é um raciocínio lógico que antecede as inferências dedutivas e indutivas e, as três, juntas, compõem as funções essenciais da mente cognitiva (PEIRCE, 1972). O raciocínio abdução é a inovação apresentada por ele, pois, até então, a lógica e a teoria do

conhecimento tradicional reconheciam apenas os raciocínios dedutivo e indutivo. Ele chamou a abdução de inferência sintética por meio da qual são formadas hipóteses explicativas que são adotadas probatoriamente. É uma forma de raciocínio caracterizada por estudar fatos de interesse e então buscar a invenção de uma teoria capaz de explicá-la. Enquanto a dedução preocupa-se em provar algo que deve ser, a indução preocupa-se em mostrar que algo é probatório naturalmente, e a abdução está interessada na sugestão de que algo pode ser. A abdução é, portanto, um mecanismo para descobrir e formular hipóteses ou suposições, antes de sua confirmação ou negação, possibilitando se inferir daquilo que se sabe algo que ainda não se conhece, e assim fazer avançar a fronteira atual do conhecimento.

Trata-se, portanto, de uma característica que sinalizava certa convergência teórica com os requisitos conceituais dos Sistemas de Apoio a Decisão, sobretudo naquilo que se refere aos recursos relativos à geração de cenários e à simulação e seleção de alternativas relacionadas ao domínio de um processo decisório. Um indicativo que, entretanto, ainda representava uma lacuna nas pesquisas até então realizadas. É neste contexto que se estabeleceu o desenvolvimento deste trabalho, no qual buscou-se explorar a teoria preconizada por Charles Peirce, associada ao uso da ontologia como forma de representação do conhecimento relativo ao domínio de uma aplicação. Assim, pretendia-se viabilizar e integrar o raciocínio não-monotônico às funcionalidades analíticas dos Sistemas de Apoio a Decisão, de forma a atenuar os fatores indicados pelos modelos de tomada de decisão como restritivos à racionalidade plena nos processos decisórios.

## 1.1 O PROBLEMA DE PESQUISA

O problema de pesquisa está na deficiência da capacidade semântica que dá sustentação às funcionalidades analíticas exigidas dos Sistemas de Apoio a Decisão. Ela é decorrente da limitação ao raciocínio monotônico a eles imposta pelas tecnologias e conceitos empregados na sua concepção e desenvolvimento. Tal limitação implica na pouca efetividade destes como recurso capaz de atenuar os fatores de restrição à racionalidade plena do processo decisório, o que, por consequência, leva a uma funcionalidade apenas parcial quanto ao suporte nos processos cognitivos desenvolvidos pelo gestor, e intrínsecos à tomada de decisão organizacional.

## 1.2 A PERGUNTA DE PESQUISA

Como tornar os SADs sistemas de conhecimento aplicáveis em situações de tomada de decisão em que se verifica alteração no quadro de verdades a partir de novos fatos e conclusões?

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

Propor um modelo de engenharia do conhecimento para integração do raciocínio não-monotônico à capacidade semântica de suporte às funcionalidades analíticas dos Sistemas de Apoio a Decisão, de forma a capacitá-los para o auxílio aos processos cognitivos previstos nos modelos de tomada de decisão, e que são desenvolvidos pelo gestor num processo decisório organizacional.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

Como objetivos específicos têm-se:

- Identificar os principais modelos de tomada de decisão organizacional existentes na Teoria da Decisão contemporânea ;
- Reconhecer nos modelos de tomada de decisão as variáveis, dificuldades e restrições relevantes relacionadas ao processo decisório;
- Identificar as tecnologias de suporte ao processo decisório e à gestão do conhecimento nas organizações atuais;
- Descrever e sistematizar as bases sobre as quais é sustentada a capacidade semântica dos Sistemas de Apoio a Decisão atuais;
- Interpretar e classificar as ferramentas e formalismos de representação do conhecimento e raciocínio nos sistemas de informação;
- Apontar alternativas para o tratamento da não-monotonicidade em sistemas computacionais;
- Especificar os requisitos de um modelo cuja capacidade semântica incorpore o suporte ao raciocínio não-monotônico e que impacte no processo cognitivo relacionado à tomada de decisão;
- Formular um modelo para viabilizar a integração do raciocínio não-monotônico à capacidade semântica de suporte às funcionalidades analíticas dos Sistemas de Apoio a Decisão;

- Constatar a validade do modelo formulado com o desenvolvimento de uma aplicação experimental relacionada à gestão de cursos de pós-graduação em Instituições de Ensino Superior-IES, envolvendo:
- a) a especificação dos requisitos de um SAD para tal finalidade na Universidade Regional de Blumenau;
  - b) a produção de uma base de conhecimentos, com vistas a formalizar o conhecimento do domínio da aplicação;
  - c) verificar a aplicabilidade e utilidade do modelo, por meio de simulações de raciocínio não-monotônico, realizadas com o emprego de um protótipo de SAD cuja concepção seja fundamentada no modelo formulado e que utilize a ontologia criada como sua base de conhecimentos.

#### 1.4 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA DO TRABALHO

O processo de tomada de decisão nas organizações, que já foi no passado frequentemente marcado pela insuficiência de informações para seu suporte, é agora, na era da informação e do conhecimento, revestido de uma avalanche de dados, informações e conhecimentos disponíveis. Toda esta abundância, entretanto, por si só não representa um insumo significativo à desejada qualificação do processo decisório organizacional. Para que isto seja possível, ao contrário, elas terão que desenvolver habilidades e dispor de instrumentos adequados. A questão central passou a estar, portanto, na viabilização deste objetivo, ou seja, em como extrair deste cenário subsídios para enriquecer o processo e qualificar a decisão.

Os modelos de tomada de decisão, por sua vez, indicam a existência de dois fatores dificultadores para que a organização possa efetivamente explorar tais circunstâncias e delas tirar proveito. A primeira dificuldade refere-se à tarefa de transformar as enormes bases de dados acumuladas em fontes de informação e conhecimento a serem exploradas; e a outra diz respeito ao processo cognitivo relacionado à análise e ao julgamento desse conhecimento pelo gestor. A segunda refere-se às limitações da capacidade de inteligência e de percepções da mente humana para considerar e tratar a totalidade dos aspectos de valor e de conhecimento que podem ter importância num processo decisório. Ambas são apontadas nos referidos modelos como restrições à racionalidade plena desejada num processo decisório.

Dentre os instrumentos de que as organizações dispõem para tartar estas restrições estão os Sistemas de Apoio a Decisão. Eles

compõem uma classe de sistemas que fornece funcionalidades úteis aos gestores, com recursos que permitem comparar, analisar, simular e apoiar a seleção de alternativas com base na geração de cenários que envolvem um significativo número de variáveis relacionadas ao domínio de um processo decisório. São sistemas com características tecnológicas diferenciadas, sobretudo no que se refere à sua funcionalidade analítica sustentada por modelos de referência e à intensa interatividade com o usuário, além de serem construídos para utilização específica.

A ampla maioria dos Sistemas de Apoio a Decisão, entretanto, emprega o raciocínio monotônico como mecanismo básico sobre o qual sustenta sua capacidade semântica, como pode ser observado no Quadro 4. Esta característica impõe a eles limitações importantes, tornando-os inaplicáveis como suporte efetivo para muitos dos processos cognitivos desenvolvidos pelo gestor na solução de problemas do mundo real. Essas restrições estão relacionadas, sobretudo, à inexistência de recursos que permitam revisão de crenças ou proposições e à impossibilidade de lidar com o conhecimento dinâmico, incerto ou incompleto, circunstâncias comumente presentes nos processos decisórios, como indicado pelos modelos de tomada de decisão.

É justamente neste cenário que se assenta a justificativa deste trabalho, ou seja, nos aspectos relacionados ao raciocínio não-monotônico nos Sistemas de Apoio a Decisão. Em especial, quanto à busca de sua efetividade como recurso capaz de minimizar as restrições à racionalidade plena do processo decisório indicadas pelos modelos de tomada de decisão. Pretende-se aqui viabilizar alternativas às deficiências do raciocínio monotônico presentes nos SAD, já que esta é uma consequência inerente às tecnologias empregadas em sua concepção e desenvolvimento. Em razão disso, decidiu-se voltar este trabalho de pesquisa à construção de um modelo de engenharia do conhecimento para integrar o raciocínio não-monotônico aos SAD, e assim oferecer um instrumento mais efetivo no auxílio aos processos cognitivos desenvolvidos pelo decisor no âmbito de uma tomada de decisão organizacional realizada no contexto da era da informação e do conhecimento.

Já no que se refere a relevância do presente trabalho, deve ser destacado que o desenvolvimento de mecanismos computacionais inteligentes representa uma das frentes principais das atuais pesquisas para a concretização dos sistemas de conhecimento. A proposição de um modelo que indique a forma de incorporar o raciocínio não-monotônico na capacidade semântica dos SAD será uma contribuição

nesta direção, com destaque para sua importância nos reflexos sobre as funcionalidades analíticas exigidas desta classe de sistemas. Ademais, registre-se a valia destes instrumentos como facilitadores para o processo de tomada de decisão e para a gestão do conhecimento nas organizações.

#### **1.4.1 Ineditismo**

A originalidade do trabalho está no modelo de integração do raciocínio não-monotônico e da ontologia à capacidade semântica de sustentação às funcionalidades analíticas dos Sistemas de Apoio a Decisão.

#### **1.4.2 Contribuição Teórica**

A contribuição teórica é a criação de um modelo de engenharia do conhecimento para incorporar o raciocínio não-monotônico nos mecanismos de sustentação às funcionalidades analíticas dos Sistemas de Apoio a Decisão-SAD e, por meio dele, auxiliar o gestor nos processos cognitivos desenvolvidos no contexto da tomada de decisão.

### **1.5 ESCOPO E LIMITAÇÕES**

- Está no escopo do trabalho apenas o Sistema de Apoio a Decisão (excluindo-se as demais categorias e tipos de sistemas de informação);
- O modelo não se vincula diretamente a nenhum modelo de tomada de decisão específico. Trata-se de um modelo de engenharia do conhecimento que visa atenuar os fatores restritivos à racionalidade plena do processo decisório; os quais são indicados de forma recorrente nos vários modelos de tomada de decisão investigados, e que são próprios das organizações da era da informação e do conhecimento;
- As inferências que sustentam o suporte às funcionalidades analíticas são restritas àquelas que dizem respeito ao raciocínio não-monotônico, e que com ele são viabilizáveis computacionalmente;

### **1.6 ASPECTOS METODOLÓGICOS**

#### **1.6.1 Metodologia**

A primeira etapa do trabalho constitui-se de uma revisão bibliográfica para investigar os três pontos focais do trabalho, que são o Processo de Tomada de Decisão, os Sistemas de Apoio a Decisão e; o Raciocínio e Conhecimento Computacional, em especial no que se refere às teorias que lhes dão suporte. A investigação permitiu levantar o estado da arte nestas áreas. Complementarmente, identificou-se as bases sob as quais são sustentadas as funcionalidades semânticas dos SAD contemporâneos. Este levantamento percorreu trabalhos publicados entre os anos de 2005 e 2009. Os produtos desta etapa correspondem aos seis primeiros objetivos específicos do presente trabalho, conforme anteriormente descritos.

A segunda etapa refere-se à construção de um modelo conceitual, e envolveu dois momentos distintos. O primeiro momento foi a caracterização dos requisitos de um modelo de engenharia do conhecimento que permitisse integrar o raciocínio não-monotônico aos mecanismos de sustentação à capacidade semântica dos Sistemas de Apoio a Decisão. Essa etapa foi realizada com base nos resultados do levantamento da primeira etapa. O segundo momento diz respeito à formulação do modelo com os componentes necessários para viabilizar tal integração. Os produtos desta etapa correspondem ao sétimo e oitavo objetivos específicos do trabalho.

Na etapa conclusiva da pesquisa foi realizada a avaliação do modelo formulado por meio de uma aplicação experimental. Ela está relacionada à gestão de cursos de pós-graduação *stricto sensu* em Instituições de Ensino Superior-IES brasileiras e foi desenvolvida numa instituição universitária que oferece tais cursos, tendo sido executada em três passos. Inicialmente foram especificados os requisitos de um Sistema de Apoio a Decisão com tal finalidade. O segundo passo correspondeu a criação de uma base de conhecimentos na qual está formalizado o conhecimento do domínio da aplicação. E no último passo foi verificada a aplicabilidade e utilidade do modelo, através da realização de ensaios e simulações que envolvem o raciocínio não-monotônico, com o emprego de um protótipo de SAD que teve sua concepção baseada no modelo formulado e cuja base de conhecimento é a ontologia criada no passo anterior.

No que se refere à gestão da pós-graduação *stricto sensu* como área de aplicação, a escolha deve-se à familiaridade que o pesquisador tem com a mesma, uma vez que foi conselheiro da Câmara de Pesquisa, Pós-Graduação e Extensão do Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão-CEPE da Universidade

Regional de Blumenau-FURB por mais de nove anos. Quanto à base de conhecimento a ser utilizada, ela refere-se aos cursos de pós-graduação existentes na mesma Universidade, e foi escolhida por dois motivos fundamentais: 1) representa o conhecimento do domínio da aplicação e; 2) foi parcialmente desenvolvida pelo autor na disciplina de Desenvolvimento de Ontologias, cursada durante o doutoramento.

### **1.6.2 Classificação Tipológica**

Os tipos de pesquisa podem ser classificados de diferentes formas, variando de acordo com o enfoque dado pelo autor. Esses enfoques envolvem aspectos diversos, tais como interesses, condições, campos, metodologia, situações, objetivos, objetos de estudo etc. (MARCONI; LAKATOS, 2002, p. 19). As formas clássicas de classificação são baseadas na natureza, na forma de abordagem, nos objetivos e nos procedimentos técnicos relacionados à pesquisa.

No que se refere especificamente à classificação do presente trabalho de pesquisa, ele igualmente pode ser feito de diferentes formas. Quanto a sua natureza, pode ser considerado como uma pesquisa aplicada (ou tecnológica), já que objetiva gerar conhecimento para aplicação prática dirigida à solução de problemas específicos que ocorrem na realidade e que são de interesse local (BETTIO, 2007)(MARCONI; LAKATOS, 2002).

Já no que toca à questão da abordagem do problema, ela pode ser classificada como uma pesquisa qualitativa. Uma categoria caracterizada por considerar a relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, isto é, um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito, que não pode ser traduzido em números (MINAYO, 2007). Quanto à este tipo de pesquisa, afirmam Silva e Menezes (2005, p.20):

A interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados são básicas no processo de pesquisa qualitativa. Não requer o uso de métodos e técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é o instrumento-chave. É descritiva. Os pesquisadores tendem a analisar seus dados indutivamente. O processo e seu significado são os focos principais da abordagem.

Considerando-se prioritariamente os objetivos da investigação, a mesma pode ser considerada uma pesquisa exploratória, uma categoria marcada pela busca de maior familiaridade com um problema com vistas a torná-lo explícito ou a construir hipóteses. Para Oliveira (2007), trata-se de um tipo de pesquisa que desenvolve estudos que dão uma visão geral do fato ou fenômeno estudado, em geral realizado quando o tema escolhido é pouco explorado e que por vezes se constitui num primeiro passo para a realização de outra pesquisa mais aprofundada.

## 1.7 A PESQUISA NO PROGRAMA

O Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento da UFSC está enquadrado pela CAPES-Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior na área Interdisciplinar, a qual, por sua vez, pertence a uma grande área denominada de Multidisciplinar. Seu objeto de pesquisa é o processo de criação, codificação, gestão e disseminação de conhecimento, sendo sua estrutura dividida em três áreas de concentração: Engenharia do Conhecimento, Gestão do Conhecimento e Mídia e Conhecimento.

A multidisciplinaridade refere-se à reunião de especialistas de diferentes áreas, ou atividades de mais de uma área, necessariamente com um viés comum e articulados cooperativamente. A pesquisa multidisciplinar é uma investigação que cruza várias especialidades, para então estudar um assunto específico ou, nas palavras de Japiassu, “é aquela que propõe o estudo de saberes e especialidades diferentes para estudar o objeto de uma única disciplina” (JAPIASSU, 2006, p.39).

Já a interdisciplinaridade é a interação entre duas ou mais disciplinas para planejar e orientar um processo de pesquisa. Trata-se de um contraponto para superar a especialização da ciência e superar a fragmentação do conhecimento em diversas áreas de pesquisa. O que justifica um estudo interdisciplinar é a complexidade do problema a ser investigado, para o qual o conhecimento restrito a uma única disciplina não daria conta. Sua aplicação na ciência, leva ao surgimento de novas disciplinas agregadoras com as quais é possível compreender fenômenos que seriam incompreensíveis se considerados a luz dos conhecimentos de apenas uma área. Para Cordioli (2002), a interdisciplinaridade “corresponde à produção ou processo de relações entre saberes, a partir de uma disciplina ou de um tema, sem as limitações de domínios ou

objetos impostos pela especialização das ciências. A característica básica de uma ação interdisciplinar é a de pesquisador, estudioso, professor ou aluno que, ao explorar um tema, recorre a conceitos e instrumentos de outras áreas do conhecimento ou disciplina” (CORDIOLLI, 2002, p.19).

Deve-se registrar, entretanto, que no caso do programa EGC/UFSC, a inter e multidisciplinaridade não dizem respeito apenas à sua classificação pela CAPES, mas são intrínsecas a própria natureza de sua área do conhecimento, a qual têm suas bases teórico-metodológicas fundamentadas em diferentes disciplinas. Tal entendimento aparece inclusive expresso no documento que fundamentou a instalação do referido programa:

Os conjuntos de conhecimentos atualmente disponíveis ainda não são suficientes para sustentar uma área científica exclusiva, estruturada e unívoca. Neste sentido, é fundamental que se identifique as disciplinas e suas respectivas contribuições na formação do arcabouço teórico-metodológico desta nova área de conhecimento. A Engenharia e Gestão do Conhecimento utilizam conceitos, modelos, métodos e técnicas, desenvolvidas por várias disciplinas, compondo um crescente corpo de conhecimentos que, passo a passo, está se constituindo em base teórico-metodológica para uma área científica. Dentre essas disciplinas, podemos citar: as ciências cognitivas, da educação, da informação, da administração e organizacionais, assim como as tecnologias de gestão, informação, computação e de comunicação (PROPOSTA, 2003, p.22).

Já no que se refere à natureza multi e interdisciplinar do presente trabalho de pesquisa, elas são flagrantes, na medida em que a mesma cruza o conhecimento abrigado em várias áreas do saber para estudar uma questão específica. Ela está nos Sistemas de Apoio a Decisão, mais pontualmente nas limitações destes como suporte aos processos cognitivos desenvolvidos pelo gestor no processo de tomada de decisão devido ao emprego do raciocínio monotônico como mecanismo de sustentação a sua capacidade semântica. A investigação é igualmente interdisciplinar, pois é processada com forte interação entre estas

múltiplas áreas do saber, notadamente da Administração, da Lógica, dos Sistemas de Informação e da Ciência da Computação.

Na Lógica, uma ciência de caráter matemático e de vínculo íntimo com a filosofia, sobretudo na Teoria do Raciocínio, buscou-se os instrumentos capazes de viabilizar a inferência diferenciada na capacidade semântica de suporte às funcionalidades analíticas dos Sistemas de Apoio a Decisão. Da área da Ciência da Computação, em especial da subárea da Inteligência Artificial, vêm os insumos relacionados às questões de representação do conhecimento e raciocínio computacional, requisitos essenciais nos modelos e sistemas de engenharia do conhecimento. Da Administração, notadamente da Teoria das Decisões, buscou-se as técnicas quantitativas que visam ajudar o tomador de decisão tanto a sistematizar o problema de decisão, como a solucioná-lo. Nesta área, o interesse especial do estudo esteve na perspectiva cognitiva e na racionalidade envolvida no processo decisório e no comportamento do gestor diante dele. Já na área de Sistemas de Informação reside o ponto focal e básico do presente trabalho, uma vez que os Sistemas de Apoio a Decisão representam uma de suas classes. Esta área empresta conceitos, modelos, métodos, técnicas e ferramentas, presentes tanto no desenvolvimento do modelo aqui proposto, como também na construção da aplicação que objetiva a validação deste modelo.

Já no que toca à aderência do presente trabalho à área de concentração do programa EGC, é flagrante sua relação com a Engenharia do Conhecimento-EC. A moderna EC, inserida no contexto da era da informação e do conhecimento, tornou-se um instrumento à disposição da gestão do conhecimento nas organizações. Para tanto, passou a focar na identificação de como as organizações desenvolvem, distribuem e aplicam os recursos de conhecimento e, então, buscar fornecer instrumentos úteis para a sua gestão. Este entendimento é manifestado explicitamente em Santos, Pacheco e Fialho (2006), os quais afirmam que são três os objetivos da nova Engenharia do Conhecimento: 1) Fornecer ferramentas para a gestão do conhecimento organizacional; 2) Apoiar o trabalhador do conhecimento e; 3) Construir melhores sistemas de conhecimento. Certamente o objeto deste trabalho guarda perfeita sintonia com estes três objetivos.

Finalmente, deve ser destacada a vinculação do tema do presente trabalho às linhas de pesquisa e aos domínios científicos que o Programa de Engenharia e Gestão do Conhecimento contempla. Ela está presente tanto em relação à linha Engenharia do Conhecimento Aplicada às Organizações como em relação à linha Teoria e Prática da Gestão do

Conhecimento. A primeira preocupa-se com a concepção, desenvolvimento e implantação de soluções da Engenharia do Conhecimento – a exemplo do modelo aqui proposto; enquanto a segunda linha objetiva estudar a teoria e prática da gestão do conhecimento nas organizações e suas relações com a engenharia do conhecimento – como é o caso dos Sistemas de Apoio a Decisão e seus modelos de conhecimento e mecanismos de suporte às funcionalidades analíticas.

## 1.8 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este documento está dividido em sete capítulos distribuídos em conformidade com a sequência apresentada a seguir.

Neste primeiro capítulo é feita uma apresentação geral da pesquisa desenvolvida. Estão expostas as razões que levaram à escolha do tema e à sua problematização, bem como os objetivos da pesquisa, suas limitações e escopo, além dos aspectos e procedimentos metodológicos nela envolvidos.

Os capítulos 2, 3 e 4 referem-se à fundamentação teórica da tese, nela são abordados e discutidos os assuntos relacionados aos três pontos basilares que compõem o seu escopo, cada qual abordado num capítulo específico. O Capítulo 2 representa o referencial teórico relacionado ao processo decisório organizacional. No Capítulo 3 estão os aspectos relacionados aos Sistemas de Informação. Já o Capítulo 4 apresenta as questões relacionadas à representação do conhecimento e o raciocínio computacional.

No Capítulo 5 é apresentada a proposta de um modelo de engenharia do conhecimento para viabilizar a integração do raciocínio não-monotônico à capacidade semântica de suporte às funcionalidades analíticas dos Sistemas de Apoio a Decisão.

O Capítulo 6 apresenta a validação do modelo formulado, com a descrição do desenvolvimento da aplicação experimental realizada com tal finalidade.

No Capítulo 7 estão mostradas as conclusões do trabalho e as recomendações para trabalhos futuros.



## CAPÍTULO 2 - PROCESSO DECISÓRIO

Tomar decisão é um ato inerente ao comportamento humano pois é requisito à sua própria sobrevivência. Pessoas precisam decidir no seu cotidiano diante das mais diferentes situações e variados problemas. Trata-se de um processo de pensamento e ação, que consiste em escolher dentre duas ou mais alternativas, aquela que se entende ser a melhor para alcançar um propósito, um objetivo almejado ou, ainda, transpor uma dificuldade. Para isto, elas utilizam-se de suas experiências, conhecimentos, habilidades, crenças, valores e filosofias como instrumentos norteadores para fazer o julgamento e a opção.

No âmbito das organizações, empresas e instituições de toda ordem, o processo de tomada de decisão também está presente, e igualmente tem a intencionalidade de escolher uma entre as várias alternativas para a realização de uma ação capaz de transpor obstáculos ou alcançar objetivos, considerando-se os possíveis reflexos presentes e futuros que esta escolha pode causar. Nas organizações, o nível do sucesso depende fundamentalmente de funções gerenciais, tais como planejamento, direção e controle, todas impregnadas de processos contínuos de tomada de decisão. Neste contexto, entretanto, o processo desenvolve-se de modo mais formal e transparente e, possivelmente, está relacionado a problemas mais amplos e complexos, envolvendo mais pessoas e diferentes níveis funcionais. Nas organizações, a tomada de decisão é intrínseca a todo o seu processo de gestão. Neste sentido afirmam Gontijo e Maia (2004) :

Tomar decisões é algo crucial para as organizações. Esta atividade acontece todo o tempo em todos os níveis, e influencia diretamente a *performance* da organização. Sua importância é bastante clara e pode ser percebida empiricamente, ao analisar-se a organização. De fato, é impossível pensar a organização sem considerar a ocorrência constante do processo decisório (GONTIJO; MAIA, 2004, p.14).

Por muito tempo, entretanto, a tomada de decisão foi vista como uma arte. Uma arte para a qual o talento era desenvolvido ao longo do tempo, com aprendizado através da experiência, ou ainda pelo uso da intuição do gestor. Estilos e abordagens pessoais eram aplicados na solução dos problemas nas organizações. A decisão era guiada pela

criatividade, julgamento, intuição e experiência, sem aplicação ou relação com métodos quantitativos sistêmicos frutos de uma abordagem científica (TURBAN et al., 2007, p. 9).

Gradualmente, todavia, a arte foi dando lugar à ciência e a razão. Foi a partir da segunda metade do século XX que a teoria das decisões desenvolveu-se mais intensamente, sofrendo influência de diversas áreas, em especial da administração, sociologia e antropologia (MEROI; SALMÉN, 2005). Pesquisadores passaram a desenvolver estudos para analisar e compreender o processo decisório nas organizações. São investigações que buscam explicar o processo, focando nos tipos de decisão, na sua natureza, nas suas fases, variáveis e aspectos relevantes. Como resultado, modelos foram propostos numa tentativa de representar a abstração da realidade e, através deles, viabilizar uma maior estruturação e sistematização do mesmo.

## 2.1 MODELOS DE TOMADA DE DECISÃO

Os conceitos de tomada de decisão e racionalidade passaram a estar fortemente agregados, formando o que se convencionou denominar, primeiramente, de modelo de decisão racional (SIMON, 1971). Neste modelo “a racionalidade reside no ajuste do comportamento do decisor a um sistema integrado, mediante uma visão panorâmica das alternativas, a consideração das consequências da escolha e a escolha criteriosa de uma alternativa” (GONTIJO; MAIA, 2004). Assim, o processo decisório desenvolve-se de forma que o tomador de decisão faz escolhas consistentes, lógicas e otimizadas, observando as restrições impostas e ciente de suas consequências. Para Robbins e Decenzo (2004), um processo perfeitamente racional seria revestido de objetividade e lógica plena, no qual o problema estaria perfeita e cuidadosamente definido e existiria uma meta específica clara, de tal forma que as suas etapas levariam seguramente à escolha da alternativa que maximiza a referida meta. Para Pavesi (1978), o modelo racional pressupõe que o decisor “tem um conhecimento claro a respeito de seu sistema de preferências e suas alternativas, sobre o comportamento dos elementos do universo em questão, de uma forma de medir estes elementos, de uma metodologia suficientemente rigorosa para chegar a apreciações razoavelmente aceitáveis e de uma quantidade adicional de variáveis, elementos e métodos para esta medição”. Semelhante é o entendimento manifestado por Bazerman (2004), o qual enfatiza as etapas envolvidas no processo. Para ele, um processo racional de decisão “subentende que o decisor

segue seis fases de um modo totalmente racional, isto é, ele (1) define o problema perfeitamente, (2) identifica todos os critérios, (3) pondera acuradamente todos os critérios segundo suas preferências, (4) conhece todas as alternativas relevantes, (5) avalia acuradamente cada alternativa com base em cada critério, e (6) calcula as alternativas com precisão e escolhe a de maior valor percebido” (BAZERMAN, 2004, p.5). O Quadro 1, adaptado de Robbins e Decenzo (2004), sintetiza as suposições de racionalidade que compõem o modelo do processo de decisão racional.

<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>V</b>	<b>VI</b>	<b>VII</b>
<b>O problema é claro e inequívoco</b>	<b>Uma meta única e bem definida deve ser alcançada</b>	<b>São conhecidas todas as alternativas e consequências</b>	<b>As preferências são nítidas</b>	<b>As preferências são constantes e estáveis</b>	<b>Não existe nenhuma restrição de tempo ou de custo</b>	<b>A escolha final maximizará a recompensa</b>

Quadro 1 - Suposições do Processo Perfeitamente Racional

Fonte: Robbins e Decenzo (2004, p.81)

Não obstante ao reconhecido mérito do modelo racional, que está, sobretudo, na obviedade da intencionalidade da busca do comportamento humano racional nas organizações e, também, dele representar um ideal de tomada de decisão, sua aplicação é frequentemente inviável diante da complexidade da realidade. Para Robbins e Decenzo (2004), em se tratando das suposições de racionalidade, a dificuldade está no fato de que muitas vezes estas não se mantêm verdadeiras, uma vez que o nível de certeza necessário pelo modelo raramente existe. Neste sentido afirmam os autores:

A certeza infere que um gerente pode tomar uma decisão precisa porque o resultado de cada alternativa é conhecido. No mundo real, sabemos que esse não é o caso. A maioria dos gerentes, portanto, precisa tentar atribuir probabilidades aos resultados que podem surgir. Esse processo é conhecido como lidar com risco. Quando tomadores de decisão não têm pleno

conhecimento do problema e não conseguem determinar nem mesmo uma probabilidade razoável de resultados alternativos, eles precisam tomar sua decisão sob uma condição de incerteza (ROBBINS; DECENZO, 2004, p. 81).

Mas não é só na incerteza que reside a inviabilidade da utilização plena do modelo racional nas organizações. A racionalidade requer um conhecimento completo e antecipado para o julgamento e opção entre todas as possíveis alternativas. Na prática, porém, a tarefa fica condicionada também à capacidade limitada da mente humana de considerar a totalidade dos aspectos de valor, conhecimento e comportamento que poderiam ter importância num processo decisório. Bazerman (2004) afirma que limitações de inteligência e de percepções representam restrições à capacidade do tomador de decisões de identificar a solução e tomar as decisões ótimas que o modelo racional pressupõe. Como consequência apenas uma fração de todas as alternativas possíveis é considerada pelo decisor (SANTOS; WAGNER, 2008). Restrições relacionadas a tempo e custo igualmente podem limitar a racionalidade plena no processo decisório das organizações.

A partir do modelo racional, e também das suas dificuldades de aplicação, modelos alternativos de tomada de decisão foram e são criados. De forma geral, esses modelos são mais flexíveis e adaptáveis à realidade organizacional, enquanto igualmente buscam permitir aos tomadores de decisão fazer a melhor opção de escolha, o fazem considerando a existência de limites e dificuldades impostos ao processo. Alguns deles são os modelos Carnegie, Incremental, Administrativo, Organizacional e Político.

O Modelo Carnegie entende a organização como uma coalizão de interesses diversos, e os processos decisórios como acordos entre vários de seus decisores. Os decisores são gestores de diferentes funções e áreas que trazem ao processo seus objetivos, interesses e preferências. A seleção de uma opção surge de acordos entre os decisores e pela aprovação da coalizão dominante. O modelo assume a limitada disponibilidade de informações e alternativas, a incapacidade de processamento para assimilar todas as informações e, ainda, a aceitabilidade da escolha de uma opção considerada satisfatória para a organização. Ele não preconiza um processo neutro com regras claras e objetivas, mas defende que as regras vão sendo estabelecidas ao longo do próprio processo decisório, baseadas nos objetivos e interesses dos gestores nele envolvidos. Ainda assim, o estilo Carnegie de tomada de

decisão é racional no sentido de que os gerentes agem intencionalmente para encontrar a melhor solução para alcançar seus objetivos (RASKIN, 2003).

O Modelo Incremental contrapõe-se à abordagem racional, pois trata o processo de tomada de decisão como um exercício prático de solução de problemas por tentativas e erros. Nele, não é buscada uma avaliação compreensiva de todas as possíveis alternativas, mas, em vez disso, é considerado um subconjunto familiar de opções apropriadas. A busca é concluída ao se entender que uma alternativa aceitável foi alcançada. Experiências anteriores formam a base para as decisões incrementais. A preocupação central é produzir uma análise ampla sobre as características do processo de tomada de decisão, o qual é visto como um processo contínuo, sem um princípio e fim bem definidos e com limites um tanto incertos. Girão et al. (2000) registram que nesse modelo não existe apenas uma decisão correta, e sim uma série de tentativas selecionadas por análises e avaliações, nas quais as ações são tratadas de forma flexível e continuada, até alcançar o grau almejado. Já Raskin (2003) afirma que no modelo incremental o administrador escolhe cursos de ação alternativos, que diferem incrementalmente daqueles aplicados no passado.

O Modelo Administrativo é uma descrição de como deve ser a tomada de decisão em situações difíceis, como no caso das não-programadas ou aquelas revestidas de incertezas e ambiguidades (DAFT, 1997). As suposições do modelo são:

1. As metas de decisão são, em geral, vagas, conflitantes, e não existe consenso entre os gestores. É comum eles não estarem cientes dos problemas e oportunidades que existem na organização.
2. Os procedimentos racionais não são aplicados sempre e, se forem, estão restritos a uma visão simplista do problema, o que não contempla a complexidade dos eventos organizacionais.
3. A busca das alternativas pelos gestores é parcial, por causa dos limites cognitivos humanos e pelas restrições de informações e recursos.
4. A maioria dos gerentes se satisfaz com uma solução satisfatória, sem maximizá-la, em parte porque têm somente um critério vago do que constitui maximizar uma solução.

Para Daft (1997), o Modelo Administrativo apenas descreve a decisão tomada, quando deveria dizer “como fazê-lo”. Afirma ele:

O modelo administrativo é considerado descritivo, o que significa que ele descreve

como os gerentes realmente tomam decisões em situações complexas, em vez de ditar como eles *deveriam* tomar decisões de acordo com uma teoria ideal. Este modelo reconhece as limitações humanas e ambientais que afetam o grau em que os gerentes podem adotar um processo racional de tomada de decisão (DAFT, 1997, p. 169).

O Modelo Organizacional, por sua vez, é derivado do Modelo Racional. Sua característica principal está na ênfase dada à necessidade de se tomar decisão num cenário adverso. Ele assume que a adversidade está na incompletude de informações, na pressão do tempo e no conflito entre preferências dos decisores quanto aos objetivos organizacionais. O modelo pressupõe que uma solução ótima pode não ser alcançada diante deste cenário, e por isto aceita uma decisão “mais adequada possível”, ainda que não ótima. Neste aspecto reside a diferença fundamental dele para o modelo racional (MACIEL et al., 2006). O Modelo Organizacional sugere também a participação de um maior número de gestores nos processos de tomada decisão. O entendimento é de que mais pessoas pensando uma solução faz com que a racionalidade limitada seja atenuada, aumentando o grau de certeza acerca da decisão.

Já no Modelo Político, é a política que norteia a decisão, motivo pelo qual é vista como produto de um jogo político. Neste jogo, diferentes jogadores ocupam as posições e exercem sua influência usando seu poder de barganha. A racionalidade do modelo está no fato de que os jogadores mais fortes definem as regras e são também eles que marcam os pontos. Não é estabelecida, entretanto, uma única racionalidade inflexível, e as decisões são permeáveis às variações decorrentes do jogo. Pereira e Barbosa (2007), afirmam que as ações e decisões podem ser analisadas com base nas respostas a uma sequência de quatro perguntas: 1) Quem são os jogadores?; 2) Quais as posições dos jogadores?; 3) Qual a influência de cada jogador?; 4) Como a posição, a influência e os movimentos de cada jogador combinam-se para gerar decisões e ações? Já Camargo (2009), destaca a vulnerabilidade do modelo político às influências externas, o que torna difícil levar em consideração as informações trazidas previamente pelos gestores, pois “algo maior acaba vigorando no processo decisório e nos rumos da organização”.

## 2.2 A ERA DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO

A transição para o novo milênio foi marcada por mudanças rápidas e de grande impacto na sociedade, resultando no que se convencionou denominar de era da informação e do conhecimento (Sociedade do Conhecimento, Era do Conhecimento, Era Virtual, Era da Máquina Inteligente e Era Pós-Capitalista, entre outros, são denominações alternativas também empregadas). Neste novo ambiente, as facilidades proporcionadas pelas tecnologias da informação e da comunicação permitem que uma pessoa possa se comunicar ou acessar informações disponíveis em qualquer outro lugar do planeta, bastando dispor de uma linha telefônica e um computador. Igualmente os computadores passaram a explorar as novas tecnologias da comunicação, e com elas foram interligados, criando redes com as quais viabilizam a troca de dados. Tais circunstâncias representaram a eliminação de distâncias geográficas e espaços físicos entre países, regiões, pessoas e organizações, tendo os computadores constituído-se em canais para a disseminação e compartilhamento da informação.

As consequências imediatas deste novo cenário foram o aumento exponencial do volume de informações produzidas e disponibilizadas, seguido pelo desencadeamento de um intenso processo de globalização. Estes desdobramentos tiveram diferentes impactos na sociedade, uma vez que trouxeram transformações de ordem econômica, política e social. Neste sentido, afirmam Lastres e Albagli (1999):

A mudança de paradigma inaugura uma nova era tecno-econômica, envolvendo a criação de setores e atividades; novas formas de gerar e transmitir conhecimentos e inovações; produzir e comercializar bens e serviços; definir e implementar estratégias e políticas; organizar e operar empresas e outras instituições públicas e privadas (de ensino e pesquisa, financiamento, promoção etc.). Dentre outras exigências associadas, destacam-se ainda novas capacitações institucionais e profissionais, assim como mecanismos para mensurar, regular e promover as atividades econômicas (LASTRES; ALBAGLI, 1999, p.27).

A característica fundamental da nova era está na intensidade e dinâmica da criação de conhecimento novo e sua acelerada disseminação, incorporação e uso. O conhecimento passou a definir, mais do que qualquer outro fator, as oportunidades de desenvolvimento, pois tornou-se o recurso estratégico principal. O mundo passou a ser marcado pela rápida migração de idéias e pelo uso intensivo de conhecimento. A incorporação deste conhecimento novo, por sua vez, resultou num continuado processo de inovação e num desenvolvimento tecnológico acelerado. O trinômio conhecimento, tecnologia e inovação passou a ter importância determinante nas sociedades contemporâneas.

### **2.2.1 Reflexos nas Organizações**

No contexto das organizações, a evolução acompanhou a mesma trajetória vivenciada pela sociedade, no sentido de que o conhecimento passou a ser o recurso estratégico fundamental e sobre o qual se assenta seu diferencial competitivo. Já as tecnologias da informação e comunicação representam os instrumentos de suporte, responsáveis pelo dinamismo das interligações em rede; pela coleta, registro, armazenamento e troca de dados e; pela conversão destes dados em informação e esses em conhecimento. Para Santos (2004), são três os fatores que passaram a ser decisivos para a sobrevivência das organizações na nova era: o conhecimento, os seus relacionamentos internos e os seus relacionamentos externos.

O conjunto destes elementos, por sua vez, estabelece um ambiente de permanente inovação e propulsiona o desenvolvimento tecnológico. Estas circunstâncias deram origem a um novo cenário para o qual as organizações precisam se adaptar. Quanto aos reflexos deste cenário, afirma Lastres (2004):

Com a difusão do novo padrão, desenvolvem-se novas práticas e formatos de produção, comercialização e consumo de novos e antigos bens e serviços, de cooperação e competição entre os agentes, de circulação e de valorização do capital. Todos estes são crescentemente intensivos em informação e conhecimento e apoiam-se em novas competências, novos aparatos e tecnologias, novas formas de inovar e organizar o processo produtivo, exigindo também a necessidade de novas abordagens. Este processo

é acompanhado de mudanças significativas tanto nas organizações produtoras de bens e serviços (como por exemplo o surgimento das empresas virtuais), como naquelas encarregadas de atividades de ensino, pesquisa e desenvolvimento, política, financiamento, etc. (LASTRES, 2004, p.5).

O conhecimento, portanto, tornou-se um importante ativo organizacional. Trata-se de um ativo intangível, ou um capital intelectual, que passou a ter mais valor do que os ativos tangíveis tradicionais. Drucker (1993) afirma que o conhecimento não é mais apenas um recurso, ao lado daqueles usualmente conhecidos, como trabalho, capital e terra, mas sim o único recurso significativo atualmente. E complementa o autor, afirmando que é este o fato que tornou a nova sociedade singular. Nesta condição, por consequência, reside a motivação da crescente importância que as organizações passaram a dar ao conhecimento e à eficiência de sua gestão, já que é por meio dele que elas mantêm-se competitivas.

### 2.3 GESTÃO DO CONHECIMENTO

O conceito de Gestão do Conhecimento-GC foi criado na década de noventa, na esteira do surgimento da era da informação e do conhecimento. Desde então vários autores têm apresentado variantes para a definição de Gestão do Conhecimento.

Davenport e Prusak (1998) estabelecem um vínculo direto entre conhecimento, processos e objetivos organizacionais e, com base neste, apresentam sua definição. Afirmam os autores: “a gestão do conhecimento pode ser vista como uma coleção de processos que governa a criação, disseminação e utilização do conhecimento para atingir plenamente os objetivos da organização”. Semelhante é o entendimento de Silva, Soffner e Pinhão (2004), para os quais a GC “é o conjunto de processos e meios para se criar, utilizar e disseminar conhecimento dentro de uma organização”.

Outros autores preferem destacar a relação dos processos com os retornos e resultados para a organização. Para Stewart (2002), “fazer GC é identificar o que se sabe; captar e organizar esse conhecimento; e utilizá-lo de modo a gerar retornos”. Enquanto para Bukowitz e

Williams (2002), “gestão do conhecimento é o processo pelo qual a organização gera riquezas, a partir de seu capital intelectual”.

Já para Nonaka e Takeuchi (1995), a chave da GC está em ampliar “organizacionalmente” o conhecimento criado pelos indivíduos, de forma a cristalizá-lo como parte da rede de conhecimentos da organização. Um processo que, segundo eles, “se desenvolve dentro de uma “comunidade de interação” em expansão, a qual atravessa níveis e fronteiras interorganizacionais” (NONAKA; TAKEUCHI, 1995, p. 65). Este processo, por sua vez, envolve a conversão e interação contínua entre duas formas de conhecimento, o tácito e o explícito. A Figura 1 ilustra as quatro formas de conversão dos conhecimentos tácito e explícito preconizadas pelos autores.



Figura 1 - Conversões de Conhecimento

Fonte: Nonaka e Takeuchi (1995)

Pode-se observar, portanto, que para os autores são quatro os modos de interação, os quais resultam na criação de diferentes formas de conhecimento organizacional. A Socialização consiste no compartilhamento de experiências, e dela a criação de conhecimento tácito comum, como modelos mentais ou habilidades técnicas compartilhadas. Ainda segundo eles, este processo pode não envolver uma linguagem, como no caso dos aprendizes que trabalham com seus mestres e aprendem de forma direta através da observação e imitação. A Externalização é um processo de articulação do conhecimento tácito em conceitos explícitos, sendo normalmente provocado pelo diálogo ou pela

reflexão coletiva. É a chave para a autêntica criação do conhecimento organizacional, na medida em que explicita o conhecimento tácito, apresentando-o na forma de metáforas, analogias, conceitos e modelos. A Combinação é a sistematização de conceitos em um sistema de conhecimento. Por meio dele os indivíduos trocam e combinam conhecimentos, levando à reconfiguração das informações existentes através de sua categorização, classificação ou acréscimo. Com eles as organizações especificam, padronizam e operacionalizam visões organizacionais, conceitos de negócios, produtos etc. O quarto modo de interação é a Internalização, um processo de incorporação do conhecimento explícito no conhecimento tácito. O conhecimento é assimilado pelos indivíduos sob a forma de modelos mentais ou *know-how* técnico compartilhado. Para sua viabilização é necessária a verbalização e diagramação do conhecimento na forma de manuais, documentos, tutoriais etc. Este processo geralmente está relacionado com aprender fazendo.

A partir dos entendimentos expressados pelos autores supra citados, é possível derivar um conceito genérico de gestão do conhecimento capaz de abranger as diversas abordagens. Neste sentido, é possível afirmar que o termo refere-se a um conjunto de processos e ações sistemáticas que envolve: 1) a identificação, coleta, organização e retenção do conhecimento; 2) a aplicação, compartilhamento e renovação do conhecimento pelos setores e pessoas da organização; 3) a facilitação do fluxo para utilização do conhecimento pelas pessoas, de forma a contribuir com a eficácia e eficiência de suas ações, buscando viabilizar os objetivos organizacionais.

### **2.3.1 Requisitos e Condições Ambientais**

O processo de valorização da gestão do conhecimento nas organizações implica na criação de ambiente adequado para tal. O requisito básico preliminar é a transformação da gestão do conhecimento numa estratégia organizacional, com o envolvimento e apoio de todos os seus indivíduos e o respaldo dos seus gestores. Soma-se a estes aspectos a existência de uma adequada infra-estrutura de tecnologias da informação e comunicação.

Neste sentido, Sveiby (1998) indica os aspectos fundamentais relacionados ao processo. Segundo ele, os elementos que compõem a base da GC podem ser sintetizados no conhecimento, no talento e na criatividade dos indivíduos que integram a organização; na interação

destes indivíduos pela formação de equipes e líderes; pelo apoio de uma adequada estrutura de tecnologia da informação e comunicação-TIC e, ainda, pelos relacionamentos internos (socialização da organização) e externos (com clientes, fornecedores e extensivos à sociedade como um todo).

A atenção ao conjunto destes elementos e ações resulta no estímulo à criação de um ambiente favorável à aquisição, compartilhamento e uso do conhecimento, seja este originário das interações internas entre os indivíduos da organização ou externamente a ela. Sua implementação entretanto, registram inúmeros autores, representa um desafio, especialmente devido a obstáculos relacionados à interação entre indivíduos. Neste sentido afirma Cislighi (2008):

Um desses desafios está nas estruturas altamente hierarquizadas, nas quais o processo de comunicação entre setores e os funcionários neles lotados, que deveriam operar em plena sintonia e colaboração, se dá através dos canais oficiais situados em níveis hierárquicos superiores. Tais protocolos dificultam interações que possam propiciar a criação contínua de conhecimento. Um segundo desafio é as estruturas funcionais, segundo as quais as empresas organizam-se como conjuntos de unidades funcionais verticais isoladas umas das outras, em operações paralelas, com pouca interligação (CISLAGHI, 2008, p. 88).

Ainda quanto às dificuldades relacionadas à interação e comunicação, a tendência é pela adoção por parte das organizações de um modelo de gestão com reduzido número de níveis hierárquicos, somado ao estímulo do trabalho interfuncional, na forma de times, células, grupo de trabalho etc. São iniciativas que visam acentuar o comportamento participativo, ao mesmo tempo em que minimizam as dificuldades relacionadas ao processo de comunicação e agilizam o processo de gestão. Neste sentido afirmam Angeloni e Dazzi (2004):

Não podemos mais separar os integrantes da organização em seres que executam e em seres que pensam, as organizações necessitam que os indivíduos que as compõem, independentemente da sua posição, contribuam com idéias, com criatividade e inovação, que tenham uma postura

de aprendizagem contínua, pois as organizações aprendem através dos seus indivíduos. O ambiente comunicativo irá proporcionar a interação entre os indivíduos possibilitando a troca de experiências e conhecimento (ANGELONI; DAZZI, 2004, p.49)

### **2.3.2 Processo Decisório Organizacional**

Enquanto o processo de tomada de decisão foi no passado frequentemente marcado pela insuficiência de informações para seu suporte, na era da informação e do conhecimento, ao contrário, ele é caracterizado por uma avalanche de informação disponível. A questão central passou a ser, portanto, o seu uso adequado, no sentido de extrair subsídios para enriquecer o processo e qualificar a decisão. Assim, é premente que as organizações desenvolvam tal competência, construindo mecanismos capazes de transformar dado em informação e informação em conhecimento útil ao decisor.

Igualmente importante é o envolvimento das pessoas no processo, ampliando as perspectivas de análise e promovendo interpretações distintas desta abundância de informações. Assim, a decisão passa a ser um processo coletivo multirracional, uma vez que permite a participação de diferentes indivíduos na coleta e na interpretação das informações relacionadas ao domínio da decisão em questão. Neste sentido afirma Angeloni (2003):

A tomada de decisão nas organizações vai exigir cada vez mais trabalhos em equipe e maior participação das pessoas. O trabalho em equipe coloca em evidência os procedimentos de diálogo baseados na idéia de que, em uma organização, a comunicação deve ser estimulada visando ao estabelecimento de um pensamento comum. O estabelecimento de um pensamento comum consiste em considerar o ponto de vista de cada um, para que as decisões tomadas nas organizações tenham um nível de qualidade superior. O processo decisório passa então do nível individual para o nível de equipe. A tomada de decisão que envolve um maior número de pessoas tende a resultados mais qualificados, aumentando o conhecimento da situação de

decisão, amenizando, pela agregação de informações e conhecimentos, as distorções da visão individualizada (ANGELONI, 2003, p.20).

É relevante registrar, ainda, que o aumento constante da quantidade de dados disponíveis nas organizações atuais, sejam eles surgidos na forma de registros armazenados nos repositórios relacionados aos seus sistemas de informação internos, sejam aqueles externos a ela, por si só não representam insumos significativos ao processo decisório. São apenas dados brutos, dos quais somente uma parte será convertida em informação e, então, em conhecimento potencialmente útil ao processo decisório. Assim, ainda que haja uma quantidade significativa de informação e conhecimento disponíveis para enriquecer tal processo, eles estão “submersos num mar de dados”, fazendo com que as organizações tenham que desenvolver habilidades para dali extraí-los. Os elementos dado, informação e conhecimento e suas interrelações com os processos de comunicação e decisão são mostrados da Figura 2, adaptada de Angeloni (2003).



Figura 2 - Elementos Intervenientes na Tomada de Decisão  
Fonte Angeloni (2003)

Como pode ser observado na Figura 2, dado, informação e conhecimento compõem uma cadeia. Nela, o dado é a matéria-prima da informação e a informação, por sua vez, a matéria-prima do conhecimento. Ao longo desta cadeia acontece uma agregação de valor que é fundamental ao processo decisório. Adicionalmente, pode-se ver que há uma representação de fluxo dos elementos, indicando que eles

não devem ficar apenas na cabeça dos indivíduos, mas, pelo contrário, compartilhados através de um adequado sistema de comunicação. As informações e os conhecimentos devem circular interna e externamente na organização, exigindo uma infra-estrutura tecnológica adequada para tal. Só assim ela disporá de dados, informações e conhecimentos de qualidade e em tempo hábil para dar suporte à tomada de decisão (ANGELONI, 2003, p.21).

### 2.3.3 O Suporte da Tecnologia

As tecnologias da informação e da comunicação têm importância fundamental na gestão do conhecimento, pois são seus habilitadores (SILVA; SOFFNER; PINHÃO, 2004). Elas são essenciais desde o simples registro e armazenamento dos dados até a transformação deles em informação e conhecimento, e a integração destes ao processo decisório. Adicionalmente, delas depende o compartilhamento da informação e do conhecimento no tempo e no espaço, além da viabilização dos interrelacionamentos entre os indivíduos da organização.

Dentre as tecnologias utilizadas pelas organizações, estão ferramentas para trabalho em grupo, inúmeros tipos de sistemas de informação (com destaque para os sistemas de informação baseados em conhecimento), uma variedade de meios de comunicação, tais como correio eletrônico, INTRANET, redes de telefonia e comunicação de dados etc. Dalfovo (2007), afirma que a seleção das ferramentas a serem empregadas, constitui um desafio no processo de implantação da gestão do conhecimento nas organizações e que, por isto, ela deve ser precedida de um planejamento no qual sejam consideradas as práticas e a cultura específica das mesmas. Já Zanchett et al. (2005), relacionam algumas das tecnologias da informação e comunicação que afirmam comporem o conjunto daquelas mais comumente adotadas atualmente para suporte à gestão do conhecimento nas organizações empresariais. O Quadro 2 sintetiza a relação apresentada pelos autores.

Tecnologia	Características
ERP - Enterprise Resource Planning	Sistemas de informação que integram todos os dados e processos de uma organização em um único sistema. Tem como objetivo maior a integração da organização em seus diversos níveis funcionais através do armazenamento de informações colhidas em todos os

	seus setores.
CTI - Cumputer Telephone Integration	Tecnologia para integrar computadores e sistemas telefônicos. Transfere ao computador os controles relacionados a uma central telefônica da organização e oferece recursos de comunicação para interligar telefones, dispositivos móveis, celulares, emails, fax etc. O computador pode identificar, encaminhar e responder chamadas; responder com mensagens gravadas; associar chamadas com dados e informações disponíveis nas bases de dados e sistemas de informação existentes na organização.
CRM - Customer Relationship Management	Sistema de gestão do relacionamento com o consumidor. É uma estratégia que as empresas usam para melhor informar-se sobre as necessidades e os comportamentos dos clientes e desenvolver relações mais estreitas com eles;
Mineração de Dados ( <i>Data Mining</i> )	Um processo analítico automatizado para explorar grandes bases de dados e revelar regras e padrões significativos e levar a descoberta de conhecimento relevante à organização;
Data Warehouse	Armazém de Dados: processo de integração dos dados corporativos em um repositório. Permite coletar, padronizar, agrupar e explorar dados oriundos de bases de dados dispersas numa organização;
Ferramentas de Groupware	Trabalho em Grupo: tecnologias eletrônicas que dão suporte ao trabalho colaborativo interpessoal;
Ferramentas de Workflow	Fluxo de Trabalho: sistemas cujo objetivo é auxiliar as organizações na especificação, execução e monitoramento do fluxo de trabalho em um determinado ambiente;
Hipermídia Adaptativa	Sistemas, arquiteturas, métodos e técnicas capazes de promover a adaptação de hiperdocumentos e hipermídia, em geral, às expectativas, necessidades, preferências e desejos de seus usuários;
RBC - Raciocínio Baseado em Casos	Uma técnica que se baseia na busca de solução para uma situação atual através de comparação da mesma com uma experiência passada semelhante. Constitui uma tecnologia ou know-how baseado em experiência, capaz de possibilitar que algum novo problema enfrentado por um certo usuário seja confrontado com um banco de conhecimentos formado por situações prévias – especialmente organizado e denominado de base de casos;
Sistemas de Informação de Apoio Gerencial	Ferramentas computacionais de apoio à decisão.

Quadro 2 - Tecnologias da Informação e Conhecimento para suporte a GC  
 Fonte: Adaptado de Zanchett et al. (2005)

Além das tecnologias relacionadas no Quadro 2, outras são também encontradas de forma recorrente nas fontes pesquisadas. Algumas destas são: Sistemas Especialistas, Redes Neurais, Portais Corporativos e Comunidades de Prática. Os Sistemas Especialistas são sistemas caracterizados por armazenar vasto conhecimento acerca de uma área específica e possuir um mecanismo de inferência que possibilita responder a questionamentos e justificar suas conclusões, simulando, para tal, o raciocínio de um especialista humano (HEINZLE, 1995, p.8). A Rede Neural é uma tecnologia que utiliza um modelo matemático inspirado na estrutura cerebral dos circuitos neurais biológicos de organismos vivos inteligentes. As Comunidades de Prática são formadas por um grupo de pessoas que compartilham o interesse comum por um determinado assunto, no qual aprofundam seu conhecimento pela aprendizagem coletiva através da interação continuada entre os membros. Elas se apóiam em recursos das tecnologias da informação e comunicação para o intercâmbio de informação e conhecimento. Já os portais Corporativos objetivam centralizar o acesso a dados e à informação através de uma interface tipo Web, com vários níveis de trabalho (acesso, segurança, aplicações, indexação etc) (SILVA; SOFFNER; PINHÃO, 2004).

## 2.4 ENGENHARIA DO CONHECIMENTO

O termo Engenharia do Conhecimento-EC tem sua origem na Inteligência Artificial, estando inicialmente vinculado à construção de sistemas especialistas, em especial ao processo de aquisição e codificação do seu conhecimento. Logo, porém, seu escopo foi ampliado para abranger outras tecnologias e abordagens à codificação do conhecimento, também desenvolvidas dentro da IA, tais como os Sistemas de Raciocínio Baseado em Casos-RBC, as Redes Neurais, entre outros.

Posteriormente, entretanto, já no contexto da era da informação e do conhecimento, a Engenharia do Conhecimento tornou-se um instrumento à disposição da gestão do conhecimento nas organizações. Para tanto, passou a focar na identificação de como as organizações desenvolvem, distribuem e aplicam os recursos de conhecimento e, então, buscam fornecer ferramentas úteis para a sua gestão. Quanto a este processo de evolução, afirmam Santos, Pacheco e Fialho (2006):

A moderna Engenharia do Conhecimento, ao contrário da sua primeira geração, não está centrada na codificação como extração direta de conhecimento de especialistas e sim como um processo de modelagem e representação de conhecimento explícito. A relação com a IA se dá apenas em nível de projeto e desenvolvimento da solução de conhecimento proposta.

Atualmente, a EC é a chave da sociedade da era da informação e do conhecimento, pois é a ela que cabe o desenvolvimento de técnicas, métodos e ferramentas para a formalização, codificação e gestão do conhecimento (STUDER et al., 2000). Para Santos, Pacheco e Fialho (2006), são três os objetivos da nova Engenharia do Conhecimento:

- 1) Fornecer ferramentas para a gestão do conhecimento organizacional;
- 2) Apoiar o trabalhador do conhecimento;
- 3) Construir melhores sistemas de conhecimento.

Assim, é correto afirmar que hoje as áreas de Engenharia e Gestão do Conhecimento têm muitos pontos em comum e são complementares em seus objetivos. Ambas entendem o conhecimento como elemento central à tomada de decisão e reconhecem o seu valor como gerador de riquezas das organizações. Adicionalmente, elas relacionam-se fortemente em seus objetivos, pois enquanto é tarefa da EC fornecer à Gestão do Conhecimento-GC metodologias e técnicas de construção de sistemas de conhecimento; é dever da GC oferecer à EC aprendizados para que esta produza soluções adequadas. Para Pacheco, Santos e Fialho (2006), a Engenharia do Conhecimento permite identificar oportunidades e gargalos em como as organizações desenvolvem, distribuem e aplicam recursos de conhecimento, fornecendo ferramentas para a gestão do conhecimento organizacional. Ainda quanto à relação das duas áreas, complementam os autores que a EC é um “instrumento à disposição da Gestão do Conhecimento para prover sistemas capazes de efetivar a codificação e preservação do conhecimento organizacional, conforme diretrizes da GC”

## 2.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora as várias abordagens da tomada de decisão presentes em cada um dos modelos citados apresentem algumas divergências quanto aos enfoques e níveis de atenção nos aspectos e variáveis relevantes no processo, há pontos de convergência flagrantes. Todas as propostas evidenciam a preocupação com duas questões centrais: 1) quanto à minimização do grau de incerteza do decisor, com a disponibilização de informação e conhecimento adequado relativo ao domínio da decisão e sobre o próprio processo decisório; 2) quanto à potencialização da capacidade cognitiva do(s) decisor(es), no sentido de reconhecer as limitações da capacidade de inteligência e de percepções da mente humana para considerar e tratar a totalidade dos aspectos de valor e de conhecimento que podem ter importância num processo decisório. Nesta segunda questão, os modelos aduzem também a influência do tempo de que dispõe o decisor para fazer sua opção por uma decisão.

Ademais, deve ser registrado que os modelos citados representam apenas uma parte daqueles encontrados no referencial teórico investigado. Foram destacados aqueles que são citados de forma recorrente pelos diversos autores, pois observou-se que é expressiva a quantidade de propostas surgidas recentemente, possivelmente como reflexo dos novos paradigmas que afetam a sociedade nas quais as organizações atuais estão inseridas (FERREIRA, 2005, p.37). Outros modelos podem ser encontrados em (PEREIRA; BARBOSA, 2007), (RASKIN, 2003), (SHIMIZU, 2001) e (SANTOS; WAGNER, 2008).



## CAPÍTULO 3 - SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

Um Sistema de Informação-SI pode ser definido como um conjunto de componentes integrados e interdependentes que interagem para coletar, organizar, processar, armazenar, recuperar e distribuir dados e informações numa organização. Ele envolve recursos humanos e tecnológicos, tendo como objetivo apoiar a organização para alcançar seus objetivos, oferecendo suporte e auxílio aos seus controles, planejamento, coordenação, gestão do conhecimento e processos decisórios. Segundo O'Brien (2004), os Sistemas de Informação desempenham três papéis vitais principais em qualquer tipo de organização: 1) Suporte de seus processos e operações; 2) Suporte na tomada de decisões de seus funcionários e gerentes, e 3) Suporte em suas estratégias em busca de vantagem competitiva.

Os sistemas de informação evoluíram ao longo do tempo, sempre aproveitando-se do avanço das tecnologias disponíveis, o que permitiu o desenvolvimento de novas aplicações e diferentes maneiras de tratar as informações. Assim, enquanto os primeiros sistemas de informação computadorizados tinham como interesse maior apenas explorar o computador para facilitar e dar maior rapidez em tarefas rotineiras, hoje suas exigências são ampliadas para incorporarem uma perspectiva de negócios. A Figura 3, adaptada de O'Brien (2004), sintetiza a expansão acumulativa dos papéis dos sistemas de informação computadorizados nas organizações empresariais, ao longo de sua história.

A tecnologia hoje disponível permite o desenvolvimento de sistemas de informação de diferentes tipos e com características específicas para oferecer suporte aos diversos setores e níveis hierárquicos de uma organização. Embora eles ainda continuem fazendo coisas básicas como o processamento de transações, guardarem registros e fornecerem relatórios e informativos, sua evolução aperfeiçoou o uso e a disseminação das informações, elevando-os a uma condição de ferramenta estratégica. Não se trata, portanto, apenas de um aglomerado de tecnologias de apoio as operações, ou mesmo à tomada de decisão, mas sim de um instrumento fundamental, que ajuda a organização a adotar estratégias e processos, e do qual depende sua sobrevivência na dinâmica era da informação e do conhecimento.

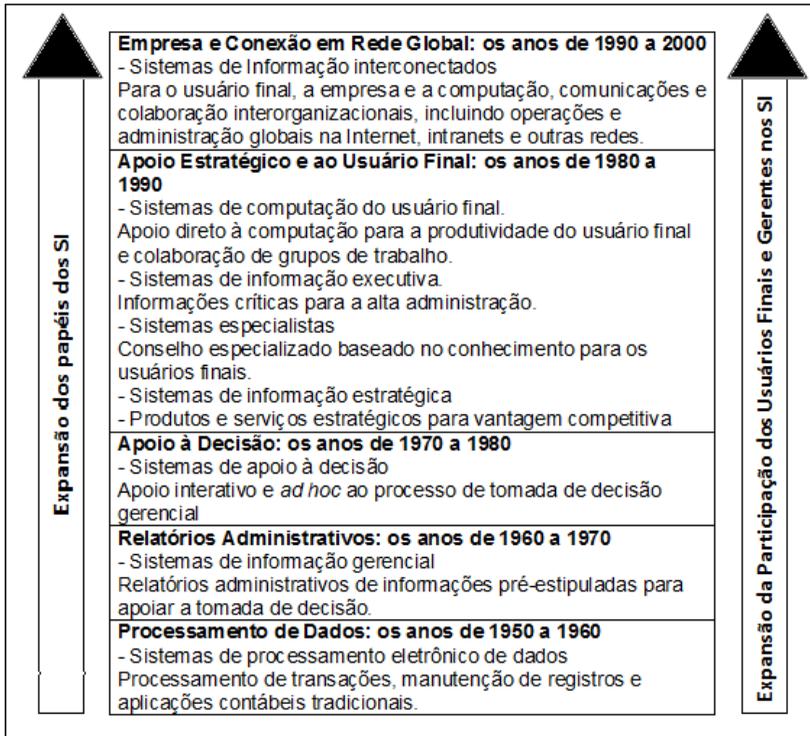


Figura 3 - Expansão dos Papéis dos Sistemas de Informação

Fonte: O'Brien (2004, p.27)

### 3.1 CLASSIFICAÇÃO DOS SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

O estágio de desenvolvimento tecnológico atual permite construir sistemas de informação para diferentes interesses, finalidades, especialidades e níveis de uma organização. Eles têm características e aplicações diferenciadas, com base nas quais os autores apresentam suas formas de categorização. Em geral, estas fundamentam-se em dois critérios: 1) pelo nível hierárquico organizacional ao qual atendem ou, 2) pelas funcionalidades que oferecem e papéis que desempenham nas operações da organização. Embora exista relativa convergência, não há acordo total entre as diversas classificações identificadas nas fontes investigadas.

Para Laudon e Laudon (1996), todos os SI de uma organização podem ser agrupados em quatro tipos, com base nos níveis

organizacionais para os quais são dirigidos. São eles: sistemas do nível operacional; do nível de conhecimento; do nível gerencial e; do nível estratégico. Sistemas de nível operacional são aqueles que dão suporte ao monitoramento das atividades e transações elementares da organização, os seus procedimentos mais rotineiros. Sistemas de nível de conhecimento são aqueles que dão suporte aos trabalhadores do conhecimento, têm como finalidade integrar conhecimentos novos aos negócios, além de auxiliar no controle do fluxo de documentos. Os sistemas de nível gerencial são aqueles relacionados à monitoração, controle, tomada de decisão e atividades administrativas dos gerentes médios. Sistemas de nível estratégico auxiliam o gerente *senior* a planejar suas atividades, inclusive o planejamento de longo prazo. Adicionalmente, os autores apresentam uma classificação para as categorias específicas de sistemas que contemplam cada um destes níveis organizacionais. O Quadro 3, apresenta de forma sintética as propostas dos autores.

Tipos de sistemas	de entrada	de Processamento	de saída	de Usuários	Nível
Sistema de Suporte Executivo	Dados agregados	Gráficos; simulações; interativos	Projeções, respostas às perguntas	Gerentes senior	Estratégico
Sistema de Suporte a Decisão	Baixo volume de dados; modelos analíticos	Interativo; simulações; análises	Relatórios especiais; análise da decisão; resposta às perguntas	Profissionais e gerentes de <i>staff</i>	Nível gerencial
Sistema de Informação Gerencial	Restumo dos dados; alto volume dos dados; modelos simples	Relatórios rotineiros; modelos simples; análise de baixo nível	Sumários e relatórios de exceção	Gerentes médios	Nível gerencial
Sistema Especialista	Especificação de projeto; base de conhecimento	Modelagem; simulações	Modelos; gráficos	Profissionais; <i>staff</i> técnico	Nível conhecimento
Sistema de Automação de Escritório	Documentos	Documentos; gerenciamento; particionamento; comunicação	Documentos; mail	Trabalhadores de escritório	Nível conhecimento
Sistema de Processamento de Transações	Transações; eventos	Classificação; listagem; junção; atualização	Relatórios detalhados; listas; sumários	Pessoal de operações; supervisores	Nível operacional

Quadro 3 - Classificação e Características dos SI

Fonte: Laudon e Laudon (1996, p. 42)

Já para O'Brien e Marakas (2007), os SI devem ser classificados de forma a destacar os papéis principais que desempenham nas operações e na gestão da organização. A classificação, segundo os autores, é conceitual e composta por dois grandes grupos: 1) Os Sistemas de Apoio às Operações e; 2) Os Sistemas de Apoio Gerencial.

Em cada um destes dois grandes grupos, por sua vez, existem três categorias específicas de sistemas. Além destas categorias específicas, há ainda uma outra, denominada de Sistemas e Processamento Especializado, na qual estão aqueles que podem estar relacionados a qualquer um dos dois grandes grupos, pois podem dar suporte tanto para aplicações operacionais como para gerenciais. A Figura 4, adaptada de O'Brien e Marakas (2007), ilustra a classificação proposta.

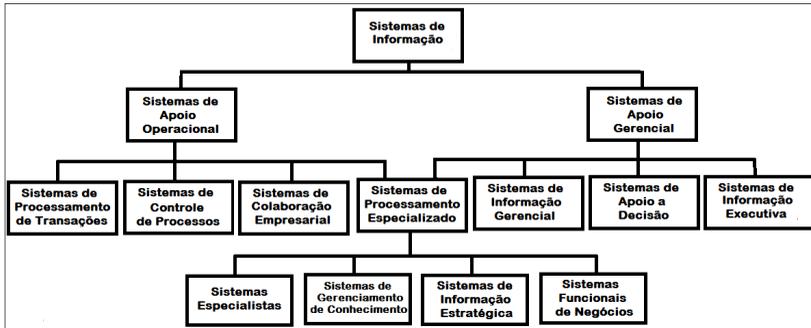


Figura 4 - Classificação dos Sistemas de Informação

Fonte: O'Brien e Marakas (2007, p.14)

Segundo os autores, os Sistemas de Apoio Operacional são caracterizados por produzirem uma “diversidade de resultados de informação para uso interno e externo” e estão vinculados às atividades rotineiras da organização. É o tipo mais antigo dos SI, sendo utilizados na automação de tarefas repetitivas, não dando ênfase à produção de resultados de informação específicos de interesse dos gestores (processamento adicional pelos Sistemas de Apoio Gerencial é normalmente necessário para tal finalidade). Neste grande grupo estão os Sistemas de Processamento de Transações, os quais registram e processam dados que resultam das transações de negócios. São sistemas geralmente padronizados, que apóiam as atividades rotineiras e operacionais das organizações e mantêm a maioria dos dados, servindo, entretanto, apenas uma área funcional da organização (PACHECO; SALM, 2010). São exemplos típicos os sistemas de folha de pagamento, controle de estoque e contabilidade, entre outros. Os Sistemas de Controle de Processos monitoram e controlam processos físicos. São comumente encontrados em ambientes de automação industrial. Já os Sistemas de Colaboração Empresarial objetivam apoiar à comunicação e colaboração de times, equipes e grupos de trabalho. Nesta categoria

estão sistemas para vídeo conferências, reuniões eletrônicas, *chats*, entre outros.

Outra categoria de sistemas mencionadas na classificação de O'Brien e Marakas (2007), refere-se àqueles que podem dar suporte tanto operacionais como gerenciais, sendo denominados pelos autores de Sistemas de Processamento Especializado, como mostra a Figura 4. Compõem esta categoria quatro tipos de sistemas: Sistemas Especialistas, Sistemas de Gerenciamento de Conhecimento, Sistemas de Informação Estratégica e Sistemas Funcionais de Negócios. Os Sistemas Especialistas são caracterizados por armazenar vasto conhecimento acerca de uma área específica e possuir um mecanismo de inferência que possibilita responder a questionamentos e justificar suas conclusões, simulando, para tal, o raciocínio de um especialista humano (HEINZLE, 1995, p.8). São usados para fornecer assessoria especializada, podendo servir como consultores técnicos aos usuários. Os Sistemas de Gerenciamento de Conhecimento são aqueles baseados em conhecimento que suportam a criação, a organização e a disseminação do conhecimento dentro de uma organização. Os Sistemas de Informação Estratégica são aqueles que suportam operações ou processos de gerência que fornecem a uma organização produtos e serviços estratégicos e condições para a vantagem competitiva (O'BRIEN; MARAKAS, 2007, p.17). São exemplos os sistemas de pregão eletrônico, rastreamento de embarque, entre outros. O último tipo desta categoria são os Sistemas Funcionais de Negócio. São sistemas que suportam uma variedade de aplicações operacionais e gerenciais das funções básicas do negócio de uma organização. Entre eles estão sistemas de informação para apoiar aplicações contábeis, financeiras, de marketing, entre outros.

No grande grupo dos Sistemas de Apoio Gerencial estão aqueles que se concentram em informar e dar suporte ao processo de tomada de decisão. São três categorias de sistemas: 1) Sistemas de Informação Gerencial; 2) Sistemas e Informação Executiva, e; 3) Sistemas de Apoio a Decisão. Na primeira categoria estão os sistemas que fornecem informação na forma de relatórios e telas pré-especificados que são úteis ao processo decisório. São exemplos os sistemas de relatórios de vendas, desempenho da produção, tendência de custos, entre outros Os Sistemas de Informação Executiva “fornecem aos gestores, de modo muito interativo e flexível, acesso à informação geral para a gestão da organização” (PACHECO; SALM, 2010). Ela é obtida de variadas fontes, internas e externas, e apresentada em exposições amigáveis,

oferecendo textos e gráficos destacando áreas-chaves do desempenho organizacional (O'BRIEN; MARAKAS, 2007, p.16).

### 3.2 SISTEMAS DE APOIO A DECISÃO

Os Sistemas de Apoio a Decisão-SAD são sistemas de informação que objetivam fornecer instrumentos ou subsídios úteis aos gestores das organizações no processo de tomada de decisão. São sistemas computadorizados que oferecem recursos que permitam comparar, analisar, simular e apoiar a seleção de alternativas com base na geração de cenários que envolvem um significativo número de variáveis relacionadas ao domínio de um processo decisório. Possuem características tecnológicas diferenciadas e utilização específica, aspectos que os distinguem de outros tipos de sistemas de informação.

Laudon e Laudon que, diferentemente dos demais autores, os chama de "Sistemas de Suporte à Decisão - DSS", afirma tratar-se de uma classe de sistemas que ajuda os gestores a tomarem decisões em situações ou problemas que são semi ou não-estruturadas, únicos ou sujeitas a mudanças rápidas. Para os autores, estes sistemas auxiliam o executivo principalmente nas etapas de desenvolvimento, comparação e classificação de riscos, fornecendo subsídios úteis para a escolha de uma alternativa por meio da geração de múltiplos cenários de informações. De acordo com estes autores tal funcionalidade é obtida pela combinação de dados e modelos analíticos sofisticados no sistema. Embora outros tipos de sistemas de informação também auxiliem de várias formas o processo de tomada de decisão, os DSS formam uma classe específica de sistemas, devido a cinco características que os diferenciam dos demais, Laudon e Laudon (2001, p. 27):

1. Oferece aos usuários flexibilidade, adaptabilidade e respostas rápidas;
2. Permite aos usuários iniciar e controlar as entradas e saídas;
3. Opera com pouca ou nenhuma assistência de programadores profissionais;
4. Oferece suporte para decisões e problemas para os quais as soluções não podem ser especificadas previamente;
5. Usa análises sofisticadas e ferramentas de modelagem.

Turban, Mclean e Wetherbe (2004) também mencionam a utilização combinada de modelos e dados na sua definição de SAD. Para os autores, o SAD é um sistema de informação baseado em computador, que combina modelos e dados na tentativa de resolver problemas semi-estruturados. Embora compartilhem de tal afirmativa, complementam, observando que, na verdade, estes sistemas podem ser vistos mais como uma abordagem ou filosofia do que como uma metodologia precisa, e destaca que não há consenso entre os autores quanto a uma caracterização mais detalhada dos Sistemas de Apoio à Decisão.

Para O'Brien (2002), os sistemas de apoio à decisão são sistemas de informação computadorizados que fornecem apoio aos gestores, e que tratam-se de uma das principais categorias dos sistemas de apoio gerencial. Ele afirma que este apoio se dá de forma interativa, durante o processo de tomada de decisão. O autor registra que os SAD fundamentam-se em modelos de referência como recursos vitais do sistema, para então acrescentar que, uma base de modelos de referência é um componente de software que consiste em rotinas computacionais e analíticas que expressam relações entre variáveis. Outra característica destacada por ele de forma reiterada, é que estes sistemas são capazes de apoiar diretamente os tipos específicos de decisões, observando, inclusive, os estilos e necessidades pessoais de tomada de decisão de cada gerente ou gestor usuário do sistema. Complementa O'Brien (2004, p. 289):

O uso de um sistema de apoio à decisão envolve um processo interativo de modelagem analítica. A utilização de um pacote de software SAD para apoio à decisão, por exemplo, pode resultar em uma série de telas em resposta a mudanças hipotéticas alternativas introduzidas por um gerente. Isso é diferente das respostas por demanda de sistemas de relatórios de informações, uma vez que os gerentes não estão solicitando informações pré-especificadas, mas explorando alternativas possíveis. Por isto, eles não precisam especificar antecipadamente

suas necessidades de informações. Em vez disto, utilizam o SAD para encontrar as informações que precisam para ajudá-los a tomar uma decisão. Essa é a essência do conceito de sistema de apoio à decisão.

Rosini e Palmisano (2003) também registram que a característica maior dos SAD está na utilização de modelos para sustentar a funcionalidade relacionada à capacidade de apoiar a tomada de decisão, de forma interativa, em problemas não estruturados. Para eles, o SAD auxilia o gestor a decidir num cenário de rápidas mudanças, o que dificulta sua especificação durante o avanço do processo. Adicionalmente, afirmam que um SAD é estruturado para que seus usuários trabalhem diretamente em tempo real com seus resultados, o que permite a eles modificar as condições assumidas pelo sistema.

Embora possa ser observada relativa convergência entre os autores quanto à conceituação básica dos SAD, não há consenso quando se busca uma caracterização mais aprofundada destes (TURBAN; MCLEAN; WETHERBE, 2004). Aspectos relacionados à evolução, arquitetura e requisitos recebem diferentes abordagens, e a eles são dados distintas ênfases e graus de importância nas diversas fontes. Questões como estas, entretanto, são aspectos essenciais no âmbito deste trabalho, e precisam ser primeiramente abordadas, já que se trata de princípios que irão nortear seu desenvolvimento.

### **3.2.1 Um Breve Histórico e o Estado da Arte**

As primeiras tentativas de usar suporte computacional no processo de tomada de decisão remontam as décadas de sessenta e setenta, e surgiram no contexto da evolução de duas outras áreas de pesquisa que já estavam em curso. A primeira, eram os estudos teóricos sobre o próprio processo de tomada de decisão organizacional, desenvolvidos no Carnegie Institute of Technology, desde a década de cinquenta. A segunda, eram os trabalhos realizados com sistemas computacionais interativos no MIT-Massachusetts Institute of Technology (POWER, 2002).

Na década de setenta, os estudos e trabalhos relacionadas aos SAD intensificaram-se nas empresas e em vários grupos de pesquisa. Foi em 1971 que pela primeira vez o termo Sistema de Apoio à Decisão

foi usado (TURBAN et al., 2007). Em Gorry e Scottmorton (1971), os autores o criam e argumentam que esta deveria ser a denominação dada aos sistemas de informações para apoio à decisão em problemas semi e não-estruturados, em contraste com o termo "Sistema de Informação Gerencial", que deveria ser empregado para designar os sistemas relacionados a decisões em problemas estruturados. Assim, neste período, os SAD eram caracterizados apenas como sistemas computacionais interativos que apoiam o processo decisório relacionado a problemas considerados não estruturados.

Sprague e Watson (1989) afirmam que as discussões ocorridas neste período acabaram resultando na redefinição de SAD pelos pesquisadores e desenvolvedores. Segundo eles, um Sistema de Apoio à Decisão passou desde então a ser definido como “um sistema capaz de dar contribuição ao processo decisório e que possui as seguintes características: 1) é voltado para problemas menos estruturados e especificados, com os quais gestores se deparam; 2) combina o uso de modelos ou técnicas analíticas e funções tradicionais de acesso e recuperação de informações; 3) concentra-se especificamente em recursos que facilitem seu uso por pessoas não especializadas em informática e; 4) enfatiza a flexibilidade e a adaptabilidade para acomodar mudanças no ambiente e na abordagem ao processo decisório. Os mesmos autores também formalizam, em Sprague e Watson (1989), uma proposta de arquitetura para os SAD. Nela, os sistemas são compostos por três subsistemas obrigatórios: o Sistema Gerenciador de Dados, o Sistema Gerenciador de Modelos e o Sistema de Interface; e por dois bancos: o Banco de Dados e o Banco de Modelos. Esta composição deriva do paradigma DDM-Diálogos, Dados e Modelos, e sua visão macro é mostrada na Figura 5.

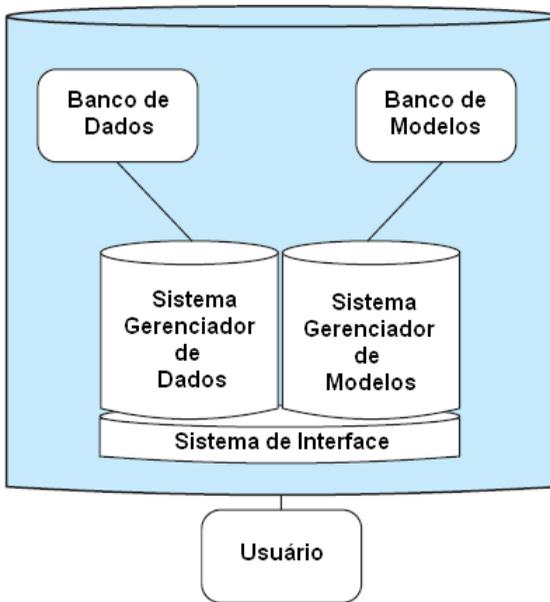


Figura 5 - Arquitetura do SAD  
 Fonte: Sprague e Watson (1989)

Se por um lado as pesquisas e desenvolvimento de SAD eram intensos neste período, merecem registro as dificuldades relacionadas com as tecnologias e plataformas computacionais então disponíveis para estudos ou implantação dos sistemas. Entre estas são citadas, principalmente, as linguagens de programação, os sistemas de banco de dados e os sistemas operacionais existentes. Para Bispo (1998), o obstáculo determinante era a arquitetura dos bancos de dados que dificultava a realização de pesquisas e recuperação de informações. Afirma Bispo (1998):

[...] sempre que era necessária uma análise mais sofisticada nos dados, esta análise era realizada de forma "artesanal", ou seja, os dados eram colecionados, depois formatados, conforme necessário, e só então, eram feitas as análises necessárias, muitas

vezes fora de qualquer sistema computacional (BISPO, 1998, p. 12).

Já Power (2002) aponta os sistemas operacionais e os computadores existentes como fatores dificultadores, e acrescenta a importância do surgimento da microinformática para os SAD. Afirma ele:

Sistemas de Apoio à Decisão computadorizados só tornaram-se práticos com o desenvolvimento dos microcomputadores, sistemas operacionais multitarefa e computação distribuída (POWER, 2002).

Se na história dos SAD os anos sessenta são lembrados pelas primeiras iniciativas dos pesquisadores em utilizar o computador para apoiar o processo de tomada de decisão, e a década de setenta pelo desenvolvimento de sua teoria, os anos oitenta foram marcados por grandes avanços, sobretudo relacionados a quatro aspectos:

- larga incorporação da tecnologia dos Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados, ou SGBD - “softwares que permitem a uma organização centralizar dados, administrá-los eficientemente, e oferece aos programas aplicativos acesso aos dados armazenados. Eles atuam como uma interface entre os programas aplicativos e os arquivos físicos de dados” (LAUDON; LAUDON, 2001, p. 274);
- surgimento da tecnologia *data warehouse*, ou armazém de dados;
- aplicação de técnicas de Inteligência Artificial-IA, como a mineração de dados;
- avanço da microinformática, em especial a popularização do uso das planilhas eletrônicas, que forneceram funções para a construção de modelos e modelagem analítica, úteis para aproveitamento pelos SAD (O'BRIEN, 2002, p. 287).

O sucesso da tecnologia dos SGBD, somado à queda no custo dos dispositivos de armazenamento de dados e ao aumento da capacidade dos computadores, levaram ao rápido crescimento das bases de dados armazenados nas organizações. Como consequência, os métodos tradicionais para análise e extração de informações, baseados na confecção de relatórios, não se mostravam mais apropriados, surgindo a necessidade do desenvolvimento de tecnologias e ferramentas para sumarizar e analisar grandes volumes de dados armazenados, como o

*data warehouse* e a mineração de dados. Um *data warehouse*, ao reunir numa única base de dados padronizada um grande volume de dados originário de diversos sistemas de informação da organização, cria séries históricas que representam eventos passados e que, ao serem cruzadas e exploradas, tornam-se um instrumento útil no processo de tomada de decisão e podem ser explorados pelos SAD.

Power (2002) registra que no final dos anos oitenta surgiram as primeiras tentativas de utilizar técnicas de Inteligência Artificial-IA para potencializar a capacidade dos SAD. Inicialmente técnicas de reconhecimento de padrões e de aprendizagem de máquina foram empregadas. A aprendizagem de máquina é uma sub-área da IA que objetiva o desenvolvimento de mecanismos que permitam ao computador aprender de modo automático, de tal forma que os próprios sistemas possam, por si só, serem capazes de ampliar e aperfeiçoar seu desempenho. Já as técnicas de reconhecimento de padrões referem-se àqueles mecanismos que buscam emular no computador a capacidade humana de reconhecer e classificar objetos pela extração e comparação de padrões e características.

A partir dos anos 90, já no contexto da era da informação e do conhecimento, os SAD passam a ser vistos como uma tecnologia da Engenharia do Conhecimento. Trata-se do início de uma nova geração de Sistemas de Apoio à Decisão, caracterizada pela intensificação do uso de métodos e técnicas de inteligência artificial e pela exploração dos novos recursos tecnológicos e facilidades de comunicação (BISPO, 1998). Power.(2002) afirma que é por volta da metade da década que surge a geração dos SAD dirigidos por conhecimento, os quais ele chama de *knowledge-driven DSS*. Já Turban et al. (2007) registram que o ambiente da Web teve importante reflexos na interatividade proporcionada pelos SAD, pois a operação ficou simplificada com a utilização dos Web *servers* e *browsers*. Shim et al. (2002), observam que foi por conta da incorporação intensa de métodos e técnicas de inteligência artificial e da plataforma web que, na virada do século, os SAD tiveram significativo incremento de potencialidade, estenderam seu escopo e obrigaram pesquisadores a ampliar o conceito e a visão dos SAD

Os Sistemas de Apoio à Decisão chegam aos dias atuais como uma importante área de pesquisa em tecnologia da informação. No âmbito acadêmico são desenvolvidos trabalhos de investigação dos mais diversos, desde aqueles que objetivam, principalmente, explorar as evoluções tecnológicas, passando pelos de caráter multidisciplinar, que buscam agregar avanços e resultados registrados em pesquisas de outras

áreas, entre as quais se destacam: gestão empresarial e tomada de decisão, gestão do conhecimento, teoria comportamental, comportamento organizacional, banco de dados, inteligência artificial, interação humano-computador, engenharia do conhecimento, engenharia de software, simulação, otimização, psicologia e ciência cognitiva; e chegando àqueles sistemas que são aplicações de SAD na solução de problemas em áreas diversas. O estado da arte é marcado também por estudos relacionados à metodologia para seu desenvolvimento, discussões quanto à classificação e categorização envolvendo diferentes critérios, redefinição de requisitos, capacidade e potencialidades além de proposições de arquitetura e composição, como pode ser observado no Quadro 4.

Considerando o levantamento bibliográfico realizado, é possível sintetizar nos termos do Quadro 4 os aspectos e questões abordados pelos diversos autores nas publicações contemporâneas relativas aos Sistemas de Apoio a Decisão. O quadro inclui mais de uma centena de trabalhos, publicados desde o ano de 2005 e destaca também, quando aplicável, as bases sobre as quais se sustenta a capacidade semântica dos sistemas envolvidos nos diversos trabalhos, sendo este um foco de interesse central da investigação realizada no referido levantamento.

CARACTERÍSTICAS		PUBLICAÇÕES
<b>SAD - APLICAÇÕES</b>	<b>Área Médica e Saúde<sup>1</sup></b>	(ABIDI et al., 2007) <sup>A</sup> , (FERGUSON et al., 2009) <sup>B</sup> , (PELEG et al., 2008) <sup>C</sup> , (GAYNOR et al., 2005) <sup>D</sup> , (PELEG; TU, 2006) <sup>E</sup> , (LICHTENSTEIN; SIGULEM, 2008) <sup>F</sup> , (CANESTRARO et al., 2006) <sup>G</sup> , (YU, 2006) <sup>H</sup> , (ROSSILLE; LAURENT; BURGUN, 2005) <sup>I</sup> , (TUDORACHE et al., 2008) <sup>J</sup> , (AUSTIN; KELLY; BRADY, 2008) <sup>K</sup> , (REILLY; EVANS, 2006) <sup>L</sup> , (MANICA; DANTAS; TODESCO, 2008) <sup>M</sup> , (SEQUIST et al., 2005) <sup>N</sup> , (KAWAZOE; OHE, 2008) <sup>O</sup> , (RUBIN et al., 2009) <sup>P</sup> , (VOGELZANG et al., 2005) <sup>Q</sup> , (GURCAN et al., 2007) <sup>R</sup> , (BRIGHT et al., 2008) <sup>S</sup> , (BOUAMRANE; RECTOR; HURRELL, 2009) <sup>T</sup> , (GERMAN; LEIBOWITZ; SHAHAR, 2009) <sup>U</sup> , (PIRES, 2007) <sup>V</sup>
	<b>Gestão Empresarial e organizacional<sup>2</sup></b>	(LEE; WANG; CHEN, 2008) <sup>A</sup> , (STEEL; IANNELA; LAM, 2008) <sup>B</sup> , (WANG; RONG, 2007) <sup>C</sup> , (VENKATADRI et al., 2006) <sup>D</sup> , (SILVA et al., 2006) <sup>E</sup> , (VIDAL et al., 2005) <sup>F</sup> , (AYTUG et al., 2005) <sup>G</sup> , (LI; BORENSTEIN; MIRCHANDANI, 2007) <sup>H</sup> , (PETRUSEL, 2008) <sup>I</sup> , (MURTY et al., 2005) <sup>J</sup> , (DEGRAEVE; ROODHOOF, 2006) <sup>K</sup> , (EKELHART; FENZ; NEUBAUER, 2009) <sup>L</sup> , (CHAN, 2005) <sup>M</sup> , (CHEN-TUNG; LIN; HUANG, 2006) <sup>N</sup> , (LEWIS; ROBERTS, 2010) <sup>O</sup> ,
	<b>Clima, Agricultura e Meio ambiente<sup>3</sup></b>	(CABRERA et al., 2009) <sup>A</sup> , (MAIA; SCHUMANN, 2007) <sup>B</sup> , (KIKER et al., 2005) <sup>C</sup> , (WALKER et al., 2009) <sup>D</sup> , (VILLA, 2009) <sup>E</sup> , (AHMAD; SIMONOVIC, 2006) <sup>F</sup> , (PAPPENBERGER ; BEVEN, 2006) <sup>G</sup> , (RICE; ROCHET, 2005) <sup>H</sup> , (BREUER et al., 2008) <sup>I</sup> , (JANKOWSKI et al., 2006) <sup>J</sup> , (MIAH ; KERR; GAMMACK, 2006) <sup>K</sup>
	<b>Legal e Jurídica<sup>4</sup></b>	(BATRES et al., 2005) <sup>A</sup> , (BRAGA; RAMOS; COELHO, 2007) <sup>B</sup> , (CASANOVAS; CASELLAS; VALLBÉ, 2009) <sup>C</sup> , (GARG et al., 2005) <sup>A</sup> , (CLERICUZI; ALMEIDA;
	<b>Outras<sup>5</sup></b>	COSTA, 2006) <sup>B</sup> , (BROWN et al., 2006) <sup>D</sup> , (AKERMAN; TYREE, 2006) <sup>E</sup> , (DESROCHES et al., 2008) <sup>F</sup> , (AURUM; WOHLIN, 2005) <sup>G</sup> , (HENDRICKS; SINGHAL; STRATMAN, 2005) <sup>H</sup> , (TANG et al., 2006) <sup>I</sup> , (FIGUEIREDO et al., 2006) <sup>J</sup> , (SEVERO et al., 2009) <sup>K</sup> , (HEIJDEN, 2006) <sup>L</sup> , (LEONG; KAISER; MIKSCH, 2007) <sup>M</sup> , (YAZGI-TÜTÜNCÜ et al., 2009) <sup>N</sup> , (CHANG, 2008) <sup>O</sup> , (ROCKWELL et al., 2009) <sup>P</sup> , (LAN; DING; HONG, 2005) <sup>Q</sup> , (KWAN; LEE, 2005) <sup>R</sup> , (WANG; TONG, 2008) <sup>S</sup> , (ZU.; LIU; XU, 2006) <sup>T</sup> ,

Quadro 4 - continuação

CARACTERÍSTICAS		PUBLICAÇÕES
SAD - FUNDAMENTOS	<b>Metodologia de Desenvolvimento</b>	(MCCARTHY, 2007), (JONES; GREGOR, 2007), (LEE et al., 2006), (PAWLAK; SKOWRON, 2007)
	<b>Arquitetura e Classificação</b>	(ARNOTT; PERVAN, 2005), (BODENREIDER, 2008), (TSYMBAL; ZILLNER; HUBER, 2007), (HUSSAIN; ABIDI; ABIDI, 2007), (NAPOLI, 2006), (MIAH; GAMMACK; KERR, 2007), (FALCONER; STOREY, 2007), (SMIRNOV et al., 2006), (MENDONÇA, 2007), (BORSJE; LEVERING; FRASINCAR, 2008), (FARION et al., 2009), (WEICHHART; FESSL, 2005), (BRAVO; RAMAKRISHNAN, 2007), (FOKOUE et al., 2009), (KASABOV et al., 2008), (CHAREST et al., 2008), (LERA; JUIZ; PUIGJANER, 2006), (YANTANG et al., 2008)
	<b>Outros<sup>6</sup></b>	(MUSEN; SHAHAR; SHORTLIFFE, 2006) <sup>A</sup> , (CHIU; HSU; WANG, 2006) <sup>B</sup> , (KALFOGLOU, 2007) <sup>C</sup> , (GOUVEIA et al., 2008) <sup>P</sup> , (HOLSAPPLE; SENA, 2005) <sup>E</sup> , (MACEACHREN et al., 2005) <sup>F</sup> , (PELEG; TU, 2006) <sup>G</sup> , (COSTA; LASKEY, 2006) <sup>H</sup> , (ARNOTT; PERVAN, 2005) <sup>I</sup> , (MARKUS; SILVER, 2008) <sup>J</sup> , (MATA; MARTINEZ; HERRERA-VIDEIRA, 2009) <sup>K</sup> , (PÜHRER; STIJN; EITER, 2010) <sup>L</sup> , (KLINOV, 2008) <sup>M</sup>
BASE DA SEMÂNTICA	<b>Regras de Produção</b>	(HUSSAIN; ABIDI; ABIDI, 2007), (PELEG et al., 2008), (SMIRNOV et al., 2006), (MENDONÇA, 2007), (AHMAD; SIMONOVIC, 2006), (ROSSILLE; LAURENT; BURGUN, 2005), (REILLY; EVANS, 2006), (PETRUSEL, 2008), (LAN; DING; HONG, 2005)
	<b>Ontologia</b>	(LEE; WANG; CHEN, 2008), (BATRES et al., 2005), (ABIDI et al., 2007), (FERGUSON et al., 2009), (HUSSAIN; ABIDI; ABIDI, 2007), (NAPOLI et al., 2006), (MIAH; GAMMACK; KERR, 2007), (SMIRNOV et al., 2006), (FALCONER; STOREY, 2007), (KALFOGLOU, 2007), (GOUVEIA et al., 2008), (AKERMAN; TYREE, 2006), (VILLA, 2009), (STEEL; IANNELA; LAM, 2008), (MCCARTHY, 2007), (MENDONÇA, 2007), (LICHTENSTEIN; SIGULEM, 2008), (COSTA; LASKEY, 2006), (CANESTRARO et al., 2006), (LEE et al., 2006), (TANG et al., 2006), (YU, 2006), (BORSJE; LEVERING; FRASINCAR, 2008), (TUDORACHE et al., 2008), (AUSTIN; KELLY; BRADY, 2008), (FARION et al., 2009), (SEVERO et al., 2009), (MANICA; DANTAS; TODESCO, 2008), (FOKOUE et al., 2009), (MIAH; KERR; GAMMACK, 2006), (KAWAZOE; OHE, 2008), (RUBIN et al., 2009), (KASABOV, et al., 2008), (BODENEIDER, 2008), (CHANG, 2008), (ROCKWELL et al., 2009), (BRIGHT et al., 2008), (BOUAMRANE; RECTOR; HURRELL; 2009), (CHAREST et al., 2008), (EKELHART; FENZ; NEUBAUER, 2009), (LERA; JUIZ; PUIGJANER, 2006), (CHAN, 2005), (PIRES, 2007), (WANG; TONG, 2008), (ZU; LIU; XU, 2006), (YANTANG et al., 2008), (KLINOV, 2008)

Quadro 4 - continuação

CARACTERÍSTICAS		PUBLICAÇÕES
SEMÂNTICA	<b>Modelos Matemáticos</b>	(KIKER et al., 2005),(BROWN et al., 2006), (SILVA et al., 2006), (VIDAL et al., 2005),(RICE; ROCHET, 2005), (PAWLAK; SKOWRON, 2007), (JANKOWSKI et al., 2006), (MURTY et al., 2005),(YAZGI-TÜTÜNCÜ et al., 2009), (VOGELZANG et al., 2005),(DEGRAEVE; ROODHOOFT, 2006),(CHEN-TUNG; LIN; HUANG, 2006).
	<b>Modelos Estatísticos / Probabilísticos</b>	(CABRERA et al., 2009), (MAIA; SCHUMANN, 2007), (WALKER et al., 2009), (MACEACHREN et al., 2005), (BREUER et al.,2008),(BRAVO; RAMAKRISHNAN, 2007).
	<b>Raciocínio Não-Monotônico</b>	(COSTA; LASKEY, 2006), (PAPPENBERGER; BEVEN, 2006), (AYTUG et al., 2005), (LEWIS; ROBERTS, 2010), (KLINOV, 2008), (PÜHRER; STIJN; EITER, 2010).
	<b>Outros<sup>1</sup></b>	(LEE; WANG; CHEN, 2008) <sup>A</sup> , (GAYNOR et al., 2005) <sup>B</sup> , (AURUM; WOHLIN, 2005) <sup>C</sup> , (VENKATADRI et al., 2006) <sup>D</sup> , (MENDONÇA, 2007) <sup>E</sup> , (MACEACHREN et al., 2005) <sup>F</sup> , (AHMAD; SIMONOVIC, 2006) <sup>G</sup> ,(ROSSILLE; LAURENT; BURGUN, 2005) <sup>H</sup> , (FIGUEIREDO et al., 2006) <sup>I</sup> ,(LI; BORENSTEIN; MIRCHANDANI, 2007) <sup>J</sup> , (HEIJDEN, 2006) <sup>K</sup> , (MATA; MARTINEZ; HERRERA-VIEDMA, 2009) <sup>L</sup> , (LAN ; DING; HONG, 2005) <sup>M</sup> , (CHAREST et al., 2008) <sup>N</sup> , (CHEN-TUNG; LIN; HUANG, 2006) <sup>O</sup> ,(GERMAN; LEIBOWITZ; SHAHAR, 2009) <sup>P</sup> , LEWIS; ROBERTS, 2010) <sup>Q</sup> .
OUTRAS TECNOLOGIAS CITADAS	<b>Linguagem Natural</b>	(LEE; WANG; CHEN, 2008), (FERGUSON et al., 2009), (LEE et al., 2006)
	<b>MCD- Multicriteria Decision Analysis Techniques</b>	(KIKER et al., 2005)
	<b>Teorias Cognitivas</b>	(CHIU; HSU; WANG; 2006),(FALCONER; STOREY 2007),
	<b>Sistemas Especialistas</b>	(LAN; DING; HONG, 2005), (LEWIS; ROBERTS, 2010)
	<b>Aprendizagem de Máquina</b>	(KASABOV et al., 2008)
	<b>Design Rationale</b>	(FIGUEIREDO et al., 2006)

Quadro 4 - Levantamento Bibliográfico – Publicações desde 2005

Fonte: Do autor

#### LEGENDA DO QUADRO 4:

- 1 A = Câncer de Mama, B = Cardíacos crônicos, C = Diabete, D = Serviços de emergência médica, E = SAD em clínicas, F = Ferramenta para bases de conhecimento, G = Infarto agudo do miocárdio, H = Ontologia médica, I = Oncologia, J = Gestão de pacientes com ontologia colaborativa, K = Decisão clínica, L = Diagnóstico clínico, M = Sistemas na saúde, N = Diabetes e doenças artério-coronárias, O = Alerta para prescrição, P = Neuroanatomia, Q = Controle de glicose, R = Imagens médicas, S = Prescrição de antibiótico, T = Riscos pré-operativos, U = Múltiplos bancos de dados clínicos, V = Múltiplas ontologias na decisão clínica.
- 2 A = Gestão de projetos e processos, B = Gestão de mensagens e recursos de emergência, C = Decisão em cenários de emergência, D = Cadeia de suprimentos em empresas de e-Commerce, E = Planejamento da produção, F = Processo industrial, G = Planejamento da produção com incerteza, H = Reagendamento de rota de veículos, I = Gestão financeira, J = Operação de terminal de containers, K = Gestão financeira, L = Gestão de riscos, M = Produção de petróleo, N = Cadeia de suprimentos, O = Gestão de incerteza em diagnóstico de trechos de ferrovias.
- 3 A = Planejamento de culturas, B = Gestão da água, C = Projetos ambientais, D = Cultivo de milho, E = Avaliação de ecossistema, F = Controle de inundações, G = Incerteza em recursos de água, H = Gestão da pesca, I = Previsões climáticas, K = Ambiente de desenvolvimento
- 4 A = Informações em atos jurídicos, B = Recuperação de informações jurídicas na WEB e aplicação, C = Jurisprudência espanhola.
- 5 A = Síntese de relatos de experimentos médicos apoiados em SAD desde 1998, B = Uso de SAD nas empresas brasileiras, D = Defesa militar, E = Arquitetura de software, F = Adoção de sistemas e satisfação dos médicos nos EUA, G = Requisitos de engenharia de software, H = Efeitos de investimentos em ERP, SCM e CRM, I = Mapeamento de ontologias; J = Desenvolvimento de software, K = Mediação da aprendizagem, L = Apoio ao consumidor, M = Tecnologias *open source*, N = Rota de veículos, O = Design de produto, P = Projetos colaborativos de engenharia, Q = Prototipação de software, R = Resposta a emergências, S = Design de produto, T = Manutenção de equipamentos elétricos.
- 6 A = Aspectos gerais dos SAD para diagnóstico clínico, B = Compartilhamento de conhecimento em comunidades virtuais, C = Aspectos gerais de aplicação de ontologias nos SAD, D = Desambiguação de ontologias, E = Capacidade de suporte à decisão nos ERP's, F = Incerteza em SAD geoespacial, G = Presente e futuro dos SAD em clínicas, H = Conhecimento incerto e incompleto em ontologias, I = Crítica as publicações de SAD de 1990 até 2003, J = Efeitos da TI, K = Consenso nas decisões em grupo, L = Tratamento de possíveis inconsistências decorrentes da representação híbrida e simultânea do conhecimento por regras de produção e ontologias, M = Protótipo de um reasoner probabilístico não monotônico.

- 7 A = Lógica Fuzzy, B = Procedural/algóritmico, C = Rede semântica representada como MER-Modelo Entidade Relacionamento, D = Rede semântica, E = Raciocínio Baseado em Casos, F= Heurística, G = Rede neural, H = Raciocínio Baseado em Casos, I = Registros históricos, J = Grafos e heurística, K = Procedural/algóritmico, L = Lógica Fuzzy, M = Lógica Fuzzy, N = Raciocínio Baseado em Casos, O = Lógica Fuzzy, P = Heurística, Q = Rede Semântica.

### 3.2.1.1 Aspectos de Destaque – Estado da Arte

A análise do Quadro 4 evidencia alguns aspectos importantes e que merecem ser destacados, entre os quais :

- 1) a expressiva quantidade de publicações que relatam aplicações da tecnologia dos SAD em diferentes áreas, as quais correspondem a maioria das publicações identificadas. Observou-se também que, entre estas, é grande o número de trabalhos relativos a sistemas relacionados às áreas médica/saúde, gestão empresarial/organizacional e agricultura/meio ambiente, as quais, somadas, correspondem a 47% de todas as publicações identificadas;
- 2) entre os trabalhos que abordam questões relacionadas aos fundamentos dos SAD, o significativo número de trabalhos relacionados é arquitetura e classificação dos SAD. Nestes, a maioria apresenta propostas de *frameworks* para serem utilizados no seu desenvolvimento/construção;
- 3) a ampla preferência pela ontologia como instrumento para a representação do conhecimento;
- 4) quanto a questão da semântica, o pequeno número de trabalhos relacionados ao raciocínio não-monotônico. No raciocínio monotônico, o processo de inferência utiliza apenas a lógica matemática tradicional, ou lógica clássica.

### 3.2.1.2 Trabalhos Correlatos

Entre os trabalhos relacionados no Quadro 4 os que possuem maior grau de correlação com o objeto dessa tese são os de Costa e Laskey (2006), Klinow (2008) e Pührer, Stijn e Eiter (2010). Essas correlações estão presentes tanto no foco dos referidos trabalhos como também nas tecnologias empregadas nas soluções neles relatadas.

O trabalho de Costa e Laskey (2006) preocupa-se com a incorporação do conhecimento incerto e incompleto em ontologias, afirmando que há a necessidade urgente de uma abordagem bem fundamentada para tal. O artigo apresenta duas contribuições para a referida questão: (1) uma definição formal de uma ontologia probabilística, e (2) uma extensão da Web OWL-Ontology Language que é consistente com a referida definição formal. Esta extensão, PR-OWL, é baseado em Redes Bayesianas e na lógica de primeira ordem. A proposta dos autores combina essas duas tecnologias propondo uma definição formal baseada na noção central de uma ontologia probabilística capaz de fornecer os meios para expressar as incertezas sobre as entidades e relacionamentos existentes num domínio de aplicação.

O texto de Klinow (2008) relata o desenvolvimento do protótipo de um *reasoner* não-monotônico, o qual denominou de Pronto. O protótipo é construído sobre o *reasoner* OWL-DL Pellet, sendo capaz de realizar raciocínios probabilísticos *default* e permitindo lidar com incerteza nos axiomas DL. O texto detalha as funcionalidades e limitações do protótipo desenvolvido pelo autor.

Já Pührer, Stijn e Eiter (2010) relatam e abordam possíveis inconsistências geradas pela combinação das ontologias com as regras da programação lógica-LP, como formalismos para fins de representação do conhecimento. Segundo os autores, esta questão tem ganhado relevância com o surgimento da proposta da web-semântica, a qual preconiza em sua arquitetura o uso paralelo de uma camada de regras complementando a camada de ontologia, como instrumentos para sofisticar a representação e o raciocínio computacional. O texto afirma que a informação enviada da parte de LP para a parte DL pode causar inconsistência no último, motivo pelo qual criam uma semântica DL para sistemas sensíveis a esta combinação. A solução defendida consiste em um dispositivo capaz de desativar regras dinamicamente, sempre que tal incoerência surgir.

### **3.2.2 Características Requisitos e Funcionalidades**

Barbosa et al. (2006), no seu estudo sobre desenvolvimento de SAD, apresentam uma estrutura com as características gerais desses sistemas quanto ao seu uso, interface e tecnologia. O Quadro 5 apresenta a referida estrutura.

VARIÁVEL	CARACTERÍSTICA DESEJÁVEL
Origem dos dados	Dados podem ser originados nos sistemas internos ou no ambiente externo à empresa.
Base de dados	Deve ser separada do banco de dados do processamento de transações e lidar com dados não-oficiais, pessoais, julgamentos etc.
Tipos de dados	Capacidade de combinar, acrescentar ou excluir fontes de dados.
Estruturação do problema	Auxílio nas decisões com problemas de estruturação.
Níveis hierárquicos	Em todos os níveis de gerenciamento da empresa.
Fases do processo decisório	Identificação do problema, propostas de solução e escolha de alternativa.
Tipos de operação	Acesso a itens simples, mecanismo <i>ad hoc</i> , análise e comparações complexas, combinação de uso de modelos.
Seqüência de execução	Flexíveis, independentes do processo, controlados pelo usuário e direcionados a ele. Inter-relacionamento e criação de novos modelos.
Adaptação e novas necessidades	Criação fácil e rápida de novos modelos.
Interface amigável	Fáceis de usar, capacidade de apresentar dados de diversos formatos e suporte flexível ao banco de conhecimento do usuário.
Operação do sistema	Recursos que facilitam seu uso por pessoal não especializado em computação de forma iterativa.
Frequência de uso	Podem ser institucionais, voltados para problemas que não se antecipam ou não recorrentes, que apresentam modelos e séries de dados incompatíveis e diversos, <i>ad hoc</i> .
Autonomia do usuário	Usados de uma forma ativa, possibilitam desenvolvimento e ajustes por parte do usuário.
Fatores que influenciam na decisão	Servem para apoiar o tomador de decisão e não para substituí-lo.
Desenvolvimento do sistema	O usuário deve participar de todas as fases do desenvolvimento do sistema.

Quadro 5 - Características Desejáveis do SAD

Fonte: Barbosa et al. (2006)

Stair e Reynolds (2002), destacam a análise de sensibilidade e a simulação como características diferenciais e determinantes nos SAD. Para ele, a análise de sensibilidade permite ao gestor observar previamente nos resultados o impacto de determinadas ações ou mudanças. Já a simulação oferece segurança, pois demonstra a probabilidade de algo acontecer por meio de cenários construídos hipoteticamente. Afirmam eles:

A análise de sensibilidade constitui o processo de introduzir mudanças hipotéticas nos dados do problema e observar o impacto nos resultados. Dessa forma, é permitido que o gerente planeje a decisão que tomará, pois é possível modificar hipoteticamente os dados franqueando uma visão do que acontecerá se aquela decisão for tomada. A simulação é outra característica importante num SAD, pois demonstra a probabilidade de algo acontecer através de cenários construídos a partir de decisões tomadas, possibilitando ao gestor uma maior segurança para solucionar o

problema (STAIR; REYNOLDS, 2002, ps.316-317).

Já Turban et al. (2007) amplia para quatorze os aspectos que ele afirma “constituir o conjunto ideal de características e capacidades dos SAD” (TURBAN et al., 2007, ps. 90-91). Pode-se observar que, embora ele apresente o seu “conjunto ideal” de forma um pouco mais detalhada, há acordo entre as diversas fontes. A Figura 6 mostra o entendimento do referido autor.

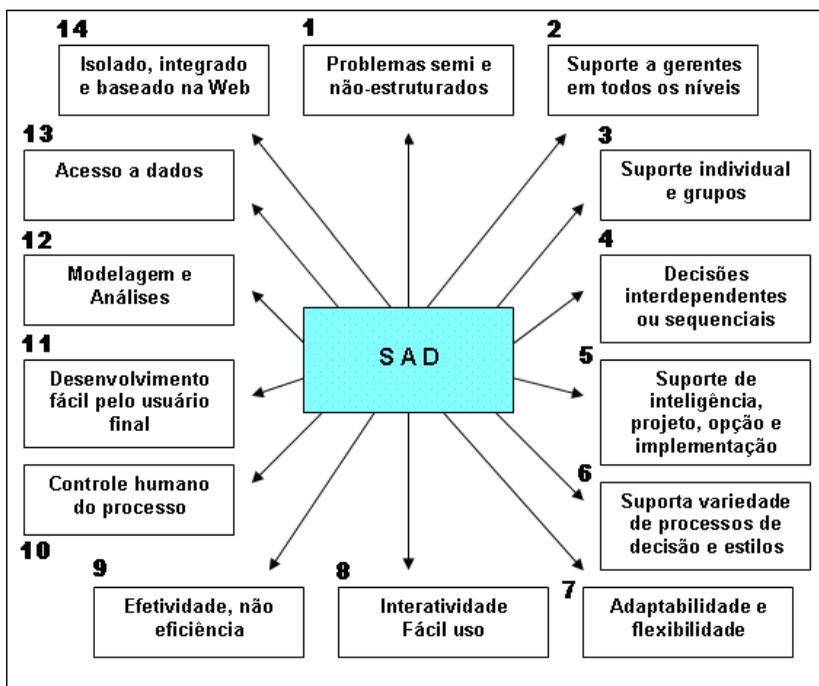


Figura 6 - Características e Capacidades do SAD

Fonte: Turban et al. ( 2007)

Assim, de forma geral, as características dos SAD atuais apontadas pelos diversos autores mantêm razoável convergência e podem ser sintetizados nos seguintes aspectos fundamentais:

- combinação de dados e modelos analíticos;
- voltado para problemas menos estruturados e especificados, com os quais os gestores se deparam;

- capacidade de apoiar o processo de tomada de decisão, com recursos para simular e comparar alternativas com base na geração de cenários de informação;
- capacidade semântica, com uso de uma base de conhecimentos e com mecanismos para fazer inferências por meio de regras lógicas;
- flexibilidade e adaptabilidade para conviver com mudanças no ambiente ou no processo decisório;
- interatividade.

### **3.2.3 Arquitetura**

A arquitetura dos SAD é composta por três subsistemas obrigatórios: o Sistema de Dados, o Sistema de Modelos e o Sistema de Interface, aos quais estão vinculados diretamente um banco de dados e um banco de modelos, além do acesso a fontes de dados e modelos externos ou corporativos. A composição deriva do paradigma DDM-Diálogos, Dados e Modelos, uma proposta originalmente apresentada em Sprague e Watson (1989). A Figura 7, mostra esta arquitetura.

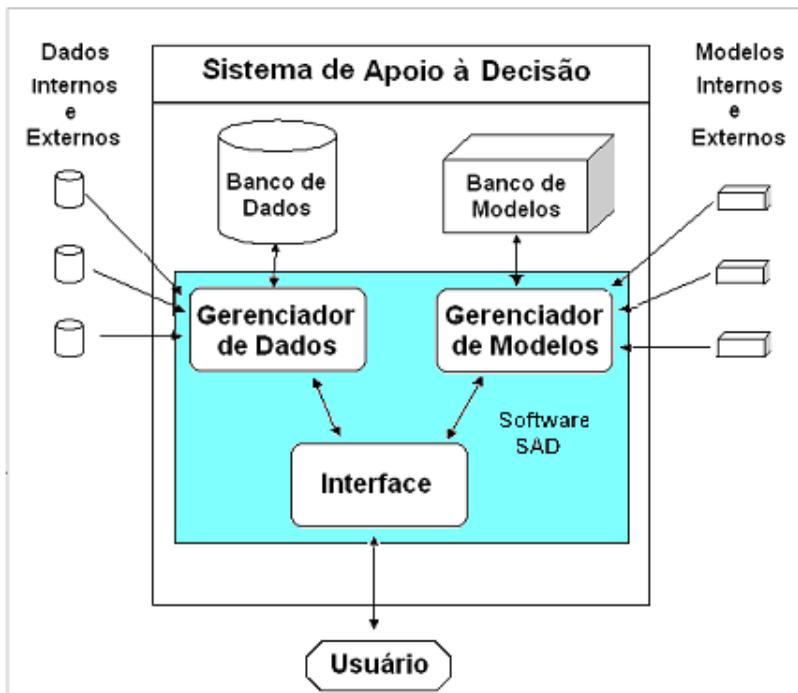


Figura 7 - SAD Atual  
 Fonte: Sprague e Watson (1989)

### 3.2.3.1 O Subsistema de Dados

O subsistema de dados é composto pelo gerenciador de dados, que é responsável pela construção e gerência do banco de dados, e pelo próprio banco de dados, que contém os dados relevantes para o domínio do problema. O banco de dados é uma coleção de dados correntes e históricos, buscados pelo sistema gerenciador em repositórios de dados de um ou vários dos sistemas de informação da organização; em fontes externas de dados; ou, ainda, introduzidos de forma direta pelo usuário do SAD. O banco de dados é especialmente construído para ser usado pelo SAD, uma vez que, no seu processamento, ele não utiliza de forma direta as bases de dados organizacionais (LAUDON; LAUDON, 2001, ps. 615-617). Turban et al. (2007), afirma que um *data warehouse*, continuamente alimentado por dados organizacionais, se existir, também

pode ser conectado pelo sistema gerenciador para a obtenção de dados corporativos relevantes para a tomada de decisão.

Laudon e Laudon (2001), afirmam que o processamento desenvolvido pelos SAD não faz acesso direto aos dados organizacionais por duas razões. A primeira está relacionada à questão da proteção da integridade das bases de dados, que devem estar protegidos de mudanças acidentais ou alterações inapropriadas. A segunda diz respeito ao desempenho do SAD e dos diversos sistemas de informação que se utilizam das bases de dados corporativas, pois o processo se tornaria mais lento para todos. E completa:

[...] em vez disto, os Sistemas de Apoio à Gestão geralmente usam dados que foram extraídos de bases de dados relevantes (internas e externas) e os armazena especificamente para o SAD (LAUDON; LAUDON, 2001, p. 617).

Entre as várias capacidades e funções do sistema gerenciador de dados, Turban et al. (2007) registram que ele deve ser capaz de acessar, extrair, capturar e integrar dados de fontes, tipos e formatos diversos e disponibilizá-los para uma variedade de problemas e contextos. Para tanto, ainda segundo os mesmos autores, o subsistema de dados do SAD pode ser decomposto em quatro elementos: 1) O banco de Dados; 2) O SGBD; 3) O diretório de dados e; 4) As facilidades de consulta (*ou query*), conforme mostra a Figura 8.

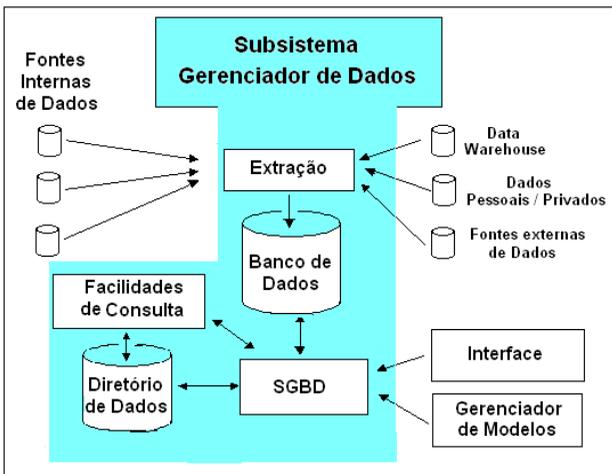


Figura 8 - Subsistema de Dados  
Fonte: Turban et al. (2007)

O processo de extração envolve, basicamente, a captura e a integração de dados obtidos em fontes heterogêneas, dispersas e de formatos variados. Estas fontes podem ser internas, como os repositórios de dados vinculados à sistemas de informação diversos da organização, ou um *data warehouse* corporativo, se existir; fontes externas à organização ou ainda introduzidas de forma direta no banco de dados pelo usuário do SAD. A operação inclui, além da importação, a padronização e carga dos dados num banco de dados, por isto ela é também chamada de processo ETC-Extração, Transformação e Carga (ou *ETL-Extraction, Transformation and Load*). Turban et al. (2007) acrescenta que a tecnologia de mineração de dados também pode ser empregada neste processo.

O diretório de dados é um catálogo de dados armazenados em uma base de dados. São metadados que contém definições de dados, e sua função principal é responder ao usuário questões sobre a disponibilidade de itens de dados, suas fontes e seu significado exato. O diretório é especialmente apropriado para suportar uma fase inteligente do processo de tomada de decisão e ajudar a varrer e integrar dados (TURBAN et al., 2007, p. 101). O diretório, como qualquer catálogo, suporta adicionar novas entradas, excluir e recuperar dados, entre outras operações e facilidades que são oferecidas pelo processo denominado Facilidades de Consulta.

### 3.2.3.2 O Subsistema de Modelos

O subsistema de modelos é composto pelo banco de modelos e por seu sistema gerenciador. O banco de modelos é uma coleção de modelos, através dos quais são representados de forma abstrata objetos, componentes ou relações de fenômenos relacionados ao domínio da aplicação do SAD. Para Negri (2008), “os modelos são a interpretação explícita do entendimento de uma situação, ou meramente das idéias acerca daquela situação. É uma descrição de entidades, processos ou atributos e as relações entre eles”. É através destes modelos que o Sistema Gerenciador de Modelos fornece a capacidade analítica ao SAD. Já Rosini e Palmisano (2003) registram que é a capacidade de integrar acesso a dados e modelos de decisão, somada ao mecanismo de integração e comunicação entre os modelos, é que dão um aspecto muito promissor aos SAD (ROSINI; PALMISANO, 2003, p.27).

Com a modelagem, as experiências, simulações e análises podem ser executadas sobre o modelo e não sobre a realidade que ela representa. Silva, Ribeiro e Rodrigues (2004) afirmam que o Sistema Gerenciador de Modelos deve ter capacidade para a geração e para o gerenciamento do banco de modelos do sistema, tanto os modelos pré-programados, como aqueles construídos pelo tomador de decisão usuário do SAD. Laudon e Laudon (2001), acrescentam que uma linguagem para construir os modelos do usuário também deve estar incluída (LAUDON; LAUDON, 2001, p.617), enquanto O’Brein (2004), registra a necessidade deste componente permitir também a conexão com um depósito de modelos corporativos ou externos.

Cada SAD é construído para um conjunto específico de objetivos e terá diferentes coleções de modelos disponíveis em sua base de modelos, dependendo destes objetivos. A partir deles, o Sistema Gerenciador de Modelos disponibiliza no SAD as rotinas de análise sensitiva. A análise sensitiva, ou análise de sensibilidade, é a investigação do efeito que mudanças em uma ou mais partes do modelo surtem sobre as outras partes. A análise de sensibilidade é extremamente valiosa e requisito obrigatório em todo Sistema de Apoio à Decisão porque torna o sistema adaptável às condições mutantes e às diversas exigências das diferentes situações de tomada de decisões (SILVA; RIBEIRO; RODRIGUES, 2004).

Além da funcionalidade da análise de sensibilidade, trabalhos atuais vem sendo desenvolvidos buscando ampliar a potencialidade analítica dos SAD com a introdução de suporte para a representação dos conceitos e da lógica de negócios no sistema. Trata-se de representações semânticas, sobre as quais são utilizados mecanismos de inferência, permitindo dotar os SAD de capacidade de raciocínio simbólico que servem para apoiar operações e processamentos analíticos de apoio à decisão.

Turban et al. (2007) afirmam que muitos métodos de Inteligência Artificial tem sido empregados e que isto traz benefícios, pois oferece inteligência ao sistema e “aumenta a do próprio tomador de decisão” (TURBAN et al., 2007, p. 94). Já Napoli et al. (2006, p. 293) afirmam:

Os desenvolvimentos nas áreas de engenharia do conhecimento e de tecnologias correlatas, tais como ontologias, oferecem o potencial para a criação de novas alternativas de exploração das

fontes de dados para a formação de conhecimento útil ao processo decisório nas organizações.

Assim, o banco de modelos do SAD conterà também uma base de conhecimento que armazenará a abstração semântica do conhecimento (ou parte dele) relacionada ao domínio da aplicação. Já o subsistema de gerenciamento de modelos deverá oferecer os instrumentos para a captura, integração e exploração do conhecimento pelas aplicações analíticas guiadas por essa representação semântica. As principais formas de representação do conhecimento, bem como os mecanismos de inferência usados, são assuntos abordados em seção específica neste trabalho.

### 3.2.3.3 O Subsistema Interface

O subsistema Interface, também chamado de subsistema de diálogo, é responsável pela interação entre o sistema e o usuário. O sistema oferece ao usuário uma linguagem de ação, em geral através de uma interface gráfica composta de objetos padrões como menus e botões, mas que pode também incluir um processador de linguagem natural. Para Turban et al. (2007) e Laudon e Laudon (2001), os *web browser*, ou telas de aparência similar, devem ser empregadas.

Laudon e Laudon (2001), registram que o sistema de interface deve permitir uma fácil e flexível interação entre o usuário e o SAD. Entre as funcionalidades do sistema estão a gerência, criação e recuperação dos modelos da base de modelos; a gerência, criação e recuperação dos dados; a integração de dados e modelos; além de recursos para suportar o diálogo com o usuário no desenvolvimento de ações de análise de sensibilidade e simulações envolvidas no processo de tomada de decisão.

### 3.2.3.4 Estruturas Alternativas – Outras propostas

A inclusão de novos componentes à arquitetura apresentada na Figura 7 é defendida por alguns autores. Em geral, as propostas sugerem subdividir o Subsistema de Modelos em duas partes, incluindo-se explicitamente um Sistema Gerenciador do Conhecimento e uma Base de Conhecimentos. Este novo subsistema é que seria o responsável pelo gerenciamento do conhecimento do SAD. A proposta recebe diferentes denominações nas diversas fontes. Para Turban et al. (2007) trata-se do

subsistema de “Gerenciamento do Conhecimento”; para Hättenschwiler (1999) é um módulo responsável pela “Gestão da Base de Conhecimento”; para Marakas (1999) seria a “Engenharia do Conhecimento”, enquanto para Silva, Ribeiro e Rodrigues (2004) seria o módulo de “Lógica de Gestão do Conhecimento”.

Não obstante, a exigência de que os SAD atuais utilizem abstração semântica por meio da inclusão de uma base de conhecimento e de um mecanismo de inferência para explorá-la, é consenso entre os autores citados, restringindo as divergências apenas a questões relativas ao subsistema de modelos e à terminologia relacionada.

### 3.3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A questão da semântica nos Sistemas de Apoio a Decisão continua merecendo atenção destacada dos pesquisadores. Embora ela ha muito fosse motivo de atenção, por se tratar de um aspecto determinante para o potencial das funcionalidades analíticas exigidas desta classe de sistemas, a questão ainda permanece em foco. Agora, já não apenas como um problema ainda não resolvido e sim, na condição de tecnologia da Engenharia do Conhecimento, como seu ponto de maior fragilidade. Tais evidências podem ser observadas tanto através da revisão de sua evolução histórica como também pela leitura dos trabalhos e publicações contemporâneas.

Historicamente, são recorrentes registros quanto à necessidade do uso de modelos de referência, combinando modelos de dados e analíticos, através dos quais se obtenha suporte à representação dos conceitos e da lógica de negócios no sistema. Estes modelos resultariam em representações semânticas, sobre as quais são aplicados mecanismos de inferência, tornando assim possível dotar os SAD de uma capacidade de raciocínio simbólico. Esta capacidade, por sua vez, seria o instrumento de apoio para sustentar as funcionalidades analíticas exigidas dos SAD e para fazer frente a características de não-estruturação intrínsecas aos domínios de suas aplicações. Tal entendimento é manifestado de forma explícita e enfática por inúmeros autores, em diferentes épocas de sua história e, por consequência, com diferentes tecnologias disponíveis e aplicáveis. Dentre estes autores, podem ser citados Scottmorton (1967), Sprague e Watson (1989),

Laudon e Laudon (2001), Rosini e Palmisano (2003), Turban, Mclean e Wetherbe (2004) e Napoli et al. (2006).

No que se refere especificamente aos modelos de dados, entretanto, é preciso registrar que tecnologias recentemente disponibilizadas e aplicadas nos SAD trouxeram resultados bastante satisfatórios. O sucesso foi obtido a partir dos anos oitenta com a incorporação nos SAD das tecnologias relacionadas aos SGBD as quais, somadas à queda no custo dos dispositivos de armazenamento de dados e ao aumento da capacidade dos computadores e o crescimento das bases de dados armazenados nas organizações, trouxeram soluções para muitas das dificuldades relacionadas a estes modelos. Tal sucesso é registrado em textos de vários autores, como em Laudon e Laudon (2001, p. 274) e Bispo (1998, p. 12).

Em decorrência deste processo, somado à crescente preocupação com a gestão do conhecimento nas organizações, o objeto central da maioria das investigações contemporâneas relativas à capacidade semântica dos SAD, passou a ser os aspectos diretamente relacionados com os modelos de conhecimento. Pesquisas tem focado os formalismos de representação do conhecimento; os mecanismos de inferência e de raciocínio simbólico automático e; a exploração destes para a qualificação do processo decisório organizacional. Na representação do conhecimento são concentrados os esforços para viabilizar a abstração semântica que possa melhor representar os conceitos e a lógica de negócios relacionados ao domínio da aplicação do sistema. Neste aspecto, merece registro a forte tendência recente de aplicação das ontologias (veja quadro 4 na Seção 3.2.1 – Um Breve Histórico e o Estado da Arte). Na inferência e no raciocínio automático se busca os instrumentos para tornar possível simular ou apoiar o desenvolvimento de um processo de raciocínio humano. Na conjunção destes dois aspectos, o interesse maior continua estando num apoio mais efetivo do sistema aos processos cognitivos desenvolvidos pelo usuário gestor nas análises e julgamentos envolvidos na solução de problemas do mundo real.

As características das pesquisas atuais, o estado da arte, foi identificado pelo levantamento bibliográfico realizado no presente trabalho, o qual está sintetizado no Quadro 4 da seção 3.2.1 – Um Breve Histórico e o Estado da Arte, neste mesmo capítulo. Compatível com este cenário, está também o tema da presente tese, a qual pretende investigar os requisitos necessários à integração do raciocínio não-monotônico nos recursos que sustentam as funcionalidades analíticas dos Sistemas de Apoio a Decisão.



## **CAPÍTULO 4 - CONHECIMENTO E RACIOCÍNIO COMPUTACIONAL**

Nos Sistemas de Apoio à Decisão a tendência atual é manipular não mais apenas a informação, mas principalmente conhecimento, transformando dados em informação, e informação em conhecimento útil aos requisitos analíticos do gestor usuário. Neste sentido, a exemplo deste trabalho, as investigações envolvem alternativas para a modelagem e representação dos objetos do domínio em que se aplica o sistema, e também para os relacionamentos entre estes objetos, além de métodos para raciocínio automático com base nesta representação. Por isto, estes novos sistemas são denominados de sistemas baseados em conhecimento ou sistemas inteligentes, uma vez que incluem uma base de conhecimento e certa faculdade de raciocínio.

Na área da IA-Inteligência Artificial, a intenção de construir mecanismos computacionais capazes de simular na máquina algumas das características da inteligência humana é o desafio central. Há muito os pesquisadores estudam formas de emular ações cognitivas, próprias e exclusivas de humanos, entre elas, as atividades de raciocínio lógico-formal. No caso dos sistemas de informação, especificamente, busca-se na IA tecnologias que possam supri-los com conhecimento formalizado, capaz de ser interpretado igualmente por homens e máquinas. São essencialmente mecanismos que permitem representar o conhecimento e sobre ele “raciocinar”. Um raciocínio computacional, na forma de inferências sobre os dados, através de regras lógicas, transformando-os em informações suficientemente “inteligentes”, que descrevem relacionamentos concretos e formais. Através dele, cálculos lógicos são feitos numa “álgebra semântica”, permitindo assim, oferecer conhecimento potencialmente útil ao gestor no processo de tomada de decisão. São estes os aspectos abordados nas seções subsequentes deste capítulo.

### **4.1 FORMAS DE REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO**

Representação de conhecimento é denominação dada aos métodos usados para modelar o conhecimento relacionado a um certo domínio de problema, através dos quais busca-se o desenvolvimento de sistemas computacionais com certa faculdade de raciocínio sobre esta

representação. Trata-se de um conjunto de convenções sintáticas e semânticas, que torna possível descrever um mapeamento entre os objetos e as relações envolvidos neste domínio. A representação sintática especifica os símbolos que podem ser usados e as maneiras de arranjá-los, enquanto que a representação semântica especifica o significado incorporado nestes símbolos. Para Araújo (2003), representar conhecimento é o ato de documentar ou expressar, pela linguagem simbólica, textual ou algorítmica, os fatos e as ações, de modo que possam ser corretamente interpretadas e reconstruídas por uma outra entidade. Semelhante definição é apresentada por Campos (2004):

Os mecanismos de representação de conhecimento permitem, assim, que processos de formalização sobre os objetos e suas relações, em contextos predefinidos, possam ser facilmente representados. No âmbito da ciência da computação, eles servem para auxiliar a implementação de estruturas computáveis.

A base teórica das idéias relacionadas à representação do conhecimento na inteligência artificial tem origem na década de 60 e é atribuída, principalmente, aos pesquisadores John McCarthy, P. J. Hayes, Allen Newell, Herbert Simon e Brian Smith. McCarthy e Hayes publicaram em 1969 o artigo *Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence* (MCCARTHY; HAYES, 1969) no qual estabelecem as bases epistemológicas da área e postularam que “um programa de computador capaz de agir inteligentemente no mundo deve possuir uma representação geral do mundo em termos da qual são interpretadas suas entradas”. Em torno destas propriedades básicas de um programa inteligente, preconizadas por eles, estabeleceu-se um certo consenso e elas foram observadas em muitos dos trabalhos realizados na década de 70.

Representar conhecimento envolve fundamentalmente encontrar estruturas capazes de expressar o conhecimento do domínio de uma aplicação, adequadas de tal forma para que sobre elas possa ser realizado o raciocínio computacional por meio de mecanismos de inferência. Para McCarthy e Hayes (1969), estes aspectos devem ser considerados em termos da sua adequação aos fatos do mundo real e aos problemas que pretende solucionar, sendo elas de três tipos: metafísica, epistemológica ou heurística. A adequação metafísica está assegurada se não houver contradições em fatos e aspectos do mundo real e sua

correspondente representação. Terá adequação epistemológica quando puder ser utilizada na prática para representar os fatos disponíveis sobre os aspectos de interesse. Já a adequação heurística está relacionada à eficiência computacional da representação, ou seja, se os processos de raciocínio envolvidos puderem ser expressos.

No contexto deste trabalho, apenas os esquemas de representação do conhecimento que integram a área conhecida como Inteligência Artificial Simbólica-IAS são abordados. A IAS é caracterizada por tentar, simplesmente, simular o comportamento inteligente sem preocupar-se com os mecanismos responsáveis por esta inteligência e por fundamentar-se na hipótese de que a inteligência é consequência da manipulação formal de símbolos. Nela acredita-se que um programa de computador precisa dispor de uma representação geral do mundo através da qual são interpretadas suas entradas, para ser capaz de agir inteligentemente (BITTENCOURT, 2007). Os principais esquemas da IAS são as Regras de Produção, os Quadros e Roteiros (ou *frames* e *scripts*), a Lógica das Proposições e dos Predicados, e as Redes Semânticas (HEINZLE, 1995).

#### 4.1.1 Regras de Produção

A representação do conhecimento por regras de produção é baseada nas propostas concebidas pelo matemático Emil Post, que via nos sistemas de produção um modelo computacional geral de solução de problemas. Sistemas de produção foram propostos por Newell e Simon, em 1972, no livro *Human Problem Solving* (NEWELL; SIMON, 1972), como um modelo de cognição humana, voltado para a simulação do comportamento cognitivo de especialistas humanos, devido ao caráter estímulo resposta de uma regra de produção (LADEIRA, 1997).

As regras são armazenadas como uma coleção de declarações “situação-ação”, na forma:

SE <premissas> ENTÃO <conclusões>

A parte SE da regra é chamada de corpo, parte antecedente ou lado esquerdo e estabelece o contexto para aplicação da regra, devendo ser avaliada em relação a base de conhecimentos como um todo. A cada uma das premissas corresponde uma informação na forma objeto-atributo-valor, por meio das quais são descritas as relações entre os objetos do domínio do conhecimento representado. Quando existe o ajuste buscado pelo mecanismo de avaliação, as ações correspondentes,

especificadas no lado direito (ou parte consequente) são executadas. Ou seja, as condições na parte antecedente da regra devem ser satisfeitas para que a ação, na parte consequente, seja considerada. Se qualquer premissa falhar, o lado direito também falha. Uma ação refere-se a algum procedimento que leva a uma conclusão ou mudança no estado corrente.

Abaixo são mostrados três exemplos de regras de produção de um sistema de diagnóstico médico, extraído de Heinzle (1995);

Regra

SE dor epigástrica é existente  
 E azia está presente  
 E vômitos são frequentes  
 ENTÃO endoscopia digestiva alta é necessária

Regra

SE dor em fossa ilíaca direita está presente  
 E febre é alta  
 E sinal de blumberg está positivo  
 ENTÃO hemograma é necessário

Regra

SE cefaléia está presente  
 E rinorréia purulenta é existente  
 E febre é alta  
 ENTÃO rx de seios da face é necessário

O conjunto de regras de produção é visto como uma “representação de conhecimento procedimental, baseada em lógica de primeira ordem” (LADEIRA, 1997, p. 36). Nele, cada regra é um fragmento do conhecimento e pode ser manipulada como peça independente. O conhecimento existente pode ser refinado com a adição de novas regras, permitindo um crescimento incremental da base de conhecimento e aumentando o desempenho do sistema.

### 4.1.2 Quadros e Roteiros

O modelo de representação do conhecimento por meio de quadros (ou *frames*) baseia-se no processo humano de resolver problemas por meio do agrupamento de informações. Um quadro é uma estrutura de preenchimento que descreve uma entidade real ou imaginária através de suas características e potencialidades. Ele é constituído por um nome, uma coleção de atributos (chamados de escaninhos ou *slots*) com valores associados que servem para descrever as características, enquanto as potencialidades são representadas por métodos.

A idéia de representar o conhecimento utilizando-se de quadros foi apresentada inicialmente por Marvin Minsky (MINSKY, 1975) como uma forma de descrever e representar estruturalmente situações estereotipadas. Esta forma de representação do conhecimento é inspirada no entendimento de que a codificação de conceitos realizada pelo cérebro humano está mais relacionada com propriedades marcantes, associadas a objetos que são típicos de sua classe, do que com definições exatas das propriedades que uma determinada entidade deve possuir para ser considerada como pertencente a uma certa categoria. A proposta pretende emular a forma como o homem classifica as informações que recebe, de forma a armazenar em conjuntos as que estiverem relacionadas. Afirma Minsky (1975):

Um frame é uma estrutura de dados para representar uma situação estereotipada, como estar em um certo tipo de sala de visita, ou indo a uma festa de aniversário de criança. Anexado a cada frame existe uma serie de tipos de informação (MINSKY, 1975, tradução nossa).

Os quadros dizem respeito ao uso de conhecimento anterior ou experiências já vividas para interpretar novas situações. Para Ladeira (1997), esta forma de representação do conhecimento é inspirada na habilidade do ser humano de reagir a uma nova situação, aplicando expectativas baseadas em experiências prévias. Para o autor, “a menos que existam evidências em contrário, elas esperam que as suas expectativas sejam verdadeiras diante da nova situação e mantêm coleções mentais de estruturas de conhecimento” que incluem estas expectativas como “*default*” para as características correspondentes.

Os sistemas são criados a partir de coleções de quadros, já que um deles, isoladamente, não tem utilidade. Cada quadro representa uma

classe (uma categoria), já uma instância do quadro é um elemento desta categoria. Um *frame* abstrato (ou *frame* de classe) não tem seus atributos valorados, suas subclasses são ligadas a instâncias da entidade representada por esta classe. As instâncias surgem a medida que são incluídas as informações ou conhecimentos no sistema. Os *slots* podem armazenar diferentes conteúdos, tais como valores, valores lógicos, listas, ponteiros ou valores *default*. Pela atribuição de um *frame* a um *slot* de outro *frame*, pode-se ter coleções de quadros conectados entre si num sistema.

Abaixo são mostrados dois exemplos de quadros adaptados de Heinzle (1995):

Quadro: Automóvel

Slot: tipo – fusca, gol, meriva, uno (default: fusca)

Slot: número-de-rodas – um inteiro (default: 4)

Slot: número-de-lugares – um inteiro (default: 5)

Slot: combustível – álcool, gasolina, flex (default: gasolina)

Slot: cor – branco, cinza, vermelho, preto (default: branco)

Slot: número de portas – 2,3,4 (default: 4)

Slot: modelo: coupê, sedan, utilitário (default: coupê)

Quadro: Automóvel-da-Marcia

Slot: tipo – meriva

Slot: número-de-rodas – 4

Slot: número-de-lugares – 5

Slot: combustível – gasolina

Slot: cor - cinza

No que se refere aos relacionamentos entre os *frames*, os principais são: *é-um-tipo-de*, *instância-de*, *mutualmente-disjuncto-de* e *é-coberto-por*. O tipo *é-um-tipo-de* relaciona classes e subclasses, permitindo definir uma hierarquia entre elas, formando uma taxonomia e introduzindo a noção de herança de propriedades. A relação *instância-de* define que um determinado quadro é instância de uma classe. O relacionamento *mutualmente-disjuncto-de* é usado para estabelecer que uma ou mais classe não possuem instâncias em comum. E o tipo *é-coberto-por* determina que a união de várias classes é igual a uma outra determinada classe. Todos os quadros de um sistema de *frames* estão relacionados entre si e possuem pelo menos um *frame* hierarquicamente

superior. Sempre existe um frame inicial, *a raiz*, ao qual todos os quadros estão ligados direta ou indiretamente.

Uma alternativa similar à representação do conhecimento por quadros é o esquema denominado de roteiros (ou *scripts*). Esta forma de representação do conhecimento foi originalmente proposta por Schank e Abelson (1977) para formalizar narrativas em linguagem natural. Um roteiro descreve uma sequência de eventos e acontecimentos que compõem uma determinada ocasião. Os *scripts* formam uma cadeia causal na qual “o início” são as condições de entrada e o “final” os resultados, sendo que cada evento está conectado aos seus eventos antecessores (que o ativam) e sucessores (que são ativados por ele). A representação utiliza uma estrutura semelhante a dos *frames* para representar a sequência estereotipada destes eventos.

O *script* também contém *slots* para armazenar conhecimento declarativo (os quais igualmente podem assumir valores *default*) e ter a eles associados procedimentos (*demons*). Os componentes comuns de um *script* incluem condições, objetos, papéis e cenários e, assim como os *frames*, são baseados no princípio da capacidade humana de interpretar e reagir a novas situações usando conhecimento assimilado em experiências correlatas prévias. Afirma Ladeira (1997):

Ao irmos a um restaurante, onde nunca estivemos, temos um conjunto de expectativas sobre o que encontraremos, baseados na nossa experiência em outros restaurantes. Essas expectativas envolvem *objetos* típicos (mesas, garçons, etc.) e a *sequência de eventos* que ocorrerão (obter uma mesa, fazer o pedido etc.). *Frames* e *scripts* (uma especialização de *frames*) são métodos que permitem organizar a representação de conhecimento de uma forma que focaliza a atenção e facilita recuperar e fazer inferências com o conhecimento. *Scripts* são adequados para representação do conhecimento sobre *sequências comuns de eventos*, em um certo contexto (LADEIRA, 1997, p.58-59).

Do ponto de vista computacional, a representação do conhecimento por *frames* ou *scripts* são muito semelhantes, em especial no que se refere ao uso das estruturas de *slots* com valores e procedimentos associados, e por estas estarem ligadas entre si formando uma rede. As diferenças entre elas dizem respeito as suas origens e à maior generalidade dos *frames*, uma vez que estes não estão somente

vinculados à representação do conhecimento relativo a eventos e seus acontecimentos. Já no que se refere às origens, enquanto os *scripts* foram primeiramente propostos para representar conhecimento vinculado à linguagem natural (compreensão automática de narrativas), os *frames* tiveram suas primeiras aplicações ligadas à orientação de ações inteligentes de robôs (LADEIRA, 1997).

### 4.1.3 Lógica das Proposições e dos Predicados

Diferentemente dos demais formalismos utilizados para representação do conhecimento, todos desenvolvidos nas últimas décadas, a lógica tem uma longa história, já que sua criação é creditada a Aristóteles (384-322 aC). A lógica criada por ele trabalhava essencialmente com a veracidade de argumentos e sua prova. Ao longo dos séculos subsequentes ela foi estudada e ampliada por inúmeros filósofos e matemáticos que apresentaram diferentes tipos de lógica e propostas que buscavam um processo que permitisse desenvolver inferências corretas a partir de fatos. O esforço e a preocupação principal comum a todos é “para o desenvolvimento de linguagens de representação formais com regras de inferência consistentes e completas” (LUGER, 2004, p.200).

A lógica proposicional se preocupa com a veracidade ou falsidade de proposições. Nela, será atribuído o valor lógico verdadeiro se as informações disponíveis permitirem tirar esta conclusão a respeito de uma proposição; caso contrário é atribuído o valor falso. Para se trabalhar com várias proposições são utilizados operadores de conexão (ou conectivos lógicos) para assim obter as chamadas proposições compostas e aumentar a capacidade de expressão. Estes operadores são AND, OR, NOT, IMPLIES, EQUIVALENT. Pode-se facilmente representar fatos do mundo real usando a lógica proposicional, entretanto, isto nem sempre é suficiente para fazer dela uma forma eficiente de representação do conhecimento, pois são poucos os problemas que se resumem ao falso e verdadeiro suportados por ela. Desta limitação surge a opção da lógica dos predicados.

A lógica dos predicados, ou cálculo dos predicados, é uma extensão da lógica proposicional. Ela inclui quantificadores e variáveis, trazendo maior capacidade de expressão e permitindo representações de sentenças que não são possíveis de serem feitas na lógica proposicional. Para representar fatos do mundo real são escritas declarações em forma de FBF's - Fórmulas Bem Formadas. Os quantificadores universal  $\forall$  (para todo) e o existencial  $\exists$  (existe um) permitem descrever propriedades de indivíduos e suas

relações (também chamados de predicados), além de fazer generalizações destes relacionamentos para classes ou categorias de objetos.

Um predicado é uma proposição com variáveis e sua criação é livre, tratando-se de um poderoso instrumento para descrever o conhecimento do domínio a ser modelado. Assim,  $\text{gosta}(\text{maria}, \text{joão})$  poderia descrever uma relação “gostar” entre dois objetos “Maria” e “João”. Os valores válidos que uma variável assumir são chamados de universo de discurso da variável. Fatos são descritos como predicados e argumentos. Os objetos a serem representados são fornecidos como argumentos dos predicados. Cada predicado, por sua vez, tem associada uma aridade, que é o número de argumentos ou elementos utilizados numa relação. Por exemplo, as relações  $\text{pai}(\text{jose}, \text{joão})$ ,  $\text{irmão}(\text{caim}, \text{abel})$  são predicados de aridade dois, enquanto  $\text{cidade}(\text{blumenau})$  tem aridade um (trata-se de uma relação unária que pode também ser chamada de propriedade). Com as variáveis consegue-se generalizar declarações sobre classes ou entidades. Poderia-se, por exemplo, afirmar que para todos os valores de X, onde X é um dia da semana, a declaração  $\text{clima}(\text{X}, \text{chuva})$  seja verdadeira, ou seja, chove todos os dias da semana.

Abaixo são mostrados quatro exemplos, extraídos de Heinzle (1995), que descrevem relações familiares utilizando a Lógica dos Predicados:

1. Eva é mãe de Caim e Abel:  
 $\text{mãe}(\text{eva}, \text{caim})$   
 $\text{mãe}(\text{eva}, \text{abel})$
2. Adão é pai de Caim e Abel:  
 $\text{pai}(\text{adão}, \text{caim})$   
 $\text{pai}(\text{adão}, \text{abel})$
3. Pais é o termo usado para dizer que uma pessoa é o pai ou a mãe de outra pessoa:  
 $\forall X \forall Y \text{pai}(X, Y) \vee \text{mãe}(X, Y) \Rightarrow \text{pais}(X, Y)$
4. Irmãos são duas pessoas que têm o mesmo pai ou a mesma mãe:  
 $\forall X \forall Y \forall Z \text{pais}(X, Y) \wedge \text{pais}(X, Z) \Rightarrow \text{irmãos}(Y, Z)$

A Lógica dos Predicados inclui também um conjunto de regras de inferências, através das quais é possível, a partir de fatos conhecidos, derivar outros fatos e assim testar a verdade de uma afirmação. Regras de inferência são funções sintáticas que, dado um conjunto de fórmulas lógicas, gera uma nova fórmula.

#### 4.1.4 Redes Semânticas

Redes Semânticas é a denominação dada a um conjunto heterogêneo de formalismos que tem em comum o uso de uma estrutura de rede formada por nós interconectados através de arcos rotulados, formando assim um grafo rotulado direcionado (ROCHA; FAVERO, 2004). Os nós (também chamados de nodos) representam objetos, conceitos, situações ou ações, enquanto os arcos (também chamados de elos) representam relações. Elas têm grande poder de expressão, que advém justamente da definição destes elos e das regras de inferência associadas. Ladeira (1997) registra que a idéia implícita nas Redes Semânticas é a de que “o significado de um conceito vem do modo como ele é associado a outros conceitos” (LADEIRA, 1997, p. 45). As diversas variantes desta forma de representação do conhecimento diferem, sobretudo, nos nomes que podem ser usados para os nós e arcos, e nas inferências que podem ser realizadas sobre estas estruturas (LUGER, 2004, p. 202), mas a totalidade delas tem as capacidades de representar objetos individuais, categorias de objetos e relações entre objetos.

A origem das redes semânticas está nos estudos de Charles Sanders Peirce que propôs, em 1909, uma notação gráfica composta de nós e arcos denominada de grafos existenciais, e que ele classificou como “a lógica do futuro”. Sua teoria tinha o poder expressivo da lógica de primeira ordem, acrescida de uma base axiomática e de regras de inferência formais. Num primeiro momento, a proposta foi rejeitada pelos defensores da lógica clássica, que só posteriormente aceitaram-na também como uma forma de lógica, pelo menos aquelas que têm semântica bem definidas (RUSSELL; NORVIG, 2004). Inicialmente, a aplicação de redes semânticas aconteceu na psicologia, para fins de modelagem da memória, em especial para representar as estruturas de conceitos e associações do intelecto humano.

Nas Redes Semânticas, os nós podem ser de dois tipos: individuais ou genéricos. Os individuais denotam uma instância específica (um objeto) e os genéricos representam classes de objetos. Associado a cada nó existe um conjunto de atributos que descrevem as características do objeto ou classe. Estes atributos podem ser informações estáticas ou procedimentos através dos quais é possível obtê-las.

Em geral, entre as classes existe uma hierarquia, formando uma taxonomia. Em decorrência disto, é comum haver relações binárias entre os nós para caracterizar estes vínculos. As principais são: “é-parte-de” (também chamado de “elemento-de” ou ainda de “isa” – do inglês *is a*) e “é-um” (também chamado de “subconjunto de” ou ainda de “ako” – do inglês *a kind of*). A primeira é empregada para conectar um nó específico a um genérico, demonstrando que um indivíduo pertence a uma determinada classe e estabelecendo uma herança de atributos. A segunda relaciona dois nós genéricos e serve para demonstrar que uma determinada classe é subclasse de outra. A Figura 9, extraída de Russell e Norvig (2004, p.340) apresenta um exemplo de Rede Semântica.

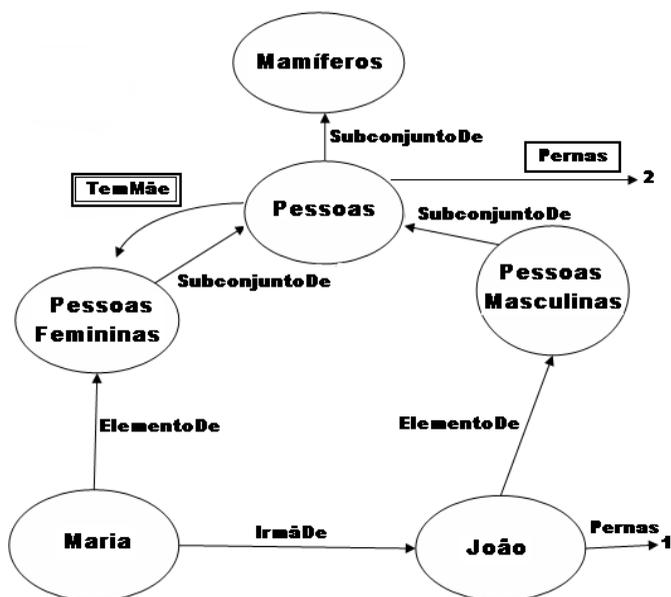


Figura 9 - Exemplo de Rede Semântica  
Fonte: Russell e Norvig (2004)

Na figura podem ser vistos quatro objetos: João, Maria, 1 e 2; e nove arcos. O arco denominado ElementoDe, que une Maria e PessoasFemininas, corresponde à asserção lógica *Maria é PessoasFemininas*, enquanto o arco entre Maria e João estabelece que há uma relação denominada *IrmãDe* entre eles. Já o arco identificado como *TemMãe*, entre Pessoas e PessoasFemininas, está inserida num

retângulo de arestas duplas, uma representação gráfica para restringir esta relação a apenas entre uma pessoa específica e sua mãe, e determinado assim que não é verdadeiro para categorias. Da rede pode-se extrair ainda que as pessoas têm duas pernas, uma relação que está inserido num retângulo de arestas simples, representação utilizada para denotar que trata-se de uma propriedade de todos os elementos de uma categoria. Outro mecanismo comumente presente nas redes semânticas é o dos arcos invertidos, que no exemplo apresentado poderia ser utilizado para introduzir uma relação denominada *TemIrmã*, que seria o inverso da relação *IrmãDe*.

Uma característica que se destaca nas Redes Semânticas, e que pode ser observada na Figura 9, é a sua conveniência para demonstrar o raciocínio de herança de atributos de uma classe para subclasses, ou para instâncias da classe. Através dele é possível representar propriedades de objetos individuais a partir de propriedades definidas para uma classe. No exemplo, pelo fato de ser uma pessoa, Maria herda a propriedade de ter duas pernas, pois existe uma relação *ElementoDe* para o nó *PessoasFemininas* (categoria a qual ela pertence) e depois, através da hierarquia, chega-se a uma categoria (*Pessoas*) na qual há o arco *Pernas* está associado.

#### 4.1.5 Classificação por Abordagem

Embora existam inúmeras formas e esquemas de representação do conhecimento na Inteligência Artificial Simbólica, elas podem ser classificadas pela abordagem que empregam. São três grandes grupos denominados de: declarativa ou lógica (são exemplos a *Lógica das Proposições* e dos *Predicados*, e as *Redes Semânticas*), procedimental (como no caso das *Regras de Produção*) e estrutural (são exemplos os *Quadros* e *Roteiros*).

A abordagem declarativa é caracterizada por descrever o conhecimento através de fatos postulados como verdadeiros sobre o domínio a ser representado, fazendo com que a base de conhecimentos seja vista como uma teoria ou um conjunto de teoremas numa teoria. Nela, a semântica é bem definida e o sistema possui disponibilidade de uma teoria de demonstração. Afirma Ladeira:

Essa representação incorpora aspectos estáticos do conhecimento, i.é fatos sobre objetos, eventos, seus relacionamentos e estados do mundo. Os *declarativistas* enfatizavam a flexibilidade,

economia e completude da representação declarativa, a veracidade das inferências lógicas e a modificabilidade (facilidade para alteração, mantida a consistência) das bases de conhecimentos declarativos (LADEIRA, 1997, p.26).

Na abordagem procedimental, o conhecimento aparece na forma de procedimentos para sua utilização, sendo adequado para representação de conhecimento comportamental da aplicação. Procedimentalistas argumentam que os sistemas inteligentes necessitavam saber como usar seu conhecimento, ou seja, como encontrar fatos relevantes, fazer inferências, etc, sendo que esses aspectos são melhor capturados em procedimentos. Eles enfatizavam a objetividade das inferências feitas (pois usavam heurísticas específicas para o domínio da aplicação de forma a evitar linhas de raciocínio irrelevantes ou não naturais) e a facilidade de codificação e entendimento do processo de raciocínio da aplicação (LADEIRA, 1997).

Na representação estrutural, a base de conhecimentos é composta por um conjunto de objetos e relações sobre as entidades a serem modeladas. São utilizados conceitos, hierarquias de estruturas, descrições de classes de elementos e instâncias individuais ou componentes de objetos. Esse sistema enfatiza os aspectos estruturais (organizacionais) do domínio, sendo adequado para situações com objetos protótipos, objetos tipados e raciocínio por analogia e estatístico ou simplesmente para propósitos de organização da base de conhecimentos.

## 4.2 ONTOLOGIA

A palavra ontologia é de origem grega e significa *ontos*(ser) + *logos*(conhecimento sobre), tendo sido criada entre os séculos XVII e XVIII por filósofos alemães para denominar o ramo da filosofia que trata da natureza e da organização do ser. Muito antes, entretanto, Aristóteles já havia desenvolvido os primeiros estudos filosóficos do ser, relacionados à classificação dos seres vivos então conhecidos. A palavra foi posteriormente popularizada e difundida no meio filosófico por Christian Wolff que a empregou nas suas publicações, como no caso do título do trabalho *Philosophia prima sive ontologia methodo scientifica*

*pertractata, qua omnes cognitionis humanae principia continentur*, publicado em 1730 (MOREIRA; ALVARENGA; OLIVEIRA, 2004).

A ontologia, como subárea da Filosofia estuda os seres, tratando da sua natureza, da realidade, da existência dos entes e também das questões metafísicas. É “a ciência do que é, das coisas e das estruturas dos objetos, das propriedades e das relações em toda área da realidade” (SOUZA, 2003, p. 13). Uma ontologia trata do ser enquanto ser, e objetiva compreender identidades e grupos de identidades, podendo ser vista como uma sistemática descrição da existência. Para a Filosofia, cada campo científico deve ter sua própria ontologia, definida pelo vocabulário do campo e pelas formulações de suas teorias.

A partir do início da década de noventa do século passado, o termo foi adotado pelas áreas da Engenharia do Conhecimento, dos Sistemas de Informação e da Ciência da Computação, onde recebeu adaptações em sua definição e passou a ter outra interpretação. Primeiramente, Gruber. (1993) afirmou que uma ontologia é uma “especificação formal, explícita e compartilhada de uma conceitualização”. Esclarece o próprio autor, a terminologia empregada: “conceitualização” indica que se trata de um modelo abstrato que representa algum fenômeno ou objeto do mundo real; “formal” implica em que ela possa ser compreendida por uma máquina; “explícita” indica que os conceitos, sua restrições e relações precisam ser explicitamente definidas e; “compartilhada” diz respeito ao fato de que nela reside um conhecimento aceito de forma consensual, não individual. Nos dias atuais há relativo acordo em torno do entendimento de que uma ontologia é um registro de comprometimentos ontológicos, mas permanecem ainda discussões e divergências relacionadas à forma de que como é feito este registro (MOREIRA; ALVARENGA; OLIVEIRA, 2004).

Para Chandrasekaran e Josephson (1999), o termo ontologia na Engenharia do Conhecimento e na Ciência da Computação, refere-se à representação de um vocabulário relacionado a um certo domínio, onde a qualificação não está no vocabulário mas sim nos conceitos expostos por ele. Adicionalmente, o autor afirma que uma ontologia pode também referir-se a um conjunto de conhecimentos que descreve algum domínio usando um vocabulário representativo. Semelhante é entendimento apresentado em Novello (2003), onde a ontologia é descrita como um vocabulário de uma área que define, com diferentes níveis de formalismo, os significados de termos e dos relacionamentos entre eles. Para a autora, ontologias objetivam “capturar o conhecimento

declarativo do domínio e fornecer uma compreensão deste, possibilitando o reuso e compartilhamento através de aplicações”.

As ontologias empregam alguns componentes básicos na formalização do conhecimento, sendo eles: classes, relacionamentos, axiomas e instâncias. As classes são as unidades básicas de toda ontologia. Elas representam coleções de elementos que possuem atributos iguais e formam conceitos que definem um determinado objeto. Os conceitos representam todas as coisas relacionadas ao domínio que se pretende modelar, incluindo objetos, tarefas, ações etc. As ligações entre estes conceitos se dão através dos relacionamentos ou relações. As relações descrevem as interações entre os conceitos, as quais representam os relacionamentos semânticos envolvidos no domínio. Os axiomas são regras relativas às relações que devem obrigatoriamente ser cumpridas pelos elementos de uma ontologia, são restrições. Já as instâncias representam os elementos ou objetos da ontologia, são os exemplares individuais das classes.

Em outros trabalhos, a ontologia é descrita como um artefato de engenharia concreto no nível simbólico que, assim, pode ser compartilhada e transmitida. Breitman e Leite (2004) afirmam tratar-se de “um artefato que descreve conceitos, relações, restrições e axiomas de um domínio, usando uma organização taxonômica baseada em generalização e especialização”. Semelhante definição é apresentada por Noy e Hafner (1997):

Uma ontologia é um artefato de engenharia, constituído de um vocabulário de termos organizados em uma taxonomia, suas definições e um conjunto de axiomas formais usados para criar novas relações e para restringir as suas interpretações segundo um sentido pretendido (NOY; HAFNER, 1997).

Outros pesquisadores, embora com entendimento semelhante, dão ênfase à diferença da interpretação de ontologia nas áreas de Filosofia e Engenharia/Computação para instrumentar seus argumentos. Entre estes estão Valente (1995) e Guarino (1998), o qual afirma:

No sentido filosófico, podemos nos referir a uma "ontologia" como um sistema particular de categorias que versa sobre uma certa visão do mundo. Desta forma, este sistema não depende de uma linguagem particular: a ontologia de Aristóteles é sempre a mesma, independente da linguagem usada para descrevê-la. Por outro lado,

em seu uso mais prevalecente na IA, uma ontologia é referida como um artefato de engenharia, constituído de um vocabulário específico usado para descrever uma certa realidade e um conjunto de pressupostos explícitos relacionados com o significado pretendido para as palavras do vocabulário .

Como pode ser observado nas manifestações citadas, são evidentes os interesses da Engenharia do Conhecimento e da Ciência da Computação para com as ontologias. Eles estão relacionados ao desenvolvimento de soluções que envolvem o raciocínio computacional automático (viável devido ao formalismo declarativo da especificação), a interoperabilidade e reuso entre sistemas e agentes (garantido pela exigência de que o conhecimento representado deve ser formal e compartilhado) e suporte à integração e gestão do conhecimento, através de unificação e explicitação de termos conceitos, categorias e relações relativas ao domínio e presentes na ontologia (eliminando ambiguidades).

Desta forma é preciso esclarecer que uma ontologia não deve ser confundida com uma base de conhecimentos, pois não são sinônimos (RIOS, 2005), mesmo que ambas possam compartilhar da mesma forma de representação do conhecimento, como as redes semânticas ou os frames. Uma ontologia pode ser um componente de uma base de conhecimentos, na forma de um alicerce sobre o qual a base de conhecimentos será construída. Na medida em que a ontologia provê um conjunto a ser compartilhado (em torno do qual há consenso) de conceitos, relações, restrições e axiomas para descrever um domínio, o qual pode um não estar associado a algum sistema. Já uma base de conhecimento diz respeito a uma implementação, a um sistema que pode utilizar uma ontologia para representar o que é verdade sobre algum mundo real ou imaginário (OLIVEIRA, 1999), como também pode incluir o ponto de vista ou entendimento individual próprio daquela implementação. Esta opinião é compartilhada por Russell e Norvig (2004), para quem uma ontologia pode ser um produto intermediário associado a um produto final que é base de conhecimentos. Assim, é correto afirmar que uma base de conhecimentos é uma implementação atual de uma ontologia em uma aplicação - uma distinção adotada no presente trabalho.

### **4.2.1 Classificação**

A classificação das ontologias é determinada pelos diferentes níveis de abstração ou generalidade empregados, aspectos que estão relacionados a sua aplicabilidade. Em Guarino (1997), elas são divididas em quatro tipos, sendo eles: Ontologia Genérica, Ontologia de Domínio, Ontologia de Tarefa e Ontologia de Aplicação.

As Ontologias Genéricas (ou Ontologias de Nível Superior) referem-se a conceitos genéricos que são independentes de qualquer domínio particular. Elas descrevem termos mais gerais como espaço, tempo, matéria, objeto evento etc., em geral enfatizando conceituações que fundamentam determinado conhecimento.

As Ontologias de Domínio objetivam descrever um vocabulário relacionado a um domínio, porém genérico, como uma grande área do conhecimento, por exemplo. Elas especializam conceitos presentes numa Ontologia Genérica.

A Ontologia de Tarefas tem seu foco num vocabulário que está relacionada a uma tarefa ou atividade genérica geralmente associada à resolução de problemas, mas com certa independência do domínio no qual ocorrem. Elas também devem especializar termos presentes na Ontologia de Nível Superior.

Já uma Ontologia de Aplicação diz respeito a conceitos envolvidos em domínios específicos e tarefas particulares. São conceitos que frequentemente correspondem a papéis desempenhados por entidades de domínio envolvidas na realização de uma atividade. Elas dependem de uma Ontologia de Domínio e de uma Ontologia de Tarefas, das quais é muitas vezes uma especialização (NOVELLO, 2003).

### **4.2.2 Linguagens de Representação**

Para construir ontologias existem algumas linguagens formais específicas. Elas distinguem-se pelas facilidades, expressividades e propriedades computacionais que oferecem, sendo que as principais são: RDF, RDF-Schema, OIL (Ontology Inference Layer) , DAML+OIL e OWL.

A linguagem RDF-Resource Description Framework foi projetada para facilitar o intercâmbio de informações entre aplicativos e fornecer semântica formal para metadados. Ela foi proposta pelo World Wide Web Consortium-W3C em 1999 e sua sintaxe baseia-se na

Extensible Markup Language-XML. A especificação é dividida em duas partes, que são utilizadas de forma conjunta. Na primeira, o RDF, estão descritos os recursos - suas propriedades e valores. Na segunda parte, o RDF-Schema, estão definições de relacionamentos e de termos e propriedades específicas que correspondem às restrições relacionadas ao modelo representado. Deve ser registrado, entretanto, que alguns autores entendem que o RDF não é uma linguagem, mas sim um modelo de dados. Entre estes estão Kerr (2003), Marino (2001), Jardim (2009), além de outros.

A base do RDF é a utilização de triplas do tipo objeto-atributo-valor, as quais denotam relações entre as partes de objetos e, assim, permitem descrever e representar formalmente conhecimento. No modelo, todos os objetos envolvidos no universo do domínio são chamados de recursos e são descritos por expressões. As propriedades RDF (*properties*) são atributos, características ou relações utilizadas para descrever o recurso. Trata-se de relações binárias para representar relacionamentos entre recursos ou definir valores válidos. Já uma expressão ou sentença RDF (*statement*) é uma composição formada por um par propriedade-valor e um recurso específico ao qual esta propriedade se aplica. Elas são as construções básicas do modelo de dados e são definidas na forma de triplas compostas de predicado (propriedade), sujeito (recurso) e objeto (valor de uma propriedade). As sentenças são agrupadas em um elemento Description, onde estão a identificação do recurso e uma lista de propriedades relacionadas a ele. A identificação de um recurso é feita através do atributo about, quando tratar-se de um recurso já existente. O about é um recurso interpretado como uma referência URI-Uniform Resource Identifier. Quando o recurso não possui ainda um URI, então o about não é usado, sendo fornecido um identificador através do atributo ID.

A Figura 10 mostra um exemplo de utilização da linguagem RDF para descrever conhecimento. Nele está descrito que “A pessoa de matrícula 20091020 é chamada Gustav Heinzle e ele tem o endereço de email [heinzle@furb.br](mailto:heinzle@furb.br). O recurso <http://www.inf.furb.br/~heinzle> foi criado por esta pessoa.” A correspondente representação gráfica, análoga a uma Rede Semântica, também é mostrada na figura.

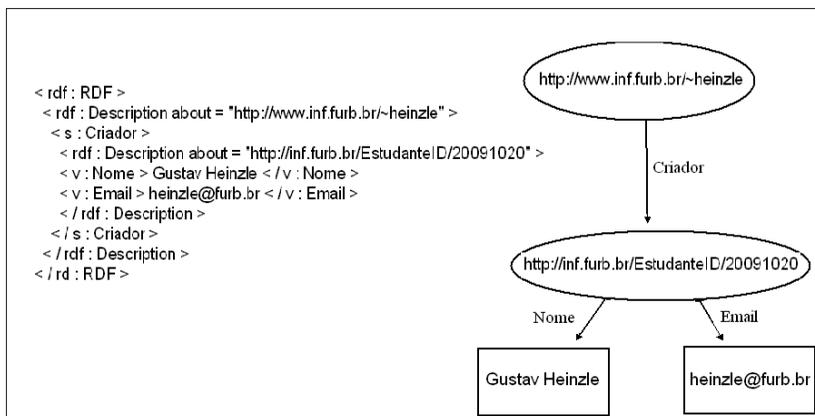


Figura 10 - Rede Semântica e Correspondente RDF

Fonte: Do autor

O RDF-Schema estende o RDF ao adicionar os conceitos de classe e hierarquia, permitindo a criação de ontologias simples. Ele considera que os recursos RDF formam classes e fornece instrumentos para criar modelos e representar sistemas hierárquicos destas classes, formando taxonomias. Adicionalmente, existem mecanismos para expressar relacionamentos entre as classes e suas instâncias, através dos quais é descrita a semântica e as características de um domínio de conhecimento e sobre o qual é possível a realização de inferências lógicas. Assim, cria-se um sistema de classes genérico, extensível e compartilhável que pode ser utilizado para esquemas num domínio específico.

A linguagem OIL-Ontology Inference Layer nasceu do projeto On-To-Knowledge que foi patrocinado pelo programa IST-Information Society Technologies, um consórcio da Comunidade Européia. Ela foi concebida para ampliar a capacidade semântica dos formalismos da linguagem RDFS e por isto mantém compatibilidade com os padrões XML e RDF. A sua característica principal está na combinação de descrições lógicas para dar suporte à semântica formal e às inferências com a modelagem baseada em *frames*.

Os componentes fundamentais da linguagem OIL são as classes, os relacionamentos e as instâncias. Entre as classes existe uma relação de hierarquia, além de outras relações binárias. Sobre estas relações podem ser atribuídas restrições de cardinalidade. Uma ontologia OIL é

composta de dois elementos fundamentais: o ontology container e o ontology definitions. O primeiro contém as características da própria ontologia, e no segundo está a definição do vocabulário da referida ontologia. Quanto à sintaxe, são duas variações, uma baseada em XML e outra em RDF. A Figura 11, adaptada de Fensel et al. (2000), mostra o exemplo de uma ontologia de animais representada por meio da linguagem OIL.

ontology-container	subclass-of planta
title "Animais africanos"	class-def ramo
creator "Ian Horrocks"	slot-constraint <i>é-parte-de</i>
subject "animal, alimentação, vegetarianos"	has-value árvore
description "Exemplo ontologia de animais"	class-def folha
description.release "1.01"	slot-constraint <i>é-parte-de</i>
publisher "I. Horrocks"	has-value ramo
type "ontology"	class-def defined carnívoro
format "pseudo-xml"	subclass-of animal
format "pdf"	slot-constraint <i>come</i>
identifier "http://www.cs.vu.nl/TR/oil.pdf"	value-type animal
source "http://www.afric.com/animals.html"	class-def defined herbívoro
language "OIL"	subclass-of animal
language "en-uk"	slot-constraint <i>come</i>
relation.hasPart "http://www.o.com/ijgl.onto"	value-type
ontology-definitions	planta OR
slot-def <i>come</i>	[slot-constraint <i>é-parte-de</i> has-value planta]
inverse <i>é-comido-por</i>	class-def girafa
slot-def <i>fem-parte</i>	subclass-of animal
inverse <i>é-parte-de</i>	slot-constraint <i>come</i>
properties transitivo	value-type folha
class-def animal	class-def leão
class-def planta	subclass-of animal
subclass-of NOT animal	slot-constraint <i>come</i>
class-def árvore	value-type herbívoro

Figura 11 - Ontologia de Animais

Fonte: Adaptado de Fensel et al. (2000)

Em paralelo ao desenvolvimento da linguagem OIL na Europa, a agência americana DARPA-Defense Advanced Research Projects Agency e o consórcio W3C, estavam trabalhando em parceria para a criação de uma linguagem com objetivos semelhantes, ou seja, ampliar os recursos oferecidos pelas linguagens XML e RDF, de modo a obter mais expressividade semântica. Destes esforços, em Outubro do ano 2000, surgiu a primeira versão de uma linguagem, a qual foi dada o nome de DAML-ONT - Agent Markup Language-Ontology. No início de 2001 é lançada uma nova versão denominada DAML-OIL, criada agora com o objetivo de combinar as propostas das linguagens DAML e OIL.

Uma ontologia escrita em DAML+OIL é composta de cabeçalhos, (*headres*), classes, propriedades e instâncias. No cabeçalho

estão informações relacionadas à versão, data e referências a outras ontologias as quais contém definições que serão aplicadas também na corrente. Estas outras ontologias são referenciadas pela expressão `imports` que faz referência a uma URI, que corresponde ao local onde está a ontologia a ser importada. As declarações `imports` são tratadas como transitivas, assim, se uma ontologia importar uma segunda, e se esta segunda fizer referência a uma terceira através de uma cláusula `imports`, também a terceira fará parte da ontologia em questão.

Quanto às classes, cada expressão `class` associa uma classe a sua definição e a relaciona com uma URI. Duas classes já estão predefinidas: a `daml:Thing` e a `daml:Nothing`. Por definição, todo objeto é membro de `daml:Thing` e não é membro de `daml:Nothing`, assim, todas as classes são subclasses de `daml:Thing` e `daml:Nothing` é uma subclasse de toda classe. Uma definição contém elementos de classe, os quais associam a classe a sua definição e permitem a construção de expressões lógicas. Os possíveis elementos são `rdfs:SubClassOf`, `daml:DisjointWith`, `daml:DisjointUnionOf`, `daml:SameClassAs` e `daml:EquivalentTo`. As expressões de classe são as possíveis formas de se fazer referência a uma classe. Elas podem ser do tipo nome-de-classe, enumeração, restrição e combinação booleana. O elemento `daml:oneOf` contém uma lista das instâncias da classe (objetos) e a utilização `oneOf` determina a relação da classe com a referida lista. A linguagem oferece também elementos para descrever e associar propriedades numa ontologia. Elas podem ser descritas com os elementos `rdfs:SubPropertyOf`, `rdfs:range`, `rdfs:domain`, `daml:SamePropertyAs`, `daml:EquivalentTo`, `daml:InverseOf`. O Quadro 6 mostra todos os elementos da linguagem DAML+OIL.

Cardinality	domain
minCardinalityQ	equivalentTo
cardinalityQ	hasClass
Class	subClassOf
ObjectProperty	hasClassQ
complementOf	subPropertyOf
ObjectRestriction	hasValue
Datatype	toClass
OneOf	imports
DatatypeProperty	intersectionOf
onProperty	unambiguousProperty
DatatypeRestriction	inverseOf
Ontology	unionOf
Datatype value	maxCardinality
Property	uniqueProperty
differentIndividualFrom	maxCardinalityQ
Range	versionInfo
disjointUnionOf	minCardinality
disjointWith	Restriction
sameClassAs	sameIndividualAs
samePropertyAs	transitiveProperty
ObjectClass	

Quadro 6 - Elementos da Linguagem DAML+OIL

Fonte: Do Autor

A Figura 12, adaptada de W3C (2001), apresenta um fragmento de uma ontologia escrita na linguagem DAML+OIL. Alguns aspectos merecem ser destacados:

- Entre as linhas dois e cinco estão definidos os *namespaces* envolvidos na ontologia;
- Da linha sete até a linha onze está o cabeçalho, inclusive com uso do elemento imports (na linha dez);
- Entre as linhas doze e vinte e sete são descritas as classes presentes na ontologia, inclusive com definição de hierarquia. As classes são Animal (linha treze), Male (linha 16), Female (linha dezenove), Woman (linha vinte e dois) e Man (linha vinte e cinco). Male e Female são subclasses de Animal (linhas dezessete e vinte, respetivamente);

```

1 <rdf:RDF
2   xmlns:rdf="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
3   xmlns:rdfs="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
4   xmlns:daml="http://www.w3.org/2001/10/daml+oil#"
5   xmlns:xsd="http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema#"
6 >
7   <daml:Ontology rdf:about="">
8     <daml:versionInfo>$ID: Overview.html,v 1.10 2001/12/18
9       21:48:05 connolly Exp $</daml:versionInfo>
10    <daml:imports
11      rdf:resource="http://www.w3.org/2001/10/daml+oil"/>
12  </daml:Ontology>
13  <daml:Class rdf:ID="Animal">
14    <rdfs:label>Animal</rdfs:label>
15  </daml:Class>
16  <daml:Class rdf:ID="Male">
17    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Animal"/>
18  </daml:Class>
19  <daml:Class rdf:ID="Female">
20    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Animal"/>
21  </daml:Class>
22  <daml:Class rdf:ID="Woman">
23    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Female"/>
24  </daml:Class>
25  <daml:Class rdf:ID="Man">
26    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Male"/>
27  </daml:Class>
28  .....
```

Figura 12 - Fragmento de Ontologia em DAML+OIL

Fonte: Adaptado de (W3C, 2001)

A OWL-Web Ontology Language é uma linguagem para ontologias que integra as tecnologias recomendadas pelo Consórcio W3C desde Fevereiro de 2004 (W3C, 2004). É baseada na sintaxe do XML e RDFS, tratando-se de uma revisão da linguagem DAML+OIL. A OWL supera suas precessoras ao disponibilizar instrumentos adicionais para explicitar o significado de termos e relacionamentos, porém mantendo em comum com elas, além da sintaxe, a lógica formal descritiva como mecanismo para expressar semântica por axiomas lógicos. Segundo W3C (2004), a linguagem foi projetada para aplicações que necessitam processar o conteúdo das informações, não apenas apresentar informações aos seres humanos, e que seu uso é indicado quando pretende-se:

- Formalizar um domínio por meio da definição de classes e suas propriedades;
- Definir instâncias e suas propriedades;
- Raciocinar a respeito destas classes e instâncias.

Existem três versões ou sub-linguagens da OWL denominadas Lite, DL e Full. Elas crescem gradativamente o nível ou capacidade de expressividade, sendo a primeira um subconjunto da segunda, que é por

sua vez, um subconjunto da terceira. A OWL-Lite oferece um suporte mais básico e é indicada àquelas aplicações que são caracterizadas por envolverem, fundamentalmente, uma classificação hierárquica e que possuem definições simples de propriedades e restrições. Ela oferece restrições de cardinalidade para propriedades apenas com valores zero ou um. A OWL-DL disponibiliza construções adicionais que permitem mais expressividade, mas é ainda indicada para situações com poucas restrições envolvidas no modelo, em especial quanto aos tipos. A denominação DL deve-se a lógica de descrição, base formal da linguagem. Finalmente, a OWL-full é a versão que permite máxima expressividade, com maior liberdade em relação ao RDF e à lógica formal. Ela, ao aumentar o vocabulário RDF, pode levar à construção de ontologias com maior poder de expressividade, mas sobre a qual se tem menor capacidade de inferência computacional.

A estrutura de uma Ontologia OWL é composta de declarações de *namespace*, um cabeçalho opcional, as definições de classe, de propriedades e de indivíduos. O *namespace* é identificado por uma IRI-*Internacionalized Resource Identifier* e tem a finalidade de evitar ambiguidades no vocabulário. As informações relativas à própria ontologia recebem a denominação de *headers* (ou cabeçalhos) e são agrupadas na *tag* <owl>Ontology>. Nele estão colocadas informações como a URI base que identifica a ontologia, comentários, versão e referências a outras ontologias relacionadas e utilizadas na ontologia corrente. O grupo de cabeçalhos é encerrado com um *tag* </owl:Ontology>.

A Figura 13, adaptada de Smith, Welty e Mcguinness (2004), mostra um fragmento de uma ontologia escrita na linguagem OWL. Entre as linhas um e dez aparecem os *namespaces*. As linhas dois, três, quatro e cinco indicam outras ontologias que estão relacionadas a esta, no que se refere à terminologia. A linha seis indica que os elementos de prefixo owl: no presente documento devem ser compreendidos nos termos descritos na URL <http://www.w3.org/2002/07/owl#>. As linhas sete, oito e nove servem para apontar as URLs onde estão definidas as construções dos tipos de dados RDF, RDFS e XML presentes na ontologia.

```

1 <rdf:RDF
2   xmlns      ="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/wine#"
3   xmlns:vin  ="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/wine#"
4   xml:base   ="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/wine#"
5   xmlns:food ="http://www.w3.org/TR/2004/REC-owl-guide-20040210/food#"
6   xmlns:owl  ="http://www.w3.org/2002/07/owl#"
7   xmlns:rdf  ="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
8   xmlns:rdfs ="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
9   xmlns:xsd  ="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#">
10 >
11 .....

```

Figura 13 - Segmento de ontologia OWL  
 Fonte: Adaptado de Smith, Welty e McGuinness (2004)

Os elementos básicos que compõem uma ontologia escrita em OWL são as classes, as propriedades, as instâncias destas classes e os relacionamentos entre as instâncias (SMITH; WELTY; MCGUINNESS, 2004). A classe é o conceito mais básico para descrever um domínio de aplicação de uma ontologia, pois trata-se do mecanismo de abstração para agrupar entidades com características afins. Por meio delas constrói-se uma árvore, que corresponde à taxonomia implícita na ontologia e na qual uma subclasse herda as propriedades da classe a qual está subordinada. A raiz desta árvore é a classe owl:Thing, que já é pré-definida e da qual todas as outras, criadas no processo de modelagem do conhecimento, serão subclasses. Aos indivíduos de uma classe é dada a denominação de instâncias ou objetos.

As classes específicas para um domínio são criadas pelos usuários simplesmente ao ser associada a ela uma denominação. Elas são declaradas por meio do elemento owl:Class e suas denominações são feitas pelo atributo rdf:ID. Na Figura 14, que apresenta um segmento de uma ontologia OWL, mostra a criação de quatro classes: Universidade, CentroUniversitario, Faculdade e UniversidadePublica (linhas dois, três, quatro e cinco, respectivamente). Na mesma figura pode-se observar também a construção para subclasses utilizando o elemento rdfs:subClassOf e assim estabelecendo uma hierarquia. No exemplo, a classe UniversidadePublica é uma subclasse de Universidade.

```

1      .....
2      < owl:Class rdf:ID = "Universidade" />
3      < owl:Class rdf:ID = "CentroUniversitario" />
4      < owl:Class rdf:ID = "Faculdade" />
5      < owl:Class rdf:ID = "UniversidadePublica" >
6          < rdfs:subClassOf rdf:resource="#Universidade" />
7      < /owl:Class >
8      .....

```

Figura 14 - Criação de Classes

Fonte: Do autor

Uma vez definidas as classes, é preciso relacionar os membros ou indivíduos que podem ser agrupados e que compõem uma classe. Na ontologia mostrada na Figura 14, por exemplo, poderia-se incluir a declaração `< Universidade rdf:ID = "Ufsc" />` para definir a UFSC como uma instância da classe Universidade. Alternativamente, tal intenção poderia ser descrita com as seguintes declarações:

```

< owl:Thing rdf:ID = "Ufsc" />
< owl:Thing rdf:about = "#Ufsc" >
    < rdf:type rdf:resource = "#Universidade" />
</ owl:Thing >

```

Em OWL-Lite e OWL-DL, as classes e as instâncias formam conjuntos disjuntos enquanto que a OWL-Full permite que uma classe possa ser uma instância de outra classe.

As propriedades são relações binárias que descrevem características e relacionamentos entre classes ou indivíduos por meio dos quais é possível afirmar fatos sobre eles. Em OWL existem duas categorias de propriedades: *Datatype Property* - que associa indivíduos a valores de dados; e *Object Property* - que é empregada para associar classes ou indivíduos. Relacionadas às propriedades existem declarações para impor a elas restrições e caracterizações. *Domain* (domínio) e *range* (escopo) são os elementos da linguagem para definir os conjuntos de indivíduos válidos envolvidos numa relação. No domínio estão os indivíduos que se conectam a outros indivíduos que integram um determinado escopo. Já as restrições dizem respeito a valores e cardinalidade (*cardinality*).

As propriedades podem ser caracterizadas usando os elementos *TransitiveProperty* (propriedade transitiva), *SymmetricProperty* (propriedade simétrica), *FunctionalProperty* (propriedade funcional),

inverseOf (inverso de) e inverseFunctionalProperty (propriedade inversa e funcional). A propriedade transitiva somente pode ser utilizada para relacionar dois recursos e sua aplicação objetiva mostrar que se X está contido em Y e Y está contido em Z, então X também está contido em Z. A Figura 15 mostra uma das formas de implementar esta característica. Na linha três está declarado que a propriedade localizadoEm é do tipo transitiva. Desta forma, o segmento de ontologia apresentado permite entender que, como o Vale do Itajaí está em Santa Catarina, ele está também no Brasil.

```

1  ....
2  <owl: ObjectProperty rdf: ID = "localizadoEm" >
3    <rdf: type rdf:resource = "http://www.w3.org/2002/07/owl#TransitiveProperty" />
4    <rdfs: domain rdf:resource = "http://www.w3.org/2002/07/owl#Thing" />
5    <rdfs: range rdf:resource = "#Regiao" />
6  <owl: ObjectProperty>

7  <Regiao rdf:ID="ValeDoItajai">
8    <localizadoEm rdf:resource="#SantaCatarina" />
9  </Regiao>

10 <Regiao rdf:ID="SantaCatarina">
11   <localizadoEm rdf:resource="#Brasil" />
12 </Regiao>
13  ....

```

Figura 15 - Propriedade Transitiva

Fonte: Do autor

Alternativamente, a transitividade poderia ser expressa diretamente na declaração da propriedade – no caso do exemplo com o uso de <owl: TransitiveProperty rdf: ID = "LocalizadoEm"> obteria-se o mesmo efeito.

A propriedade simétrica também só pode ser usada para relacionar recursos com recursos, e é caracterizada por uma correspondência mútua entre dois indivíduos. Formalmente ela é representada por  $P(X,Y) \leftrightarrow P(Y,X)$ . Assim, se uma propriedade P é simétrica e relaciona um indivíduo X ao indivíduo Y, então o indivíduo Y também está relacionado a X pela mesma propriedade P. É um exemplo típico a relação familiar entre irmãos, pois, se Caim é irmão de Abel, então também Abel é irmão de Caim. A exemplo da propriedade transitiva, a simetria também pode ser expressa em OWL de duas

formas, ou através do elemento owl: ObjectProperty, ou diretamente na declaração da propriedade com o uso de owl: SymmetricProperty.

A propriedade funcional, também conhecida como propriedade de valor único, é utilizada para relacionar recursos com recursos, recursos com algum literal do RDF-Schema ou com algum tipo de dado do XML-Schema. Ela é caracterizada por definir uma relação na qual, para um indivíduo 1, pode existir até no máximo um indivíduo 2 ao qual ele está relacionado por meio desta propriedade. A relação funcional, indica que para cada instância pode existir somente um único valor para a propriedade. São exemplos, a relação temMãeBiológica entre duas pessoas, o número do CPF de um brasileiro ou a data de nascimento de alguém. Se uma propriedade é transitiva, ela nunca será funcional, pois a propriedade transitiva, por sua natureza, pode formar cadeias de indivíduos.

O elemento inverseOf indica que uma propriedade é a inversa de outra. Um exemplo seria a declaração de duas propriedades “ministra” e “ministradaPor”, sendo a primeira aplicada para uma relação entre as classes Professor e Disciplina, e a segunda seria a inversa da primeira. Já a InverseFunctionalProperty é usada para indicar que a sua propriedade inversa é funcional. Ela define que uma propriedade representa unicamente um indivíduo específico, de tal forma que o valor atribuído a ela vai identificar somente aquela instância. Esta propriedade só pode ser utilizada para relacionar recursos com recursos, recursos com literal do RDF-Schema ou com um tipo de dado do XML-Schema. Para o exemplo anteriormente citado, a propriedade éMãeBiológicaDe seria a propriedade funcional inversa de temMãeBiológica. A Figura 16 mostra um exemplo de uma propriedade, denominada CPF, que é definida funcional (linha cinco) e também funcional inversa (linha seis), uma vez que, cada cidadão brasileiro tem um único documento destes, e a cada documento está vinculada uma única pessoa.

```

1  ...
2  <owl:DatatypeProperty rdf:ID="CPF">
3    <rdfs:range rdf:resource="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string"/>
4    <rdfs:domain rdf:resource="#Pessoa"/>
5    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#FunctionalProperty"/>
6    <rdf:type rdf:resource="http://www.w3.org/2002/07/owl#InverseFunctionalProperty"/>
7  </owl:DatatypeProperty>
8  ...

```

Figura 16 - Propriedade Funcional Inversa  
Fonte: Do autor

No que se refere às restrições, elas são instrumentos que permitem aprimorar a caracterização das propriedades. A linguagem oferece os elementos owl:Restriction e owl:onProperty para impor a restrições que podem ser de cardinalidade ou de valor. As definições de cardinalidade são feitas com cardinality, maxCardinality, minCardinality, e as de valor são feitas com allValuesFrom, someValuesFrom e hasValue.

A restrição de cardinalidade permite associar o número de ocorrências que pode haver de um conjunto de indivíduos com outro conjunto de indivíduos através de um determinado relacionamento ou, ainda, o que é válido para um determinado dado. Em OWL é possível impor um número exato, uma quantidade mínima ou uma quantidade máxima para a propriedade. O owl:cardinality é usado para especificar o número exato de elementos em uma propriedade, enquanto que owl:minCardinality e owl:maxCardinality servem para indicar o número mínimo e máximo, respectivamente, de ocorrências para a propriedade. Usando owl:minCardinality e owl:maxCardinality, simultaneamente, é possível estabelecer um intervalo de valores aceitos para a propriedade. A Figura 17, adaptada de Smith, Welty e Mcguinness (2004), mostra um segmento de ontologia que aplica a restrição de cardinalidade. Neste caso, a aplicação da propriedade safra usando a restrição de cardinalidade, impõe que cada safra terá exatamente um AnoSafra associado.

```

....
<owl:Class rdf:ID="safra">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="#temAnoSafra"/>
      <owl:cardinality>1</owl:cardinality>
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
....

```

Figura 17 - OWL:cardinality

Fonte: Adaptado de (SMITH; WELTY; MCGUINNESS, 2004)

Outros tipos de restrições podem ser definidos sobre os tipos de valores que uma propriedade pode assumir. Elas são criadas através dos elementos owl:allValuesFrom, owl:someValuesFrom e owl:hasValue.

Estas restrições, entretanto, aplicam-se sobre uma propriedade em uma classe específica, de tal forma que se a mesma propriedade for aplicada noutra classe, ela não será válida. O elemento owl:allValuesFrom indica que todas as instâncias das classes que tiverem a propriedade especificada, os valores da propriedade devem ser membros da classe indicada por ela. Trata-se, portanto, da quantificação universal. A restrição someValuesFrom determina que para instância da classe haja ao menos um valor da classe descrita pela restrição, tratando-se da quantificação existencial. Já a restrição owl:hasValue é utilizada para especificar classes baseadas na existência de um valor particular para uma propriedade. A Figura 18 mostra um segmento de uma ontologia na qual são empregadas as restrições de valor. Nas linhas quatro, cinco e seis é especificada uma restrição para a propriedade ehLecionadoPor através do elemento owl:allValuesFrom; já nas linhas doze, treze e quatorze pode-se observar a restrição através do elemento owl:hasValue.

```

1   ....
2   < owl:Class rdf:about="#cursoBasico" >
3     < rdfs:subClassOf >
4       < owl:Restriction >
5         < owl:onProperty rdf:resource="#ehLecionadoPor"/>
6         < owl:allValuesFrom rdf:resource="#Professor"/>
7       </ owl:Restriction >
8     </ rdfs:subClassOf >
9   </ owl:Class >

10  < owl:Class rdf:about="#cursoMatematica">
11    < rdfs:subClassOf >
12      < owl:Restriction>
13        < owl:onProperty rdf:resource="#ehLecionadoPor"/>
14        < owl:hasValue rdf:resource="#714365"/>
15      </ owl:Restriction>
16    </ rdfs:subClassOf >
17  </ owl:Class>
18  ....

```

Figura 18 - Restrições de Valor

Fonte: Do autor

A linguagem OWL oferece ainda um conjunto de construtores com os quais é possível formar novas classes através de expressões envolvendo combinações booleanas de outras classes. As expressões podem envolver união, intersecção e complemento, e os elementos correspondentes são denominados owl:unionOf, owl:intersectionOf e owl:complementOf. A Figura 19 mostra um exemplo no qual a criação de uma classe, denominada ComunidadeUfsc é feita por meio da união de outras classes.

```

1  ....
2  < owl:Class rdf:ID="ComunidadeUfsc" >
3      < owl:unionOf rdf:parseType = "Collection" >
4          < owl:Class rdf:about="#professor" />
5          < owl:Class rdf:about="#estudante" />
6          < owl:Class rdf:about="#servidor" />
7      < /owl:unionOf>
8  < /owl:Class>
9  ....

```

Figura 19 - Criação de Classe com União

Fonte: Do autor

Adicionalmente, pode-se indicar extensões de classes, que são conjuntos de indivíduos que, por sua vez, são membros de uma classe, por meio do elemento oneOf e, também afirmar que determinadas extensões são disjuntas, isto pelo elemento disjointWith. Com oneOf é possível especificar os indivíduos de uma classe utilizando enumeração direta, de tal forma que nenhum outro elemento possa integrar tal classe. Já a disjunção é usada para estabelecer que, se um determinado indivíduo é membro de uma classe, ele não pode simultaneamente pertencer a outra classe. A Figura 20, adaptada de Smith, Welty e Mcguinness (2004), apresenta um segmento de uma ontologia que ilustra a utilização do elemento owl:disjointWith.

```

    . . . .
    <owl:Class rdf:ID="Massa">
    <rdfs:subClassOf rdf:resource="#CoisaComestivel"/>
    <owl:disjointWith rdf:resource="#Carne"/>
    <owl:disjointWith rdf:resource="#Ave"/>
    <owl:disjointWith rdf:resource="#Peixe"/>
    <owl:disjointWith rdf:resource="#Sobremesa"/>
    <owl:disjointWith rdf:resource="#Fruta"/>
    </owl:Class>
    . . . .

```

Figura 20 - OWL:disjointWith

Fonte: Adaptado de (SMITH; WELTY; MCGUINNESS, 2004)

### 4.2.3 Ambientes para Construção

No processo de construção de ontologias são utilizados ambientes específicos que oferecem uma série de recursos e funcionalidades que auxiliam e facilitam o desenvolvimento do trabalho. Atualmente, existem inúmeras dessas ferramentas disponíveis que, embora tenham em comum o objetivo de oferecer facilidades para o desenvolvimento de uma ontologia, o fazem oferecendo diferentes recursos e funções. A seguir são mostradas duas das mais populares destas ferramentas: OntoEdit e Protégé.

O OntoEdit é um software comercial que consiste num ambiente de desenvolvimento e edição de ontologias. Possui um ambiente gráfico que facilita a codificação e visualização da ontologia além de permitir apresentação em diferentes linguagens de representação. O ambiente foi concebido para oferecer suporte a uma metodologia de desenvolvimento específica, a qual divide o processo de construção de uma ontologia em três fases: especificação de requisitos, refinamento e avaliação. Na fase de especificação de requisitos, o usuário da ferramenta precisa informá-los, de forma que eles descrevam ao que a ontologia pretende dar suporte. Na fase de refinamentos a ontologia é detalhada com a introdução dos conceitos, hierarquia, propriedades e axiomas. A fase de avaliação serve para confirmar a utilidade da ontologia e observar a correspondência com os requisitos especificados. Para o desenvolvimento de cada uma das fases há ferramentas e funcionalidades disponíveis e integradas ao ambiente. Para a fase de

avaliação, o OntoEdit oferece uma ferramenta chamada Ontobroker. Ela é um mecanismo de consulta e inferência que permite ao usuário aquilatar a consistência da ontologia inferindo aspectos relacionados a fatos, atributos e relacionamentos. A Figura 21 mostra a interface principal do OntoEdit.

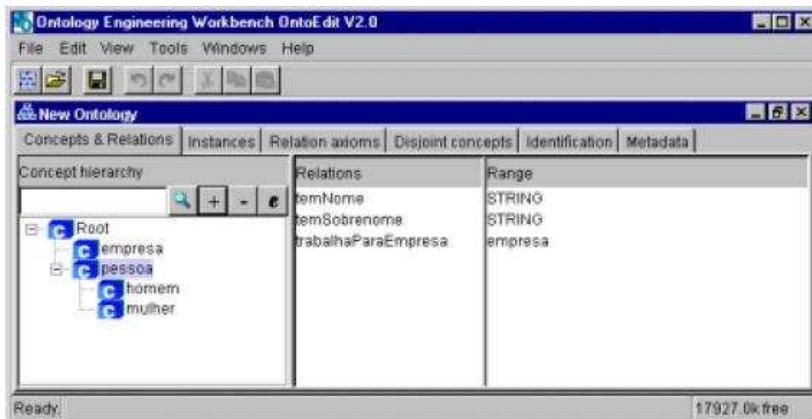


Figura 21 - Tela Principal do OntoEdit

Fonte: Do autor

Já o Protégé é um software que foi criado no Departamento de Informática Médica da University of Stanford onde seu desenvolvimento teve início na década de oitenta. A partir da versão 2.0-beta lançada em 2003, foi incorporado, junto com o OilEd, ao projeto CO-ODE – Collaborative Open Ontology Development Environment. Atualmente é um software livre, de código aberto, baseado em Java, que oferece um ambiente interativo, com interface gráfica para edição e manutenção de ontologias, além de permitir sua integração com vários raciocinadores. Ele oferece também outros *plugins* através dos quais há suporte para conversão da ontologia para várias linguagens, como RDF(S), OWL, XML Schema e DAML+OIL. A Figura 22 mostra a tela principal do Protégé.

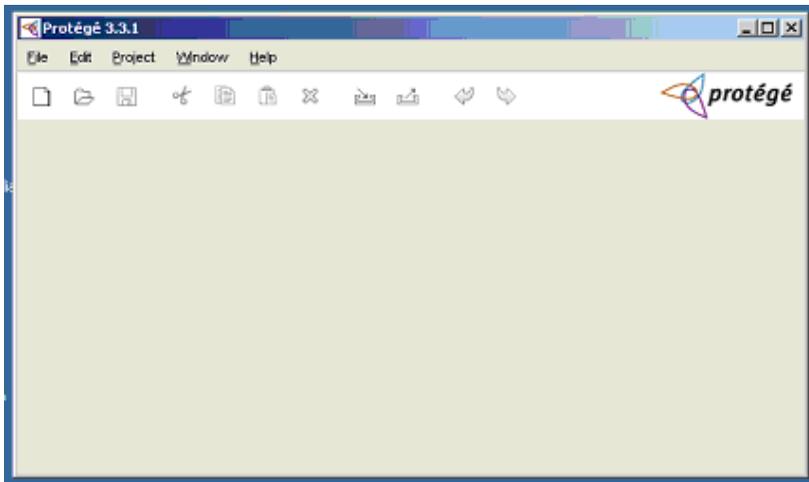


Figura 22 - Tela Principal do Protégé

Fonte: Do autor

Uma das mais importantes funcionalidades oferecidas pelo Protégé é a possibilidade de representar, editar e popular as ontologias de duas formas, em *Frames* ou em OWL. Para isto há duas versões do software, uma com editor Protégé-Frames, com o qual é possível apresentar e visualizar a ontologia baseada em *frames*; e outra com editor Protégé-OWL, que a apresenta na forma de uma rede semântica.

No modelo Protégé-Frames, a ontologia consiste de um conjunto de classes organizadas em hierarquia para representar um domínio e no qual são salientados conceitos, um conjunto de *slots* associados às classes para descrever suas propriedades e relacionamentos, e um conjunto de instâncias destas classes (PROTEGE, 2009). Já quanto ao modelo OWL, afirma Protege (2009):

Uma ontologia OWL pode incluir descrição de classes, propriedades e suas instâncias. Numa ontologia assim, a semântica formal do OWL especifica como derivar suas consequências lógicas, i.e. fatos não presentes literalmente na ontologia, mas derivados pela semântica. Estas derivações podem ser baseadas num simples documento ou em múltiplos documentos distribuídos e que podem ser combinados usando determinados mecanismos OWL (PROTEGE, 2009, tradução nossa).

Além das ações comuns associadas ao menu mostrado na Figura 22, tais como criar, abrir, salvar, excluir, exportar e converter de formato, o software disponibiliza outras funcionalidades após o usuário abrir uma ontologia. Através de botões e palhetas, ele pode navegar e editar todas as partes da ontologia, sejam classes, propriedades e instâncias, além de realizar *queries* e verificar sua consistência. A Figura 23 mostra a tela apresentada no momento em que uma ontologia está aberta. Mais detalhes da ferramenta Protégé podem ser encontrados em PROTÉGÉ4-Users (2009).

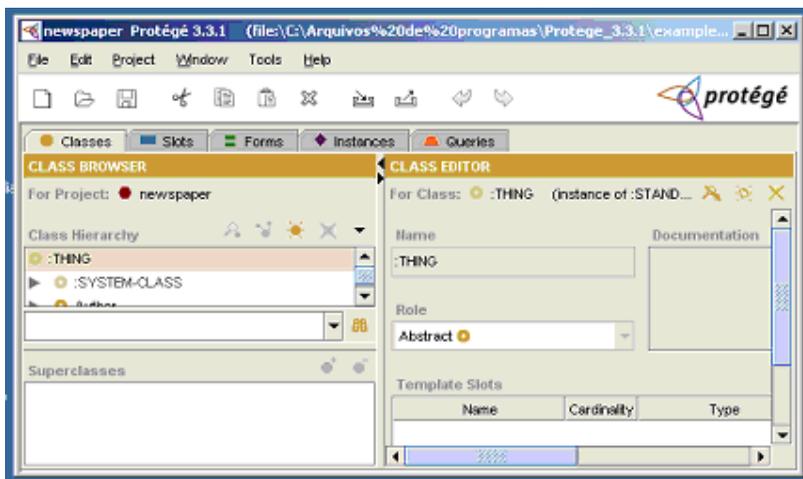


Figura 23 - Tela do Protégé com Ontologia Aberta  
Fonte: Do autor

#### 4.2.4 Metodologias de Desenvolvimento

Por ser a área de construção de ontologias muito recente, não há ainda uma metodologia de desenvolvimento em torno da qual exista acordo da comunidade científica. Por outro lado, já estão disponíveis inúmeras propostas de metodologias, surgidas dentro de grupos de pesquisa envolvidos na construção de ontologias e que buscaram sistematizar o desenvolvimento de seus próprios trabalhos (BRANDÃO; LUCENA, 2002). As primeiras destas propostas surgiram na primeira metade da década de noventa e foram apresentadas em Lenat e Guha (1990) e em Uschold e King (1995). Na primeira publicação estão os passos genéricos e os pontos importantes do processo de desenvolvimento da

Ontologia Cyc, já o segundo refere-se à experiência do projeto TOVE-Toronto Virtual Enterprise e relata os principais passos do desenvolvimento da Enterprise Ontology. Breitman e Leite (2004), Corcho, Fernández-Lopes e Gomez-Pérez (2001) e Brandão e Lucena (2002) apresentam em seus trabalhos várias das propostas de metodologias de desenvolvimento de ontologias surgidas desde então, sendo que algumas delas são recorrentes nestas publicações, tais como a Methontology, a On-to-Knowledge, a Uschold & King e a Grüninger & Fox.

A Methontology é uma metodologia aplicada para construção de ontologias novas, reuso de ontologias existentes ou para um processo de reengenharia e é fundamentada no processo padrão IEEE para desenvolvimento de softwares (GOMEZ-PÉREZ; CORCHO; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2004). Ela foi desenvolvida no laboratório de Inteligência Artificial da Universidade de Madri e baseia-se na idéia da prototipação e da evolução por refinamentos sucessivos. Associado a ela existe um *framework* que orienta o desenvolvimento com base nas atividades e passos propostos pela metodologia. Segundo a Methontology, o processo de desenvolvimento deve ser executado seguindo-se tarefas e passos que podem ser agrupadas em três grupos: 1) Atividades de gerenciamento de projeto, 2) Atividades orientadas ao desenvolvimento e; 3) Atividades de suporte a serem desempenhadas em paralelo àquelas do desenvolvimento. Dentro destes grupos de atividades, por sua vez, são detalhadas subatividades a serem executadas e relacionados os produtos a serem geradas no seu final. O Quadro 7, adaptado de Brandão e Lucena (2002), resume as referidas atividades.

1. Atividades de gerenciamento do projeto	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Planejamento: identificação de tarefas a serem desempenhadas e como elas devem ser organizadas, quanto ao tempo e recursos que irão consumir. É uma atividade essencial para fazer reuso de ontologias existentes;</li> <li>- Controle: atividade que garanta que tarefas planejadas na fase anterior sejam executadas;</li> <li>- Garantia de qualidade: atividade que assegura que os produtos resultantes das atividades (ontologia, software, documentação) sejam satisfatórios.</li> </ul>
2. Atividades orientadas ao desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Especificação: atividades que definem porque a ontologia será construída, qual seu uso e quem serão seus usuários;</li> <li>- Conceituação: estruturação do domínio de conhecimento;</li> <li>- Formalização: transformação do modelo conceitual da atividade anterior num modelo formal ou semicomputável;</li> <li>- Implementação: construção de modelos numa linguagem;</li> <li>- Manutenção: atualização e correção da ontologia.</li> </ul>
3. Atividades de suporte a serem desempenhadas em paralelo àquelas do desenvolvimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aquisição de conhecimento;</li> <li>- Avaliação: julgamento técnico da ontologia, dos ambientes de software associados e da documentação produzida;</li> <li>- Integração: atividades essenciais quando há reuso de ontologias existentes;</li> <li>- Documentação: registro das fases de desenvolvimento.</li> </ul>

Quadro 7 - Atividades e Subatividades da Methontology

Fonte: Adaptado de Brandão e Lucena (2002)

Maiores detalhes sobre a Methontology podem ser obtidos em Fernández, Gómez-Pérez e Juristo (1997).

A metodologia On-to-Knowledge (OTK) nasceu nas atividades do projeto Onto-To-Knowledge: Content-driven Knowledge-Management Tools through Evolving Ontologies, que foi executado de 1999 até 2002 e integrava o programa IST-Information Society Technologies. Foi financiado pela Comunidade Européia e seu objetivo era o

desenvolvimento de ferramentas e métodos para suporte à gestão do conhecimento nas organizações. Assim, por nascer vinculada ao processo de gestão do conhecimento, a metodologia não inclui apenas a construção de ontologias, mas abrange também o suporte a questões relacionadas à introdução e uso de tal conceito nas organizações. Ela inclui desde os aspectos relacionados à análise dos processos de negócios, até aqueles vinculados às ferramentas para aquisição, formalização, disponibilização e manutenção do conhecimento em forma de ontologias. Para tanto, a OTK propõe que o desenvolvimento de projetos de ontologia sejam executados observando-se uma série de atividades que são agrupadas em dois grandes processos: 1) Meta-processo de conhecimento – no qual são executadas atividades preliminares para introdução de uma solução de gestão e manutenção do conhecimento em uma organização; e, 2) Processo de Conhecimento – que envolve questões relacionadas à utilização continuada da aplicação de gestão do conhecimento ali introduzida. O detalhamento das atividades e tarefas envolvidas em cada um destes processos é resumido no Quadro 8.

1. Meta-processo de conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudo de viabilidade;</li> <li>- Inicialização;</li> <li>- Refinamento;</li> <li>- Avaliação;</li> <li>- Aplicação e evolução.</li> </ul>
2. Processo de conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Criação/importação do conhecimento;</li> <li>- Captura/formalização do conhecimento;</li> <li>- Recuperação e acesso ao conhecimento;</li> <li>- Utilização do conhecimento.</li> </ul>

Quadro 8 - Atividades e Tarefas da Metodologia OTK

Fonte: Do Autor

A metodologia Uschold & King foi uma das primeiras propostas apresentadas, tendo sido desenvolvida em 1995 no contexto da criação da ontologia denominada Enterprise Ontology, a qual envolvia a modelagem de processos empresariais. Ela propõe que o desenvolvimento da construção de uma ontologia seja feita em quatro etapas, que são: 1) Identificação do propósito e escopo; 2) Construção da ontologia; 3) Avaliação e; 4) Documentação. A etapa 1 consiste em definir o porquê da construção da ontologia e para que ela será usada. A etapa 2, por sua vez, envolve três passos: 1) Captura de conceitos-chave e relações entre eles, e definição textual dos termos usados para referir esses conceitos e relações; 2) a codificação da ontologia numa

linguagem formal, com a representação dos conceitos e relacionamentos definidos no passo 1, e; 3) verificação da viabilidade de integração ou reutilização de ontologias existentes. Na etapa 3 são desenvolvidas tarefas como a verificação da especificação de requisitos, validação das questões de competência e comparação com o mundo real (BREITMAN; LEITE; 2004). A etapa 4 consiste em descrever o processo de construção. Detalhes completos da metodologia podem ser obtidos em Uschold e King (1995).

A metodologia Grüninger & Fox, também conhecida como metodologia TOVE-Toronto Virtual Enterprise, numa referência ao nome do projeto no qual nasceu, igualmente surgiu de uma experiência de construção de ontologia pelos autores. O projeto estava relacionado à modelagem de processos de negócios e de atividades corporativas. A proposta baseia-se na utilização do que os autores chamam de cenários motivacionais ou cenários principais, que são as possíveis aplicações na quais a ontologia será usada (CORCHO; FERNÁNDEZ-LÓPEZ; GOMEZ-PÉREZ, 2001). Através destes cenários, são elaboradas, em linguagem natural, questões de competência para o ontologia, ou seja, são determinadas quais as questões que a ontologia deve ter competência para responder. Estas questões, por sua vez, determinam o escopo da ontologia e servem de subsídio para extração dos conceitos, propriedades, relações e axiomas, os quais irão compor a ontologia. No estágio seguinte, os cenários informais expressos em linguagem natural são transformados em modelos computacionais, expressos numa linguagem formal (como Prolog ou KIF, por exemplo). Assim, a metodologia tira vantagem da robustez da lógica clássica e por isto é considerada uma metodologia bastante formal, comparativamente as demais (CORCHO; FERNÁNDEZ-LÓPEZ; GOMEZ-PÉREZ, 2001).

As etapas a serem seguidas na construção de uma ontologia com base na metodologia de Grüninger & Fox são seis: 1) Descrição de cenários motivacionais; 2) Formulação informal das questões de competência; 3) Especificação formal dos termos da ontologia; 4) Descrição formal das questões de competência; 5) Especificação formal dos axiomas, e; 6) Verificação da completude da ontologia. O Quadro 9, adaptado de Breitman e Leite (2004), detalha as atividades de cada uma destas etapas. Detalhes completos da ontologia estão em Grüninger e Fox (1995).

1. Descrição de cenários motivacionais	São descrições de problemas ou exemplos a partir dos quais chega-se a um conjunto de soluções possíveis que carregam a semântica informal dos objetos e relações que serão incluídos na ontologia;
2. Formulação informal das questões de competência	Com base nos cenários, são elaboradas questões de competência, com a intenção de que seja possível representá-las e respondê-las usando a ontologia a ser desenvolvida;
3. Especificação dos termos da ontologia através de uma linguagem formal	Definição do conjunto de termos/conceitos, a partir das questões de competência, os quais servirão de base para a especificação na linguagem formal. Especificação da ontologia usando uma linguagem formal (como por exemplo KIF ou Prolog);
5. Descrição formal das questões de competência	Descrição das questões de competência usando a linguagem formal;
5. Especificação formal dos axiomas	Criação formal das regras buscando definir a semântica dos termos e relacionamentos;
6. Verificação da completude da ontologia	Estabelecimento de condições que caracterizem a ontologia como completa através das questões de competência formalmente descritas.

Quadro 9 - Etapas e Atividades da Metodologia Grüninger & Fox

Fonte: Adaptado de Breitman e Leite (2004)

### 4.3 RACIOCÍNIO COMPUTACIONAL

Assim como as questões relacionadas aos formalismos da representação do conhecimento, também o raciocínio computacional tem importância central nos sistemas baseados em conhecimento. O desenvolvimento destes sistemas computacionais, dotados de certa faculdade de raciocínio, envolve a utilização de mecanismos lógicos de inferência com os quais é simulado na máquina um processo inteligente. É através deste mecanismo que é possível a inferência lógica de novas verdades a partir de verdades existentes, ou seja, é possível ao sistema tirar

conclusões derivadas a partir do domínio do conhecimento contido na base de conhecimentos.

Em geral, nos sistemas de inteligência artificial simbólica, o processo de inferência utiliza a lógica matemática tradicional, ou lógica clássica, num raciocínio chamado de monotônico. Esta forma de raciocínio aplica-se a um domínio específico, no qual está disponível um modelo de conhecimento consistente e completo, ou seja, todo o conhecimento relacionado ao domínio da aplicação está disponível e não há contradição entre as várias porções que o compõem. Nestes sistemas, se for inserido conhecimento novo, não há a revisão do conhecimento anteriormente estabelecido, apenas o conjunto de declarações verdadeiras aumenta. Ou seja, a adição de conhecimento nunca causará a diminuição do conjunto de declarações verdadeiras (LUGER, 2004, p.293). Nos sistemas de raciocínio monotônico não existe a possibilidade de revisão de crenças e verdades, somente é permitido aumentar o estoque de verdades com a inclusão de mais conhecimento. Esta propriedade é denominada de monotonicidade.

Aqui o desencadeamento de um processo de raciocínio inicia-se com um conjunto de axiomas, assumidos como verdadeiros, e daí são inferidas as suas consequências. Como os sistemas de raciocínio monotônico empregam a lógica clássica e lidam com conhecimento certo e completo, eles sempre desenvolvem inferências corretas, motivo pelo qual ele é conhecido também como raciocínio irrefutável. Segundo Ladeira (1997, p.28), o raciocínio monotônico é caracterizado por três aspectos:

- a) os fatos necessários à solução de um problema estão presentes no sistema ou podem ser deriváveis dos fatos presentes usando axiomas e regras de inferência da lógica de primeira ordem;
- b) os fatos (e sua representação) são consistentes;
- c) à medida que novos fatos tornam-se disponíveis, se eles forem consistentes com todos os outros fatos já definidos, nenhum dos fatos existentes será alterado.

Estas características do raciocínio monotônico impõem limitações importantes e o tornam inaplicável para muitos dos problemas do mundo real, já que é incompatível com algumas maneiras naturais de se pensar. Estas restrições estão relacionadas, sobretudo, à inexistência de mecanismos que permitam revisão de crenças ou proposições e à impossibilidade de lidar com o conhecimento incerto ou incompleto.

Como alternativa, tem-se buscado o desenvolvimento de sistemas que admitam o raciocínio não-monotônico. O objetivo é viabilizar

suporte ao problema de crenças que podem ser modificadas e a questão do tratamento da incerteza. O sistema deve ser capaz de prosseguir um raciocínio nestas circunstâncias, fazendo as suposições mais razoáveis num cenário de incerteza ou incompleta, chegar a conclusões, e mesmo fazer um reexame destas se uma crença ou proposição mudar. Neste caso, a base de conhecimentos não avança monotonicamente e a inclusão de uma nova asserção pode negar uma inferência que era dependente da inexistência daquela asserção.

O raciocínio não-monotônico é também conhecido como raciocínio derrotável (LADEIRA, 1997, p.29) e como raciocínio restaurável (LUGER, 2004, p.294). A primeira denominação deve-se ao fato de que uma inferência pode tornar-se inválida com a adição ou subtração de novas asserções na base de conhecimentos, e se estas implicarem em violar suposições feitas durante um processo de raciocínio anterior. Já o adjetivo restaurável está relacionado à possibilidade de que conclusões obtidas por este raciocínio poderem ser reconsideradas ou retratadas, como consequência de mudanças na base de conhecimentos ou obtidas através de suposições adotadas durante o processo de inferência. Para isto, é necessária a existência de um mecanismo, chamado de SMV-Sistema de Manutenção da Verdade, ao qual cabe preservar a consistência da base de conhecimentos. O SMV rastreia e preserva os passos das inferências, conclusões e provas baseadas apenas em suposições que podem mais tarde ser objeto de questionamentos e revisão.

Desde a década de setenta surgiram várias propostas de formalismos para tratar a não-monotonicidade em sistemas computacionais. Elas são construídas sobre duas abordagens distintas: pela expansão da lógica de primeira ordem para transpor suas limitações ou, pela revisão da lógica matemática com métodos mais apropriados. Dentre estas propostas, as mais citadas são o raciocínio *default*, o raciocínio minimalista, o mecanismo de herança e a abdução.

O raciocínio *default* objetiva viabilizar o processo de inferência sobre o conhecimento incompleto utilizando-se de regras *default* de inferência. A proposta foi desenvolvida por Reiter (1980), que a denominou Default Logic. Trata-se de uma extensão da lógica de primeira ordem, onde a não-monotonicidade é tratada pela introdução no sistema de regras padrão de inferência, chamadas de Exceções. Essas regras são, na verdade, suposições que suprem a parte incompleta do conhecimento contido na base. Desta forma, é possível ao sistema obter conclusões baseando-se em expressões que são válidas “em geral”, mas

relacionadas às quais ele é capaz de reconhecer e tratar exceções, se for necessário. Formalmente, as regras *default* tem a forma:

$$P : J_1 , J_2 , \dots , J_n / C ,$$

onde P é chamado de pré-requisito, C é a conclusão e  $J_i$  são as justificativas. No processo de inferência, se for possível provar que alguma  $J_i$  é falsa, então a conclusão C não pode ser tirada. Por outro lado, não é preciso provar que todos  $J_i$  são verdadeiros para que seja permitido assumir a conclusão C. Adicionalmente, qualquer variável que estiver presente em  $J_i$  ou C também deve aparecer em P.

No caso do raciocínio minimalista, seu princípio está vinculado à idéia de que se algo é verdadeiro e relevante, ou já estará na base de conhecimentos, ou poderá ser derivado a partir do que lá está. A sua implementação se dá através da hipótese do mundo fechado e da circunscrição. A hipótese do mundo fechado baseia-se na assunção de que é falso tudo o que o sistema de raciocínio não conseguir provar como verdadeiro, tratando-se, portanto, de um instrumento de “fechamento do domínio” aplicado sobre o conhecimento. O resultado destas suposições limitantes é preencher os detalhes faltantes do conhecimento e permitir estender o raciocínio para assim alcançar novas conclusões (LUGER, 2004, p. 294). Princípio semelhante norteia a circunscrição, a qual se baseia na idéia de que uma proposição é “tão falsa quanto possível”, excetuando-se aquelas situações para as quais se sabe que elas são verdadeiras.

Noutra situação em que raciocínio não-monotônico está presente é nos formalismos de representação do conhecimento que utilizam hierarquia taxonômica e que permitem herança múltipla. Neste caso de forma intrínseca, por meio do mecanismo de herança, já que um objeto pode herdar conjuntos de propriedades parcialmente conflitantes. Como estes formalismos envolvem a representação de propriedades de classes, exceções para propriedades herdadas e superclasses múltiplas, o raciocínio por herança conduz naturalmente a não-monotonicidade. Por conta disto, a representação do conhecimento por redes semânticas e por *frames* são consideradas as primeiras aplicações a representarem explicitamente a não-monotonicidade, uma vez que nelas as hierarquias de conceitos são utilizadas como base para a "herança não monotônica" de atributos (COSTA; ABE, 2000).

### 4.3.1 Peirce e os Tipos de Raciocínio

Charles Sanders Peirce foi um pesquisador americano que nasceu em Cambridge no dia 10 de Setembro do ano de 1839. Filho de um renomado físico e matemático chamado Benjamin Peirce, formou-se também em física e matemática, na Universidade de Harvard, e ainda em química na Lawrence Scientific School. Dedicou sua vida ao estudo da filosofia e à ciência, tendo desenvolvido pesquisas em diferentes áreas do conhecimento, entre as quais a geologia, a geodésia, a semiótica, a matemática, a psicologia e a lógica. Foi professor na Universidade de Harvard de 1864 a 1865, e na Universidade John Hopkins entre 1879 e 1884. Entre 1884 e 1914, ano de sua morte em Milford/EUA, produziu mais de oitenta mil páginas de manuscritos, entre artigos, resenhas e verbetes de dicionários. A parte inédita destes textos foi posteriormente vendida por sua esposa ao Departamento de Filosofia da Universidade de Harvard, que a vem publicando há várias décadas. Este extenso e variado conjunto de trabalhos fazem ele ser considerado como um dos mais profundos e originais pensadores norte-americano (PIRES, 2010).

No campo da lógica, Peirce estudou os signos e seus aspectos lógico-científicos, sempre baseado num princípio que defendeu por toda sua vida, que era a idéia de que os resultados lógico-científicos são provisórios, pois estão submetidos a mudanças contínuas. Para ele a inferência científica é um ato voluntário, que conduz à “adoção controlada de uma crença como consequência de um outro conhecimento” (PEIRCE, 1972, p.32). Foi a partir deste entendimento, que Peirce buscou alternativas à lógica e à teoria do conhecimento tradicionais, os quais queria ampliar para que o processo de concepção de hipóteses fosse também um raciocínio lógico, que antecederia as inferências dedutivas e indutivas. Nasceu daí a Teoria do Raciocínio de Peirce, ou lógica ampliada, que preconiza a existência de três tipos de inferências, que são a dedução, a indução e a abdução; os quais, segundo ele, comporiam as funções essenciais da mente cognitiva.

O raciocínio dedutivo é caracterizado por partir do universal para o particular, ou seja, de uma proposição mais geral conclui-se uma proposição particular. Deduzir é uma palavra de origem latina que significa levar, sendo o tipo de inferência mais simples e mais fidedigno. A dedução é a base da lógica clássica e Aristóteles a considerava um modelo de rigor lógico. A dedução pode ser vista como um mecanismo que organiza e especifica o conhecimento que já está disponível, a

verdade estabelecida, a qual é aplicada para o caso particular e assim leva à conclusões. É um raciocínio que parte do geral para o específico, pela repetição no singular de um conhecimento universal, de forma a confirmar para um caso particular o funcionamento de uma regra geral.

Deve-se destacar, portanto, que o raciocínio dedutivo não adiciona nada além do conhecimento que já está disponível, dado que uma conclusão sempre é apenas um caso particular de uma lei geral. O aspecto convergente da dedução está na identificação de uma característica específica (peculiaridade) do elemento analisado que permita conduzir a um resultado único, diferente das outras conclusões possíveis. Um raciocínio é dito dedutivo quando, de uma ou várias premissas, é possível concluir uma proposição que é conclusão lógica destas premissas. Abaixo são mostrados dois exemplos de raciocínio por dedução:

Exemplo 1:

- a) Todos os mamíferos são animais;
- b) Todos os macacos são mamíferos;
- c) Todos os macacos são animais.

A proposição c) foi concluída logicamente a partir das duas anteriores.

Exemplo 2:

- a) Todo catarinense é brasileiro;
- b) Todo blumenauense é catarinense;
- c) Fernando é blumenauense;
- d) Fernando é brasileiro.

A proposição d) foi concluída logicamente a partir das três anteriores.

Funcionando de forma inversa, o raciocínio indutivo parte de uma premissa menor para uma maior, tratando-se de uma tentativa de generalização. Induzir é uma palavra também de origem latina, que significa trazer. A indução envolve um tipo de inferência mais complexa do que a dedução pois, de forma geral, a generalização é mais difícil de ser provada. Enquanto a dedução pode se restringir apenas a um exercício do pensamento, a indução depende também da experiência, motivo pelo qual ela é considerada a base da ciência. Este entendimento baseia-se no emprego de métodos experimentais para provar premissas

especulativas, buscar a construção de conceitos definitivos e então ampliar o conhecimento científico.

A indução é como um mecanismo de generalização que parte de verdades singulares em direção a uma verdade ou regra universal. Para Peirce (1977), trata-se de um raciocínio experimental que “consiste em partir de uma teoria, dela deduzir predições de fenômenos e observar esses fenômenos a fim de ver quão perto concordam com a teoria” (PEIRCE, 1977, p. 219). Formalmente, o processo de indução é assim descrito por Firebaugh (1988):

Para um jogo de objetos,  $X = \{a,b,c,\dots\}$ ,  
 se propriedade  $P$  é verdade para  $a$ ,  
 e se  $P$  é verdade para  $b$ ,  
 e se  $P$  é verdade para  $c$ ,  
 então  $P$  é verdade para todo o  $X$ .

Deve-se registrar, entretanto, que a exemplo da dedução, também a indução não origina conhecimento novo, mas apenas confirma ou nega hipóteses. Para exemplificar o raciocínio indutivo, Peirce (1972) relata a seguinte reflexão:

Nos casos típicos, a indução teria os traços do seguinte exemplo: entre os norte-americanos, nascem mais crianças negras do sexo feminino do que do masculino; submetemos essa hipótese ao teste, examinando os dados do censo; se a amostra revela a tendência que se previu, afirma-se, com certa confiança, que a hipótese é verdadeira (PEIRCE, 1972, p. 34).

Já o raciocínio abdutivo (também chamado raciocínio de hipótese) é a inovação apresentada por Peirce em sua teoria do raciocínio, pois, até então, a lógica e a teoria do conhecimento tradicional reconheciam apenas os raciocínios dedutivo e indutivo. Para ele, a abdução é o processo de inferência sintética, por meio do qual são formadas as hipóteses explicativas, a adoção probatória da hipótese, como tipicamente empregada nas descobertas científicas.

Essa forma de raciocinar é caracterizada por estudar fatos de interesse e então buscar a invenção de uma teoria capaz de explicá-los. Enquanto a dedução preocupa-se em provar algo que deve ser e a indução em mostrar que algo é operatório atualmente, a abdução está focada na sugestão de que algo pode ser. É um mecanismo para descobrir e formular hipóteses ou suposições, antes de sua confirmação

ou negação, possibilitando inferir daquilo que se sabe algo que ainda não se conhece, e através dele avançar a fronteira atual do conhecimento.

Peirce destaca que, baseado na abdução, deve-se posteriormente constatar o resultado das suposições feitas, motivo pelo qual o raciocínio deve ser formulado sempre como pergunta, até que se possa ter uma conclusão sobre sua veracidade. Este é o motivo pelo qual ele o chamou de inteligência em movimento, acrescentando que o raciocínio abduativo não deve ser confundido com mera intuição, embora a intuição esteja dentro dele. Afirma o autor:

Abdução é o processo de formação de uma hipótese explanatória. É a única operação lógica que apresenta uma idéia nova, pois a indução nada faz além de determinar um valor, e a dedução meramente desenvolve as consequências necessárias de uma hipótese pura (PEIRCE, C.S.; 1977, p. 220).

Para Eco (2009) a abdução assemelha-se a um movimento da imaginação, e não a um processo normal de decodificação. Afirma ele:

O raciocínio abduativo ocorre, por exemplo, sempre que ouvimos uma palavra e devemos decidir a que língua atribuí-la; a abdução intervém em todo tipo de decodificação. Essa inferência, como qualquer outra interpretação, de contextos e circunstâncias não codificados, representa o primeiro passo de uma operação metalinguística, destinada a enriquecer o código (ECO, 2009, p. 120).

Para ilustrar o processo de raciocínio abduativo, é mostrado abaixo um exemplo extraído de Marcos e Dias (2005):

Num lindo dia de sol, está caindo água do telhado de uma casa. A partir desse juízo perceptivo, são inferências abduativas:

- Alguém está jogando água no telhado;
- A neve acumulada está derretendo;
- A caixa d'água está vazando.

Outro exemplo, criado pelo próprio Peirce (1972, p.149), no qual ele faz um paralelo entre os três tipos de inferência previstos em sua teoria, também explica o processo de abdução:

### Dedução

Regra: Todos os feijões deste pacote são brancos.

Caso: Estes feijões provêm deste pacote.

Resultado: Estes feijões são brancos.

### Indução

Caso: Estes feijões provêm deste pacote.

Resultado: Estes feijões são brancos.

Regra: Todos os feijões deste pacote são brancos.

### Abdução

Regra: Todos os feijões deste pacote são brancos.

Resultado: Estes feijões são brancos.

Caso: Estes feijões provêm deste pacote

Como pode-se observar no último exemplo, a abdução permite um prognóstico geral, quando afirma que “Estes feijões provêm deste pacote”, mas não há qualquer garantia de um resultado bem sucedido. Por outro lado, ele oferece uma alternativa possível, e neste caso a única, para posterior validação e uso em condutas futuras. Também Júlio Pinto faz interessante reflexão acerca dos três tipos de inferência preconizados por Peirce, ao destacar a complementaridade entre eles:

A inferência abdutiva é um palpite razoavelmente bem fundamentado acerca de uma semiose que deve ser testada posteriormente por dedução, a fim de que se chegue a uma inferência indutiva sobre o universo representado por aquela semiose (PINTO, 1995, p. 14).

A questão da distinção entre os vários tipos de inferência previstos em sua teoria, está presente de forma recorrente nos textos de Peirce, sobretudo quanto à indutiva e à abdutiva. Segundo ele, a diferença está, principalmente, no fato de que na segunda o raciocínio tem origem no “fato insólito, no fato invulgar”, para o qual busca-se uma explicação através de testes. Afirma Peirce:

[...] A grande diferença entre a indução e a hipótese está em que a primeira infere a existência de fenômenos semelhantes aos que observamos em casos similares, ao passo que a hipótese supõe

algo de tipo diferente do que diretamente observamos e, com frequência, de algo que nos seria impossível observar diretamente. Daí deflui que quando estendemos uma indução para bem além dos limites do observado, a inferência passa a participar da natureza da hipótese (PIERCE, 1972, p.161).

Assim, é correto afirmar que a questão central da teoria preconizada por Peirce consiste em considerar o raciocínio inferencial abduutivo como um raciocínio lógico, um terceiro tipo de inferência. Com ele é dada legitimidade e caráter lógico ao processo de construção e seleção de hipóteses, as quais, por sua vez, serão posteriormente submetidas a dois métodos lógicos: dedução e indução, para só então serem aceitas como verdade, ainda que possam vir a serem questionadas e modificadas como consequência de novos processos lógicos.

### 4.3.2 Sistema de Manutenção da Verdade – SMV

Um SMV (tradução de *Truth Maintenance System-TMS*) é um mecanismo ao qual cabe proteger e preservar a integridade lógica da base de conhecimentos de sistemas não-monotônicos. De forma geral, ele rastreia e preserva os passos das inferências e justificativas de conclusões alcançadas. Assim, ele pode fazer recálculos e revisões quando fatos ou crenças mudarem ou se mostrarem incorretas. Na bibliografia são encontradas duas abordagens principais nas quais se baseia a sua construção: SMVJ-Sistema de Manutenção da Verdade Baseado em Justificação (tradução de *Justification-based Truth Maintenance System-JTMS*) e SMVH-Sistema de Manutenção da Verdade Baseado em Hipóteses (tradução de *Assumption-based Truth Maintenance System-ATMS*) (LUGER, 2004)(RUSSELL; NORVIG, 2004)(LADEIRA, 1997).

Na abordagem do SMVJ, para cada declaração da base de conhecimentos, estão associadas as justificativas sobre as quais ela se sustenta. Assim, o sistema trabalha com dois conjuntos, um de nós e outro de justificativas. Os nós referem-se às crenças ou verdades, enquanto as justificativas constituem a referida sustentação. As justificativas, por sua vez, formam uma rede de derivações que representam dependências lógicas, e cada uma delas é constituída de duas partes chamadas ENTRA e SAI. ENTRA é uma lista de asserções

nas quais deve-se acreditar para que a declaração seja válida, ou seja, favoráveis à declaração que sustenta. SAI, por outro lado, é uma lista onde estão aquelas asserções em que não se deve acreditar para que a proposição seja válida.

São três as operações realizadas por um SMVJ: inspecionar a rede de justificação, manter a rede de justificação e atualizar a rede de justificação. A primeira delas é provocada pelas consultas do raciocinador, e consiste em apresentar respostas a questionamentos relacionados à crença em uma suposição qualquer. A segunda, manter a rede de justificação, refere-se às modificações na rede de dependências decorrentes de informações disponibilizadas pelo raciocinador. Entre estas estão o acréscimo de novas proposições, a inclusão e remoção de premissas, o acréscimo de contradições e a justificação de crença em uma proposição. A terceira operação é a atualização da rede, sendo realizada sempre que uma mudança é introduzida na rede de dependências e visa manter a consistência do conjunto de todas as proposições.

Uma justificativa é não-monotônica quando sua lista SAI não está vazia, ou se dentro da sua lista ENTRA existir uma declaração que possui uma justificativa não-monotônica. Estas circunstâncias caracterizam, na verdade, uma suposição, que pode tornar-se nula se forem definidos novos fatos ou crenças e que impliquem em levar todos os elementos da lista SAI para a lista ENTRA. Justificativas monotônicas, por outro lado, não podem se tornar nulas sem que seja retirado da base de conhecimentos as declarações que as sustentam. Russell e Norvig (2004) registram, entretanto, que as sentenças que não são mais consideradas, não devem ser eliminadas, pois provavelmente virão novamente a serem consideradas. Afirmam eles:

[...] em vez de eliminar inteiramente uma sentença da base de conhecimentos quando ela perder todas as justificativas, simplesmente marcamos a sentença para indicar que ela está fora da base de conhecimento. Se uma asserção subsequente restaurar uma das justificativas, então marcaremos a sentença indicando que ela está dentro outra vez. Desse modo, o SMVJ preserva todas as cadeias de inferência que utiliza e não precisa derivar novamente as sentenças quando uma justificativa torna-se válida de novo (RUSSELL; NORVIG, 2004, p.350).

Já a abordagem do SMVH-Sistema de Manutenção da Verdade Baseado em Hipóteses foi concebida para facilitar a troca de contexto entre mundos hipotéticos, fazendo para cada sentença um controle das hipóteses que a tornam verdadeira. Nele há um conjunto de premissas ou suposições que fundamentam a derivação de cada nó da rede. Formalmente, uma explicação de uma sentença P é um conjunto de sentenças E, tal que E tem P como consequência lógica. Se já se sabe que as sentenças contidas em E são verdadeiras, então E é simplesmente uma base suficiente para provar que P deve ocorrer. Entretanto, entre as explicações podem também estar hipóteses que não se sabe se são verdadeiras. Adicionalmente, pode-se fazer uma distinção entre as premissas que valem universalmente e aquelas feitas pelo raciocinador e que podem ser revistas posteriormente (LUGER, 2004, p.299).

Existem importantes diferenças entre as abordagens SMVJ e SMVH. Na primeira a movimentação da base de conhecimentos de um estado para outro é feita pela retirada e inclusões de asserções, havendo entretanto sempre apenas um único estado ativo representado, o qual será considerado pelo raciocinador. Enquanto isso, na SMVH é possível associar a cada sentença um conjunto de conjuntos de hipóteses que podem estar ativas simultaneamente. Luger faz os seguintes comentários relacionados à comparação entre as duas abordagens:

Uma vantagem do SMVH sobre o SMVJ vem da flexibilidade adicional que o SMVH fornece ao tratar com múltiplos estados possíveis de crença. Rotulando-se crenças com conjuntos de premissas sob as quais elas valem, não há mais um único estado de crença, mas sim uma série de estados possíveis, o conjunto de todos os subconjuntos das premissas de suporte. A criação de diferentes conjuntos de crença, ou mundos possíveis, permite tanto uma comparação dos resultados de escolhas diferentes de premissas como, também, a existência de diferentes soluções do problema e a detecção de contradições e a sua solução. As desvantagens do SMVH incluem a inabilidade de representar conjuntos de premissas que são elas mesmas não-monotônicas e o controle sobre o solucionador de problemas (LUGER, 2004, p.301).

Assim, pode-se observar que a utilização do SMVJ é mais indicada quando busca-se uma única solução, enquanto que o SMVH é preferível quando pretende-se obter todas as soluções possíveis. Não deve ser ignorado, entretanto, o custo computacional envolvido neste aspecto, pois como o SMVH leva em consideração paralelamente todas as possíveis combinações de suposições, a inclusão de qualquer nova suposição na base de conhecimentos implica em grande impacto no processo de raciocínio.

#### 4.4 LÓGICA DESCRITIVA – DL

Lógica Descritiva – DL (ou *Description Logic*) é a denominação dada a uma ampla família de sistemas que tem em comum o emprego de fundamentos formais de representação do conhecimento baseados em classes de tipos, e de mecanismos de raciocínio e inferência sobre eles. Nela, a representação do conhecimento é formada com base em uma linguagem conceitual e pela especificação de classes e de seus relacionamentos, criando uma estrutura de rede. Nesta rede os nodos representam os conceitos ou classes e as ligações descrevem as relações. As DLs, que foram inicialmente chamadas de *Terminological Logics*, tem ligação histórica com as formas de representação do conhecimento baseadas em sistemas de tipos, como as redes semânticas e os *frames*, para os quais visava originalmente fornecer os alicerces formais (MCGUINNESS, 2001). É importante registrar que a linguagem OWL é baseada na lógica de descrição, havendo uma correspondência direta entre elas e, em decorrência, permitindo o uso dos mecanismos automáticos de raciocínio e inferência disponíveis .

##### 4.4.1 Componentes de um Sistema

A lógica descritiva é composta por duas partes fundamentais: uma base de conhecimentos e um mecanismo de inferência. A base de conhecimentos, por sua vez, é subdividida em duas partes, o TBox e o ABox. A Figura 24 ilustra a estrutura.

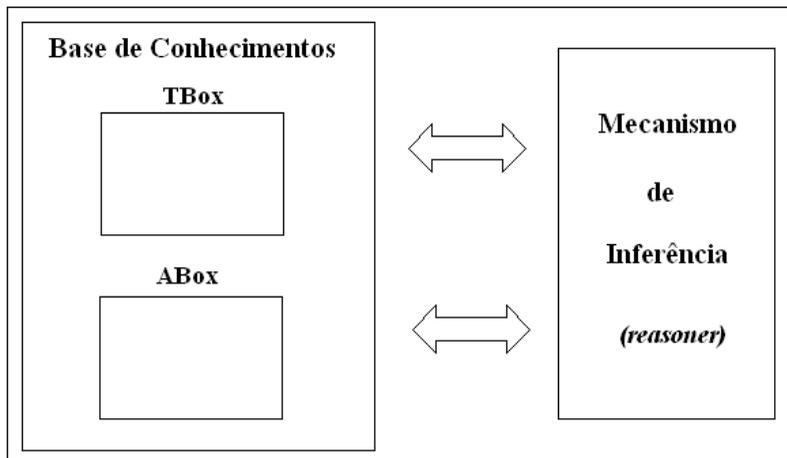


Figura 24 - Componentes de um Sistema DL

Fonte: Do autor

Em TBox está o conhecimento intencional, aquele que trata da terminologia, na forma de declarações e axiomas que definem conceitos gerais e propriedades e assim descrevem o domínio de uma aplicação. ABox contém o conhecimento extensional, que são os indivíduos e as afirmações sobre suas propriedades. O mecanismo de inferência é o componente responsável pela capacidade de raciocínio do sistema, o instrumento que permite encontrar consequências implícitas no conhecimento representado na base de conhecimentos.

#### 4.4.2 Construções e Semântica

A sintaxe das DLs é composta de símbolos que representam conceitos e papéis, construtores e quantificadores. Os conceitos referem-se às representações de classes, que são conjuntos de indivíduos que possuem características gerais afins. Eles podem ser de dois tipos: primitivos ou complexos. Os conceitos primitivos (ou base) são aqueles que não dependem de outros conceitos para serem definidos, enquanto os complexos são aqueles formados a partir de outros conceitos declarados anteriormente. As construções são declarações que usam operadores através dos quais é possível a criação de conceitos e papéis complexos. Os papéis são as propriedades dos conceitos e representam os relacionamentos entre os conceitos e instâncias que integram uma base

de conhecimentos. Já os quantificadores são aplicados para quantificar os papéis.

Integram à DL vários tipos de lógicas sendo que cada um é caracterizado pelos construtores que oferecem e pelas propriedades que podem ser atribuídas aos papéis (tais como transitividade, simetria etc). Por isto, elas precisam empregar diferentes linguagens de descrição. Uma linguagem básica é a AL-Atributive Language que oferece os seguintes construtores:

$\forall$	Quantificação Universal
$\Pi$	Intersecção ou Conjunção
$\top$	Verdade
$\perp$	Falso
$\exists$	Quantificação Existencial não Qualificada
$\neg$	Negação

Os axiomas terminológicos fazem então declarações sobre os interrelacionamentos de conceitos e papéis. Eles estão no TBox e são representados como equivalências lógicas (condições necessárias e suficientes) denotadas por  $\equiv$ , e como inclusões (condições necessárias) denotadas por  $\subseteq$ . No conjunto de declarações deve ser observado que só pode existir uma única definição para cada nome de conceito; e que não devem haver definições cíclicas, ou seja, uma definição não deve ser construída em termos dela própria nem de outras que se refiram a ela.

A Figura 25, adaptada de Forte (2006) ilustra um exemplo de TBox com definições de conceito e papel acerca de relações familiares. Nele, os conceitos de Pessoa e Fêmea são definidos pelo próprio nome, são portanto conceitos primitivos (ou base). Já Mulher é um conceito obtido a partir da intersecção dos conceitos Pessoa e Fêmea. Assim, é correto afirmar que Mulher é formada pelas instâncias que pertencem simultaneamente aos conceitos Pessoa e Fêmea. É portanto um conceito complexo, pois é formado a partir de outros conceitos já declarados anteriormente (Pessoa e Fêmea).

Mulher	$\equiv$	Pessoa	$\sqcap$	Fêmea
Homem	$\equiv$	Pessoa	$\sqcap$	$\neg$ Mulher
Mãe	$\equiv$	Mulher	$\sqcap$	$\exists$ temFilho. Pessoa
Pai	$\equiv$	Homem	$\sqcap$	$\exists$ temFilho. Pessoa
Pais	$\equiv$	Pai	$\sqcup$	Mãe
Avó	$\equiv$	Mulher	$\sqcap$	$\exists$ temFilho. Pais
Avô	$\equiv$	Homem	$\sqcap$	$\exists$ temFilho. Pais

Figura 25 - Definições para TBox

Fonte: Adaptado de Forte (2006)

Já em ABox estão as declarações na forma de assertivas ou afirmações sobre os indivíduos. O conjunto é composto por duas formas de afirmações:

- **C(a)** – Afirmação de conceito. Declara que “a” é um indivíduo do conceito C.
- **R(a,b)** – Afirmação de papel. Declara que o indivíduo “a” relaciona-se com o indivíduo “b” pela propriedade R.

A Figura 26 ilustra um exemplo de ABox com afirmações que poderiam corresponder ao TBox mostrada na Figura 25. Nele pode ser observada a criação de instâncias dos conceitos Homem e Mulher e de relacionamentos entre indivíduos de duas classes por meio da propriedade temFilho, a qual poderia ser empregada para expressar um grau de parentesco familiar entre os mesmos (pai ou mãe, por exemplo).

```

Homem(Ralf)
Homem(Mauricio)
Homem(Felipe)
Mulher(Ruth)
Mulher(Marilse)
temFilho(Mauricio,Ralf)
temFilho(Mauricio,Ruth)
temFilho(Felipe,Mauricio)
temFilho(Felipe,Marilse)

```

Figura 26 - Afirmações para ABox

Fonte: Do autor

#### 4.4.3 Mecanismo de Inferência

As Lógicas Descritivas incluem um componente chamado de Mecanismo de Inferência (ou *reasoner*), como mostrado na Figura 24. É a ele que cabe a função de inferir conclusões adicionais implícitas no conhecimento provido explicitamente na base de conhecimentos. Existem atualmente várias implementações de raciocinadores de DL, entre os quais o FaCT++, RACER e o Pellet. Nestes, estão disponibilizados serviços típicos de inferência tanto no TBox como no ABox. Em TBox são feitas inferências de Satisfabilidade, Subclassificação, Equivalência e Disjunção. Em ABox estão inferências relacionadas à checagem de consistência, checagem de instância, Retorno e Realização.

A Satisfabilidade consiste da verificação se uma descrição de conceito jamais pode ter uma instância devido a inconsistências ou contradições nas declarações contidas no TBox. Portanto, para que um conceito seja considerado satisfatível deve ser possível que seja criado pelo menos uma instância dele. A Subclassificação é uma checagem para verificar a classificação entre duas descrições de conceitos. Assim, se C e D são duas descrições de conceitos e se C inclui D, então todo o conjunto de objetos que são instâncias de D deve ser também um subconjunto de instâncias de C. A Equivalência corresponde

a verificar se dois conceitos ditos equivalentes possuem as mesmas instâncias. A Disjunção refere-se a confirmação de que, se dois conceitos são ditos disjuntos no TBox, eles não compartilham nenhuma instância. Ou seja, não deve ser possível uma instância pertencer simultaneamente a um determinado conceito e também ao seu complemento, como no caso dos conceitos Homem e Mulher mostrados no exemplo da Figura 25.

A checagem de consistência em um ABox é a verificação da existência de uma instância que torne o ABox e seu relacionado TBox verdadeiros. Portanto, um ABox A será consistente com a relação a um TBox T se existir uma interpretação que é modelo de ambos, A e T. Na checagem de instância é feita uma verificação para constatar se um determinado indivíduo é uma instância de um conceito específico. Um exemplo dessa inferência seria verificar nas relações familiares mostrados na Figura 25 se o indivíduo Marilse faz parte do conceito mãe, uma vez que ela é uma instância do conceito Mulher e possui relacionamento pela propriedade temFilho com o indivíduo Felipe. Assim, pode-se extrair que Marilse atende as condições necessárias e suficientes para pertencer a uma classe Mãe. A inferência Retorno consiste em localizar o conceito mais específico do qual um determinado indivíduo é instância. O resultado será o conceito mais baixo na hierarquia de conceitos ao qual a referida instância pertence. Finalmente, a Realização refere-se ao serviço para identificar na base de conhecimentos todos os indivíduos que são instâncias de um determinado conceito.

#### 4.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No escopo deste capítulo foram interpretados e classificados os formalismos e ferramentas de representação do conhecimento e raciocínio nos sistemas de informação, o que corresponde ao quinto objetivo específico do trabalho. As alternativas foram identificadas na área da IA-Inteligência Artificial, uma área na qual os pesquisadores estudam formas de emular ações cognitivas, próprias e exclusivas de humanos, entre elas, as atividades de raciocínio lógico-formal. Deste levantamento, restou a observação da viabilidade de aplicar na solução tecnologias capazes de formalizar e processar o conhecimento, como as ontologias e os *DL-reasoners*. São mecanismos que permitem representar o conhecimento e sobre ele “raciocinar”, permitindo que o mesmo possa ser interpretado igualmente por homens e máquinas. No

caso das máquinas, um raciocínio computacional, na forma de inferências sobre os dados, por meio de regras lógicas, transformando-os em informações suficientemente “inteligentes”, que descrevem relacionamentos concretos e formais. Com sua aplicação nos SAD, conclui-se, que cálculos lógicos poderiam ser feitos numa “álgebra semântica”, permitindo assim, oferecer conhecimento potencialmente útil ao gestor e ainda atenuar as restrições à racionalidade do processo de tomada de decisão.

Para uma aplicação mais efetiva deste raciocínio computacional automático aos SAD, entretanto, é preciso ainda aduzir mecanismos para apoiar o desenvolvimento do raciocínio não-monotônico. Este recurso, em geral, não está presente, uma consequência inerente às tecnologias empregadas na concepção e desenvolvimento desta categoria de sistemas de informação. Para tanto, alternativas foram investigadas no referencial bibliográfico específico. Por meio dele foi possível concluir que as propostas de formalismos para tratar a não-monotonicidade em sistemas computacionais são construídas sobre duas abordagens distintas: pela expansão da lógica de primeira ordem para transpor suas limitações ou, pela revisão da lógica matemática com métodos mais apropriados. A partir da avaliação destas alternativas, observou-se que a abdução, ou raciocínio abduutivo, corresponde a um processo de inferência sintético, por meio do qual são formadas hipóteses explicativas adotadas probatoriamente. Uma característica que indica certa convergência conceitual com os Sistemas de Apoio a Decisão, sobretudo naquilo que se refere aos requisitos relacionados à geração de cenários e à simulação e seleção de alternativas envolvidas no domínio de um processo decisório.

## CAPÍTULO 5 - O MODELO PROPOSTO

O modelo aqui idealizado é concebido com fundamento nos requisitos e diretrizes discutidas nas seções anteriores e baseia-se na convergência de vários autores, principalmente nas propostas de Laudon e Laudon (2001), Turban et al. (2007), e O'Brien (2002), quanto aos Sistemas de Apoio a Decisão. Acerca destes fundamentos, algumas considerações preliminares se fazem necessárias, dado que são pressupostos que representam parâmetros de balizamento para o modelo formulado.

### 5.1 PRÉ-DELINEANDO O MODELO

Dos entendimentos quanto à caracterização arquitetônica dos Sistemas de Apoio a Decisão-SAD manifestados em Laudon e Laudon (2001), Turban et al. (2007) e O'Brien (2002), pode-se observar que todos tem origem comum única, a qual está no paradigma DDM-Diálogos, Dados e Modelos. Este paradigma foi primeiramente apresentado em Sprague e Watson (1989), tendo ele como característica maior a definição de uma arquitetura básica para os SAD. Na definição dos referidos autores (e que posteriormente foi ratificada e aperfeiçoada pelos demais), um SAD é constituído de três componentes obrigatórios: O Sistema de Dados, o Sistema de Modelos e o Sistema de Interface. É também sobre esta macro-composição da arquitetura que está norteadas a construção do modelo que ora se apresenta.

Ainda quanto às manifestações contidas nas citadas fontes, e que foram assimilados aqui como pressupostos basilares à construção do modelo, devem ser registradas aquelas apresentadas por Laudon e Laudon (2001) e Turban et al. (2007) quanto às características e funcionalidades dos SAD contemporâneos. Os autores demonstram nos seus entendimentos razoável convergência quanto a elas, sendo que as mesmas podem ser sintetizadas em seis quesitos fundamentais:

- combinação de dados e modelos analíticos;
- voltado para problemas menos estruturados e especificados, com os quais os gestores se deparam;
- capacidade de apoiar o processo de tomada de decisão, com recursos para simular e comparar alternativas com base na geração de cenários de informação;

- capacidade semântica, com uso de uma base de conhecimentos e com mecanismos para fazer inferências através de regras lógicas;
- flexibilidade e adaptabilidade para conviver com mudanças no ambiente ou no processo decisório;
- interatividade.

Outra premissa sobre a qual se fundamenta este trabalho, e que igualmente possui convergência com as mesmas fontes indicadas, é quanto à assunção do sucesso da aplicação dos sistemas gerenciadores de banco de dados-SGBD nos SAD. Trata-se de uma tecnologia da informação essencial e básica para viabilizar o armazenamento, tratamento e recuperação de dados necessários ao processo de tomada de decisão no âmbito organizacional e no contexto das características próprias da era da informação e do conhecimento. Este entendimento é expresso especialmente por Turban et al. (2007), para quem “um SGBD, frequentemente um SGBD relacional padrão, oferece os recursos para suportar as atividades tipicamente envolvidas no uso de banco de dados pelos sistemas de informação, tais como: adicionar e deletar dados; consultar e combinar de formas variadas os dados armazenados e; apresentar diferentes estruturas lógicas de dados para compreensão do usuário” (TURBAN et al., 2007, p. 100). A avaliação de que os SGBD representam, desde os anos oitenta, um instrumento adequado para fazer frente às dificuldades e expectativas relativas ao tratamento das bases de dados inerentes ao Sistema de Dados dos SAD, é também compartilhado em registros de outros autores, como em Laudon e Laudon (2001, p. 274) e Bispo (1998, p. 12).

## 5.2 REQUISITOS DO MODELO

O modelo formulado foi idealizado para viabilizar a incorporação do raciocínio não- monotônico à capacidade semântica de suporte às funcionalidades analíticas dos SAD, de forma a capacitá-los para atenuar as restrições à racionalidade do processo decisório, as quais são apontadas nos diversos modelos de tomada de decisão. Ele representa o objetivo geral do presente trabalho de pesquisa, tendo sido concebido como uma extensão daquele modelo originalmente vinculado ao paradigma DDM-Diálogos, Dados e Modelos. Sua viabilidade, entretanto, está condicionada à observância de alguns requisitos relacionados aos três sistemas que o integram, quais sejam: O Sistema

de Dados, O Sistema de Modelos e o Sistema de Interface. São requisitos relacionados tanto ao modelo original, como também decorrentes da extensão nele introduzida, sendo que a explicitação dos mesmos corresponde ao sétimo objetivo específico desta tese.

Quanto ao Sistema de Dados, ele deve incluir uma base de dados com o conteúdo relevante para o domínio da aplicação do SAD, a qual deve ser “separada dos bancos de dados de processamento de transações” (BARBOSA et al., 2006) ou, nas palavras de Laudon e Laudon (2001, p.617), “de modo a não utilizar de forma direta as bases de dados organizacionais”. Para tanto, pelo menos três requisitos devem ser contemplados pelo modelo. O primeiro refere-se à interconexão com depósitos de dados vinculados aos sistemas de informação internos da organização, inclusive ao *data warehouse*, se existir. Já o segundo, diz respeito ao acesso a bases de dados externos a ela. Estes dois requisitos estão relacionados à viabilização da criação desta base de dados específica do SAD. O terceiro requisito refere-se ao mecanismo capaz de gerir a base de dados própria do SAD, o qual também deve permitir ao usuário do sistema introduzir, de forma direta, dados adicionais na referida base.

No que se refere ao Sistema de Modelos, ele deve conter os modelos sobre os quais se sustenta a capacidade semântica vinculada à funcionalidade analítica exigida de um SAD, além do seu sistema gerenciador, formando o conhecimento e “inteligência” do sistema. Para tanto, os modelos precisam representar de forma abstrata objetos, componentes, fenômenos e relações relativos ao contexto de uma aplicação. Eles constituem a interpretação explícita do entendimento de uma situação, ou, conforme Negri (2008), “as idéias acerca daquela situação”.

Para viabilizar a integração do raciocínio não-monotônico aos sistemas de suporte e, por consequência, ao próprio processo decisório, algumas condições são impostas. O Sistema de Modelos deve ser capaz de representar o conhecimento que expressa a abstração semântica do conhecimento relacionado ao escopo da aplicação, sendo este o seu requisito mais básico. Adicionalmente, deve permitir que seja possível explorar este conhecimento com inferências realizadas através de um mecanismo de raciocínio computacional automático; oferecer funcionalidades para integrar um dos formalismos de tratamento da não-monotonicidade no sistema, e ainda, tornar possível a incorporação de um SMV- Sistema de Manutenção da Verdade. O SMV é o dispositivo com o qual será preservada a consistência da base de conhecimentos diante das circunstâncias inerentes ao raciocínio não-monotônico, tais como

violações, contradições, reconsiderações e retratações. O último requisito do Sistema de Modelos é um sistema gerenciador, por meio do qual seja possível manter a base de conhecimentos, além de oferecer suporte aos demais sistemas.

Finalmente, no que toca ao Sistema de Interface, ele deve disponibilizar recursos para que o usuário possa comunicar-se e comandar o SAD. Deve ser registrado que a intensa interatividade entre o usuário e o sistema é uma das características que distingui esta família de sistemas das demais, exigindo, portanto, que o Sistema de Interface esteja devidamente qualificado para tal. O Quadro 10 sintetiza os requisitos de um Modelo de Engenharia do Conhecimento para integrar o raciocínio não-monotônico aos SAD.

Descrição do Requisito e Justificativa
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Incluir uma base de dados específica. Não utilizar de forma direta as bases de dados organizacionais;</li> <li>- Oferecer interconexão com depósitos de dados vinculados aos sistemas de informação internos da organização, inclusive ao <i>data warehouse</i>, se existir. Permitir construir sua própria base de dados.</li> <li>- Oferecer interconexão com depósitos e fontes de dados externos à organização. Permitir construir sua própria base de dados.</li> <li>- Dispor de um mecanismo capaz de gerir a base de dados própria do SAD. Disponibilizar os dados às várias funções e processamento; e também permitir ao usuário introduzir, de forma direta, dados adicionais na referida base.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conter os modelos sobre os quais se sustenta a capacidade semântica vinculada à funcionalidade analítica exigida de um SAD. Representar de forma abstrata objetos, componentes, fenômenos e relações relativos ao contexto de uma aplicação.</li> <li>- Oferecer um mecanismo de raciocínio computacional simbólico. Tornar possível explorar este conhecimento com inferências (realizadas através de “cálculos lógicos de uma álgebra semântica”) potencialmente úteis à qualificação de um processo de tomada de decisão.</li> <li>- Oferecer recursos para integrar um dos formalismos de tratamento da não-monotonicidade no sistema. Permitir a integração do raciocínio não-monotônico à capacidade semântica de suporte às funcionalidades analíticas exigidas do SAD.</li> <li>- Dispor de um Sistema de Manutenção da Verdade-SMV. Preservar a consistência da base de conhecimentos diante das circunstâncias inerentes ao raciocínio não-monotônico, tais como violações, contradições, reconsiderações e retratações.</li> <li>- Oferecer um sistema gerenciador de modelos. Possibilitar a manutenção do(s) modelo(s), além de oferecer suporte aos demais sistemas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Oferecer recursos para o usuário interagir com o sistema. Viabilizar ampla interatividade entre o usuário e todos os componentes e funções do SAD.</li> </ul>

Quadro 10 - Requisitos para Integrar o Raciocínio Não-Monotônico

Fonte: Do Autor

### 5.3 EXTENSÃO DA ARQUITETURA DDM

Considerados tais requisitos que, somados aos entendimentos quanto à caracterização dos SAD expressos no pré-delineamento, pode-se então formular o modelo cuja visão resumida é mostrada no esquemático apresentado na Figura 27.

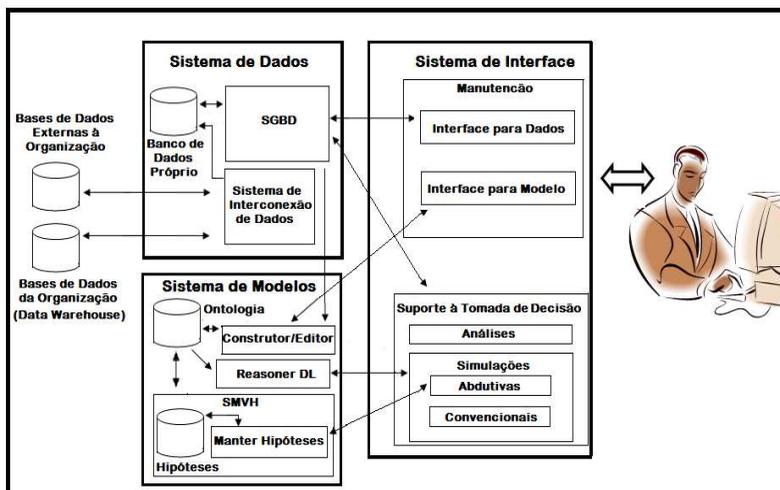


Figura 27 - Visão Esquemática do Modelo

Fonte: Do autor

A Figura 27 mostra que no Sistema de Dados há a presença de três componentes: O Sistema de Interconexão, o Sistema Gerenciador de Banco de Dados e a própria Base de Dados. O Sistema de Interconexão de Dados tem a finalidade de facilitar a construção da base de dados, que é própria e específica do SAD, para que assim ele não utilize de forma direta as bases de dados organizacionais. A opção pela criação desta base de dados própria é motivada pelas duas razões apontadas por Laudon e Laudon (2001, p. 617), que são: 1) proteção da integridade das bases de dados da organização e; 2) o desempenho do SAD e dos diversos sistemas de informação que, ao compartilharem as mesmas bases de dados, poderiam tornar-se lentos.

Entre as várias capacidades e funções do Sistema de Interconexão de Dados estão a capacidade de acessar, extrair e integrar dados de fontes, tipos e formatos diversos; e disponibilizá-los em uma única base de dados (TURBAN et al., 2007). O processo envolve, basicamente, a captura e a integração de dados obtidos em fontes heterogêneas, dispersas e de formatos variados. Aqui deve ser destacado que a existência de um *data warehouse-DW*, implica na simplificação deste processo, uma vez que no DW já se teria os dados organizacionais padronizados, agrupados e integrados numa única base de dados, facilitando portanto sua importação. Adicionalmente, como mostrado na Figura 27, o modelo também prevê a obtenção de dados em fontes externas à organização.

Quanto ao SGBD, trata-se de um sistema relacional padrão, pelos motivos já expostos no pré-delineamento do modelo. Outrossim, deve ser observado que o SGBD apresenta uma conexão com o componente Interface para Dados do Sistema de Interface. Essa conexão indica a possibilidade do usuário gestor introduzir na base de dados, de forma direta e utilizando recursos de caráter interativo, alterações de seu interesse. Estas podem estar relacionadas a dados de ordem pessoal/privativa, ou mesmo para a realização de simulações e análises vinculadas a um processo decisório. Finalmente, deve ser registrada a conexão existente entre o SGBD e o componente denominado Construtor/Editor do Sistema de Modelos. Tal conexão indica a possibilidade de extrair da base de dados conteúdos de interesse para a composição da ontologia, em especial para fins de automatização do processo de cadastramento de indivíduos ou instâncias de classes.

Quanto ao Sistema de Interface, ele é composto por dois macro-componentes que são o Sub-Sistema de Manutenção e o Sub-Sistema de Suporte à Tomada de Decisão. No primeiro estão os processos relacionados às interações do decisor com os dados, contidos na base de dados, e os modelos contidos na base de modelos. São funcionalidades que permitem a ele introduzir alterações na ontologia e no banco de dados do SAD. No primeiro caso, modifica-se o conhecimento sobre o qual se sustenta o raciocínio computacional e, por consequência a semântica do sistema. No segundo caso, o reflexo pode acontecer nas simulações e análises do SAD e ainda, de forma indireta, também na própria ontologia (se envolver dados que são importados por ela).

### 5.3.1 Elementos-Chave à Não-Monotonicidade

Como decorrência da definição do objetivo desta pesquisa, voltada para a formulação de um modelo de engenharia do conhecimento para integração do raciocínio não-monotônico à capacidade semântica de suporte às funcionalidades analíticas dos Sistemas de Apoio a Decisão, alguns dos componentes do esquemático mostrado na Figura 27 constituem-se em elementos-chave do modelo. São eles o Sub-Sistema de Suporte à Tomada de Decisão (integrante do Sistema de Interface) e o Sistema de Modelo.

No Sistema de Modelos, destacado no esquemático da Figura 28, estão a Ontologia, o Construtor/Editor, o Reasoner DL, e o SMVH. A ontologia representa de forma abstrata objetos, relações, componentes e fenômenos relativos ao domínio da aplicação do SAD, correspondendo à abstração semântica do conhecimento relacionado ao processo decisório. Uma ontologia é definida como uma especificação formal, explícita e compartilhada de uma conceitualização. A conceitualização indica que se trata de um modelo abstrato que representa fenômenos e objetos do mundo real; explícita refere-se ao fato de que conceitos, restrições e relações precisam estar nela explicitamente definidos; formal significa que a mesma pode ser compreendida por uma máquina e; compartilhada diz respeito ao fato de que nela reside um conhecimento que não é individual (GRUBER, 1993). Tais características que, somadas às recomendações identificadas nas publicações recentes, fundamentam os três motivos que justificam sua opção como formalismo para a representação do conhecimento no modelo formulado.

O primeiro motivo para o uso da ontologia está no formalismo da representação do conhecimento que ela impõe. A necessidade de representar o conhecimento é um requisito para o desenvolvimento de qualquer sistema computacional baseado em conhecimento, enquanto que o formalismo é uma exigência para que este conhecimento possa ser interpretado tanto pelo homem como também pela máquina, por meio do mecanismo de raciocínio do sistema. Ademais, deve ser registrado que a ontologia contempla aqueles aspectos destacados como essências por Campos (2004), para quem um mecanismo adequado de representação do conhecimento deve permitir que processos de formalização sobre objetos e suas relações, em contextos predefinidos, possam ser facilmente representados e ainda que sirvam para auxiliar a implementação de estruturas computáveis.

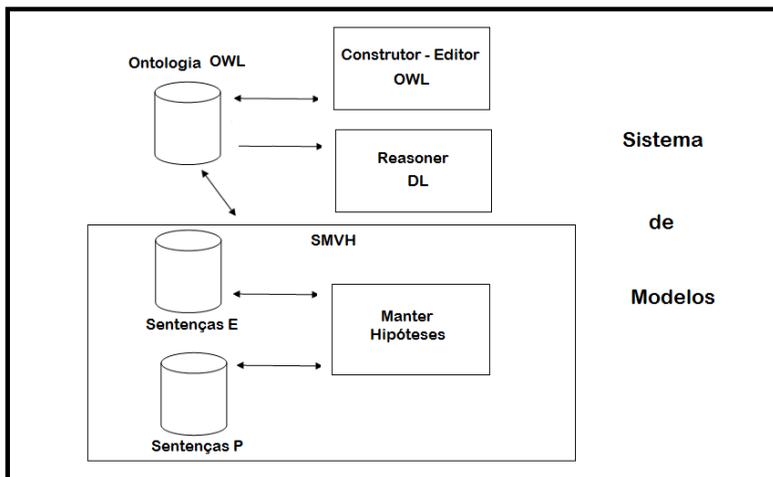


Figura 28 - Visão Esquemática do Sistema de Modelos

Fonte: Do autor

Quanto à computabilidade das estruturas da ontologia, merece destaque a linguagem OWL, que é a linguagem para ontologias que integra as tecnologias recomendadas pelo Consórcio W3C, a qual utiliza a Lógica Descritiva-DL como instrumento para expressar a semântica das construções. Segundo a própria organização, trata-se de uma linguagem que foi projetada para aplicações que necessitam processar o conteúdo das informações, não apenas apresentar informações aos seres humanos, e seu uso é indicado quando pretende-se:

- Formalizar um domínio através da definição de classes e suas propriedades;
- Definir instâncias e suas propriedades;
- Raciocinar a respeito destas classes e instâncias (W3C, 2004).

Já no que se refere à aplicação da Lógica Descritiva-DL na linguagem, é ela que torna possível utilizar os *reasoners* existentes nas implementações de DL, que é outro componente do Sistema de Modelos mostrado no esquemático da Figura 28. O Reasoner (ou motor de inferência, ou ainda mecanismo de inferência) tem como função permitir inferir conclusões adicionais implícitas no conhecimento provido explicitamente na base de conhecimentos. Entre estas, estão inferências

relacionadas à satisfabilidade, subclassificação, equivalência, disjunção, consistência, checagem de instância entre outras, todas possíveis de serem exploradas como recursos para viabilizar as funcionalidades analíticas do SAD.

O segundo motivo que levou a escolha da ontologia está na caracterização expressa por Gruber (1993), de que nela reside uma especificação de conceitos que é compartilhada, não se tratando portanto de um conhecimento individual, mas sim coletivo. Esta característica mostra importante convergência com os princípios e necessidades da gestão do conhecimento e do processo decisório nas organizações atuais. Nestas, como consequências inerentes e próprias da era da informação e do conhecimento, a tendência é pela adoção de um modelo de gestão com reduzido número de níveis hierárquicos, somado ao estímulo do trabalho interfuncional, na forma de times, células, grupo de trabalho etc. São iniciativas que visam acentuar o comportamento participativo (ANGELONI; DAZZI, 2004). Sendo assim, observa-se que a utilização da ontologia endossa tal entendimento, pois ela será a tecnologia que permitirá abrigar este conhecimento organizacional, fruto da construção coletiva. Como consequência, uma decisão instrumentada com suporte de um SAD que utiliza a ontologia passa a ser um processo multirracional, uma vez que envolveu a participação de diferentes indivíduos na coleta e na interpretação das informações relacionadas ao domínio da decisão em questão.

A terceira e última motivação pelo uso da ontologia está relacionada às tendências e recomendações identificadas no levantamento bibliográfico realizado no desenvolvimento da fundamentação teórica desta Tese. O Quadro 4, mostrado no Capítulo 3, sintetiza os resultados deste levantamento, no qual foram investigados trabalhos recentes, todos publicados a partir do ano de 2005. Nele pode ser observada a ampla preferência dos autores pela ontologia como instrumento para a representação do conhecimento, por entenderem que estas oferecem as potencialidades necessárias para os Sistema de Apoio a Decisão. Em muitos destes trabalhos é possível observar manifestações explícitas em favor das ontologias, entre as quais pode ser destacada a de Napoli et al (2006), que afirma categoricamente:

Os desenvolvimentos nas áreas de engenharia do conhecimento e de tecnologias correlatas, tais como ontologias, oferecem o potencial para a criação de novas alternativas de exploração das fontes de dados para a formação de conhecimento

útil ao processo decisório nas organizações (NAPOLI et al., 2006, p 94).

Quanto ao Construtor/Editor, outro componente do Sistema de Modelos, trata-se de um processo que reúne as funcionalidades relacionadas à construção e manutenção de uma ontologia OWL. Ele deve oferecer recursos para ações como criar, visualizar e manipular a ontologia. Quanto à visualização, deve oferecer alternativas que permitam mostrar a ontologia ao usuário de diferentes formas (como uma rede ou grafo; como uma estrutura taxonômica hierárquica etc) e representações (destacando, focando e centralizando elementos de interesse), de modo a facilitar seu manuseio.

Ainda no Sistema de Modelos mostrado nos esquemáticos das Figura 27 e 28, aparece o sistema de manutenção da verdade, que é um instrumento determinante para incorporação da não-monotonicidade no SAD. Sua função é viabilizar o suporte ao problema de crenças que podem ser modificadas ou a questão do tratamento da incerteza. Com ele um sistema é capaz de prosseguir seu raciocínio nestas circunstâncias, fazendo as suposições mais razoáveis num cenário de incerteza ou incompleta, chegar a conclusões, e mesmo fazer um reexame destas se uma crença ou proposição mudar. Neste caso, a base de conhecimentos não avança monotonicamente e a inclusão de uma nova asserção pode negar uma inferência que era dependente da inexistência daquela asserção, implementando assim o raciocínio restaurável de que trata Luger (2004, p.294). Estes procedimentos, entretanto, precisam ser monitorados para que seja preservada a consistência lógica da base de conhecimentos, evitando violações ou contradições, e gerenciando as reconsiderações ou retratações; o que torna indispensável a incorporação de um SMV no modelo.

A partir das alternativas de sistemas de manutenção da verdade identificadas no referencial bibliográfico e apresentadas na Seção 4.3.2 desta tese, optou-se pela abordagem SMVH-Sistema de Manutenção da Verdade Baseado em Hipóteses. No SMVH, para uma sentença P, contida na base de conhecimentos, pode existir um conjunto de sentenças E que a explicam, ou seja, E tem P como consequência lógica. Se já se sabe que as sentenças contidas em E são verdadeiras, então E é simplesmente uma base suficiente para provar que P deve ocorrer. Entretanto, entre as explicações podem também estar hipóteses que não se sabe se são verdadeiras, exigindo, portanto, que para cada sentença exista um controle das hipóteses que a tornam verdadeira.

Adicionalmente, pode-se fazer uma distinção entre as premissas que valem universalmente e aquelas feitas pelo raciocinador e que podem ser revistas posteriormente (LUGER, 2004, p.299). O SMVH foi concebido para facilitar a troca de contexto entre mundos hipotéticos, fazendo para cada sentença um controle das hipóteses que a tornam verdadeira. Esta é uma característica que representa significativa aderência ao formalismo de não-monotonicidade selecionado para ser aplicado, que é a abdução preconizada na Teoria do Raciocínio de Peirce. É nesta aderência que reside o motivo pelo qual o SMVH foi adotado no modelo formulado.

Peirce buscou em seus estudos alternativas à lógica e à teoria do conhecimento tradicionais, os quais queria ampliar para que o processo de concepção de hipóteses fosse também um raciocínio lógico, que antecederia as inferências dedutivas e indutivas. Nasceu daí a Teoria do Raciocínio de Peirce, ou lógica ampliada, que preconiza a existência de três tipos de inferência, que são a dedução, a indução e a abdução; os quais, segundo ele, comporiam as funções essenciais da mente cognitiva.

O raciocínio dedutivo é caracterizado por partir do universal para o particular, ou seja, de uma proposição mais geral conclui-se uma proposição particular. A dedução pode ser vista como um mecanismo que organiza e especifica o conhecimento que já está disponível, a verdade estabelecida, a qual é aplicada para o caso particular e assim leva a conclusões. É um raciocínio que parte do geral para o específico, pela repetição no singular de um conhecimento universal, de forma a confirmar para um caso particular o funcionamento de uma regra geral. Deve-se destacar, todavia, que o raciocínio dedutivo não adiciona nada além do conhecimento que já está disponível, dado que uma conclusão sempre é apenas um caso particular de uma lei geral. O aspecto convergente da dedução está na identificação de uma característica específica (peculiaridade) do elemento analisado que permita conduzir a um resultado único, diferente das outras conclusões possíveis. Um raciocínio é dito dedutivo quando, de uma ou várias premissas, é possível concluir uma proposição que é conclusão lógica destas premissas. Na representação do conhecimento por meio de uma ontologia, caracterizada por utilizar estrutura taxonômica hierárquica, inferências realizadas sobre ela pelo *reasoner* implementam o raciocínio dedutivo.

Funcionando de forma inversa, o raciocínio indutivo parte de uma premissa menor para uma maior, tratando-se de uma tentativa de generalização. A indução envolve um tipo de inferência mais complexa do que a dedução pois, de forma geral, a generalização é mais difícil de

ser provada. Enquanto a dedução pode restringir-se apenas a um exercício do pensamento, a indução depende também da experiência, pois baseia-se no emprego de métodos experimentais para provar premissas especulativas buscando a construção de conceitos definitivos. A indução é como um mecanismo de generalização que parte de verdades singulares em direção a uma verdade ou regra universal, também não implicando em maiores dificuldades para a realização de inferências pelos *reasoner* DL. Para Peirce (1977), trata-se de um raciocínio experimental que “consiste em partir de uma teoria, dela deduzir predições de fenômenos e observar esses fenômenos a fim de ver quão perto concordam com a teoria” (PEIRCE, 1977, p. 219). Deve-se registrar, entretanto, que a exemplo da dedução, também a indução não origina conhecimento novo, mas apenas confirma ou nega hipóteses.

### 5.3.1.1 Raciocínio Abduativo

O raciocínio abduativo é a inovação apresentada por Peirce em sua teoria do raciocínio. Nela, a abdução é descrita como um processo de inferência sintética, por intermédio do qual são formadas as hipóteses explicativas, a adoção probatória da hipótese, como tipicamente empregada nas descobertas científicas. Essa forma de raciocinar é caracterizada por estudar fatos de interesse e então buscar a invenção de uma teoria capaz de explicá-los. Para Eco (2009), a abdução assemelha-se a um movimento da imaginação e não a um processo normal de decodificação. Enquanto a dedução preocupa-se em provar algo que deve ser, a indução em mostrar que algo é operatório atualmente, a abdução está focada na sugestão de que algo pode ser. É um mecanismo para descobrir e formular hipóteses ou suposições, antes de sua confirmação ou negação, possibilitando inferir-se daquilo que se sabe algo que ainda não se conhece, e através dele avançar a fronteira atual do conhecimento.

Peirce destaca que, baseado na abdução, deve-se posteriormente constatar o resultado das suposições feitas, motivo pelo qual o raciocínio deve ser formulado sempre como pergunta, até que se possa ter uma conclusão sobre sua veracidade. Este é o motivo pelo qual ele o chamou de inteligência em movimento, acrescentando que o raciocínio abduativo não deve ser confundido com mera intuição, embora a intuição esteja dentro dele. Afirma o autor:

Abdução é o processo de formação de uma hipótese explanatória. É a única operação lógica que apresenta uma idéia nova, pois a indução nada faz além de determinar um valor, e a dedução meramente desenvolve as consequências necessárias de uma hipótese pura (PEIRCE, 1977, p.220).

### 5.3.1.2 Integração da Não-Monotonicidade Abdutiva nos SAD

É explorando a compatibilidade entre a Teoria do Raciocínio de Charles Peirce e o SMVH-Sistema de Manutenção da Verdade Baseado em Hipóteses que, somados à uma gestão adequada das declarações componentes da ontologia, que se torna viável à integração da não-monotonicidade no modelo formulado. Na Figura 28 são mostrados os componentes com os quais é efetivada tal integração. O componente Manter Hipóteses refere-se a um processo que compreende as funcionalidades relacionadas à gestão de hipóteses. Com ele é possível fazer, e também desfazer, associações entre sentenças da ontologia e o conjunto de hipóteses que as tornam verdadeira, ou seja, estabelecer o controle entre os conjuntos de sentenças P e E, de que trata Luger (2004). Estes dois conjuntos são mostrados no esquemático da referida figura como dois depósitos de hipóteses, denominados de Sentenças E e Sentenças P, nos quais estão armazenadas tais hipóteses.

Ademais, deve ser destacada a existência de uma ligação entre o SMVH e a ontologia. Ela indica que está também no seu escopo a gestão dos reflexos na base do conhecimento dos impactos das alterações nos conjuntos de hipóteses. Estes reflexos consistem em lançar, alterar e omitir declarações na ontologia. Já no Sistema de Interface, dentro do Suporte à Tomada de Decisão, está o componente Simulações Abdutivas, o qual tem a finalidade de oferecer ao usuário gestor os recursos para a construção de múltiplos cenários de mundo, por meio da criação de hipóteses, de seu interesse.

Finalmente, deve ser registrado que o conjunto das funções essenciais da mente cognitiva preconizadas por Peirce, ou seja, a dedução, a indução e a abdução constituem-se em instrumentos que permitem potencializar a capacidade cognitiva do decisor, uma das preocupações indicadas de forma recorrente por todos os modelos de tomada de decisão, conforme mostrado na Seção 2.1 desta Tese. Adicionalmente, essas funções essenciais são instrumentos facilitadores para disponibilizar no SAD aquele recurso que corresponde ao seu requisito mais fundamental, que é a existência de funcionalidades que

permitem comparar, analisar, simular e apoiar a seleção de alternativas provenientes da geração de múltiplos cenários nos quais estão envolvidos um significativo número de variáveis relacionadas ao domínio de um processo decisório.

Completa o esquemático mostrado na Figura 27, o sub-sistema Suporte à Tomada de Decisão, um macro componente do Sistema de Interface. Ele é composto por dois processos denominados Análises e Simulações. O primeiro compreende às várias capacidades e funções que permitem ao usuário navegar pelo cenário ou mundo no qual um processo decisório está sendo desenvolvido, permitindo a ele obter informações relevantes a uma decisão a ser tomada. Entre elas, estão consultas ao conhecimento armazenado na base correspondente, às hipóteses sob as quais o sistema está operando e aos dados contidos no banco de dados.

No segundo processo, denominado de Simulações, estão agrupados dois conjuntos de funcionalidades, as Abdutivas e as Convencionais. As abdutivas referem-se às operações com as quais o usuário interage com as hipóteses armazenadas no repositório correspondente. É por meio delas que torna-se possível a geração de múltiplos cenários, inclusive o raciocínio abduutivo, na medida em que o usuário pode introduzir no sistema as hipóteses que tem adoção probatória e com elas estudar fatos de interesse, ou seja, “o movimento da imaginação” ao qual se refere Eco (2009). As Simulações Convencionais agrupam operações que igualmente permitem ao usuário introduzir alterações no cenário do processo de tomada de decisão, mas agora sem envolver hipóteses. São alterações introduzidas nas bases de dados e de conhecimento, com as quais ele pode fazer ensaios e analisar reflexos e impactos, para com eles qualificar um processo de tomada de decisão.

#### 5.4 PROCEDIMENTOS PARA ADOÇÃO

Alguns cuidados são recomendados para que a adoção do modelo formulado resulte numa experiência de sucesso na organização. Eles referem-se à interação entre o usuário do SAD e os Sistemas de Modelos e de Dados. Quanto ao primeiro, é importante que o Sistema de Interface ofereça ao gestor recursos adequados para ampla e fácil visualização e manipulação da base de dados, de forma que o mesmo possa ter total clareza e liberdade para manuseá-los, mesmo que seja desprovido de conhecimentos avançados de informática. Esta recomendação pode ser

atendida com a construção adequada da interface, a qual deve ter operação fácil, flexível e intuitiva. Recomenda-se para tal a utilização de uma linguagem de ação composta de objetos padrão como menus, botões e telas no estilo *web browser*, além da correta exploração dos recursos nativos oferecidos pelo SGBD para a conexão com o depósito de dados.

Quanto ao Sistema de Modelos, recomenda-se que a construção da ontologia esteja inserida num contexto de valorização da gestão do conhecimento pela organização. O processo deve, portanto, ser precedido pela criação de um ambiente adequado para tal, com a transformação da GC numa estratégia organizacional, por intermédio do envolvimento e apoio de todos os seus indivíduos e o respaldo dos seus gestores. Este é um requisito para garantir que o conhecimento contido na ontologia expresse efetivamente o conhecimento organizacional, como fruto de uma construção coletiva. Assim, será possível transformar uma decisão instrumentada com suporte desta ontologia num processo multirracional. Já que, neste caso, terá havido a participação de diferentes indivíduos na coleta e na interpretação das informações relacionadas ao domínio do processo decisório e, como consequência, “permitindo que as decisões tomadas na organização tenham um nível de qualidade superior” (ANGELONI, 2003, p.20).

## 5.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conteúdo apresentado neste capítulo corresponde a segunda etapa da pesquisa que, em conformidade com a metodologia adotada, consiste em construir o modelo de engenharia do conhecimento que permita integrar o raciocínio não-monotônico aos mecanismos de sustentação da capacidade semântica dos Sistemas de Apoio a Decisão. Para tal, foram primeiramente listados os requisitos do referido modelo, os quais foram especificados com base no referencial teórico anteriormente descrito nesta Tese.

Já a concepção do modelo foi feita como uma extensão daquele originalmente vinculado ao paradigma DDM-Diálogos, Dados e Modelos. Assim, com a definição de algumas opções feitas dentre aquelas alternativas já presentes no paradigma DDM que, somadas a outras relacionadas às novas exigências decorrentes da incorporação a ele da não-monotonicidade, foi especificado o modelo. Entre estas opções relacionadas às novas exigências, e que foram adotadas na construção do modelo, devem ser destacados: 1) a abdução como

mecanismo de tratamento da não-monotonicidade, 2) a ontologia como formalismo para a representação do conhecimento, 3) o *reasoner* DL como instrumento para realização de inferências pelo sistema e, 4) o SMVH como sistemática de manutenção da integridade da base de conhecimentos.

## CAPÍTULO 6 - APLICAÇÃO DO MODELO

A estratégia metodológica utilizada para a validação do modelo formulado foi o desenvolvimento de uma aplicação experimental. Esta aplicação foi realizada junto a Universidade Regional de Blumenau-FURB, estando relacionada à gestão dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* oferecidos pela Instituição e tendo sido executado em quatro passos.

O primeiro passo, desenvolvido em duas etapas, refere-se ao levantamento das fontes de dados e das informações relacionadas à Instituição, aos cursos de pós-graduação existentes e aos aspectos relacionados à gestão destes. A primeira etapa foi realizada através de interações com gestores e servidores da DPG-Divisão de Pós-Graduação (área responsável pela gestão dos cursos de pós-graduação na Instituição). Na segunda etapa, a partir dos elementos obtidos na primeira, foi desenvolvida uma pesquisa documental que consistiu em buscar e compilar todos os atos regulatórios de cursos de pós-graduação *stricto sensu*, os quais haviam sido citados nas interações com a DPG. Entre estes, estão incluídas normas de abrangência nacional, estadual, institucional e específicos. Os principais produtos do primeiro passo compõem a Seção 6.2 do presente texto.

Na sequência, como segundo passo, foram especificados os requisitos de um Sistema de Apoio a Decisão-SAD com tal finalidade. Estes foram definidos a partir dos resultados obtidos no passo anterior, ou seja, baseiam-se nos atos regulatórios dos cursos e nas interações realizadas com gestores e servidores da DPG-Divisão de Pós-Graduação.

O terceiro passo correspondeu à criação de uma ontologia na qual está formalizado o conhecimento do domínio da aplicação. No último passo foi verificada a aplicabilidade e utilidade do modelo utilizando-se de ensaios e simulações realizadas com um protótipo de Sistema de Apoio a Decisão que usa a ontologia como sua base de conhecimentos e que teve a concepção fundamentada no modelo formulado.

No que se refere à gestão da pós-graduação *stricto sensu* como área de aplicação, a escolha deve-se à familiaridade que o pesquisador tem com a mesma, pois foi conselheiro da Câmara de Pesquisa, Pós-Graduação e Extensão do Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão-CEPE da Universidade Regional de Blumenau por mais de nove anos.

Quanto à base de conhecimentos a ser utilizada, ela refere-se aos cursos de pós-graduação existentes na mesma Universidade, e foi escolhida por dois motivos fundamentais: 1) representa o conhecimento do domínio da aplicação e; 2) foi parcialmente desenvolvida pelo autor na disciplina de Desenvolvimento de Ontologias, cursada durante o doutoramento.

## 6.1 CARACTERIZAÇÃO DA IES

A Fundação Universidade Regional de Blumenau-FURB foi instituída pela Lei Municipal nº 1.557, de 14 de dezembro de 1968, como pessoa jurídica de direito público, integrante da Administração Pública Indireta do Município de Blumenau, na forma de Autarquia Municipal de regime especial. Foi reconhecida como Universidade pelo Ministério da Educação pela Portaria Ministerial nº 117, de 13 de fevereiro de 1986. Sua estrutura administrativa atual foi estabelecida pela Lei Complementar Municipal nº 743, de 19 de março de 2010.

No âmbito do ensino, a FURB tem atualmente pouco mais de quatorze mil alunos, distribuídos nos cursos de graduação, pós-graduação, sequenciais, ensino médio e escola de idiomas. Os cursos de graduação oferecidos totalizam quarenta e um, os quais estão listados no Quadro 11. No nível de pós-graduação *lato sensu* são aproximadamente setenta cursos, presenciais e à distância, ministrados em Blumenau e em outras cidades de Santa Catarina e do Brasil. As áreas de enfoque dos Cursos de Especialização são: educação, exatas e naturais, humanas e da comunicação, jurídica, saúde, sociais aplicadas e tecnológicas. Os cursos sequenciais são oferecidos por intermédio da EDECON-Escola de Educação Continuada, a qual disponibiliza as seguintes opções: Gastronomia, Alta Gastronomia, Decoração de Ambientes, Fotografia, Locução de Áudio e Vídeo, Escultura, Produção de Moda, e outras ofertadas conforme demanda. A escola de idiomas oferece cursos de Alemão, Espanhol, Francês, Inglês, Italiano e Mandarim, além de Português para Estrangeiros. O ensino médio, no qual estão matriculados aproximadamente quatrocentos e cinquenta estudantes, é oferecido por intermédio da ETEVI-Escola Técnica do Vale do Itajaí, cuja mantenedora é a FURB (FURB, 2010).

Administração	Arquitetura e Urbanismo	Artes
Ciências Biológicas	Ciências Contábeis	Ciência da Computação
Ciências da Religião	Ciências Econômicas	Ciências Sociais
Comunicação Social	Design	Direito
Educação Física	Enfermagem	Engenharia Civil
Engenharia Elétrica	Engenharia Florestal	Engenharia de Produção
Engenharia Química	Engenharia de Telecomunicações	Farmácia
Fisioterapia	História	Letras
Licenciatura em Computação	Matemática	Medicina
Medicina Veterinária	Moda	Nutrição
Odontologia	Pedagogia	Psicologia
Química	Secretariado Executivo Bilíngue	Serviço Social
Sistemas de Informação	Turismo e Lazer	
Tecnologia - Processos Industriais	Tecnologia - Comércio Exterior	Tecnologia - Marketing

Quadro 11 – Cursos de Graduação da FURB

Fonte: FURB (2010)

### 6.1.1 Estrutura Administrativa

A estrutura administrativa da FURB é dividida em duas grandes instâncias, deliberativas e executivas; e desenvolve-se em dois níveis, superior e setorial. O Artigo décimo do seu Estatuto define a composição das unidades organizacionais, sendo elas:

I - Conselho Universitário / CONSUNI;

II - Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão / CEPE;

III - Reitoria e as seguintes unidades subordinadas:

a) Gabinete da Reitoria;

b) Procuradoria Geral;

c) Controladoria Geral;

d) Ouvidoria;

e) Pró-Reitorias e suas Divisões subordinadas;

f) Coordenadorias da Gestão Superior;

g) Órgãos Suplementares;

IV - Unidades Universitárias;

V - Unidade de Ensino Médio e Profissionalizante.

No nível da administração superior, na instância deliberativa, estão o Conselho Universitário-CONSUNI e o Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão-CEPE. O CONSUNI é o órgão máximo e soberano de deliberação em assuntos de política acadêmica, administrativa e financeira da FURB. Já o CEPE é o órgão deliberativo, normativo e consultivo em matérias de ensino, pesquisa e extensão.

Na instância executiva da administração superior, o órgão máximo de direção é a Reitoria, à qual estão subordinadas as pró-reitorias de Administração; Ensino de Graduação, Ensino Médio e Profissionalizante e; Pesquisa, Pós-Graduação e Extensão. Ainda subordinadas diretamente à reitoria estão as Coordenadorias da Gestão Superior e os Órgãos Suplementares. As Coordenadorias da Gestão Superior são unidades responsáveis pela gestão das atividades administrativas específicas, sendo elas: Coordenadoria de Comunicação e Marketing; de Planejamento; de Relações Internacionais e; de Assuntos Estudantis. Os Órgãos Suplementares são unidades que têm como finalidade executar atividades de prestação de serviços específicos de apoio às unidades organizacionais da Instituição, bem como serviços educacionais, de radiodifusão, de saúde e técnicos especializados, sendo elas assim denominadas: Instituto de Serviços, Pesquisa e Inovação; Biblioteca Universitária e; Rádio e Televisão Educativa.

A administração em nível setorial é efetivada por meio dos Conselhos de Unidade Universitária, das Direções de Unidades Universitárias e dos Departamentos. Os órgãos deliberativos das Unidades Universitárias compõem-se do Conselho da Unidade Universitária, os Departamentos e os Colegiados de Curso. Os órgãos executivos das Unidades Universitárias compõem-se da Direção de Unidade Universitária e do Chefe de Departamento. As Unidades Universitárias, também denominadas de Centros, são responsáveis pelo ensino de graduação, estão agrupadas em áreas do conhecimento, sendo constituídas de um conjunto de Departamentos de áreas afins. As Unidades Universitárias são assim denominadas:

- I - Centro de Ciências da Educação-CCE;
- II - Centro de Ciências da Saúde-CCS;
- III - Centro de Ciências Exatas e Naturais-CCEN;
- IV - Centro de Ciências Humanas e da Comunicação-CCHC;
- V - Centro de Ciências Jurídicas-CCJ;
- VI - Centro de Ciências Sociais Aplicadas-CCSA;
- VII - Centro de Ciências Tecnológicas-CCT.

A Figura 29 mostra resumidamente o organograma da Instituição. Maiores detalhes sobre sua estrutura administrativa podem ser vistos em FURB (2010).

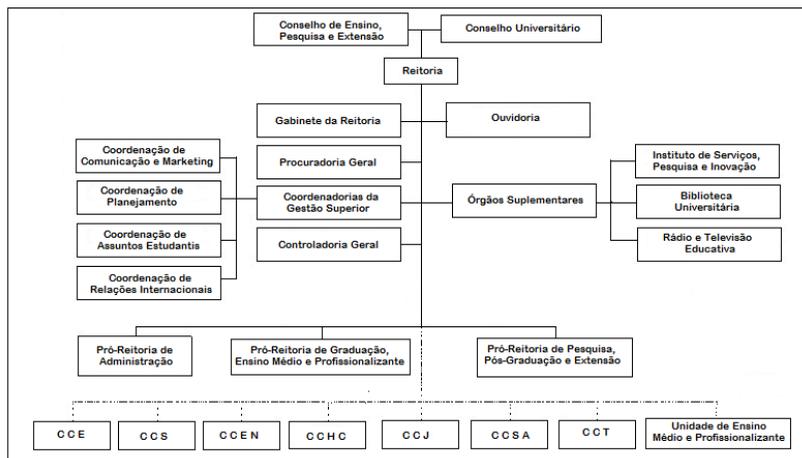


Figura 29 - Organograma Resumido / FURB

Fonte: Do autor

## 6.2 PROGRAMAS E CURSOS STRICTO SENSU NA FURB

A Fundação Universidade Regional de Blumenau-FURB possui nove Programas de Pós-Graduação nos quais estão abrigados dez cursos, sendo nove deles em nível de mestrado e um de doutorado<sup>1</sup>. São os seguintes os programas e cursos existentes:

- Programa de Pós-Graduação em Administração  
Mestrado em Administração
- Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis  
Mestrado em Ciências Contábeis  
Doutorado em Ciências Contábeis e Administração
- Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática  
Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática
- Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional  
Mestrado em Desenvolvimento Regional

<sup>1</sup> Situação relativa ao primeiro semestre de 2010. A Instituição possui projetos para implantação de novos programas e cursos que estão em fase de análise pelos órgãos reguladores, CAPES e Conselho Estadual de Educação.

- Programa de Pós-Graduação em Educação  
Mestrado em Educação
- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental  
Mestrado em Engenharia Ambiental
- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica  
Mestrado em Engenharia Elétrica
- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química  
Mestrado em Engenharia Química
- Programa de Pós-Graduação em Química  
Mestrado em Química

O curso de Mestrado em Ensino de Ciências Naturais e Matemática é o único do tipo profissionalizante, os demais são do tipo acadêmico. Todos os programas são recomendados pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior do Ministérios da Educação-CAPES.

### **6.2.1 Gestão e Regulamentação dos Programas e Cursos**

A gestão dos cursos de pós-graduação é atribuição da Divisão de Pós-Graduação-DPG, uma unidade subordinada hierarquicamente à Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Extensão. Esta definição está expressa no Artigo 55 do Estatuto da FURB, onde estão relacionadas as competências da DPG, que são:

- I. orientar os Departamentos e as Unidades Universitárias na formulação de suas políticas de pós-graduação;
- II. assessorar os coordenadores de cursos, na elaboração de projetos e programas de pós-graduação, bem como acompanhar a sua efetiva execução;
- III. avaliar os cursos e programas de pós-graduação, sob as diretrizes da avaliação institucional;
- IV. estabelecer um canal permanente de comunicação com outras instituições de ensino superior do país e do exterior, objetivando expandir a pós-graduação na FURB;
- V. promover medidas para o aperfeiçoamento da política institucional de pós-graduação;
- VI. realizar os registros e os controles acadêmicos do corpo discente dos cursos de pós-graduação;

- VII. proporcionar a infraestrutura necessária ao funcionamento dos projetos e programas de pós-graduação;
- VIII. fomentar a qualificação constante dos cursos de pós-graduação;
- IX. coordenar o funcionamento do Colegiado de coordenadores da pós-graduação stricto sensu;
- X. gerenciar as bolsas de pós-graduação stricto sensu;
- XI. elaborar relatórios e organizar dados estatísticos sobre a pós-graduação.

Para apoiar o desenvolvimento das atividades relacionadas a estas atribuições e competências, a DPG dispõe de um sistema de informação denominado Novo Pós-Graduação. Trata-se de um sistema de processamento de transações que foi desenvolvido pela Divisão de Tecnologia da Informação da FURB.

Este sistema está disponível para acesso pela DPG e também pelos diversos programas, uma vez que cada um deles possui um serviço próprio de secretaria, a qual cabe oferecer suporte operacional às coordenações, ao corpo docente e alunos vinculados. Quanto aos recursos e funcionalidades do sistema, eles referem-se basicamente ao registro e processamento dos dados que resultam das transações relativas às atividades rotineiras relacionadas à gestão dos cursos de pós-graduação. A Figura 30 mostra o menu principal do sistema. Pode-se observar na figura que o sistema possui os cadastros de Aluno (incluindo dados pessoais, histórico escolar e matrícula), Professor, Disciplinas, Curso, Grade Curricular e Turmas. Para manutenção dos cadastros o sistema oferece as funcionalidades típicas, as quais permitem a inserção, alteração e exclusão de ítems. Além destes, há recursos para consultas e emissão de relatórios, que podem ser obtidos em vários formatos e tipos. O sistema não oferece qualquer recurso adicional para apoio gerencial.

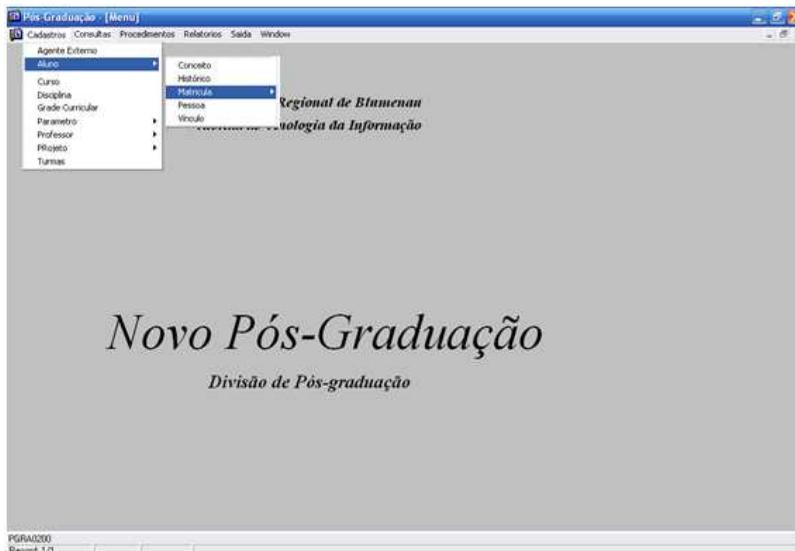


Figura 30 - Cadastros do Sistema Novo Pós-Graduação

Fonte: Do autor

### 6.2.1.1 Regulamentação

Os cursos e programas de pós-graduação *stricto sensu* da FURB são normatizados por meio de atos regulatórios de abrangência federal, estadual, institucional e específicos. No âmbito federal está a Resolução CNE/CES nº 1, de 03/04/2001 (MEC, 2001); no contexto estadual a Resolução CCE nº 107, de 20/11/2007 (CCE-SC, 2007) e; no âmbito institucional a Resolução FURB nº 75, de 18/12/2009. As normativas específicas de cada programa são as seguintes:

- Resoluções FURB 11/2006 e FURB 74/2008 - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.
- Resoluções FURB 53/2005 e FURB 44/2006 - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.
- Resolução FURB 63/2005 - Programa de Pós-Graduação em Química.
- Resolução FURB 73/2005 - Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional.
- Resolução FURB 81/2006 – Programa de Pós-Graduação em Administração.

- Resolução FURB 83/2004 – Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis.
- Resoluções FURB 34/2006 e FURB 49/2008 – Programa de Pós-Graduação em Educação.
- Resolução FURB 32/2008 – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.
- Regulamento Provisório – Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática<sup>2</sup>.

A Resolução nº 1 do CNE-Conselho Nacional de Educação/CES-Câmara de Educação Superior regulamenta os cursos de pós-graduação brasileiros nos seus aspectos mais gerais, definindo exigências relacionadas à sua autorização, reconhecimento e funcionamento. Entre as determinações, destaca-se a limitação por prazo determinado das autorizações e reconhecimentos, os quais dependem do parecer da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação que, por sua vez, são fundamentados nos resultados da avaliação realizada pela CAPES. A resolução define também regras próprias para cursos oferecidos de forma associada entre instituições brasileiras ou entre estas e instituições estrangeiras e, ainda, para aqueles que funcionam na modalidade a distância (EAD), entre outras. Os cursos de pós-graduação *lato sensu* também estão regulamentados no texto. Quanto aos cursos *stricto sensu*, especificamente, as principais determinações contidas na Resolução CNE/CES nº 1, de 03/04/2001 (MEC, 2001), podem ser assim sintetizadas:

- os programas compreendem cursos de mestrado e doutorado;
- são sujeitos às exigências de autorização, reconhecimento e renovação de reconhecimento;
- o reconhecimento e a renovação de reconhecimento são concedidos por prazo determinado, dependendo de parecer favorável da Câmara de Educação Superior do Conselho Nacional de Educação, fundamentado nos resultados da avaliação realizada pela Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES e homologado pelo Ministro de Estado da Educação;
- a autorização aplica-se tão somente ao projeto aprovado pelo CNE, fundamentado em relatório da CAPES;

---

<sup>2</sup> O Regulamento está em fase de tramitação junto aos Conselhos internos da FURB, motivo pelo qual ainda não existe Resolução de aprovação.

- o reconhecimento e a renovação do reconhecimento dependem da aprovação do CNE, fundamentada no relatório de avaliação da CAPES;
- os cursos oferecidos mediante formas de associação entre instituições brasileiras ou entre estas e instituições estrangeiras obedecem às mesmas exigências de autorização, reconhecimento e renovação do reconhecimento estabelecidas por esta Resolução;
- a emissão de diploma por instituição brasileira exige que a defesa da dissertação ou da tese seja realizada;
- os cursos a distância serão oferecidos exclusivamente por instituições credenciadas para tal fim pela União, conforme o disposto no § 1º do artigo 80 da Lei 9.394, de 1996, obedecendo às mesmas exigências de autorização, reconhecimento e renovação de reconhecimento estabelecidas por esta Resolução;
- os cursos oferecidos a distância devem incluir provas e atividades presenciais, entre elas a defesa de dissertação ou tese;

A Resolução nº 107 do CCE-Conselho Estadual de Educação de Santa Catarina fixa normas para o funcionamento da educação superior no sistema estadual de educação catarinense, incluindo a pós-graduação (CEE, 2007). As questões relacionadas aos cursos *stricto sensu* são abordadas na Seção II do Capítulo IV, entre os Artigos 63 e 76. As principais determinações ali contidas ratificam aquelas da legislação federal, às quais aduz algumas outras. Seu conteúdo pode ser assim sintetizado:

- cursos devem formar e qualificar para o exercício do magistério, para pesquisa e para atividades técnico-científicas;
- cursos só têm validade nacional, se acompanhados, reconhecidos e avaliados pelo Conselho Estadual de Educação;
- cursos só podem ser divulgados e iniciados após reconhecimento prévio do Conselho Estadual de Educação;
- cursos somente podem ser oferecidos por Instituições de Educação Superior que tenham, na mesma área, cursos de graduação devidamente reconhecidos;
- exigência de diploma de graduação para ingresso;
- as informações e documentos que devem compor os processos de reconhecimento e renovação do reconhecimento dos cursos;

- relatório de recomendação positiva da CAPES substitui o processo de reconhecimento pelo CES;
- reconhecimento dos cursos é limitado a um período máximo de cinco anos;
- mestrado e doutorado tem a limitação de tempo máximo para conclusão pelo aluno, de quatro anos e seis anos, respectivamente;
- defesas de dissertação e tese, respectivamente para mestrado e doutorado, são obrigatórias;
- trabalho final de doutorado deve ser original e importar em contribuição para o desenvolvimento da área de conhecimento;
- aluno de mestrado que cumprir somente os créditos e não realizar defesa de dissertação tem direito a certificado de especialização;
- define informações a serem explicitadas nos diplomas;
- Mestrado e Doutorado exigem, respectivamente, no mínimo, vinte e quatro, e quarenta e oito créditos em atividades de ensino e pesquisa, aos quais devem ser acrescidos seis créditos pela dissertação e 12 doze créditos pela tese, onde cada crédito corresponde a 15 h/a, no mínimo;

Já a Resolução FURB-75/2009, homologada em dezoito de Dezembro de 2009, com base no parecer 157/2009 do Conselho de Ensino Pesquisa e Extensão-CEPE, regulamenta a pós-graduação *stricto sensu* no contexto interno da FURB. O documento inclui normas relativas ao funcionamento dos cursos e programas, dos colegiados dos cursos, do Conselho Técnico de Pós-Graduação (o qual institui), além de determinar a existência de um regulamento específico para cada programa sendo que, para orientar sua elaboração, delineia critérios gerais a serem observados. De forma geral, a Resolução detalha os atos regulatórios dos órgãos federal e estadual, além de adequá-los à realidade Institucional. Seu conteúdo pode ser assim resumido:

- define que um Colegiado específico executa cada programa. A ele cabe a coordenação didático-científica do(s) curso(s), devendo ser presidido por um Coordenador;
- institui o Conselho Técnico de Pós-Graduação, e define as suas atribuições que são: - a proposição de políticas gerais para a pós-graduação e; - a coordenação geral do sistema de pós-graduação *stricto sensu*;

- normatiza a criação de novos programas, determinando que as propostas devem atender os requisitos exigidos pelos órgãos reguladores federal e estadual, já na fase de tramitação interna;
- define: - a composição do colegiado; - as regras para eleição do seu coordenador e; - que as competências do colegiado devem estar expressas no regulamento do programa. Para estas definições estabelece critérios gerais que devem ser observados na confecção do documento;
- exige que o processo de seleção para ingresso seja baseado em edital próprio;
- normatiza o processo de matrícula;
- normatiza o regime didático, determinando: - que as atividades acadêmicas válidas estarão sob a forma de disciplinas ministradas em aulas, preleções, seminários, estudos dirigidos, aulas práticas ou outros métodos didáticos; - que as disciplinas podem ser classificadas em obrigatórias e eletivas ou optativas; - que um crédito corresponde a quinze horas; - que a verificação de Estágio de Docência é feita por professor orientador na execução das atividades programadas; - que o sistema de avaliação é na forma de nota-conceito, padronizando os símbolos válidos (A, B, C, D, I, J, K, S, N); - os critérios para desligamento do pós-graduando do programa; - que a suficiência em língua estrangeira é obtida através de avaliação elaborada e aplicada pela FURB Idiomas; - como é o aproveitamento de créditos de outros programas e instituições; - os procedimentos para exame de qualificação, dissertação e tese (requerimento, composição da banca e requisitos para submissão);
- regula a participação de alunos não-efetivos em disciplina isolada;
- normatiza o credenciamento e descredenciamento de professores;
- determina que pós-graduando que tenha cursado, no mínimo, trezentos e sessenta horas em disciplinas e não defender a dissertação/tese, pode solicitar certificado de especialização, desde que destas horas cursadas, duzentas e quarenta tenham sido de disciplinas da área de concentração do programa;

No que diz respeito às resoluções internas e específicas de cada programa, elas possuem grande semelhança quanto às suas formas e larga diversidade quanto aos regramentos que expressam. No que se refere às regras, elas contemplam os detalhamentos próprios dos cursos, no que se refere à administração (tanto de caráter deliberativo, como executivo); seleção, matrícula, avaliação e registros históricos dos alunos; estrutura curricular e sua integralização; credenciamento e descredenciamento de docentes e; elaboração do trabalho final. Quanto à formatação, elas são organizadas em capítulos, cada qual composto pelos artigos que tratam de questões afins. Todas têm ou derivam da estrutura mostrada no Quadro 12.

CAPÍTULO	CONTEÚDO
CAPÍTULO I	DOS OBJETIVOS
CAPÍTULO II	DA ADMINISTRAÇÃO DO PROGRAMA
CAPÍTULO III	DO COLEGIADO DO PROGRAMA
CAPÍTULO IV	DA COORDENAÇÃO DO PROGRAMA
CAPÍTULO V	DO ÓRGÃO DE APOIO ADMINISTRATIVO E PEDAGÓGICO
CAPÍTULO VI	DO CORPO DISCENTE, DA SELEÇÃO E DA MATRÍCULA
CAPÍTULO VII	DA ORGANIZAÇÃO E DA ESTRUTURA DO CURSO
CAPÍTULO VIII	DA VERIFICAÇÃO DE APRENDIZAGEM E DAS CONDIÇÕES DE APROVAÇÃO
CAPÍTULO IX	DO ACOMPANHAMENTO DE DESEMPENHO
CAPÍTULO X	DA ORIENTAÇÃO
CAPÍTULO XI	DA DISSERTAÇÃO
CAPÍTULO XII	DISPOSIÇÕES FINAIS

Quadro 12 – Estrutura Básica das Resoluções Internas

Fonte: Do Autor

A adoção desta estrutura pelos Colegiados para regulamentação dos seus programas não é uma exigência Institucional, sendo que vários deles optaram por introduzir nela algumas alterações. São elas:

- Programa de Pós-Graduação em Administração - Resolução FURB 81/2006: Incluiu dois novos capítulos denominados de “Do Reingresso” e “Da Convalidação de Créditos”.

- Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional - Resolução FURB 73/2005: Agrupou os capítulos II e III e o denominou de “Da Administração e do Colegiado”; Introduziu dois novos capítulos intitulados “Da Secretaria” e “Da Titulação”; Desmembrou o Capítulo VII em dois novos, chamados de “Das Condições de Aprovação em Disciplinas” e “Do Acompanhamento de Desempenho”.
- Programa de Pós-Graduação em Educação. Resoluções FURB 34/2006 e FURB 49/2008: Eliminou o Capítulo IX.
- Programa de Pós-Graduação em Química - Resolução FURB 63/2005: Incluiu um novo capítulo denominado “Do Relatório de Dissertação”.
- Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental - Resoluções FURB 11/2006 e FURB 74/2008 – Renomeou o capítulo XI para “Da Banca Examinadora e da Dissertação”.
- Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais e Matemática Regulamento Provisório: Incluiu um novo capítulo e o chamou de “Normas para Credenciamento, Recredenciamento e Descredenciamento de Docentes do Programa”; excluiu o Capítulo IX.

Todas estas alterações, todavia, não se constituem em maiores inovações em termos de conteúdo normativo, se comparadas com aqueles contidas nos regulamentos que mantiveram a estrutura básica mostrada no Quadro 12. Tratam-se apenas de reagrupamentos das determinações que estão presentes de forma comum em todos os programas.

O que merece ser destacado, com relação ao ordenamento normativo preconizado nos atos regulatórios dos quatro níveis de abrangência, é que não se observa perfeita sincronia entre as determinações por eles fixadas. Várias inconsistências, na forma de contradições e omissões, podem ser identificadas, sendo que as principais são mostrados no Quadro 13:

<b>DOCUMENTO - CONTEÚDO</b>	<b>CONFLITO</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolução FURB-63/2005 -- Incisos V e VI do Artigo 18: fixam em quatro créditos a carga horária para elaboração da dissertação e em vinte e oito créditos a carga total do curso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolução CCE-107/2007 -- Artigo 76: determina um total de 30 créditos para um curso de mestrado, sendo seis para a elaboração da dissertação.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolução FURB-63/2005 -- Parágrafos 2<sup>o</sup> e 3<sup>o</sup> do Artigo 18: estabelecem que a suficiência em língua estrangeira é obtida através de prova organizada pela Comissão de Exame em Língua Estrangeira, vinculada ao próprio programa ou, através de aprovação na disciplina de Inglês Técnico II ou, ainda, com obtenção de aprovação em prova aplicada pela FURB Idiomas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolução FURB-75/2009 -- Artigo 41: afirma que para satisfazer a exigência o pós-graduando precisa ser aprovado em exame realizado pelo FURB Idiomas.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolução FURB-63/2005 -- Artigo 11: define que podem ser aceitos para ingresso acadêmicos que estejam matriculados no último semestre de seu curso de graduação, concedendo prazo de seis meses, após o início do mestrado, para apresentação do diploma de graduação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolução CCE 107/2007-- Parágrafo Único do Artigo 65: determina que o ingresso nos cursos de mestrado só é permitido a candidatos portadores de diploma de graduação.</li> <li>Resolução FURB 75/2009 Artigo 14: impõe que só podem ser admitidos nos programas de pós-graduação alunos com nível superior e cujo currículo contemple disciplinas pertinentes ao programa pleiteado.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolução FURB-63/2005 -- Artigos 20 e 22: estabelecem conceitos relacionados à verificação de aprendizagem e rendimento escolar, onde estão estabelecidas como símbolos válidos A, B, C, D, I, AUS, CAN, ABN e OUV.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolução FURB-75/2009 -- Artigo 31: determina o uso de A, B, C, D, I, J, K, S, N como símbolos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolução 63/2005 -- Parágrafo Único do Artigo 36: limita em três o número máximo de orientandos simultâneos por orientador em cada turma.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolução FURB-75/2009 -- Artigo 40: define que eles são seis.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolução FURB-81/2006 -- Artigo 16: estabelece o período regulamentar</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resolução CCE 107/2007 -- Artigo 73: afirma que o tempo máximo para conclusão do Mestrado é de quatro anos.</li> </ul>

<p>máximo em 2 anos com possível aditamento de uma prorrogação por até 6 meses.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução FURB-75/2009 -- Artigo 3: define que o tempo máximo para o curso de Mestrado é de 36 meses, o qual pode ser estendido excepcionalmente.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução FURB-81/2006 -- Artigo 17: fixa em 39 créditos a integralização do curso, sendo 6 destes como dissertação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução CCE-107/2007 -- Artigo 76: determina um total de 30 créditos para um curso de mestrado, sendo seis para a elaboração da dissertação.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução FURB-81/2006 -- Artigo 19: define os conceitos relacionados à verificação de aprendizagem como sendo A+,A,A-,B+,B,B-,C+,C-,D,I,AUS,CAN,ABN,OUV,AP,R</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução FURB-75/2009 -- Artigo 31: determina que os símbolos A, B, C, D, I, J, K, S, N devem ser usados.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução FURB-75/2005 -- Artigo 19: impõe 34 créditos, sendo 6 para dissertação, como requisito para integralização do curso de mestrado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução CCE-107/2007 -- Artigo 76: determina um total de 30 créditos para um curso de mestrado, sendo seis para a elaboração da dissertação.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução FURB-75/2005 -- Artigo 22 e</li> <li>• Resolução FURB-83/2004 -- Artigos 19 e 21: definem como conceitos válidos A, B, C, D, I, AUS, CAN, ABN, e OUV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução FURB-75/2009 -- Artigo 31: determina o uso de A, B, C, D, I, J, K, S, N devem ser usados.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução FURB-34/2006 -- Artigo 19 e</li> <li>• Resolução FURB-43/2005 -- Artigo 16 e</li> <li>• Resolução FURB-32/2008 -- Artigo 19 e</li> <li>• Resolução FURB-11/2006 -- Artigo 18: definem como conceitos válidos A,B,C,D,I.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução FURB-75/2009 -- Artigo 31: determina o uso de A, B, C, D, I, J, K, S, N como símbolos.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução FURB-34/2006 -- Parágrafo 1 do Artigo 19: define que um crédito corresponde a um conjunto de atividades determinadas pelo docente e desenvolvidas em 18 horas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução CCE-107/2007 -- Parágrafo 2 do Artigo 76: estabelece que cada crédito corresponde a, no mínimo, 15 horas/aula.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução FURB-53/2005 e</li> <li>• Resolução FURB-32/2008: não estabelecem prazo máximo para integralização do curso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução CCE 107/2007 -- Artigo 73: afirma que o tempo máximo para conclusão do Mestrado é de quatro anos.</li> <li>• Resolução FURB-75/2009 -- Artigo 3:</li> </ul>

	define que o tempo máximo para o curso de Mestrado é de 36 meses, o qual pode ser estendido excepcionalmente.
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução FURB-83/2004 -- Parágrafo 7 do Artigo 14: fixa em o período máximo de trancamento de matrícula em um ano, o qual não é computado para integralização temporal do programa, que é de dois anos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução CCE 107/2007 -- Artigo 73: afirma que o tempo máximo para conclusão do Mestrado é de quatro anos.</li> <li>• Resolução FURB-75/2009 -- Artigo 3: define que o tempo máximo para o curso de Mestrado é de 36 meses, o qual pode ser estendido excepcionalmente.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução FURB-83/2004 -- Inciso VI do Artigo 17: estabelece 36 créditos obrigatórios para conclusão do curso, sendo 30 teóricos e 6 relativos à confecção da dissertação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolução CCE-107/2007 -- Artigo 76: determina um total de 30 créditos para um curso de mestrado, sendo seis para a elaboração da dissertação.</li> </ul>

Quadro 13 – Inconsistências Entre os Atos Regulatórios

Fonte: Do Autor

Estas inconsistências, entretanto, não devem ser vistas como divergências propositais ou insubordinação entre os vários níveis hierárquicos dos órgãos reguladores. A origem delas justifica-se pela existência de um lapso temporal relacionado às datas de homologação dos documentos normativos. Isto pode ser observado, sobretudo, nas resoluções internas da FURB, já que a de número 75/2009, de caráter geral e contemplando orientações para elaboração dos regulamentos específicos, é datada de 18 de Dezembro de 2009, posterior, portanto, a todas aquelas específicas dos nove programas existentes. Soma-se ainda o fato de que nelas pode-se observar estreita relação com a Resolução FURB-22/1998, a qual precedeu a Resolução 75/2009, e por esta foi revogada. Situação semelhante acontece em relação a resolução CEE-107/2007, publicada em 20 de Novembro de 2007, posteriormente as resoluções que deveriam a ela submeter-se, quais sejam: FURB 53/2005, FURB 44/2006, FURB 63/2005, FURB 73/2005, FURB 81/2006, FURB 83/2004 e FURB 34/2006. Outrossim, deve ser mencionado que a totalidade dos regulamentos dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* encontram-se ora em tramitação nos respectivos Colegiados dos Programas ou nos Conselhos Superiores da FURB, para que neles sejam introduzidos os devidos ajustes, adequações e atualizações necessárias.

Finalmente deve ser registrado que este descompasso temporal entre os diversos instrumentos normativos é recorrente, sobretudo entre aqueles exarados por órgãos de diferentes níveis de abrangência. Ele é

motivado pelo fato de que alterações introduzidas no regramento por um dos órgãos reguladores, em especial naqueles que têm maior abrangência, podem implicar na exigência de adaptações também nos documentos reguladores de esferas hierárquicas inferiores. Esta adequação, por sua vez, sempre demanda algum tempo, devido à necessidade de tramitação dos instrumentos normativos pelos diversos conselhos deliberativos da instituição, já que a gestão da FURB é caracterizada como de administração colegiada, um modelo tipicamente presente nas instituições de ensino superior públicas.

### 6.3 REQUISITOS DO SISTEMA

A especificação dos requisitos de um SAD-Sistema de Apoio a Decisão relacionado à gestão dos cursos de Pós-Graduação *stricto sensu* da Universidade Regional de Blumenau é parte integrante do último dos objetivos específicos desta Tese, conforme descrito em sua Seção 1.3.2. A definição destes requisitos teve como base as constatações-chave verificadas durante o levantamento realizado junto à DPG e na compilação dos atos regulatórios dos cursos, ambos anteriormente apresentados. Adicionalmente, deve ser registrada a sua compabilidade com os requisitos conceituais dos SAD, além de sua estreita relação com as atribuições da DPG, no que diz respeito à gestão dos cursos, também já anteriormente descritos na Seção 6.2.1.

Quanto aos requisitos conceituais dos SAD, eles foram objetos de discussão na Seção 3.2.2 deste texto. De forma geral, aqueles apontados pelos diversos autores lá mencionados podem ser assim sintetizados:

- combinação de dados e modelos analíticos;
- voltado para problemas menos estruturados e especificados, com os quais os gestores se deparam;
- capacidade de apoiar o processo de tomada de decisão, com recursos para simular e comparar alternativas com base na geração de cenários de informação;
- capacidade semântica, com uso de uma base de conhecimentos e com mecanismos para fazer inferências por meio de regras lógicas;
- flexibilidade e adaptabilidade para conviver com mudanças no ambiente ou no processo decisório;
- interatividade.

Já no que se refere às características das atividades e dos processos desenvolvidos pela DPG, as quais constituem o domínio da aplicação do sistema, merece destaque a sua adequação com aquelas identificadas pelos diversos autores como próprias para uso de um SAD. O Quadro 14 mostra um paralelo entre aquelas citadas no referencial teórico e aquelas observados no cotidiano da DPG-Divisão de Pós-Graduação da FURB e das secretarias dos programas.

Característica Citadas	Cotidiano FURB
Problemas semi ou não-estruturados.	Os cenários e os critérios de decisão não estão totalmente fixados ou conhecidos <i>a priori</i> ", na medida em que inexistente absoluta harmonia entre os vários atos regulatórios.
Há o envolvimento de um significativo número de variáveis relacionadas ao domínio de um processo decisório.	Pode ser observado na multiplicidade dos dispositivos regulatórios envolvidos e encadeados hierarquicamente.
Problemas sujeitos a mudanças rápidas	Devido a sua regulamentação por meio de múltiplos colegiados, alterações e mudanças no cenário são frequentes.

Quadro 14 – Paralelo entre Características

Fonte: Do Autor

Sendo assim, são os seguintes os requisitos funcionais de um Sistema de Apoio a Decisão para a gestão dos cursos de pós-graduação *stricto sensu* na Universidade Regional de Blumenau:

1. permitir os cadastros de: professores, alunos, cursos, disciplinas, matrizes curriculares e usuários do sistema;
2. permitir popular os cadastros de professores, alunos, cursos, disciplinas, matrizes e curriculares por meio da importação de dados do sistemas transacional Novo Pós-Graduação;
3. permitir introduzir alterações nos cadastros para fins de simulações e análises;
4. disponibilizar um conjunto de consultas que permitam extrair e cruzar informações dos diversos cadastros, tais como: alunos de um programa, professores de um programa, disciplinas e componentes de uma matriz curricular, cursos de um programa, orientandos de um orientador, entre outros;
5. permitir a manipulação dos cadastros somente por usuários autorizados (cadastrados);
6. permitir verificar as exigências curriculares para titulação de um aluno. A consulta deve ser considerada a luz de qualquer um dos

- atos regulatórios (de abrangência federal, estadual, insitucional ou específica do programa);
7. disponibilizar um conjunto de consultas relacionadas à verificação de pendências para a conclusão do curso por um aluno. A situação do acadêmico deve ser considerada a luz de qualquer um dos atos regulatórios (de abrangência federal, estadual, insitucional ou específica do programa);
  8. permitir verificar a disponibilidade de um Professor para novas orientações. A situação deve poder considerar exigências fixadas por qualquer um dos atos regulatórios
  9. permitir verificar a situação de um aluno no que diz respeito a suficiência em língua estrangeira. A verificação deve poder considerar exigências fixadas por qualquer um dos atos regulatórios;

Finalmente, deve ser registrado que um SAD com tais funcionalidades e características não pretende eliminar a necessidade ou substituir o sistema transacional Novo Pós-Graduação, já existente na DPG-Divisão de Pós-Graduação e nas secretarias dos programas.

## 6.4 VALIDAÇÃO DO MODELO

A validade do modelo formulado foi realizada com a criação de uma ontologia, de um protótipo de um Sistema de Apoio a Decisão e pelo desenvolvimento de simulações e ensaios sobre estes. A ontologia expressa o conhecimento do domínio da aplicação. O protótipo de sistema teve sua concepção baseada no modelo formulado. Já as simulações e ensaios privilegiam aqueles componentes do modelo diretamente relacionados à não-monotonicidade, os quais foram destacados na seção 5.3.1 – Elementos-Chave à Não-Monotonicidade, e constituem o cerne desta pesquisa. Sendo assim, os demais componentes do modelo como o Sistema de Dados, o Sistema de Interface, além de outros aspectos computacionais que poderiam estar envolvidos, não foram objetos de interesse neste processo.

### 6.4.1 A Ontologia

A construção da ontologia é parte integrante do último dos objetivos específicos desta Tese, qual seja, a criação de uma base de

conhecimentos para validação do modelo formulado, conforme descrito em sua Seção 1.3.2. A ontologia representa o conhecimento relacionado à gestão dos programas e cursos de Pós-Graduação *stricto sensu* da Universidade Regional de Blumenau, tratando-se, portanto, de uma ontologia de aplicação (GUARINO, 1997)(NOVELETTO, 2003)

#### 6.4.1.1 Ferramental e Metodologia Utilizados

Nesta seção são apresentadas as tecnologias e metodologias que compõem o ferramental diretamente envolvido na construção da ontologia. Não é intenção, entretanto, esgotar o detalhamento de suas características, algo que pode ser alcançado pelo leitor por meio de consulta às fontes adiconais que estão apontadas ao longo do texto. Destaque será dado às funcionalidades e aos aspectos que motivam ou justificam seu emprego na solução desenvolvida.

##### ➤ **Protégé**

A versão Protégé-OWL permite ao usuário criar ontologias com uso da linguagem OWL e sobre elas aplicar os *Description Logic-DL reasoners*, características determinantes que justificam e motivam a sua utilização neste trabalho para a construção da ontologia envolvida. A ontologia OWL é composta de indivíduos, propriedades e classes. Os indivíduos representam os objetos do domínio. As propriedades são relações binárias entre estes indivíduos. O Protégé permite que as propriedades sejam caracterizadas como inversa, transitiva, simétrica ou funcional; e que recebam restrições de valor (veja seção 4.2 deste trabalho). Já as classes são interpretadas como um conjunto que contém indivíduos. Elas são descritas formalmente para estabelecer precisamente os requisitos que precisam ser satisfeitos por um indivíduo para ser membro da classe (HORRIDGE et al., 2007). As classes são organizados numa hierarquia taxonômica.

##### ➤ **Metodologia de Desenvolvimento da Ontologia**

O método aplicado para a construção da ontologia inclusa nesta Tese incorpora partes das metodologias On-To-Knowledge e Methontology (ambas apresentadas na Seção 4.2.4), além do chamado Guia 101, desenvolvido e recomendado por um grupo de pesquisadores da Stanford University vinculado aos estudos de desenvolvimento e uso da ferramenta Protégé (NOY; MCGUINNESS, 2008). De cada uma destas propostas foram extraídas algumas partes, sendo que a forma como as

mesmas foram encampadas no método aqui utilizado está fortemente baseado no trabalho relatado em Rautenberg et al. (2008). Nele, os autores também utilizam uma metodologia alternativa para o desenvolvimento de ontologias e com ela descrevem, implementam e aplicam uma ferramenta de apoio ao processo de sua construção, a qual denominam de ontoKEM.

O Quadro 15, apresenta o método empregado nesta Tese para a construção da ontologia, além de apontar em qual metodologia foi baseada cada uma das etapas nela previstas:

<b>Método Utilizado Atividade / Etapa</b>	<b>Objetivo e Produto</b>	<b>Base e Motivação</b>
1. Definição dos Objetivo da Ontologia	- Determinar sua finalidade e aplicação. - Documento texto para fins de documentação do processo de construção.	- <b>Metodologia Methontology.</b> - Formaliza a construção de ontologias através de uma rica gama de artefatos de documentação (documentos-texto e quadros).
2. Relacionar as Questões de Competência e Definir Escopo	- Fazer uso de questões de competência na compreensão da aplicabilidade e na documentação da ontologia . - Relação de questionamentos que a ontologia deve ser capaz de responder e determinação de seu escopo.	- <b>Metodologia On-to-Knowledge.</b> - Questões de competência como modo simples e direto para determinar o escopo de uma ontologia, as quais permitem identificar conceitos, propriedades, relações e instâncias.
3. Considerar o Reuso de Ontologias Existentes	- Considerar se uma ontologia já existente pode ser importada e incorporada ao projeto. - Relatório conclusivo e, se for o caso, a própria ontologia importada.	- <b>Guia 101.</b> - Prega a construção de ontologias através de sete passos, sendo o segundo a consideração de reuso de ontologias existentes.
4. Listar Termos	- Extrair das questões de competência os termos relevantes. - Relação de termos.	- <b>Guia 101.</b> - É o terceiro passo do guia.
5. Definir Classes	- Definir as classes da ontologia com base na lista de termos.	- <b>Guia 101.</b> - Prega a construção de ontologias através de sete

	- Relação/quadro de classes criadas.	passos, sendo o quarto a definição das classes.
6. Definir Propriedades	- Definir as propriedades da ontologia com base na lista de termos e de classes. - Relação/quadro de propriedades criadas.	- <b>Guia 101.</b> - É o quinto passo do guia.
7. Definir Restrições	- Definir as restrições da ontologia com base na lista de termos, de classes e de propriedades. - Relação/quadro de restrições criadas.	- <b>Guia 101.</b> - Prega a construção de ontologias através de sete passos, sendo o sexto a definição das restrições.
8. Criar Instâncias	- Criar as instâncias de classes. - Relação/quadro de instâncias criadas.	- <b>Guia 101.</b> - É o sétimo passo do guia.
9. Documentar Desenvolvimento (transcorre em paralelo com todas as demais)	- Documentar o processo de criação e construção da ontologia. - Conjunto de documentos-texto e quadros.	- <b>Metodologia Methontology.</b> - Formaliza a construção de ontologias através de uma rica gama de artefatos de documentação (documentos-texto e quadros).

Quadro 15 - Método Empregado para Construção da Ontologia

Fonte: Do Autor

A motivação para a adoção de um método alternativo para o desenvolvimento da ontologia está amparada em três aspectos fundamentais:

- 1) a inexistência de um padrão ou de uma metodologia suficientemente madura para a construção de ontologias (FERNANDEZ-LÓPEZ; GÓMEZ-PÉREZ, 2002) (NOY; MCGUINNESS, 2008);
- 2) os recorrentes relatos da utilização parcial e simultânea de várias metodologias distintas (BRANDÃO; LUCENA, 2002) (NOY; MCGUINNESS, 2008), com importância destacada para o êxito alcançado no trabalho relatado em Rautenberg *et al.* (2008).
- 3) a compatibilidade entre o método adotado para o desenvolvimento da ontologia e a ferramenta Protégé (NOY; MCGUINNESS, 2008), permitindo sua construção sem a necessidade de utilização de outra ferramenta.

#### 6.4.1.2 Construção

Nesta seção é apresentada a construção da ontologia. São mostrados os produtos gerados em cada uma das oito etapas preconizadas na metodologia aplicada, conforme descrito no Quadro 15.

➤ **Etapa 1 – Definição dos Objetivos**

A ontologia representa o conhecimento relacionado à gestão dos programas e cursos de Pós-Graduação *stricto sensu* da Universidade Regional de Blumenau-FURB, tratando-se, portanto, de uma ontologia de aplicação. O objetivo maior é descrever e posteriormente fazer inferências acerca das regras relacionadas aos cursos de pós-graduação, uma vez que, dada a grande variedade de leis e normas que regulamentam estes cursos, há certa complexidade envolvida em sua gestão. A ontologia será aplicada para fins de apoio aos gestores da área de pós-graduação da FURB, sendo que para tal ela vai integrar um Sistema de Apoio a Decisão, servindo como instrumento de suporte à sua capacidade semântica.

➤ **Etapa 2 – Relacionar as Questões de Competência e Definir Escopo**

As questões de competência são mostradas no Quadro 16, sendo que as mesmas estão compatibilizadas com os requisistos listados na Seção 6.3 deste texto. Estão no escopo da ontologia os cursos de pós-graduação *stricto sensu* da Universidade Regional de Blumenau.

➤ **Etapa 3 – Considerar o Reuso de Ontologias Existentes**

Durante os trabalhos de levantamento realizados na Universidade Regional de Blumenau observou-se a inexistência de uma ontologia que pudesse ser importada ou aqui incorporada. Apenas o sistema transacional Novo Pós-Graduação está disponível para fins de apoio a gestão da pós-graduação na Instituição, conforme descrito na Seção 6.2.1 deste texto. A hipótese do reuso foi, portanto, descartada.

<b>Questões de Competência</b>	<b>Questões de Competência</b>	<b>Questões de Competência</b>
1. Quais os cursos de um programa?	2. Quais as áreas de concentração de um programa?	3. Quais as disciplinas e componentes curriculares de um curso?
4. Quais os alunos de um programa/curso?	5. Quais os Professores de um programa?	6. Quais as turmas de uma disciplina?
7. Quais os alunos de uma turma?	8. Qual o orientador de um aluno?	9. Quais os orientandos de um Professor?
10. Qual o número máximo de orientandos permitido a um Professor?	11. Qual as resoluções regulamentam um curso?	12. Quais as exigências curriculares para titulação de um determinado aluno?
13. Quais as pendências de um determinado aluno quanto a certificação?	14. Qual a situação de um aluno no que diz respeito a suficiência em língua estrangeira?	

**Quadro 16 - Questões de Competência da Ontologia**

Fonte: Do Autor

#### ➤ **Etapa 4 – Listar Termos**

Esta etapa consiste em extrair das questões de competência os termos relevantes, para posterior classificação. O produto desta etapa é mostrado no Quadro 17.

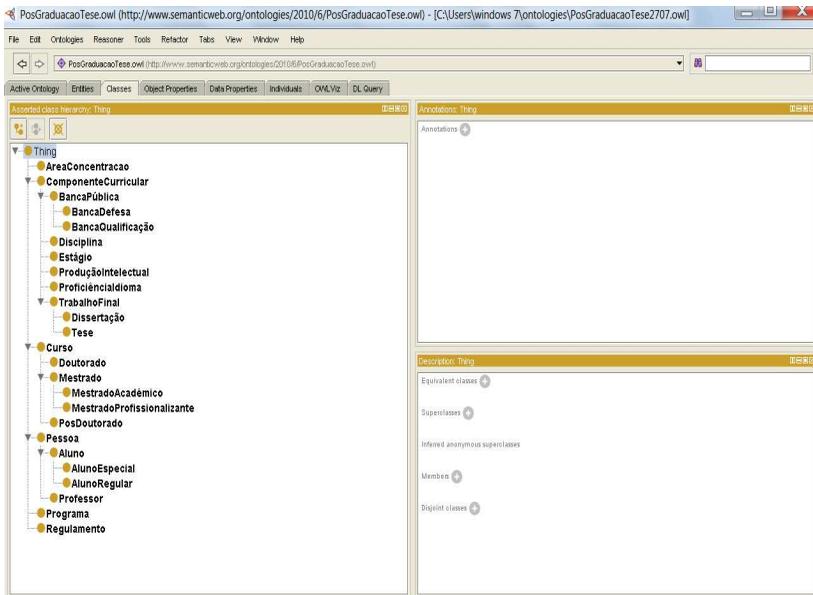
<b>Termos</b>	<b>Termos</b>	<b>Termos</b>	<b>Termos</b>
programa	curso	área de concentração	componente curricular
disciplina	aluno	professor	turma
orientador	orientando	regulamento	resolução
proficiência idioma	trabalho final	dissertação	tese
é vinculada	é integrante	coordenador	está matriculado
tem orientador	requisito obrigatório	requisito opcional	carga horária
duração máxima	duração mínima	produção intelectual	créditos

**Quadro 17 - Listagem de Termos**

Fonte: Do Autor

### ➤ **Etapa 5 – Definir Classes**

Nesta etapa foram definidas as classes da ontologia, partindo-se da lista de termos mostrada no Quadro 17. A Figura 31 apresenta as referidas classes, já inseridas no ambiente Protégé-OWL.

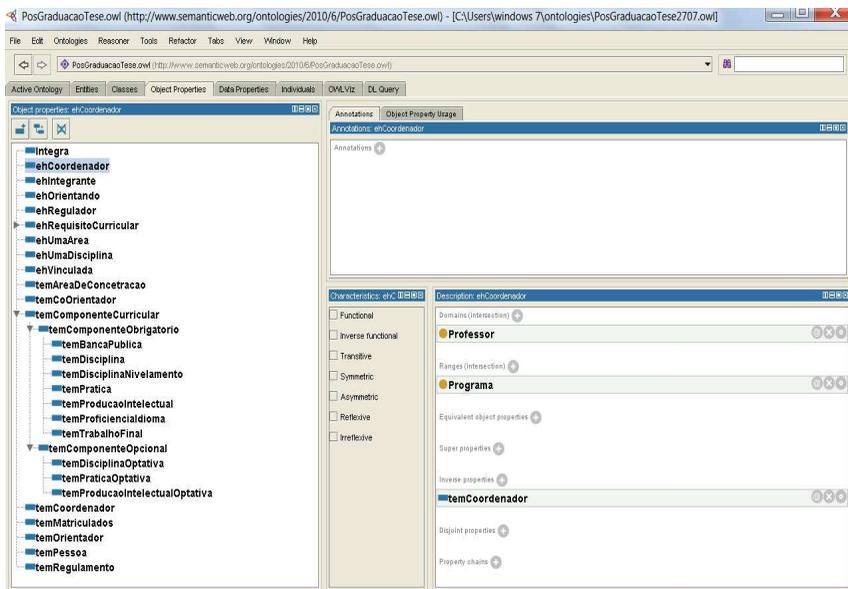


**Figura 31 - Classes da Ontologia**

Fonte: Do autor

### ➤ **Etapa 6 – Definir Propriedades**

Nesta etapa foram definidas as propriedades da ontologia, também partindo-se da lista de termos mostrada no Quadro 17. A Figura 32 apresenta as *Object Properties* já inseridas no ambiente Protégé-OWL.



**Figura 32 - Object Properties da Ontologia**

Fonte: Do autor

Já a Figura 33 apresenta as *Data Properties*, igualmente já inseridas no ambiente Protégé-OWL.

### ➤ **Etapa 7 – Definir Restrições**

Nenhuma classe foi descrita ou definida através do uso do mecanismo das restrições.

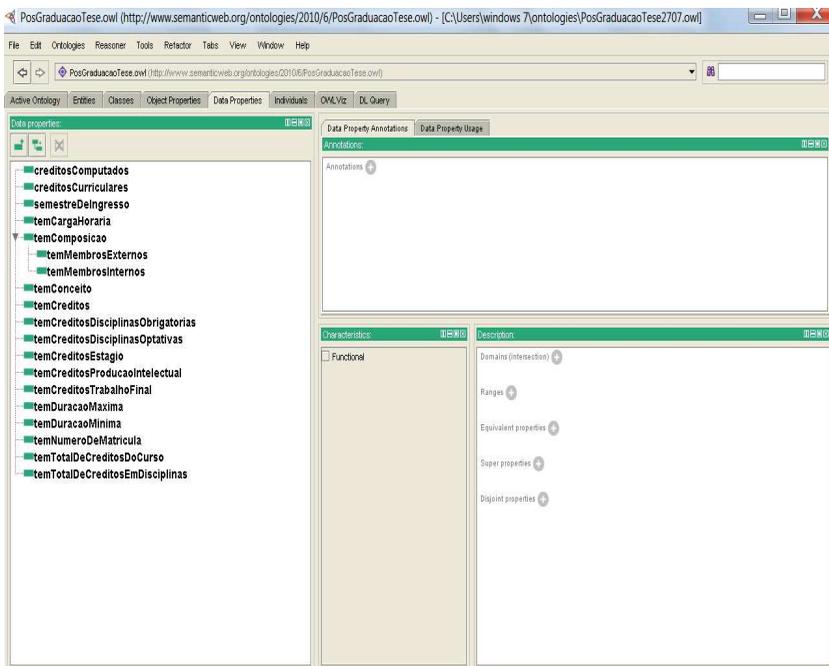


Figura 33 - Data Properties da Ontologia

Fonte: Do autor

### ➤ **Etapa 8 – Criar Instâncias**

Esta etapa consiste em relacionar as instâncias de classes a serem inseridas na ontologia. As instâncias das classes Professor, Aluno Regular e Disciplina foram importadas dos cadastros do sistema transacional Novo Pós-Graduação. Algumas das instâncias presentes na ontologia são mostradas na Figura 34. O conjunto completo está listado no Apêndice A.

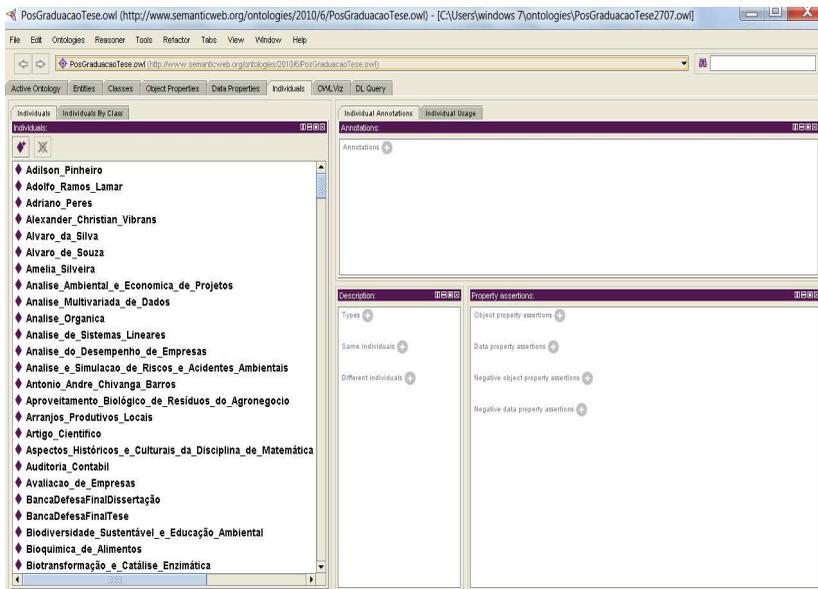


Figura 34 - Instâncias da Ontologia

Fonte: Do autor

## 6.4.2 Consultas, Ensaios e Simulações

Nesta seção são apresentados os ensaios e simulações realizados, os quais tem como objetivo mostrar a viabilidade e utilidade do modelo formulado. Estes ensaios e simulações são conduzidos de forma a destacar a integração do raciocínio não-monotônico abduutivo, dado que o modelo formulado foi idealizado justamente com vistas a incorporá-lo à capacidade semântica de suporte às funcionalidades analíticas dos SAD, objetivo principal desta Tese. Adicionalmente, deve ser registrado que não se pretendeu esgotar todas as possíveis análises desenvolvidas por um gestor diante dos diversos processos de tomada de decisão, algo que seria impossível mesmo de ser premeditado. Por isto, os requisitos funcionais descritos na seção 6.3-Requisitos do Sistema foram tomados como referência nas simulações, em especial aqueles itens que envolvem a não-monotonicidade.

Sendo assim, optou-se por enfatizar nos ensaios dois dos componentes do modelo formulado, o Sistema de Modelos e o Suporte à Tomada de Decisão-Simulações, ambos mostrados na Figura 27. Esta opção deve-se aos seguintes motivos: 1) ao fato de que é neles que

reside a extensão arquitetônica inovativa introduzida por este trabalho de pesquisa ao paradigma DDM-Diálogos, Dados e Modelos e às propostas de Laudon e Laudon (2001) e Turban et al. (2007) e; 2) por eles comporem os elementos-chave à não-monotonicidade, conforme já destacado na Seção 5.3.1 deste texto. Para tanto, os dados importados do sistema transacional Novo Pós-Graduação foram trazidos diretamente para dentro da ontologia, na forma de intâncias ou indivíduos. Foram importados os cadastros de programas/cursos, professores, disciplinas e grade curricular. Quanto aos alunos, optou-se por utilizar nomes hipotéticos. Já para a realização das consultas e inferências na ontologia foi utilizado a ferramenta DL-Query-tab, um *plugin* do Protégé 4 baseado na sintaxe da linguagem Manchester-OWL, a qual funciona associado aos *reasoners* FaCT++ e Pellet, e cuja finalidade é oferecer recursos que permitem ao usuário final interagir com uma ontologia (PROTÉGÉ-DL, 2010). A DL-Query-tab, a base de conhecimentos representada pela ontologia criada, o Protégé 4.0 e o SMVH são os componentes do protótipo de SAD a ser utilizado para a execução dos ensaios e simulações.

#### 6.4.2.1 Execução

Dos requisitos anteriormente relacionados na seção 6.3, os quatro primeiros referem-se a simples consultas e manipulações dos cadastros de professores, alunos, cursos, disciplinas, matrizes curriculares e usuários do sistema. Eram eles:

1. permitir os cadastros de: professores, alunos, cursos, disciplinas, matrizes curriculares e usuários do sistema;
2. permitir popular os cadastros de professores, alunos, cursos, disciplinas, matrizes e curriculares através da importação de dados do sistemas transacional Novo Pós-Graduação;
3. permitir introduzir alterações nos cadastros para fins de simulações e análises;
4. disponibilizar um conjunto de consultas que permitam extrair e cruzar informações dos diversos cadastros, tais como: alunos de um programa, professores de um programa, disciplinas e componentes de uma matriz curricular, cursos de um programa, orientandos de um orientador, entre outro.

Nenhum deles envolve inferências que dependam de um *reasoner*, já que as informações desejadas podem ser obtidas de forma direta, pelo de

simples acessos aos referidos cadastros. Ademais, as respostas a elas poderiam também ser extraídas pelo usuário do sistema transacional Novo Pós-Graduação. De qualquer forma, a solução aqui desenvolvida pode também respondê-las, como mostrado por meio de alguns exemplos referentes ao quarto item da relação, e cujas implementações são apresentadas nas Figuras 35, 36 e 37. A Figura 35 ilustra uma consulta para saber todos os programas *stricto sensu* existentes na instituição. Na figura, a seta indicada com o número 1 aponta para a consulta realizada e a seta indicada com o número 2 aponta para a resposta obtida, a qual relaciona corretamente os nove programas existentes na FURB.

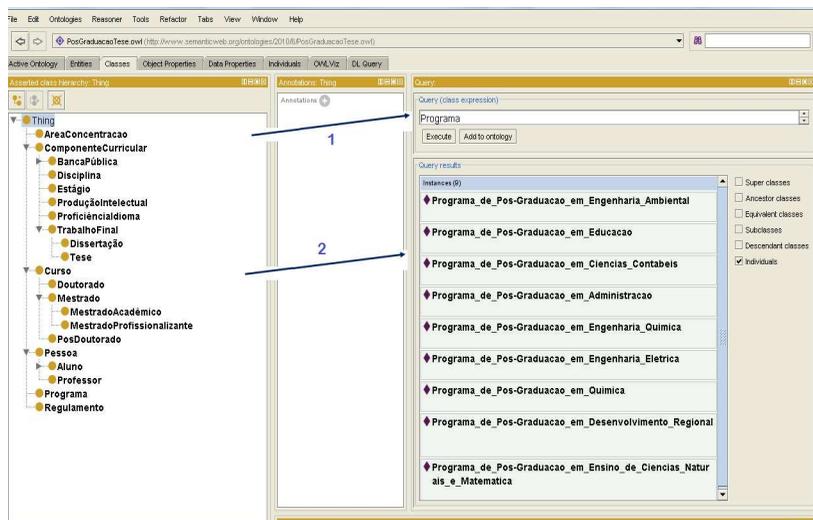


Figura 35 - Consulta dos Programas Existentes

Fonte: Do autor

A Figura 36 apresenta uma consulta para verificar os cursos vinculados ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Contábeis. Nela, a seta indicada com o número 1 mostra a pergunta apresentada ao sistema e a seta indicada com o número 2 mostra a resposta obtida, a qual relaciona corretamente os dois cursos vinculados ao referido programa.

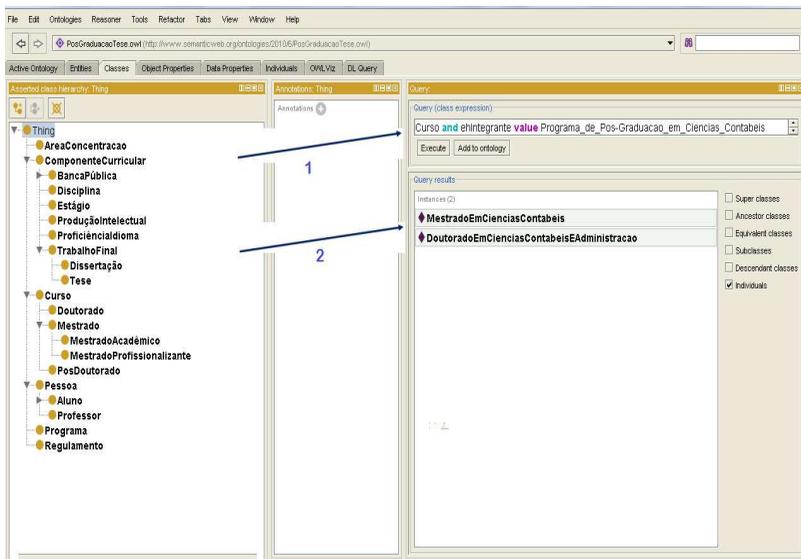


Figura 36 - Cursos de um Programa

Fonte: Do autor

A Figura 37 apresenta uma consulta para verificar os orientandos de um Professor orientador. Novamente a seta assinalada com o número 1 aponta para a pergunta formulada e a seta de número 2 mostra a resposta obtida, a qual relaciona corretamente os dois alunos orientandos de um Professor.

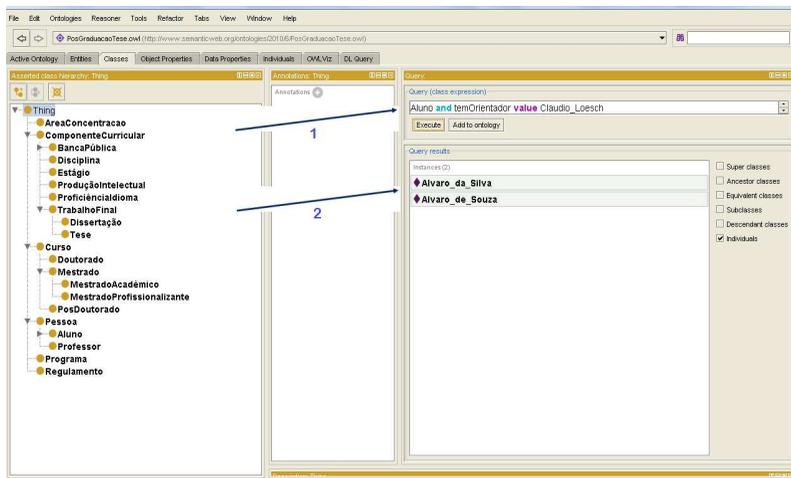


Figura 37 - Orientandos de um Orientador

Fonte: Do autor

Já de modo inverso, os requisitos numerados de seis até nove, daqueles relacionados na Seção 6.3, não podem ser viabilizados através de consultas simples ao sistema. Tratam-se de questões que envolvem o raciocínio não-monotônico, imposto pelas inconsistências entre os diversos atos regulatórios envolvidos no regramento dos cursos e programas, como já descrito no Quadro 13. Como consequência, a aplicação dos componentes Simulações-Abdutivas e SMVH do modelo formulado faz-se necessária.

Para demonstrar o comportamento do sistema diante desta situação, foi elaborado um questionamento hipotético que serve como exemplo para ilustrar o desenvolvimento e a obtenção da resposta. A questão hipotética pode ser assim descrita:

Quais as exigências curriculares do curso de Mestrado em Química?

Esta questão, por sua vez, está vinculada ao item número seis da relação dos requisitos listados na Seção 6.3 deste texto, qual seja:

Permitir verificar as exigências curriculares para titulação de um aluno. A consulta deve ser considerada a luz de qualquer um dos atos regulatórios (de abrangência federal, estadual, insitucional ou específica do programa);

A resposta à pergunta, assim, é dependente da adoção de hipóteses, as quais correspondem aos atos normativos que devem ser observados e privilegiados, pois cada um deles impõe a geração de um diferente cenário de informação a ser considerado. Tal situação pode ser observada na Figura 38, a qual mostra três fragmentos de código OWL recortados da ontologia.

No primeiro fragmento está a ObjectProperty que corresponde a declaração de que o exame de proficiência em língua inglesa é um componente curricular do curso de Mestrado em Química. Ela refere-se à exigência prevista nos Parágrafos 2º e 3º do Artigo 18 da Resolução FURB-63/2005, como mostrado anteriormente no Quadro 13. O segundo fragmento corresponde à declaração de que a disciplina de Inglês Técnico II é uma disciplina do Programa de Pós-Graduação em Química, também em conformidade com a mesma resolução. Já o terceiro fragmento, conflitando com os dois anteriores, declara que o Exame em Língua Inglesa aplicado pelo Laboratório de Idiomas da FURB é um requisito obrigatório do curso de Mestrado em Química, em conformidade com o Artigo 41 da Resolução FURB-75/2009.

<pre> ... &lt;Individual URI="&amp;PosGraduacaoTese;Artigo_Cientifico"/&gt; &lt;/ObjectPropertyAssertion&gt; &lt;ObjectPropertyAssertion&gt;   &lt;ObjectProperty URI="&amp;PosGraduacaoTese;temProficienciaIdioma"&gt;     &lt;Individual URI="&amp;PosGraduacaoTese;MestradoEmQuimica"/&gt;     &lt;Individual URI="&amp;PosGraduacaoTese;Exame_Lingua_Inglesa"/&gt;   &lt;/ObjectPropertyAssertion&gt; &lt;/ObjectPropertyAssertion&gt;   &lt;ObjectProperty URI="&amp;PosGraduacaoTese;temTrabalhoFinal"/&gt;   ...   ... </pre>
<pre> ... ...   &lt;Individual URI="&amp;PosGraduacaoTese;Ingles_Tecnico_II"/&gt; &lt;/ClassAssertion&gt; &lt;ObjectPropertyAssertion&gt;   &lt;ObjectProperty URI="&amp;PosGraduacaoTese;ehUmaDisciplina"/&gt;   &lt;Individual URI="&amp;PosGraduacaoTese;Ingles_Tecnico_II"/&gt;   &lt;Individual URI="&amp;PosGraduacaoTese;Programa_de_PosGraduacao_em_Quimica"/&gt; &lt;/ObjectPropertyAssertion&gt; &lt;DataPropertyAssertion&gt;   &lt;DataProperty URI="&amp;PosGraduacaoTese;temCargaHoraria"/&gt;   ...   ... </pre>
<pre> ... ... &lt;ObjectPropertyAssertion&gt;   &lt;ObjectProperty URI="&amp;PosGraduacaoTese;ehRequisitoObrigatorio"/&gt;   &lt;Individual URI="&amp;PosGraduacaoTese;Exame_Lingua_Inglesa_LAB/FURB"/&gt;   &lt;Individual URI="&amp;PosGraduacaoTese;MestradoEmQuimica"/&gt; &lt;/ObjectPropertyAssertion&gt; &lt;ObjectPropertyAssertion&gt;   &lt;ObjectProperty URI="&amp;PosGraduacaoTese;ehRequisitoObrigatorio"/&gt;   ...   ... </pre>

Figura 38 - Cenários na Ontologia

Fonte: Do autor

Para tornar possível a convivência com este cenário, o usuário deveria ter ativado o componente SMVH-Sistema de Manutenção da Verdade Baseado em Hipóteses, definindo os conjuntos de sentenças P (declarações condicionadas contidas na ontologia) e sentenças E (declarações que explicam ou tornam verdadeiras cada uma daquelas sentenças contidas em P). Os conjuntos P e E estarão armazenados no repositório de hipóteses. O Quadro 18 mostra a situação do referido repositório, após a inclusão dos conjuntos de sentenças relativas à questão hipotética do curso de Mestrado em Química.

N	Conjuntos P	Conjuntos E
1	<pre> &lt;ObjectPropertyAssertion&gt;   &lt;ObjectProperty     URI="&amp;PosGraduacaoTese;t emProficienciaIdioma"/&gt;   &lt;Individual     URI="&amp;PosGraduacaoTese; MestradoEmQuimica"/&gt;   &lt;Individual     URI="&amp;PosGraduacaoTese; Exame_Lingua_Inglesa"/&gt; &lt;/ObjectPropertyAssertion&gt; </pre>	<pre> &lt;ObjectPropertyAssertion&gt;   &lt;ObjectProperty     URI="&amp;PosGraduacaoTese;ehRe gulador"/&gt;   &lt;Individual     URI="&amp;PosGraduacaoTese;Reso luca-FURB63/2005"/&gt;   &lt;Individual     URI="&amp;PosGraduacaoTese;Prog rama_de_Pos- Graduacao_em_Quimica"/&gt; &lt;/ObjectPropertyAssertion&gt; </pre>
2	<pre> &lt;ObjectPropertyAssertion&gt;   &lt;ObjectProperty     URI="&amp;PosGraduacaoTese; ehUmaDisciplina"/&gt;   &lt;Individual     URI="&amp;PosGraduacaoTese;I ngles_Tecnico_II"/&gt;   &lt;Individual     URI="&amp;PosGraduacaoTese; Programa_de_Pos- Graduacao_em_Quimica"/&gt; &lt;/ObjectPropertyAssertion&gt; </pre>	<pre> &lt;ObjectPropertyAssertion&gt;   &lt;ObjectProperty     URI="&amp;PosGraduacaoTese;ehRe gulador"/&gt;   &lt;Individual     URI="&amp;PosGraduacaoTese;Reso luca-FURB63/2005"/&gt;   &lt;Individual     URI="&amp;PosGraduacaoTese;Prog rama_de_Pos- Graduacao_em_Quimica"/&gt; &lt;/ObjectPropertyAssertion&gt; </pre>
3	<pre> &lt;ObjectPropertyAssertion&gt;   &lt;ObjectProperty     URI="&amp;PosGraduacaoTese;e hRequisitoObrigatorio"/&gt;   &lt;Individual     URI="&amp;PosGraduacaoTese; Exame_Lingua_Inglesa_LAB /FURB"/&gt;   &lt;Individual     URI="&amp;PosGraduacaoTese; MestradoEmQuimica"/&gt; &lt;/ObjectPropertyAssertion&gt; </pre>	<pre> &lt;ObjectPropertyAssertion&gt;   &lt;ObjectProperty     URI="&amp;PosGraduacaoTese;ehRe gulador"/&gt;   &lt;Individual     URI="&amp;PosGraduacaoTese;Reso luca-FURB75/2009"/&gt;   &lt;Individual     URI="&amp;PosGraduacaoTese;Prog rama_de_Pos- Graduacao_em_Quimica"/&gt; &lt;/ObjectPropertyAssertion&gt; </pre>

Quadro 18 - Conjuntos P e E do SMVH - Parcial

Fonte: Do Autor

Assim, quando um processo de inferência envolver qualquer uma das sentenças do conjunto P, o usuário será questionado quanto a validade ou não de suas condicionantes, ou seja, das sentenças do conjunto E associadas àquela declaração e que estão armazenadas no repositório de hipóteses. Se as sentenças de E forem classificadas como

válidas pelo usuário, o sistema considera no seu processo de inferência aquela declaração condicionada, enquanto que, de forma inversa, a invalidação pelo usuário fará com que o sistema descarte a referida declaração. Na linha de número 2 do Quadro 18, por exemplo, afirma-se que a disciplina de Inglês Técnico II é uma disciplina do Programa de Pós-Graduação em Química (sentença condicionada - conjunto P), desde que a Resolução FURB63/2005 seja o ato regulador do mesmo programa (sentença condicionante - conjunto E).

Retornando-se à questão hipotética anteriormente apresentada, a qual consistia em interrogar o sistema quanto aos componentes ou exigências curriculares do curso de Mestrado em Química, a Figura 39 apresenta uma possível solução. Nela está sendo considerado que o usuário tenha manifestado-se da seguinte forma quanto às sentenças E relacionadas no Quadro 18: E(linha1) e E(linha2) são aceitas, e E(linha3) é rejeitada. Tal posição implica em tornar válidas as sentenças P(linha1) e P(linha2), além de invalidar P(linha3). Na figura a seta indicada com o número 1 mostra a pergunta apresentada ao sistema e a seta indicada com o número 2 mostra a resposta obtida.

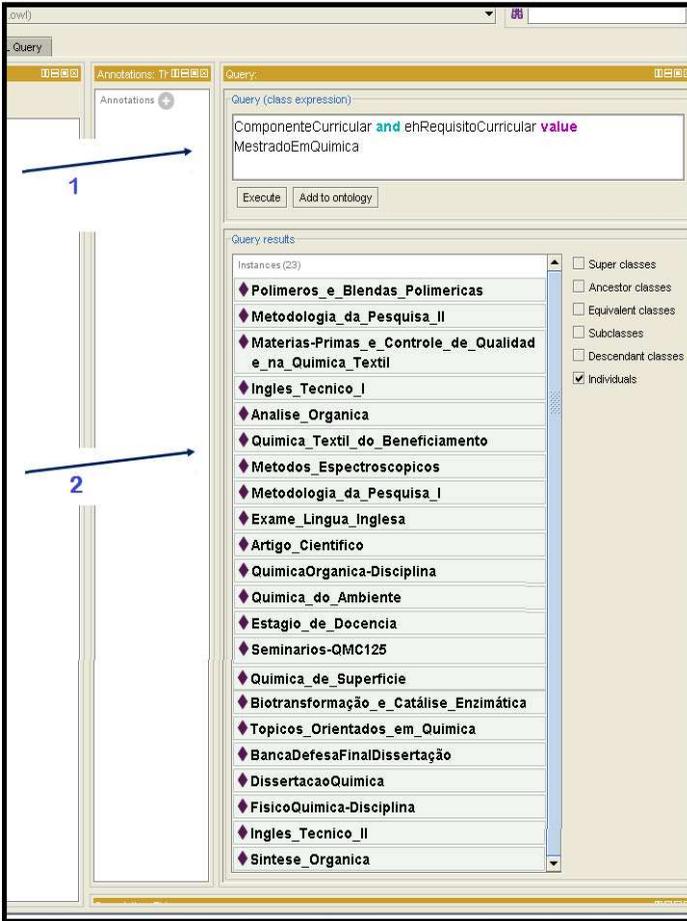


Figura 39 - Resposta / Primeiro Cenário

Fonte: Do autor

Já na Figura 40 é mostrada outra resposta obtida do sistema para a mesma questão. Agora, no entanto, está considerando-se que o usuário manifestou-se da seguinte forma quanto às sentenças E relacionadas no Quadro 18: E(linha1) e E(linha2) são rejeitadas, e E(linha3) é aceita. Tal posição implica em tornar inválidas as sentenças P(linha1) e P(linha2), além de validar P(linha3).

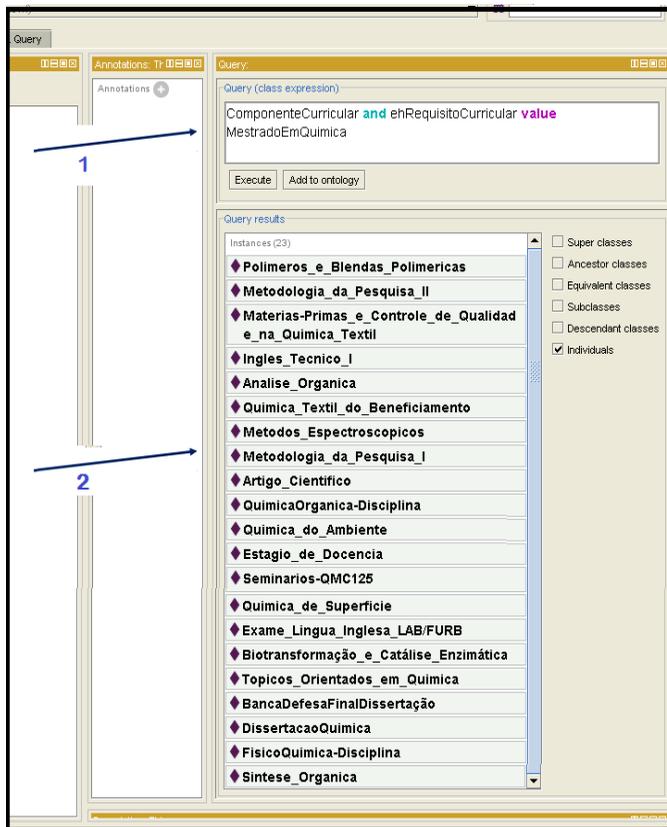


Figura 40 - Resposta / Segundo Cenário  
Fonte: Do autor

Comparando-se as duas respostas, é possível verificar que aquela da Figura 39 relaciona como requisistos curriculares do curso a disciplina de Inglês Técnico II e o exame de língua inglesa (qualquer). Já na Figura 40 estes itens são substituídos pela exigência do exame em língua inglesa do Laboratório de Idiomas da FURB. Neste paralelo entre as duas figuras pode-se identificar a coerência das soluções no que toca às inconsistências anteriormente apontadas e relacionadas no Quadro 13.

Finalmente, deve ser registrado que, embora os ensaios aqui realizados tenham envolvido apenas cenários que são consequentes dos atos normativos a serem considerados em cada caso, o sistema não está restrito a eles. O usuário pode criar qualquer novo cenário, sem nenhuma limitação, e sobre estes fazer as suas inferências de interesse,

bastando para tal utilizar de forma adequada o SMVH e os demais componentes do modelo formulado como resultado desta pesquisa.

## 6.5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quanto a aplicação experimental do modelo, realizada junto a Universidade Regional de Blumenau, o primeiro aspecto que merece registro é a forte compatibilidade entre o cenário encontrado nos levantamentos realizados em campo, relativamente à gestão dos cursos de pós-graduação, e aquele apontado pelos diversos autores como adequado para utilização de um SAD. Esta compatibilidade refere-se ao fato de a gestão dos cursos caracterizar um problema não-estruturado, o qual está sujeito a mudanças rápidas e, tanto o cenário como os critérios de decisão, não estão sempre totalmente e claramente fixados, ou mesmo não são conhecidos *a priori*. Confirmou-se, portanto, o entendimento de que se estava diante de uma situação adequada para validar o modelo formulado.

Já no que toca aos resultados obtidos no processo de avaliação da viabilidade e validade do protótipo de SAD cuja concepção foi fundamentada no modelo formulado e que utiliza a ontologia criada como sua base de conhecimentos, pode-se afirmar que: 1) é viável a integração do raciocínio não-monotônico abduutivo às funcionalidades analíticas dos SAD e, 2) a integração do raciocínio abduutivo pode ser um instrumento atenuante daqueles fatores apontados pelos modelos de tomada de decisão como restritivos à racionalidade plena de um processo decisório. Tais constatações são fundamentadas, sobretudo, nas respostas obtidas do sistema àqueles requisistos relacionados na seção 4.3 e que envolvem o raciocínio não-monotônico, o qual, por sua vez, foi possível devido a sua capacidade de gerar múltiplos cenários sobre os quais foram realizadas as inferências.

## CAPÍTULO 7 - CONCLUSÕES

O objetivo principal desta tese foi construir um modelo de engenharia do conhecimento para integrar o raciocínio não-monotônico à capacidade semântica de sustentação às funcionalidades analíticas dos SAD-Sistemas de Apoio a Decisão, de forma a capacitá-los para auxiliarem nos processos cognitivos desenvolvidos pelo gestor quando diante de um processo decisório. Para isso, optou-se pela utilização conjunta da ontologia e da Teoria de Raciocínio de Peirce, os quais, somados ao paradigma DDM-Diálogos, Dados e Modelos de arquitetura para os SAD, formaram os instrumentos basilares para a formulação do referido modelo.

Da tecnologia das ontologias buscou-se o mecanismo capaz de representar o conhecimento coletivo relativo ao domínio de um processo decisório organizacional contemporâneo. Já da Teoria do Raciocínio de Peirce, uma lógica que preconiza a existência de três tipos de inferência como componentes das funções essenciais da mente cognitiva, explorou-se a abdução como processo de concepção e validação de hipóteses. Com estes dois instrumentos foi possível estender a arquitetura baseada no paradigma DDM, de forma a ela integrar o raciocínio não-monotônico, e assim potencializar os recursos de análise e simulação de um SAD, apontados pela literatura como requisitos fundamentais desta classe de sistemas.

Dada a natureza aplicada da pesquisa, o primeiro dos objetivos específicos estabelecidos foi o de identificar os principais modelos de tomada de decisão organizacional existentes, o que levou à realização de um levantamento no referencial teórico da área da Teoria da Decisão. A investigação permitiu sintetizar os conceitos e princípios dos principais modelos citados pelos autores, como também observar a expressiva quantidade de novas proposições surgidas recentemente, possivelmente como reflexo dos novos paradigmas que afetam as organizações atuais, agora inseridas no contexto da era da informação e do conhecimento. Destas observações, foi ainda possível alcançar o segundo objetivo específico da pesquisa, que consistia em reconhecer nos modelos citados as variáveis, dificuldade e restrições relacionadas ao processo decisório. Neste sentido, conclui-se que, embora haja diferentes abordagens da tomada de decisão nos modelos investigados, todos convergem quanto à preocupação com duas questões centrais: 1) a minimização do grau de incerteza do decisor, com a disponibilização de informação e

conhecimento adequado relativo ao domínio da decisão e sobre o próprio processo decisório; 2) a potencialização da capacidade cognitiva do(s) decisor(es), no sentido de reconhecer as limitações da capacidade de inteligência e de percepções da mente humana para considerar e tratar a totalidade dos aspectos de valor e de conhecimento que podem ter importância num processo decisório.

Da identificação das tecnologias de suporte ao processo decisório organizacional, terceiro objetivo específico da pesquisa, concluiu-se que as tecnologias da informação e comunicação são seus instrumentos vitais. Dentre estas tecnologias, estão ferramentas para trabalho em grupo, inúmeros tipos de sistemas de informação (com destaque para os sistemas de informação baseados em conhecimento, entre os quais os SAD), uma variedade de meios de comunicação, tais como correio eletrônico, INTRANET, redes de telefonia e redes de comunicação de dados. Ademais, deve ser registrado que é nesta necessidade de fornecer tecnologias e ferramentas para a gestão do conhecimento organizacional e de construir-se melhores sistemas de conhecimento, que se encontram as raízes de uma nova área de pesquisa, denominada de Engenharia do Conhecimento, na qual está também o presente trabalho.

Na sequência do trabalho foram investigadas e sistematizadas as bases sob as quais se sustenta a capacidade semântica dos Sistemas de Apoio a Decisão contemporâneos. Para tanto foi realizado um levantamento bibliográfico que percorreu mais de uma centena de trabalhos publicados sobre o tema desde o ano de 2005. Deste, restaram duas expressivas conclusões quanto à referida questão: de que atualmente é ampla a preferência pela ontologia como instrumento para a representação do conhecimento e; de que é pequeno número de trabalhos relacionados ao raciocínio não-montotônico.

Quanto ao quinto objetivo específico do trabalho, que pretendia interpretar e classificar as ferramentas e formalismos de representação do conhecimento e raciocínio nos sistemas de informação, alternativas foram identificadas na área da IA-Inteligência Artificial. Desta etapa, restou a observação da viabilidade de aplicar na solução tecnologias capazes de formalizar e processar o conhecimento, como as ontologias e os *DL-reasoners*. São, essencialmente, mecanismos que permitem representar o conhecimento e sobre ele “raciocinar”, permitindo que o mesmo possa ser interpretado igualmente por homens e máquinas. Com sua aplicação nos SAD, conclui-se, que cálculos lógicos poderiam ser feitos numa “álgebra semântica”, permitindo assim, oferecer conhecimento potencialmente útil ao gestor e ainda atenuar as restrições à racionalidade do processo de tomada de decisão.

Para a aplicação deste raciocínio computacional automático aos SAD, entretanto, pretendia-se ainda agregar mecanismos para apoiar o desenvolvimento do raciocínio não-monotônico. Este recurso, em geral, não está presente, uma consequência inerente às tecnologias empregadas em sua concepção e desenvolvimento. Para tanto, alternativas foram investigadas no referencial bibliográfico específico, tarefa que permitiu alcançar o sexto objetivo específico deste trabalho de pesquisa. Por meio dele foi possível concluir que as propostas de formalismos para tratar a não-monotonicidade em sistemas computacionais são construídas sobre duas abordagens distintas: pela expansão da lógica de primeira ordem para transpor suas limitações ou, pela revisão da lógica matemática com métodos mais apropriados. Dentre estas propostas, as mais citadas são o raciocínio *default*, o raciocínio minimalista e a abdução. A partir da avaliação destas alternativas, observou-se que a abdução, ou raciocínio abduutivo, inovação apresentada por Peirce em sua Teoria do Raciocínio, corresponde a um processo de inferência sintético, por meio do qual são formadas hipóteses explicativas adotadas probatoriamente. De tal característica, por sua vez, pôde-se concluir que existe uma convergência conceitual com os Sistemas de Apoio a Decisão, sobretudo naquilo que se refere aos requisitos relacionados à geração de cenários e à simulação e seleção de alternativas envolvidas no domínio de um processo decisório.

Na continuidade dos trabalhos, passou-se ao desenvolvimento da segunda etapa, que, conforme a metodologia adotada, consistia em construir um modelo conceitual de engenharia do conhecimento que permitisse integrar o raciocínio não-monotônico aos mecanismos de sustentação à capacidade semântica dos Sistemas de Apoio a Decisão. Deste processo, foi possível concluir que o modelo buscado poderia ser construído como uma extensão daquele originalmente vinculado ao paradigma DDM-Diálogos, Dados e Modelos. Assim, com a definição de algumas opções feitas dentre aquelas alternativas já presentes no paradigma DDM que, somadas a outras relacionadas às novas exigências decorrentes da incorporação a ele da não-monotonicidade abduativa, foram especificados os requisitos do modelo a ser construído.

A estratégia metodológica utilizada para a avaliação do modelo formulado foi a realização de uma aplicação experimental do modelo junto a Universidade Regional de Blumenau. A primeira conclusão alcançada a partir dos resultados obtidos neste estágio do trabalho foi a identificação da forte compatibilidade entre o cenário encontrado nos levantamentos realizados em campo, relativamente à gestão dos referidos cursos, e aqueles indicados pelos diversos autores como

situações adequadas para aplicação dos SAD. Esta compatibilidade refere-se ao fato de a gestão dos cursos caracterizar um problema não-estruturado. Confirmou-se, portanto, o entendimento de que se estava diante de uma situação adequada para validar o modelo formulado.

Sendo assim, foram estabelecidos os requisitos de um Sistema de Apoio a Decisão relacionado à gestão dos cursos de Pós-Graduação *stricto sensu* da Universidade Regional de Blumenau. A definição destes requisitos foi baseada nas constatações principais feitas durante os levantamentos realizados na instituição e pela compilação dos atos regulatórios dos referidos cursos. Estes requisitos, por sua vez, foram os elementos norteadores para a criação da ontologia e para o desenvolvimento das simulações e ensaios realizados. Para esta finalidade, por sua vez, um protótipo de SAD cuja concepção foi fundamentada no modelo formulado e que utiliza a ontologia criada como sua base de conhecimentos, foi empregado com o objetivo de aquilatar a viabilidade, utilidade e validade do modelo formulado. Dos resultados obtidos neste processo, merecem destaque as conclusões de que é viável a integração do raciocínio não-monotônico abduutivo às funcionalidades analíticas dos SAD e, ainda, de que ele pode ser um instrumento atenuante daqueles fatores apontados pelos modelos de tomada de decisão como restritivos à racionalidade plena de um processo decisório.

Assim, ao final da pesquisa, e dadas as constatações assinaladas, observa-se que também o seu objetivo geral foi atendido. Já com relação à pergunta de pesquisa – “Como tornar os SADs sistemas de conhecimento aplicáveis em situações de tomada de decisão em que se verifica alteração no quadro de verdades a partir de novos fatos e conclusões?” – pode ser afirmado que o modelo formulado, somado aos resultados alcançados no processo de sua validação, constituem uma resposta adequada à referida questão.

## 7.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Como recomendação de trabalhos futuros, pelo menos duas perspectivas podem ser apontadas com a conclusão desta pesquisa. A primeira refere-se à questão da transição daquelas hipóteses ou suposições adotadas probatoriamente para a condição de efetivas na base de conhecimentos, conforme preconizada na Teoria do Raciocínio de Peirce. Na solução aqui desenvolvida, esta transição é feita exclusivamente pelo usuário gestor do sistema. Tal questão sugere pesquisas adicionais com vistas a

identificar alternativas par automação ou semi-automação deste processo, ainda que, possivelmente, não se possa considerar a eliminação total da intervenção humana nele. Aqui deve ser registrado que a proposição de uma investigação adicional com tal objeto de interesse, confirma o caráter de pesquisa exploratória da presente Tese, na medida em que seria ela o primeiro passo para a realização deste novo trabalho, que, por sua vez, representa uma investigação que aprofundaria os resultados já alcançados. A segunda recomendação para trabalhos futuros está relacionada ao domínio da aplicação utilizada para validação do modelo proposto. A ontologia desenvolvida, relativa aos cursos de pós-graduação *stricto sensu* da FURB, é de aplicação, ou seja, contempla a realidade específica daquela instituição. Entretanto, uma vez que esta categoria de cursos é regulamentada através de atos normativos de abrangência federal, estadual e institucional, além dos específicos a cada um deles, o desenvolvimento de uma ontologia de tarefa ou domínio pode ser objeto de novas investigações. Possivelmente, a transformação da ontologia de aplicação, numa especialização de outra de domínio ou de tarefa pode trazer resultados interessante, na medida em que permitiria generalizar sua utilização em múltiplos Sistemas de Apoio a Decisão.



## REFERÊNCIAS

ABIDI S. R.; et al. Ontology-based Modeling of Clinical Practice Guidelines: A Clinical Decision Support System for Breast Cancer Follow-up Interventions at Primary Care Settings. **Studies in Health Technology and Informatics**, Amsterdam-Netherlands, v. 129, p. 845-849, 2007.

AHMAD, S.; SIMONOVIC, S. P. An Intelligent Decision Support System for Management of Floods. **Water Resources Management**, Dordrecht- Netherlands, v. 20 n. 3, p. 391-410, jun 2006.

AKERMAN, J.; TYREE, A. Using ontology to support development of software architectures. **IBM Systems Journal**, Riverton-NJ-USA, v. 45, n. 4, p. 813-825, oct. 2006.

ALTER, S.L. Decision Support Systems: Current Practice and Continuing Challenge. Reading-MA: Addison-Wesley, 1980.

ANDRADE, S.C. O Campo da Semântica. Saussure ou Peirce, a quem seguir? Disponível em [www.webartigos.com/articles/26361/1](http://www.webartigos.com/articles/26361/1). Acessado em 12/nov/2009.

ANGELONI, M.T. Elementos Intervenientes na Tomada de Decisão. **Revista Ciência da Informação do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia-IBICT**, Brasília-DF, v.32 n.1, p.17-22, jan-abr 2003. Disponível em: [www.scielo.br/pdf/ci/v32n1/15969.pdf](http://www.scielo.br/pdf/ci/v32n1/15969.pdf).

ANGELONI, M.T.; DAZZI, M.C.S. **A Era do Conhecimento**. In: SILVA, R.V.; NEVES, A. **Gestão de Empresas na Era do Conhecimento**. São Paulo: Editora Serinews, 2004. 551 p.

ARAÚJO, P.H.M. **Utilização de Redes Bayesianas na Representação do Conhecimento Empírico**. 2003. Dissertação de Mestrado (Gestão do Conhecimento e da Tecnologia da Informação), Mestrado Multidisciplinar em Gestão do Conhecimento e da Tecnologia da Informação, Universidade Católica de Brasília-UCB, Brasília, 2003. 105p.

ARNOTT, David; PERVAN, Graham. A critical analysis of decision support systems research. **Journal of Information Technology**, v. 20, n. 2, p. 67-87, jun 2005.

AURUM, A.; WOHLIN, C. Aligning Requirements with Business Objectives: A Framework for Requirements Engineering Decisions. In: Requirements Engineering Decision Support Workshop-International Conference on Requirements Engineering, 13., 2005, Paris-France. **Proceedings...**Washington-USA: IEEE, 2005.

AUSTIN, M.; KELLY, M.; BRADY, M. The Benefits of an Ontological Patient Model in Clinical Decision-Support. In: International Conference on Artificial Intelligence-Association for the Advancement of Artificial- Intelligence- AAAI, 23., 2008, Chicago-Illinois. **Proceedings...**Menlo Park-CA: AAAI, 2008. p. 1774-1775.

AYTUG, H.; et al. Executing production schedules in the face of uncertainties: A review and some future directions. **European Journal of Operational Research**, v. 161, ed. 1, p. 86-110, feb. 2005.

BARBOSA, G.R.; ALMEIDA, A.T. Sistemas de Apoio a Decisão sob o Enfoque de Profissionais de TI e de Decisores. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção-ENEGEP, 22., 2002, Curitiba-PR, **Anais...**Rio de Janeiro: ABEPRO-Associação Brasileira de Engenharia de Produção, 2002.

BARBOSA, G.R.; et al. SAD: Análise da percepção de usuários e desenvolvedores através de análise fatorial. **Revista Produção**, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 216-228, may. 2006.

BATRES, E. J. Q.; et al. Uso de Ontologias para a Extração de Informações em Atos Jurídicos em uma Instituição Pública. **Revista Eletrônica de Biblioteconomia e Ciência da Informação**. Florianópolis, v.10, n.19, p. 73-88, Primeiro semestre 2005.

BAZERMAN, M.H. **Processo Decisório: para cursos de Administração, Economia e MBAs**. Rio de Janeiro: Elsevier Editora, 2004.

BETTIO, R.W. Interrelação das Técnicas Term Extraction e Query Expansion aplicadas na Recuperação de Documentos Textuais. 2007. Tese de Doutorado (Engenharia e Gestão do Conhecimento), Departamento de Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 99p.

BISPO, C.A.F. **Uma análise da nova geração de Sistemas de Apoio à Decisão**. 1998. Dissertação de mestrado (Engenharia), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo-USP, São Carlos-SP. 165p.

BITTENCOURT, G. **Inteligência Artificial: Ferramentas e Teorias**. 3. ed. Florianópolis-SC: Editora da UFSC, 2007. 371p.

BODENREIDER, O. Biomedical Ontologies in Action: Role in Knowledge Management, Data Integration and Decision Support. **International Medical Informatics Association (IMIA)**, IMIA Yearbook 2008, ed. 1, p. 67-79, 2008.

BORSJE, J.; LEVERING, L.; FRASINCAR, F.; Hermes: a Semantic WebBased News Decision Support System. In: Symposium on Applied Computing, mar. 2008, Fortaleza-CE. **Proceedings...**New York: ACM-Association for Computer Machinery, 2008. p. 2415-2420.

BOUAMRANE, M.M.; RECTOR, A.; HURRELL, M. Development of an ontology for a preoperative risk assessment clinical decision support system. **In:** International Symposium on Computer-Based Medical Systems, 22., aug. 2009, Albuquerque-New Mexico-USA. **Proceedings...** Washington/DC-USA: IEEE, 2009. v. 2. ed. 5. p. 1-6.

BRAGA, M.M.; RAMOS JÚNIOR, H. S.; COELHO, T. F.; Aplicações de ontologias na recuperação de informações jurídicas na web semântica. In: Jornadas Argentinas de Informática - Simposio Argentino de Informática y Derecho, 36., 2007, Mar del Plata-Argentina. **Anales...** Buenos Aires-Argentina: SADIO-Sociedad Argentina de Informática, 2007.

BRANDÃO, A.A.F.; LUCENA, C.J.P. **Uma Introdução à Engenharia de Ontologias no Contexto da Web Semântica**. Relatório Técnico. Rio de Janeiro: Departamento de Informática-Pontifícia Universidade Católica. 2002, 16 p. Disponível em:

[ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/02\\_29\\_brandao.pdf](ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/02_29_brandao.pdf)

Acessado em: 14/nov/2009.

BRAVO, H. C.; RAMAKRISHNAN, R. Optimizing MPF Queries: Decision Support and Probabilistic Inference. In: **International Conference on Management of Data, 26., 2007, Beijing-China. Proceedings of the 2007 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data**. New York: ACM, 2007. p. 701-712.

BREITMAN, K.K.; LEITE, J.C.S.P. Ontologias – Como e Porquê Criá-las. Congresso da Sociedade Brasileira de Computação-SBC, 24., 2004, Salvador-BA, **Anais...** Porto Alegre-RS: SBC, 2004. p. 3-53.

BREUER, N.; et al. AgClimate: a case study in participatory decision support system development. **Climatic Change**, v. 87, n. 3-4, p. 385-403, 2008.

BRIGHT, T.J.; et al. Creating an ontology for an antibiotic prescribing decision support system. In: AMIA-American Medical Informatics Association Annual Symposium, nov. 2008, Washington/DC. **Proceedings...**Bethesda-MD:AMIA, 2008. 888p.

BROWN, G.; et al. Defending Critical Infrastructure. **Interfaces**, Maryland-USA, v. 36, n. 6, p. 530-544, nov. 2006.

BUKOWITZ, W.R.; WILLIAMS, R.L. **Manual de Gestão do Conhecimento**. São Paulo: Bookman, 2002. 399p.

CABRERA, V.E.; et al. Managing Climate Variability in Agricultural Analysis. In: LONG, J. A.; WELLS, D. S. (Eds). **Ocean Circulation and El Niño: New Research**. Gainesville-Florida: Nova Science Publishers, 2009, p. 163-179.

CAMARGO, E.G. Estilo de Liderança e Tomada de Decisão nas Instituições de Ensino Superior. **Revista Gestão Universitária**. EDITAU-Edições Técnicas de Administração Universitária, fev 2009. Disponível em <http://www.gestaouniversitaria.com.br/index.php/edicoes/153-181/20555-estilo-de-lideranca-e-tomada-de-decisao-nas-instituicoes-de-ensino-superior.html> Acessado em: 07/jun/2010.

CAMPOS, M.L.A. Modelização de domínios de conhecimento: **uma investigação de** princípios fundamentais. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 33, n. 1, p. 22-32, jan. 2004.

CANESTRARO, J.; et al. Sistema de Apoio À Decisão para Infarto Agudo do Miocárdio. In: Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 10., 2006, Florianópolis. Anais do X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2006.

CASANOVAS, P.; CASELLAS, N.; VALLBÉ, J.J. An Ontology-Based Decision Support System for Judges. In: Casanovas, P.; Breuker, M.; Klein M. C. A.; Francesconi, E. **Legal ontologies and the Semantic Web: Channelling the Legal Information Flood**. Amsterdam: IOS Press, 2009. v. 188, p. 165-175.

CCE-Conselho Estadual de Educação de Santa Catarina. **Resolução CCE nº 107, de 20/10/2007**. Disponível em [http://www.cce.sc.gov.br/index.php?option=com\\_docman&task=view&gid=33&Itemid=79](http://www.cce.sc.gov.br/index.php?option=com_docman&task=view&gid=33&Itemid=79). Acesso em 12/jun/2010.

CHAN, C. W. An expert decision support system for monitoring and diagnosis of petroleum production and separation processes. **Expert Systems with Applications**, v. 29, ed. 1, p. 131-143, jul. 2005.

CHANDRASEKARAN, B.; JOSEPHSON, J.R. What Are Ontologies, and Why do We Need Them? **Intelligent Systems and their Applications**, v. 14, n. 1, p. 20-26, jan/fev 1999.

CHANG, Xiaomeng. **Ontology Development and Utilization in Product Design**. 2008. PhD Dissertation (Industrial and Systems Engineering), Department of Industrial and Systems Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg-VA-USA.

CHAREST, M.; et al. Bridging the gap between data mining and decision support: A case-based reasoning and ontology approach. **Intelligent Data Analysis**, v. 12, n. 2, p. 211-236, 2008.

CHEN-TUNG, C.; LIN, T.; HUANG, S.F. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management.

**International Journal of Production Economics**, v. 102, ed. 2, p. 289-301, aug. 2006.

CHIU, C.M.; HSU, M.H.; WANG, E.T.G. Understanding knowledge sharing in virtual communities: An integration of social capital and social cognitive theories. **Decision Support Systems**, Amsterdam-Netherlands, v. 42, ed. 3, p. 1872-1888, dec. 2006.

CISLAGHI, R. **Um Modelo de Sistema de Gestão do Conhecimento em um Framework para a Promoção da Permanência Discente no Ensino de Graduação**. 2008. Tese de Doutorado (Engenharia e Gestão do Conhecimento), Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC. 258p.

CLERICUZI, A.Z.; ALMEIDA, A.T.; COSTA, A.P.C.S. Aspectos relevantes dos SAD nas organizações: um estudo exploratório. **Revista Produção**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 8-23, abr. 2006.

CORCHO, O.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.; GOMEZ-PÉREZ, A. **Ontoweb, technical roadmap v 1.0**. Universidad Politécnica de Madrid. 2001. Disponível em: [http://babage.dia.fi.upm.es/ontoweb/wp1/OntoRoadMap/documents/D11\\_v1\\_0.pdf](http://babage.dia.fi.upm.es/ontoweb/wp1/OntoRoadMap/documents/D11_v1_0.pdf) Acessado em: 23/ago/2007.

CORDIOLLI, M. **A relação entre disciplinas em sala de aula: a interdisciplinaridade, a transdisciplinaridade e a multidisciplinaridade**. Curitiba: A Casa de Astérion, 2002. 31p.

COSTA, N.C.A.; ABE, J.M. Paraconsistência em informática e inteligência artificial. **Estudos avançados**, São Paulo, v. 14, n. 39, ago 2000, p. 161-174.

COSTA, P.C.G.; LASKEY, K.B. PR-OWL: A Framework for Probabilistic Ontologies. **Frontiers in Artificial Intelligence and Applications**, Amsterdam-Netherlands, v. 150, p. 237-249, 2006.

DAFT, R. L. **Administração**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora, 1997.

DALFOVO, O. **Modelo de Integração de um Sistema de Inteligência Competitiva com um Sistema de Gestão da Informação e de Conhecimento**. 2007. Tese de Doutorado (Engenharia e Gestão do Conhecimento), Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Gestão do Conhecimento, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC. 234p.

DAVENPORT, T. H.; L. PRUSAK. **Conhecimento Empresarial: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual**. 2 ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998. 237 p.

DEGRAEVE, Z.; ROODHOOFT, F. Effectively Selecting Suppliers Using Total Cost of Ownership. **Journal of Supply Chain Management**, v. 35, ed. 1, p. 5-10, apr. 2006.

DESROCHES, C.M.; et al. Electronic Health Records in Ambulatory Care — A National Survey of Physicians. **The new england journal of medicine**, v. 359, n. 1, p. 50-60, jul. 2008.

DRUCKER, P.F. Sociedade Pós-Capitalista. São Paulo: Pioneira, 1993.

ECO, U. **Tratado Geral de Semiótica**. 4. ed. São Paulo: Editora Perspectiva, 2009. 304 p.

EKELHART, A.; FENZ, S.; NEUBAUER, T. Ontology-Based Decision Support for Information Security Risk Management. In: International Conference on Systems, 4., mar. 2006, Gosier-Guadeloupe-France. **Proceedings...**Washington/DC-USA: IEEE, 2009. p. 80-85.

FALCONER, S.M; STOREY, M.A. A Cognitive Support Framework for Ontology Mapping. In: International Semantic Web Conference- ISWC, 2007, Busan-Korea. **Proceedings...**Heidelberg: Springer, nov. 2007. p. 114-127.

FARION, K.; et al. Clinical Decision Support System for Point of Care Use: Ontology Driven Design and Software Implementation. **Methods of Information in Medicine**, v. 48, ed. 4, p. 381-390, may 2009.

FENSEL, D.; et al. OIL in a nutshell. Lecture Notes in Artificial Intelligence, Berlin: Springer-Verlag, n. 1937, p. 1-16, 2000.

FERGUSON, G.; et al. **CARDIAC: An Intelligent Conversational Assistant for Chronic Heart Failure Patient Health Monitoring**. In: AAAI-Association for the Advancement of Artificial Intelligence - Fall Symposium on Virtual Healthcare Interaction, 2009, Arlington-VA. **Proceedings...** Menlo Park-CA: AAAI, 2009.

FERGUSON, R.L.; JONES, C.H.; A Computer Aided Decision System. *Management Science*, v. 15, n. 10, jun. 1969.

FERNÁNDEZ, M.; GOMÉZ-PÉREZ, A.; JURISTO, N. METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering. In: Symposium on Ontological Engineering-Spring Symposium. 1997. Stanford-CA-USA. **Proceedings...** AAAI, mar. 1997, p. 33-40.

FERNANDEZ-LÓPEZ, M.; GÓMEZ-PÉREZ, A. Overview and analysis of methodologies for building ontologies. **The Knowledge Engineering Review**, v. 17, n. 2, p. 129-156, 2002

FERREIRA, L.B. 2005. Terceirização em TI sob os Aspectos de Estratégia, Tomada de Decisão e Análise de Investimentos-Estudo de Múltiplos Casos em Três Organizações Franqueadas da Coca-Cola do Brasil. Tese de Mestrado (Engenharia de Produção), Mestrado em Ciências em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, maio 2005.

FIGUEIREDO, S.; et al. Uma Abordagem de Apoio à Solução Técnica em Ambientes de Desenvolvimento de Software Orientados à Organização. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software – SBQS, 5., 2006, Vila Velha-ES. **Anais...** Porto Alegre: SBC, 2006. p. 293-307.

FIREBAUGH, M.W. **Artificial Intelligence : A knowledge-Based Approach**. Boston-USA: Boyd & Fraser Publishing Co., 1988. 740 p.

FOKOUÉ, A.; et al. A decision support system for secure information sharing Symposium on Access Control Models and Technologies. In: Symposium on Access control models and technologies, 14., 2009, Stresa-Italy. **Proceedings...** New York: ACM, 2009. p. 105-114.

FORTE, M. **Especificação de Perfis e Regras, baseada em Ontologias, para Adaptação de Conteúdo na Internet.** 2006. Dissertação de mestrado (Ciência da Computação), Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos-SP. 150 p.

FURB. **Fundação Universidade Regional de Blumenau-FURB.** Disponível em: <[www.furb.br](http://www.furb.br)>. Acesso em 04/set/2010.

GARDNER, S.R. Building the data warehouse. **Communications of the ACM**, New York-USA, v. 41, ed. 9, p. 52-60, sep. 1998.

GARG, A.X .; et al. Effects of Computerized Clinical Decision Support Systems on Practitioner Performance and Patient Outcomes - A Systematic Review. **Jama - The Journal of the American Medical Association**, v. 293, n. 10, p. 1223-1238, mar. 2005.

GAYNOR, M.; et al. A Dynamic, Data-Driven, Decision Support System for Emergency Medical Services. In: International Conference on Computational Science, 5., 2005, Atlanta-USA, **Proceedings...** New York: Springer, 2005, v. 3515. p. 703-711.

GERMAN, E.; LEIBOWITZ, A.; SHAHAR, Y. An architecture for linking medical decision-support applications to clinical databases and its evaluation. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 42, ed. 2, p. 203-218, apr. 2009.

GIL, A.C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social.** 5. ed. São Paulo: Atlas, 1999.

GIRÃO, I.C.C.; et al. Teoria da Decisão: Difícil Decidir. **Scientia-Revista do Centro Universitário Vila Velha**, Vila Velha-ES, v.1, n.1, jan-jun 2000. Disponível em: [http://www.uvv.br/cursos/publicacoes\\_EP/2000-Teoriadadecisao-Dificildecidir.pdf](http://www.uvv.br/cursos/publicacoes_EP/2000-Teoriadadecisao-Dificildecidir.pdf) . Acessado em: 22/mar/2010.

GONTIJO, A.C.; MAIA, C.S.C. Tomada de Decisão, do Modelo Racional ao Comportamental: Uma Síntese Teórica. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v.11, n.4, p.13-30, out-dez 2004.

GOMEZ-PÉREZ, A.; CORCHO, O.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M.  
**Ontological Engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web.** Heidelberg: Springer-Verlag, 2004. 403 p.

GORRY, A.; SCOTTMORTON, M.S. A Framework for Information Systems. **Sloan Management Review**, v. 13, n. 1, p. 56-79, fall 1971.

GOUVEIA, A.; et al. Desambiguação do Mapeamento Automático de Ontologias. In: Ibero-Americana Conference – IADIS International Association for Development of the Information Society, 2008, Algarve-Portugal, **Proceedings...** Algarve-Portugal: IADIS, apr. 2008. p. 162-169.

GRUBER, T.R. A Translation Approach to Portable Ontologies. In: **Knowledge Acquisition**, v. 5, n. 2, p. 199-220, 1993.

GRÜNINGER, M.; FOX, M.S.; Methodology for the design and evaluation of ontologies. 1995. Montreal-Canada. In: International Joint Conference on Artificial Intelligence/IJCAI- Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing. **Proceedings...**New York: Springer, 1995. p. 10.

GUARINO, N. Understanding, Building and Using Ontologies: A Commentary to “Using Explicit Ontologies in KBS Development”. **International Journal of Human and Computer Studies**, 1997, p. 293-310.

GUARINO, N. Formal ontology and information systems. In: International Conference on Formal Ontology in Information Systems-FOIS'98, 1., jun. 1998, Trento-Italy. **Proceedings...**Amsterdam-Netherlands: IOS Press, 1998. p. 3-15.

GUIMARÃES, F.J.Z. **Utilização de ontologias no domínio B2C.** 2002. Dissertação de mestrado (Informática), Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. p. 195.

GURCAN, M.; et al. GridIMAGE: A Novel Use of Grid Computing to Support Interactive Human and Computer-Assisted Detection Decision

Support. **Journal of Digital Imaging**, v. 20, ed. 2, p. 160-171, jun. 2007.

HÄTTENSCHWILER, P. Neues anwenderfreundliches Konzept der Entscheidungsunterstützung. **Gutes Entscheiden in Wirtschaft, Politik und Gesellschaft**. Zurich, vdf Hochschulverlag AG, p. 189-208, 1999.

HEIJDEN, H. Mobile decision support for in-store purchase decisions. **Decision Support Systems**, v. 42, ed. 2, p. 656-663, nov. 2006.

HEINZLE, R. **Protótipo de uma Ferramenta para Criação de Sistemas Especialistas Baseados em Regras de Produção**. 1995. Dissertação de mestrado (Engenharia de Produção), Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. p. 145.

HENDRICKS, K. B; SINGHAL, V. R.; STRATMAN, J. K. The impact of enterprise systems on corporate performance: A study of erp, scm, and crm system implementations. **Journal of Operations Management**, vol. 25, p. 65-82, jan. 2007.

HOLSAPPLE, C.W.; SENA, M.P. ERP plans and decision-support benefits. **Decision Support Systems**, Amsterdam-Netherlands, v. 38, ed. 4, p. 575-590, jan. 2005.

HOLSAPPLE, C.W.; WHINSTON, A.B. **Decision Support Systems: A Knowledge-Based Approach**. St Paul-MN: West Publishing, 1996.

HORRIDGE, M.; et al. **Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Protégé 4 and CO-ODE Tools Edition 1.1**. oct 2007. University of Manchester. Disponível em: <http://protegewiki.stanford.edu/index.php/Protege4UserDocs>. Acessado em: 14/set/2008.

HUSSAIN, S.; ABIDI, S.R.; ABIDI, S.S. Semantic Web Framework for Knowledge-Centric Clinical Decision Support System. In: Conference on Artificial Intelligence in Medicine. 11., 2007, Amsterdam-Netherlands. **Proceedings...** Heidelberg : Springer, 2007, v. 4594. p. 451-455.

HYVÖNEN, E.; et al. Publishing Semantic Web Content as Semantically Linked HTML Pages. In: XML Finland 2003, 2003, Kuopio-Finland, Helsinki Institute for Information Technology, 2003. Disponível em:  
[http://www.cs.helsinki.fi/u/eahyvone/publications/xmlfinland2003/swebg\\_article\\_xmlfi2003.pdf](http://www.cs.helsinki.fi/u/eahyvone/publications/xmlfinland2003/swebg_article_xmlfi2003.pdf)

JANKOWSKI, P.; et al. Design Considerations and Evaluation of a Collaborative, Spatio-Temporal Decision Support System. **Transactions in GIS**, v. 10, n. 3, p. 335-354, 2006.

JAPIASSU, H. **O Sonho transdisciplinar: e as razões da filosofia**. Rio de Janeiro: Imago, 2006, 240 p.

JARDIM, A.D. **Resource Description Framework (RDF)**. Universidade Católica de Pelotas-Centro Politécnico - Mini Curso Web Semântica. Disponível em:  
<http://ia.ucpel.tche.br/~lpalazzo/Aulas/TWS/m03/IntroRDF.pdf>.  
 Acessado em: 06/dez/2009.

JENA. **A Semantic WEB Framework for Java**. 2009. Disponível em:  
<http://jena.sourceforge.net/>. Acessado em: 07/abr/2009.

JONES, D.; GREGOR, S. The Anatomy of a Design Theory. **JAIS – Journal of the Association for Information Systems**, Atlanta-USA, v. 8, ed. 5, article 2, p. 312-335, may 2007.

KALFOGLOU, Y. Using ontologies to support and critique decisions. **Engineering Intelligent Systems**, Kibworth-UK, v. 15 n. 3 Special Issue: Decision Support Systems, p. 33-40, sep. 2007.

KASABOV, N.; et al. Integrating Local and Personalised Modelling with Global Ontology Knowledge Bases for Biomedical and Bioinformatics Decision Support. **Computational Intelligence in Biomedicine and Bioinformatics**, Heidelberg, v. 151, p. 93-116, 2008.

KAWAZOE, Y.; OHE, K. An ontology-based mediator of clinical information for decision support systems: a prototype of a clinical alert system for prescription. **Methods of Information in Medicine**, v. 47, n. 6, p. 549-559, nov. 2008.

KERLINGER, F.N. **Metodologia da pesquisa em ciências sociais; um tratamento conceitual**. 5. ed. São Paulo: EPU/EDUSP, 2006, 398 p.

KERR, E.S. **Um processo de representação de informações para textos complexos**. 2003. Trabalho Final de mestrado profissionalizante (Engenharia da Computação), Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas-UNICAMP, Campinas-SP, p. 86.

KIKER, G.A.; et al. Application of Multicriteria Decision Analysis in Environmental Decision Making. **Integrated Environmental Assessment and Management**, v. 1, n. 2, p. 95-108, nov. 2009.

KLINOV, P. Pronto: A Non-monotonic Probabilistic Description Logic Reasoner. ESWC-European semantic web conference, 5., 2008, Canary Islands-Spain. **Proceedings...**, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008, p. 822-826.

KWAN, M.P.; LEE, J. Emergency response after 9/11: the potential of real-time 3D GIS for quick emergency response in micro-spatial environments. **Computers, Environment and Urban Systems**, v. 29, ed. 2, p. 93-113, mar. 2005.

LADEIRA, M. Representação do Conhecimento e Redes de Decisão. 1997. Tese de doutorado (Ciência da Computação), Instituto de informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 150 p.

LAN, H.; DING, Y.; HONG, J. Decision support system for rapid prototyping process selection through integration of fuzzy synthetic evaluation and an expert system. **International Journal of Production Research**, v. 43, n. 1, p. 169-194, jan. 2005.

LASTRES, H.M.M. **Indicadores da Era do Conhecimento: Pautando Novas Políticas na América Latina**. Taller de Indicadores de Ciencia y Tecnología Iberoamericano e Interamericano: Medir el Conocimiento para la Transformación Social / Sesión: Sociedad del Conocimiento: el Desafío de Avanzar en la Construcción y Normalización de un Conjunto Básico de Indicadores. 6. , set 2004. Buenos Aires-AR. Disponível em: [www.oei.es/salactsi/Concimiento-Iparte.pdf](http://www.oei.es/salactsi/Concimiento-Iparte.pdf). Acessado em: 14/set/2010.

LASTRES, H.M.M.; ALBAGLI, S. **Informação e Globalização na Era do Conhecimento**. Rio de Janeiro: Campus, 1999. 163 p.

LAUDON, K.C.; LAUDON, J.P. **Gerenciamento de Sistemas de Informação**. 3 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001. 433 p.

LAUDON, K.C.; LAUDON, J.P. **Management Information Systems-Organization and Technology**. Macmillan Publishing Company, 1996. 818 p.

LEE, C.S.; WANG, M.H.; CHEN J.J. Ontology-based intelligent decision support agent for CMMI project monitoring and control. **International Journal of Approximate Reasoning**, Maryland Heights-Missouri, v. 48, ed. 1, p. 62-76, apr. 2008.

LEE, S.W.; et al. Building Decision Support Problem Domain Ontology from Natural Language Requirements for Software Assurance. **International Journal of Software Engineering and Knowledge Engineering**, v. 16, n. 6, p. 851-884, dec. 2006.

LENAT, D.B.; GUHA, R.V. **Building Large Knowledge-based systems - Representation and Inference in the Cyc Project**. Boston-MA-USA: Addison\_wesley, 1990. 372 p.

LEONG, T.; KAISER, T.; MIKSCH, S. Free and open source enabling technologies for patient-centric, guidelinebased clinical decision support: A survey. **Methods of Information in Medicine**, v. 46, p. 74-86, 2007.

LERA, I.; JUIZ, C.; PUIGJANER, R. Performance-related ontologies and semantic web applications for on-line performance assessment of intelligent systems. **Science of Computer Programming**, v. 61, ed. 1, p. 27-37, jun. 2006.

LEWIS, R.; ROBERTS, C. Using non-monotonic reasoning to manage uncertainty in railway asset disgnostics. **Journal Expert Systems with Applications**, v.37, n. 5, may 2010.

LICHTENSTEIN, F.; SIGULEM, D. Criando uma Ontologia em Saú de com a ferramenta Protégé no padrão OWL. In: Congresso Brasileiro de Informática em Saúde-CBIS, 11., 2008. Campos do Jordão-SP.

Anais...São Paulo: Sociedade Brasileira de Informática em Saúde-SBIS, 2008.

LI, J.Q.; BORENSTEIN, D.; MIRCHANDANI, P.B. A decision support system for the single-depot vehicle rescheduling problem. **Computers & Operations Research**, v. 34, ed. 4, p. 1008–1032, apr. 2007.

LUCCI, E.A. A Era Pós-Industrial, A Sociedade do Conhecimento e a Educação para o Pensar. Notas de Conferência para Alunos e Professores de Ensino Médio em Diversos Estados do Brasil. Disponível em: <http://www.hottopos.com/vidlib7/e2.htm>. Acessado em: 02/ago/2010.

LUGER, G. **Inteligência Artificial: estruturas e estratégias para a resolução de problemas complexos**. 4. Ed. Porto Alegre: Bookman, 2004, 774 p.

MACIEL, C.O.; et al. A Utilidade de Diferentes Modelos de Tomada de Decisão na Explicação do Comportamento Estratégico das Organizações. Seminários em Administração-FEA, 9., 2006, São Paulo-SP, **Anais...** São Paulo-SP: FEA-USP, 2006. Disponível em: [http://www.ead.fea.usp.br/Semead/9semead/resultado\\_semead/trabalhos/PDF/213.pdf](http://www.ead.fea.usp.br/Semead/9semead/resultado_semead/trabalhos/PDF/213.pdf). Acessado em: 26/jul/2010.

MARINO, M.T. **Integração de Informações em Ambientes Científicos na Web: Uma Abordagem Baseada na Arquitetura RDF**. 2001. Dissertação de Mestrado (Informática), IM/NCE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio e Janeiro, p. 122.

MARAKAS, G.M. **Decision Support Systems in The Twenty-First Century**. Upper Saddle River-NJ: Prentice Hall, 1999, 506 p.

MACEACHREN, A.; et al. Visualizing Geospatial Information Uncertainty: What We Know and What We Need to Know. **Cartography and Geographic Information Science**, v. 32. n. 3, p. 139-160, 2005.

MAIA, R.; SCHUMANN A.H. DSS application to the development of water management strategies in Ribeiras do Algarve River Basin;

**Water Resources Management**, Dordrecht- Netherlands, v. 21 n. 5, p. 897-907, may 2007.

MANICA, H.; DANTAS, M. A. R.; TODESCO, J. Leomar. Ontologia para Compartilhamento e Representação de Conhecimento em Saúde. **Diálogos & Saberes**, Mandaguari, v. 4, n. 1, p. 151-161, 2008.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Técnicas de Pesquisa**. ed. 5. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 282 p.

MARCOS, S.T.; DIAS, I.C. **Artigo sobre Dedução, Indução, Abdução – As Espécies de Raciocínio: dedução, indução e abdução**. Núcleo de Estudos Avançados de Semiótica – Universidade de Marília-Unimar. 2005. Disponível em: [www.unimar.br/pos/semiotica/raciocinio.doc](http://www.unimar.br/pos/semiotica/raciocinio.doc).  
Acessado em: 02/nov/2009.

MARKUS, M. L.; SILVER, M.S. A Foundation for the Study of IT Effects: A New Look at DeSanctis and Poole's Concepts of Structural Features and Spirit. **Journal of the Association for Information Systems**, v. 9, ed. 10/11, p. 609-632, 2008.

MATA, F.; MARTINEZ, L.; HERRERA-VIEDMA, E. An Adaptive Consensus Support Model for Group Decision-Making Problems in a Multigranular Fuzzy Linguistic Context. **IEEE Transactions on Fuzzy Systems**, v. 17, ed. 2, p. 279-290, apr. 2009.

MCCARTHY, J.D. **Using Sensor Ontologies to create Reasoning-Ready Sensor Data for Real-time Hazard Monitoring in a Spatial Decision Support System**. 2007. Thesis (Degree of Master of Science) - Faculty of Graduate Studies and Research- Department of Earth and Environmental Sciences, University of Windsor, Windsor- Ontario-Canada.

MCCARTHY, J.; HAYES, P.J. Some Philosophical Problems from the Standpoint of Artificial Intelligence. In: B. Meltzer and D. Michie (eds.). **Machine Intelligence**. New York: American Elsevier, 1969, v. 4, p. 463-502. Disponível em:  
<http://www-formal.stanford.edu/jmc/mcchay69/mcchay69.html>

MCGUINNESS, D. Description Logics Emerge from Ivory Towers. In: International Workshop on Description Logics. Stanford-CA-USA, aug 2001. **Proceedings...**Stanford, 2001. Disponível em: <http://www.ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/dlsemerge-abstract.html>. Acessado em: 11/jun/2008.

MEC-Ministério da Educação. **Resolução CNE/CES nº 1, de 03/04/2001**. Disponível em [http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/rces001\\_01.pdf](http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/rces001_01.pdf). Acesso em 12/jun/2010.

MENDONÇA, D. Decision Support for Improvisation in Response to Extreme Events: Learning from the Response to the 2001 World Trade Center Attack 2007. **Decision Support Systems**, Amsterdam-Netherlands, v. 43, ed. 3, p. 952-967, abr. 2007.

MEROI, A.A. & SALMÉN G.M. **Seminario sobre Teoría de La Decisión. 2005**. Investigación y Docencia, n. 38, 2005. Disponível em: [www.centrodefilosofia.org.ar](http://www.centrodefilosofia.org.ar). Acessado em: 24/ago/2010.

MERRIAM, S. B. **Qualitative Research and Case Study Applications in Education**. San Francisco: Jossey-Bass Publishers, 1998.

MIAH, S.J.; GAMMACK, J.; KERR, D. Ontology development for context-sensitive decision support. In: International Conference on Semantics, Knowledge and Grid, 3., 2007, Xian-Shan Xi-China. **Proceedings...** Washington-DC-USA: IEEE, 2007. p. 475-478.

MIAH, S.J.; KERR, D.; GAMMACK, J. A Design Environment Ontology for Stakeholder-developed Decision Support Tools in the Australian Dairy Industry. In: Australasian Conference on Information Systems-ACIS, 17., 2006, Adelaide-Australia. Proceedings of the 17th Australasian Conference on Information Systems. Paper 16. Available at: <http://aisel.aisnet.org/acis2006/16/>

MINAYO, M.C.S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 9. ed. São Paulo: HUCITEC, 2006. 406 p.

MINSKY, M. A framework to represent knowledge. In: **The Psychology of Computer Vision**, P. Winston (ed.), 1975, McGraw-Hill. p. 211-277.

MOREIRA, A.; ALVARENGA, L.; OLIVEIRA, A.P. O nível do conhecimento e os instrumentos de representação: tesouros e ontologias. **DataGramZero – Revista de Ciência da Informação**, v. 5, artigo 1, dez. 2004.

MURTY, K.G.; et al. A decision support system for operations in a container terminal. **Decision Support Systems**, Amsterdam-Netherlands, v. 39, ed. 3, p. 309-332, may. 2005.

MUSEN, M.A.; SHAHAR Y.; SHORTLIFFE E.H. **Clinical Decision-Support Systems**. In: SHORTLIFFE, Edward H.; CIMINO, James J. (Eds). **Biomedical Informatics Computer Applications in Health Care and Biomedicine Health**. New York: Springer, fev. 2006, p. 698-735.

NAPOLI, M.; et al. Um framework para a concepção de ferramentas de apoio à decisão baseadas em ontologias. In: Simpósio Brasileiro de Banco de Dados, 21., 2006, Florianópolis-SC. **Anais...Florianópolis**: Editora da UFSC, 2006, v. 1. p. 280-294.

NEGRI, V.J. **Sistemas Automáticos: Conceitos, Modelos e Projeto**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina-Centro Tecnológico-Departamento de Engenharia Mecânica-Laboratório de Sistemas Hidráulicos e Pneumáticos. mar. 1997. p. 41. Disponível em: <http://www.laship.ufsc.br/PDF/ApostilaPDF/ApostSaut.pdf>. Acessado em: 15/Nov/2008.

NEWELL, A.; SIMON, H.A. **Human problem solving**. Englewood Cliffs-NJ-USA: Prentice-Hall, 1972. 398 p.

NEWELL, A.; SIMON, H.A. Computer Science as Empirical Inquiry: Symbols and Search. **Communications of the ACM**, New York, v. 19, ed. 3, p. 113-126, mar 1976.

NONAKA, I., TAKEUCHI, H. **Criação do Conhecimento na Empresa – Como as Empresas Japonesas geram a dinâmica da inovação.** ed. 9. Rio de Janeiro: Campus, 1997. 358 p.

NOY, N.F.; HAFNER, C.D. The state of the art in ontology design: A Survey and Comparative Review. **AI Magazine**, v. 18, n. 3, p. 53-74, sep 1997.

NOY, N.F.; MCGUINNESS, D. L. **Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology.** 2008. p. 25. Disponível em: <http://www-ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology-tutorial-noy-mcguinness.pdf>. Acessado: 03/jul/2008.

NOVELLO. T.C. **Ontologias, sistemas baseados em conhecimento e modelos de banco de dados.** 2003. Disponível em: [http://www.inf.ufrgs.br/~clesio/cmp151/cmp15120021/artigo\\_taisa.pdf](http://www.inf.ufrgs.br/~clesio/cmp151/cmp15120021/artigo_taisa.pdf). Acessado em: 10 mai. 2008.

OLIVEIRA, K. **Modelo para construção de ambientes de desenvolvimento de software orientados a domínio.** 1999. Tese de doutorado (Engenharia de Sistemas e Computação), COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 222 p.

OLIVEIRA, M.M. **Como fazer pesquisa qualitativa.** 2. ed. Petrópolis-RJ: Vozes. 2007, 182p.

O'BRIEN, J.A. **Sistemas de Informação e as Decisões Gerenciais na Era da Internet.** Tradução: Célio Knipel Moreira, Cid Knipel Moreira. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2004. p. 431.

O'BRIEN, J.A.; MARAKAS, G.M. **Administração de Sistemas de Informação Uma Introdução.** Tradução: Edgar Amorim Junior, José Hailton Simões, Suely Sonoe Murai Cucio. 13. ed. São Paulo: cGraw-Hill, 2007. p. 537.

ONTOPRISE GmbH. **Know how to use know-how.** Disponível em: <http://www.ontoprise.de>. Acessado em: 14/nov/2009.

PACHECO, R.C.S.; SANTOS, N.; FIALHO, F.A.P. **Introdução à Engenharia e Gestão do Conhecimento/Aula 4 – Parte II: Engenharia do Conhecimento: Introdução à Engenharia do Conhecimento**. 2006. Disponível em: <http://www.slideshare.net/rpacheco/engenharia-do-conhecimento-e-inteligencia-artificial-aula-13>. Acessado em: 22/set/2010.

PACHECO, R.C.S.; SALM JR, J.F. **Administração dos Serviços Públicos/Aula 1 – Conceitos Gerais**. mar/2010. Disponível em: [www.stela.ufsc.br/~salm/sig\\_pub/aulas/aula1\\_conceitos\\_gerais\\_em\\_sig.ppt](http://www.stela.ufsc.br/~salm/sig_pub/aulas/aula1_conceitos_gerais_em_sig.ppt). Acessado em: 14/set/2010.

PAPPENBERGER, F.; BEVEN, K. J. Ignorance is bliss: Or seven reasons not to use uncertainty analysis. **Water Resources Research**, v. 42, n. 5, may 2006.

PAVESI, P. **Modelo de Calculo Decisorio**. México: CIDE, 1978.

PAWLAK Z.; SKOWRON, A. Rough sets and Boolean reasoning. **Information Sciences**, v. 177, p. 41–73, 2007.

PEIRCE, C.S. **Semiótica e Filosofia**. Introdução, seleção e tradução de Octanny Silveira da Motta e Leonidas Hegenberg. São Paulo: Cultrix Editora, 1972. 164 p.

PEIRCE, C.S. **Semiótica**. Tradução de José Teixeira Coelho Netto. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1977, 352 p.

PELEG, M.; TU, S. Decision Support, Knowledge Representation and Management in Medicine. **Methods of Information in Medicine**, v. 45, ed. Suppl 1, p. 72-80, 2006.

PELEG, M.; et al. Lessons Learned from Adapting a Generic Narrative Diabetic-Foot Guideline to an Institutional Decision-Support System. **Studies in health technology and informatics**, Amsterdam-Netherlands, v. 139, p. 243-252, jul. 2008.

PEREIRA, F.C.M.; BARBOSA, R.R. Modelos de Tomada de Decisão em Empresas de Pequeno Porte: Estudo de Caso em Uma Escola de Atendimento Especializado de Belo Horizonte. Encontro Nacional de

Pesquisa em Ciência da Informação. 8., out. 2007, Salvador-BA, **Anais...**, Salvador-BA: Universidade Federal da Bahia, 2007.  
Disponível em: <http://www.enancib.ppgci.ufba.br/artigos/GT4-023.pdf>.  
Acessado em: 09/abr/2010.

PETRUSEL, R. A Decision Support System Tailored For Romanian Small And Medium Enterprises. In: International Conference on Enterprise Information Systems-ICEIS, 10., jun. 2008, Barcelona-Spain. **Proceeding...**Barcelona: Springer, 2008. v. ISAS-1. p. 208-211.

PINTO, J. **1, 2, 3 da Semiótica**. Belo Horizonte-MG: Editora da UFMG, 1995, p. 69.

PIRES, D.F. **Uma solução interoperável, baseada na UMLS, para apoiar a decisão diagnóstica colaborativa na Web**. 2007. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto.

PIRES, J.L.V.P.B. **Panorama sobre a Filosofia de Charles Sanders Peirce**. Disponível em:  
<http://www.unopar.br/portugues/revfonte/artigos/3charles/3charles.html>.  
Acessado em 10/jan/2010.

POWER, D.J. **A Brief History of Decision Support Systems**. DSSResources.COM, World Wide Web, disponível em:  
<http://DSSResources.COM/history/dsshhistory.html>, version 2.1, 2002.  
Acessado em 20/out/2009.

PROPOSTA. **Programa Memória da Pós-Graduação - Sistema de Avaliação - Ano Base 2004**. Disponível em  
[http://www1.capes.gov.br/estudos/dados/2004/41001010/045/2004\\_045\\_41001010055P9\\_Proposta.pdf](http://www1.capes.gov.br/estudos/dados/2004/41001010/045/2004_045_41001010055P9_Proposta.pdf). 2005. Acesso em: 12/fev/2010.

PROTÉGÉ. **What is protégé-Owl**. Disponível em:  
<http://protege.stanford.edu/overview/protege-owl.html>. Acessado em:  
08/dez/2009.

PROTÉGÉ-DL. DLQuery Tab. Disponível em:  
<http://protegewiki.stanford.edu/wiki/DLQueryTab>. Acessado em  
18/nov/2010.

PROTÉGÉ4-Users. **Protege 4 User Documentation**. Disponível em: <http://protegewiki.stanford.edu/index.php/Protege4UserDocs>. Acessado em 09/dez/2009.

PÜHRER, J.; STIJN H.; EITER, T. Dealing with Inconsistency when Combining Ontologies and Rules using DL-Programs. ESWC-European semantic web conference, 7., 2010, Heraklion-Greece. **Proceedings...**, Heidelberg: Springer-Verlag, 2010, p. 183-197.

RABUSKE, R.A. **Inteligência Artificial**. Florianópolis-SC: Editora da UFSC, 1995. 240 p.

RAFAELI NETO, L. S. **Um modelo conceitual de sistema de apoio à decisão espacial para a gestão de desastres por inundações**. 2000. Tese de doutorado (Transportes), Departamento de Transportes, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo-USP, São Paulo. p. 231.

RAUTENBERG, S.; GAUTHIER, F.A.; et al. **ontoKEM: uma ferramenta para construção e documentação de ontologias**. In: Seminário de Pesquisa em Ontologias no Brasil, 1., ago. 2008, Niterói-RJ. **Anais...**Niterói: UFF, 2008.

RASKIN, S.F. Tomada de Decisão e Aprendizagem Organizacional. **Bate Byte**, Curitiba-PR, n. 135, set. 2003. Disponível em <http://www.batebyte.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=1121>. Acessado em 14/jun/2010.

REILLY, B.M.; EVANS, A.T. Translating Clinical Research into Clinical Practice: Impact of Using Prediction Rules to Make Decisions. **Annals of Internal Medicine**, v. 144, p. 201-209, 2006.

REITER, R. A logic for default reasoning. **Artificial Intelligence**, v. 13, 1980. p. 81-132.

REZENDE, D.A.; ABREU, A.F. **Tecnologia da Informação Aplicada a Sistemas de Informação Empresariais: o papel estratégico da informação e dos sistemas de informação nas empresas**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2001, p 311.

RIOS, J.A. Ontologias: alternativa para a representação do conhecimento explícito organizacional. In: CIFORM-Encontro

Nacional de Ciência da Informação, 6., jun. 2005, Salvador-BA.  
**Anais...**Salvador: Editora da Universidade Federal da Bahia, 2005. 14 p.  
Disponível em:

[http://www.cinform.ufba.br/vi\\_anais/docs/JocelmaRiosOntologias.pdf](http://www.cinform.ufba.br/vi_anais/docs/JocelmaRiosOntologias.pdf)

RICE, J.C.; ROCHET, M.J. A framework for selecting a suite of indicators for fisheries management. **Journal of Marine Science**, v. 62, p. 516-527, 2005.

ROBBINS, S. P.; DECENZO, D. A. **Fundamentos de Administração: conceitos e aplicações**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.

ROCHA, F.L.; FAVERO, E.L. CMtool: A supporting tool for Conceptual Map Analysis. In: World Congress on Engineering and Technology Education-WCETE, 2004, Santos-SP. **Proceedings...**Santos: COPEC-Conselho de Pesquisas em Educação e Ciências, v.1, 2004. p. 507-511.

ROCKWELL, J., et al. A Decision Support Ontology for collaborative decision making in engineering design. 2009, Baltimore-MD. In: International Symposium on Collaborative Technologies and Systems, 2009. **Proceedings...**Washington/DC-USA: IEEE, 2009. p. 1-9.

ROSINI, A.M.; PALMISANO, A.; **Administração de sistemas de informação e a gestão do conhecimento**. São Paulo: Thomson, 2003. p. 219.

ROSSILLE, D.; LAURENT, J.F.; BURGUN, A. Modelling a decision support system for oncology using rule-based and case-based reasoning methodologies. **International Journal of Medical Informatics**, v. 74, ed. 2-4, p. 79-344, mar. 2005.

ROVER, A.J. **Informática no Direito: Inteligência Artificial, Introdução aos Sistemas Especialistas legais**. Curitiba: Juruá, 2001. 269 p.

RUBIN, D.L.; et al. Computational neuroanatomy: ontology-based representation of neural components and connectivity. **BMC Bioinformatics**, v. 10, supplement 2, fev. 2009.

RUSSELL, S.; NORVIG, P; **Inteligência Artificial**. Tradução Vandenberg D. de Souza. Rio de Janeiro: Campus, 2004. 1021 p.

SANTOS, L.P.; WAGNER, R. Processo Decisório e Tomada de Decisão: Um Dualismo. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2008. Resende-RJ, **Anais...** Resende-RJ: Associação Educacional Dom Bosco. Disponível em: <http://www.aedb.br/seget/ep.htm>. Acessado em 26/jul/2010.

SANTOS, N. A Era do Conhecimento: os Novos Desafios para os Profissionais de Engenharia. CREA-Congresso Nacional dos Profissionais/61. Semana Oficial da Engenharia, da Arquitetura e da Agronomia, 5., 2004, São Luís-MA, **Textos Referenciais...**, São Luís-MA: CREA, 2004. v. 01. p. 119-128.

SANTOS, N.; PACHECO, R.C.S.; FIALHO, F.A.P. **Introdução à Engenharia e Gestão do Conhecimento/Aula 9 – Parte II: Engenharia do Conhecimento: Introdução à Engenharia do Conhecimento**. 2006. Disponível em: <http://www.slideshare.net/rpacheco/engenharia-gesto-e-mdia-do-conhecimento-aula-33>  
Acessado em: 21/set/2010.

SCOTTMORTON, M. S. **Computer-Driven Visual Display Devices -- Their Impact on the Management Decision-Making Process**. 1967. Doctoral Dissertaion (Business School), Harvard Business School, Harvard University, Harvard.

SELL, D.; et al. Adding Semantics to Business Intelligence. In: International Workshop on Database and Expert Systems Applications-DEXA, 16., aug 2005, Copenhagen-Denmark. **Proceedings...** Washington-DC: IEEE, 2005, p. 543-547.

SEQUIST, J.; et al. A Randomized Trial of Electronic Clinical Reminders to Improve Quality of Care for Diabetes and Coronary Artery Disease. **Journal of the American Medical Informatics Association - JAMIA**, v. 12, n. 4, p. 431-437, jul. 2005.

SEVERO, C.E.P.; et al. Uma ontologia para categorias de mediação segundo uma abordagem epistemológica baseada na interação social.

**RENOTE-Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre-RS, v. 7, n. 2, dez 2009.

SHIM, J.P.; et al. Past, present, and future of decision support technology. **Decision Support Systems**, Amsterdam-Netherlands, v. 33, ed. 2-Special Issue, p. 111-126, jun. 2002.

SHIMIZU, T. **Decisão nas Organizações Introdução aos Problemas de Decisão Encontrados nas Organizações e nos Sistemas de Apoio a Decisão**. São Paulo: Atlas, 2001. p. 317.

SILVA, A.; RIBEIRO, A.; RODRIGUES, L. **Sistemas de Informação na Administração Pública**. Rio de Janeiro: Revan, 2004. p. 403.

SILVA, C.G.; FIGUEIRA, J.; LISBOA, J.; BARMAN, S.; An Interactive Decision Support System for an Aggregate Production Planning Model Based on Multiple Criteria Mixed Integer Linear Programming. **Omega – The International Journal of Management Science**. v. 34, n. 2, p. 167-177, 2006.

SILVA, E.L.; MENEZES, E.M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC/PPEGP/LED, 2005. 138 p.

SILVA, R.; SOFFNER, R.; PINHÃO, C. **A Gestão do Conhecimento**. In: SILVA, R.V.; NEVES, A. **Gestão de Empresas na Era do Conhecimento**. São Paulo: Editora Serinews, 2004. 551 p.

SIMON, H. A. **Comportamento Administrativo**. 2. ed. Rio de Janeiro: FGV, 1971.

SMIRNOV, A. et al. **Intelligent Support for Distributed Operational Decision Making**. In: International Conference on Information Fusion, 9., 2006, Florence. **Proceedings...** Washington-DC: IEEE, 2006. p. 1-8.

SMITH, B.C. **Reflection and Semantics in a Procedural Language**. Jan. 1982. PhD thesis (Computer Science), Massachusetts Institute of Technology, Cambridge-MA, p. 272. Disponível em: <http://citeseer.ist.psu.edu/context/25571/0>

SMITH, M. K.; WELTY, C.; MCGUINNESS, D. L. **OWL Web Ontology Language Guide – W3C Recommendation 10 February 2004**. Disponível em: <http://www.w3.org/TR/owl-guide/>. Acessado em: 18/nov/2009.

SOUZA, L.C.G. **Regras de Raciocínio aplicadas a Ontologias por meio de Sistema MultiAgente para Apoio a Decisões Organizacionais**. 2003. Dissertação de Mestrado (Informática Aplicada), Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Universidade Católica do Paraná, Curitiba. p. 173.

SPRAGUE, R.H.; WATSON, H.J. **Sistemas de Apoio à Decisão: Colocando a Teoria em Prática**. Tradução: Ana Beatriz G.R. Silva. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1989. 508p.

STAIR, R.M.; REYNOLDS, G.W. **Princípios de sistemas de informação: uma abordagem gerencial**. Tradução Alexandre Melo de Oliveira. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. 496p.

STEEL, J.; IANNELA, R.; LAM, H.P. Using Ontologies for Decision Support in Resource Messaging. In: International ISCRAM-Information Systems for Crisis Response and Management Conference, 5., may 2008, Washington-DC. **Proceedings...**Washington-DC: ISCRAM, 2008, p. 276-284.

STEWART, T.A. **A riqueza do conhecimento: O Capital Intelectual e a Organização do Século XXI**. Rio de Janeiro: Campus, 2002, 517p.

STUDER, R.; et al. **Situation and Perspective of Knowledge Engineering**. Scientific Literature Digital Library. 2000. Disponível em: [http://infolab.stanford.edu/~stefan/paper/2000/ios\\_2000.pdf](http://infolab.stanford.edu/~stefan/paper/2000/ios_2000.pdf). Acessado em 24/set/2010.

SVEIBY, K.E. **A nova riqueza das organizações: gerenciando e avaliando patrimônios de conhecimento**. 2.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998. 260p.

TAIT, T.F.C. **Um Modelo de Arquitetura de Sistemas de Informação para o Setor Público: estudo em empresas estatais prestadoras de serviços de informática**. 2000. Tese de Doutorado (Engenharia de

Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC. 227p.

TANG, J.; et al. Using Bayesian decision for ontology mapping. **Journal of Web Semantics**, v. 4, n. 4, p. 243-262, dec. 2006.

TAURION, C. Data Warehouse: estado de arte e estado de prática. **Developers' Magazine**, n.6, p.10-11, fev 1997.

TSYMBAL, A.; ZILLNER, S.; HUBER, M.; Ontology – Supported Machine Learning and Decision Support in Biomedicine. In: Data Integration in the Life Sciences/DILS – International Workshop, 4., jun. 2007, Philadelphia-USA. **Proceedings...Heidelberg: Springer, 2007.** v. 4544. p. 156-171.

TUDORACHE, T.; et al. Supporting Collaborative Ontology Development in Protégé. In: International Conference on the Semantic Web, 7., okt. 2008, Karlsruhe-Germany. **Proceedings...Heidelberg: Springer, 2008,** v 5318. p. 17-32.

TURBAN, E.; MCLEAN, E.; WETHERBE, J. **Tecnologia da Informação para gestão: transformando os negócios na economia digital.** 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. p. 660.

TURBAN, E.; et al. **Decision Support and Business Intelligence.** 8. ed. Upper Saddle River-NJ-USA: Pearson'Prentice Hall, 2007. 772 p.

USCHOLD, M.; KING, M. Towards a Methodology for Building Ontologies. 1995. Montreal-Canada. In: International Joint Conference on Artificial Intelligence/IJCAI- Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing. **Proceedings...New York: Springer, 1995.**

VALENTE, A. **Legal Knowledge Engineering – A Modeling Approach.** IOS Press. Amsterdam, 1995. 217 p.

VENKATADRI, U.; et al. Optimization Based Decision Support for Order Promising in Supply Chain Networks. **International Journal of Production Economics**, v. 103, s. 1, p. 117-130, sep. 2006.

VIDAL, A.; et al. A decision support system for optimising the selection of parameters when planning milling operations. **International Journal**

**of Machine Tools and Manufacture**, v. 45, ed. 2, p. 201-210, feb. 2005.

VIDAL, F. A mais útil de todas as ciências - Configurações da psicologia desde o Renascimento tardio até o fim do Iluminismo. In: Jacó-Vilela, A. M.; Ferreira, A. A. L.; Portugal, F. T. **História da Psicologia: rumos e percursos**. Rio de Janeiro: NAU editora, 2005.

VIEIRA, R.; et al. **Web semântica: ontologias, lógica de descrição e inferências**, 2005. In: Cesar Teixeira; Eduardo Barrere; Iran Abraão. (Org.). **Web e Multimídia: Desafios e Soluções (WebMedia 2005 - Minicursos)**. 1 ed. Porto Alegre: SBC, 2005, v. 1, p. 127-167.

VILLA, F. Semantically driven meta-modelling: automating model construction in an environmental decision support system for the assessment of ecosystem services flows. In: International ICSC Symposium- ITEE-Information Technologies in Environmental Engineering, 4., may 2009, Thessaloniki-Greece, **Proceedings...** New York: Springer, 2009. p. 23-36.

VINHAL, C.D.N. **Sistema de apoio à decisão para o planejamento da operação energética de sistemas de energia elétrica**. 1998. Tese de doutorado (Engenharia Elétrica), Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 93p.

VOGELZANG, M.; et al. Design and implementation of GRIP: a computerized glucose control system at a surgical intensive care unit. **BMC Medical Informatics and Decision Making**, v. 5, dec. 2005.

WALKER, T.; et al. The early economic impact of a nutrient management decision support system (NuMaSS) on small farm households cultivating maize on acidic, upland soils in the Philippines. **Agricultural Systems**, v.101, ed. 3, p. 162-172, jul. 2009.

WANG, K.; TONG, S. An Ontology of Manufacturing Knowledge for Design Decision Support. In: International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing-WiCOM, 4., 2008, Dalian-China. **Proceedings...** Washington-DC-USA: IEEE , oct. 2008. p. 1-5.

WANG, Q.Q.; RONG, L.L. Agile Knowledge Supply Chain for Emergency Decision-Making Support. In: International Conference on Computational Science, 7., 2007, Beijing-China. **Proceedings...** Heidelberg: Springer, 2007, v. 4490. p. 178-185.

WEICHHART, G.; FESSL, K. Organisational Network Models and the Implications for Decision Support Systems. In: IFAC World Congress, 16., Lug. 2005, Praga-Czech Republic. **Proceedings...** Amsterdam-Netherlands: Elsevier, 2005.

WELTY, C., GUARINO, N. Supporting Ontological Analysis of Taxonomic Relationships. **Data and Knowledge Engineering**, v.39, n.1, p. 51-74, 2001.

**W3C. DAML+OIL (March 2001) Reference Description - W3C Note 18 December 2001.** Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/daml+oil-reference>>. Acesso em: 04/set/2009.

**W3C. OWL Web Ontology Language Overview - W3C Recommendation 10 February 2004.** Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/owl-features>>. Acesso em: 04/set/2009.

YANTANG, et al. Ontology-based, community-grounded, multilingual online services to support collaborative decision making. In: International Conference on Research Challenges in Information Science, 2., jun. 2008, Marrakech-Marroco. **Proceedings...** Washington/DC-USA: IEEE, jun. 2008. p. 279-288.

YAZGI-TÜTÜNCÜ, G.; et al. A visual interactive approach to classical and mixed vehicle routing problems with backhauls. **Omega – The International Journal of Management Science**. v. 37, n. 1, p. 138-154, fev. 2009.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

YU, A.C. Methods in biomedical ontology. **Journal of Biomedical Informatics**, v. 39, ed. 3, p. 252-266, jun. 2006.

ZANCHETT, P.S.; et al. Hipermissão adaptativa: uma aplicação na gestão do conhecimento. CONECTI 2005: Congresso, Exposição e

Casos de TI, 2005. Rio de Janeiro-RJ, **Anais...** Rio de Janeiro: Petrobrás. v.1, p.1-12.

ZU, X.; LIU, L.; XU, Y. Ontology-Based Maintenance Decision Support System for Electric Equipment Condition Data and Application Cooperation. In: International Conference on Power System Technology-POWERCON, 2006, Chongqing-China. **Proceedings...**Piscataway-NY-USA: IEEE, oct. 2006. p. 1-6.

## APÊNDICE A – Instâncias da Ontologia

Na presente relação de instâncias da ontologia, elas estão classificadas sempre na classe de nível hierárquico mais inferior a qual pertencem. Quanto a classe AlunoRegular, optou-se por usar nomes hipotéticos, motivo pelo qual estas instâncias não foram incluídas na relação.

**AreaConcentração:** Controladoria, Desenvolvimento\_de\_Processos, Desenvolvimento\_Regional\_Sustentavel, Educacao, EnsinoAprendizagemCienciasEMatematica, Fisico-Quimica, Gestao\_Ambiental, Gestao\_das\_Organizacoes, Gestao\_de\_Organizacoes, Quimica\_Organica, Sistemas\_de\_Energia, Tecnologia\_Ambiental.

**Disciplina:** Analise\_Ambiental\_e\_Economica\_de\_Projetos, Analise\_de\_Sistemas\_Lineares, Analise\_do\_Desempenho\_de\_Empresas, Analise\_e\_Simulacao\_de\_Riscos\_e\_Acidentes\_Ambientais, Analise\_Multivariada\_de\_Dados, Analise\_Organica, Aproveitamento\_Biológico\_de\_Resíduos\_do\_Agronegocio, Arranjos\_Produtivos\_Locais, Aspectos\_Históricos\_e\_Culturais\_da\_Disciplina\_de\_Matemática, Auditoria\_Contabil, Avaliacao\_de\_Empresas, Biodiversidade\_Sustentável\_e\_Educação\_Ambiental, Bioquimica\_de\_Alimentos, Biotransformação\_e\_Catálise\_Enzimática, Ciencia,\_Tecnologia\_e\_Territorio, Cinetica\_de\_Processos\_e\_Catalise\_Heterogenea, Cinetica\_e\_Reatores, Combustiveis:\_Fontes\_Tradicionais\_e\_Alternativas, Conceitos\_Contemporaneos\_de\_Física\_Clássica, Conceitos\_de\_Fisica\_Moderna\_para\_a\_Educacao\_Basica, Conceitos\_Matemáticos\_Contemporâneos\_para\_o\_Ensino\_Básico, Contabilidade\_de\_Custos, Contabilidade\_de\_Terceiro\_Setor, Contabilidade\_Gerencial, Contabilidade\_Internacional, Controladoria-Disciplina, Controle\_de\_Gestao, Controle\_de\_Poluicao\_Biologica, Controle\_de\_Processos, Controle\_Digital\_de\_Conversores\_Estáticos, Didatica\_das\_Ciencias\_e\_da\_Matematica, Dinamicas\_Socioeconomicas\_no\_Territorio, Direito\_Ambiental, Disciplina\_Optativa\_I, Disciplina\_Optativa\_II, Disciplina\_Optativa\_III, Diversidade\_Historico-Cultural\_e\_Patrimonio, Docencia\_no\_Ensino\_Superior:\_Organizacao\_do\_Trabalho\_Docente, Economia\_Regional\_e\_Urbana, Economia\_Solidaria,\_Autogestao\_e\_Desenvolvimento, Ecosocioeconomia\_das\_Organizacoes, Ecosocioeconomia\_e\_Territorio, Educacao\_Ambiental, Educacao\_Inclusiva:\_Fundamentos\_e\_Tendencias, Elementos\_de\_Projeto\_de\_Transformadores, Eletroquimica\_Ambiental, Empreendedorismo, Empreendedorismo\_Corporativo, Energia,\_Meio-

ambiente\_e\_Desenvolvimento\_Sustentavel, Engenharia\_Bioquimica,  
 Ensino\_de\_Estatistica\_em\_Ciencias,  
 Ensino\_de\_Quimica\_na\_Educacao\_Basica, Epistemologia\_da\_Pesquisa,  
 Estado,\_Sociedade\_e\_Desenvolvimento\_no\_Territorio,  
 Estrategias\_de\_Marketing, Estrategias\_Organizacionais, Estudo\_Dirigido,  
 Estudos\_Avançados\_em\_Teoria\_das\_Organizacoes/Controladoria,  
 Estudos\_Avançados\_em\_Internacionalização\_e\_Nova\_Economia\_Institucional,  
 Fenomenos\_de\_Transporte, Fermentacao\_em\_Estado\_Solido,  
 Financas\_Corporativas, FisicoQuimica-Disciplina,  
 Formacao\_de\_Novos\_Empreendedores,  
 Formacao\_de\_Professores\_de\_Ciencias\_e\_Matematica,  
 Formação\_de\_Novos\_Empreendimentos,  
 Fundamentos\_de\_Tecnologia\_Educacional,  
 Fundamentos\_em\_Processos\_de\_Separacao,  
 Fundamentos\_Epistemologicos\_da\_Educacao,  
 Gestao\_Ambiental\_em\_Organizacoes, Gestao\_da\_Tecnologia\_da\_Informacao,  
 Gestao\_de\_Custos, Gestao\_de\_Recursos\_Hidricos,  
 Gestao\_de\_Residuos\_Solidos, Gestao\_de\_Valor,  
 Gestao\_Estrategica\_de\_Micro,\_Pequenas\_e\_Medias\_Empresas,  
 Gestao\_Estrategica\_de\_Micro,\_Pequenas\_e\_Medias\_Organizacoes,  
 Gestao\_Estrategica\_e\_Desenvolvimento\_Sustentavel,  
 Gestao\_Participativa\_do\_Meio\_Ambiente, Gestao\_Universitaria,  
 Gestão\_Intercultural, Globalizacao\_e\_Territorio, Hidrologia\_Ambiental,  
 Historia\_da\_Matematica,  
 Historia\_e\_Epistemologia\_da\_Ciencia\_e\_da\_Matematica, Ingles\_Tecnico\_I,  
 Ingles\_Tecnico\_II, Inovacao\_e\_Cultura\_Organizacional,  
 Inovação\_Organizacional, Internacionalizacao\_de\_Empresas,  
 Introducao\_a\_Engenharia\_Ambiental, Introducao\_a\_Tecnologia\_Ambiental,  
 Marketing\_Internacional, Materias-  
 Primas\_e\_Controlde\_de\_Qualidade\_na\_Quimica\_Textil,  
 Materias\_Primas\_e\_Controlde\_de\_Qualidade\_na\_Industria\_Textil,  
 Medidas\_e\_Metodos\_Experimentais\_em\_Engenharia\_Quimica,  
 Meio\_Ambiente,\_Sociedade\_e\_Desenvolvimento,  
 Metodo\_de\_Modelagem\_por\_Linhas\_de\_Transmissao,  
 Metodologia\_da\_Pesquisa\_Ambiental,  
 Metodologia\_da\_Pesquisa\_em\_Administracao,  
 Metodologia\_da\_Pesquisa\_em\_Contabilidade,  
 Metodologia\_da\_Pesquisa\_em\_Engenharia\_Quimica,  
 Metodologia\_da\_Pesquisa\_I, Metodologia\_da\_Pesquisa\_II,  
 Metodologia\_do\_Ensino\_da\_Administracao,  
 Metodologia\_do\_Ensino\_em\_Contabilidade,  
 Metodologia\_e\_Tecnicas\_de\_Pesquisa,  
 Metodos\_de\_Pesquisa\_Qualitativa\_em\_Administracao,  
 Metodos\_Espectroscopicos, Metodos\_Estatisticos,  
 Metodos\_Quantitativos\_Aplicados\_a\_Contabilidade, MetodosQuantitativosII,

Microbiologia Industrial, Modelagem e Simulação de Processos,  
Modelagem Matemática,  
Modelos e Métodos Matemáticos em Engenharia Química,  
Métodos Quantitativos II, Natureza e Política,  
Necessidades do Consumidor no Projeto de Produtos,  
Nocoes de Estatística,  
Novas Tecnologias da Informação Aplicadas ao Ensino Superior,  
Organização do Espaço, Otimização de Processos,  
Pesquisa Aplicada ao Desenvolvimento Regional,  
Pesquisa em Ensino de Ciências, Planejamento e Controle Empresarial,  
Planejamento e Desenvolvimento Regional,  
Planejamento Estratégico Participativo, Planejamento Urbano,  
Polímeros e Blendas Poliméricas,  
Políticas Públicas e Desenvolvimento Regional,  
Previsão em Economia e Negócios,  
Processos Biológicos de Tratamento de Efluentes,  
Processos de Desenvolvimento, Processos Físico-  
Químicos de Tratamento de Resíduos, Química Analítica Ambiental,  
Química de Superfície, Química do Ambiente,  
Química Textil do Beneficiamento, Química Orgânica-Disciplina,  
Recuperação Ambiental, Responsabilidade Social,  
Responsabilidade Social, Empreendedorismo Social e Terceiro Setor,  
Seminário de Pesquisa I, Seminário de Pesquisa II,  
Seminário de Pesquisa III, Seminário de Pesquisa IV,  
Seminário de Qualificação, Seminários, Seminários-QMC125,  
Seminários de Dissertação, Seminários de Dissertação II,  
Seminários de Mestrado, Seminários de Tese I, Seminários de Tese II,  
Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento, Síntese Orgânica,  
Sistemas de Informações Gerenciais, Sociedade Civil e Território,  
Sustentabilidade e Governança Corporativa,  
Técnicas de Programação Científica,  
Tecnologias da Informação Aplicadas ao Ensino Superior,  
Teoria da Contabilidade, Teoria da Informação e Decisão,  
Teoria das Organizações, Teoria de Antenas,  
Teoria do Comportamento do Consumidor, Teoria e Prática de Pesquisa I,  
Teoria e Prática de Pesquisa II, Teoria e Prática Pedagógica,  
Teorias da Aprendizagem, Teorias do Desenvolvimento Regional,  
Termodinâmica Aplicada,  
Tópicos Contemporâneos em Controladoria e Gestão Organizacional,  
Tópicos Contemporâneos em Contabilidade,  
Tópicos de Desenvolvimento Regional em Dinâmicas Socioeconômicas no  
Território,  
Tópicos de Desenvolvimento Regional em Estado, Sociedade e Desenvolvi-  
mento no Território, Tópicos em Genética e Biologia Molecular,  
Tópicos Especiais, Tópicos Especiais em Ciência e Cultura,

Topicos\_Especiais\_em\_Ciencia\_e\_Tecnologia\_de\_Alimentos,  
 Topicos\_Especiais\_em\_Ciencias, Topicos\_Especiais\_em\_Gestao\_Socio-  
 Ambiental, Topicos\_Especiais\_em\_Matematica, Topicos\_Especiais\_I,  
 Topicos\_Especiais\_II, Topicos\_Especiais\_III, Topicos\_Especiais\_IV,  
 Topicos\_Especiais\_V, Topicos\_Orientados\_em\_Quimica,  
 Transformacoes\_Produtivas, Trabalho\_e\_Desenvolvimento,  
 Turismo\_e\_Territorio, Uso\_do\_Solo\_e\_Qualidade\_Ambiental.

**Estágio:** Estagio\_de\_Docencia,  
 Pratica\_Docente\_Supervisionada\_de\_Ciencias\_e\_Matematica.

**Produção Intelectual:** Artigo\_Cientifico, Producao\_Cientifica-  
 Participação\_Eventos.

**Proficiência Idioma:** Exame\_Lingua\_Alema,  
 Exame\_Lingua\_Alema\_LAB/FURB  
 Exame\_Lingua\_Espanhola, Exame\_Lingua\_Espanhola\_LAB/FURB,  
 Exame\_Lingua\_Francesa  
 Exame\_Lingua\_Francesa\_LAB/FURB, Exame\_Lingua\_Inglesa,  
 Exame\_Lingua\_Inglesa\_LAB/FURB, Exame\_Lingua\_Inglesa\_ou\_Espanhola,  
 Exame\_Lingua\_Italiana, Exame\_Lingua\_Italiana\_LAB/FURB,  
 Exame\_ou\_Curso\_de\_Lingua\_Estrangeira.

**Dissertação:** Dissertacao\_Administracao, Dissertacao\_Ciencias\_Contabeis,  
 Dissertacao\_Desenvolvimento\_Regional, Dissertacao\_Educacao,  
 Dissertacao\_Engenharia\_Ambiental  
 Dissertacao\_Engenharia\_Eletrica, Dissertacao\_Engenharia\_Quimica,  
 Dissertacao\_Ensino\_de\_Ciencias\_Naturais\_e\_Matematica, Dissertacao\_Quimica.

**Tese:** Tese\_Ciencias\_Contabeis\_Administracao.

**Doutorado:** DoutoradoEmCienciasContabeisEAdministracao.

**Mestrado Acadêmico:** MestradoAcademicoEmAdministracao,  
 MestradoEmCienciasContabeis, MestradoEmDesenvolvimentoRegional,  
 MestradoEmEducacao, MestradoEmEngenhariaAmbiental  
 MestradoEmEngenhariaEletrica, MestradoEmEngenhariaQuimica,  
 MestradoEmQuimica.

**Mestrado Profissionalizante:**  
 MestradoEmEnsinoDeCienciasNaturaisEMatematica.

**Professor:** Adilson\_Pinheiro, Adolfo\_Ramos\_Lamar, Adriano\_Peres,  
 Alexander\_Christian\_Vibrans, Amelia\_Silveira,  
 Antonio\_Andre\_Chivanga\_Barro, Carlos\_Alberto\_Cioce\_Sampaio,

Carlos\_Eduardo\_Facin\_Lavarda, Carlos\_Eduardo\_Negrao\_Bizzotto,  
 Celso\_Kraemer, Claudio\_Loesch, Clodoaldo\_Machado,  
 Cristiane\_Mansur\_de\_Moraes\_Souza, Denise\_Del\_Pra\_Machado,  
 Deyse\_Elisabeth\_Ortiz\_Suman\_Carpenter, Edelberto\_Luiz\_Reinehr,  
 Edesio\_Luiz\_Simionatto, Edson\_Roberto\_Scharf, Edson\_Schroeder,  
 Eduardo\_Deschamps, Elcio\_Schuhmacher, Elisete\_Ternes\_Pereira,  
 Ernesto\_Jacob\_Keim, Francisco\_Antonio\_Bezerra,  
 Francisco\_Carlos\_Fernandes, Geraldo\_Moretto, Gerson\_Tontini,  
 Gilson\_Ricardo\_de\_Medeiros\_Pereira, Henry\_Franca\_Meyer,  
 Hugo\_Armando\_Dominguez\_Almaguer, Ieda\_Maria\_Begnini,  
 Ilse\_Maria\_Beuren, Ivo\_Marcos\_Theis, Ivone\_Gohr\_Pinheiro,  
 Ivonete\_Oliveira\_Barcellos, Joel\_Dias\_da\_Silva, Jorge\_Eduardo\_Scarpin,  
 Jorge\_Ribeiro\_de\_Toledo\_Filho, Jose\_Alexandre\_Borges\_Valle,  
 Juares\_Jose\_Aumond, Julianne\_Fischer, Julio\_Cesar\_Refosco,  
 Jurgen\_Andreaus, Laercio\_Ender, Leomar\_dos\_Santos,  
 Lilian\_Black\_de\_Oliveira, Lorena\_Benathar\_Balod\_Tavares,  
 Lucia\_Sevegnani, Luciano\_Felix\_Florit, Luiz\_Henrique\_Meyer,  
 Marcelo\_Diniz\_Vitorino, Marcelo\_Grafulha\_Vanti, Marcia\_Brandao\_Palma,  
 Marcos\_Antonio\_Mattedi, Marcos\_Rivail\_da\_Silva, Margarita\_Barreto,  
 Maria\_da\_Conceicao\_Lima\_de\_Andrade,  
 Maria\_Jose\_Carvalho\_de\_Souza\_Domingues, Maria\_Salete\_Biembengut,  
 Marialva\_Tomio\_Dreher, Marianne\_Hoeltgebaum,  
 Marilda\_Rosa\_galvao\_Checucci\_Goncalves\_da\_Silva,  
 Maristela\_Pereira\_Fritzen, Mauro\_Scharf, Mohamed\_Amal,  
 Neide\_de\_Melo\_Aguiar\_Silva, Nelson\_Hein, Noemia\_Bohn,  
 Oklinger\_Mantovanelli\_Junior, Orlando\_Jose\_Tobias, Oscar\_Dalfovo,  
 Osmar\_de\_Souza, Otilia\_Lizete\_Martins\_Heinig, Patricia\_Luiza\_Kegel,  
 Patricia\_Siqueira\_Varela, Paulo\_Cesar\_de\_Jesus, Renato\_Wendhausen\_Junior,  
 Ricardo\_Andrade\_Rebello, Ricardo\_Jose\_de\_Oliveira\_Carvalho,  
 Rita\_Buzzi\_Rausch, Rita\_de\_Cassia\_Marchi,  
 Rosalia\_Aldraci\_Barbosa\_Lavarda, Rosinete\_Gaertner,  
 Sandra\_Irene\_Momm\_Schult, Savio\_Leandro\_Bertoli,  
 Sergio\_Henrique\_Lopes\_Cabral, Sergio\_Vidal\_Garcia\_Oliveira,  
 Sidney\_Luiz\_Sturmer, Stela\_Maria\_Meneghel, Tania\_Baier,  
 Thair\_Ibrahim\_Abdel\_Hamid\_Mustafa, Valmor\_Schiochet,  
 Vanderlei\_Gageiro\_Machado, Vania\_Tanira\_Biavatti.

**Programa:** Programa\_de\_Pos-Graduacao\_em\_Administracao,  
 Programa\_de\_Pos-Graduacao\_em\_Ciencias\_Contabeis, Programa\_de\_Pos-  
 Graduacao\_em\_Desenvolvimento\_Regional, Programa\_de\_Pos-  
 Graduacao\_em\_Educacao, Programa\_de\_Pos-  
 Graduacao\_em\_Engenharia\_Ambiental, Programa\_de\_Pos-  
 Graduacao\_em\_Engenharia\_Eletrica, Programa\_de\_Pos-  
 Graduacao\_em\_Engenharia\_Quimica, Programa\_de\_Pos-

Graduacao\_em\_Ensino\_de\_Ciencias\_Naturais\_e\_Matematica,  
Programa\_de\_Pos-Graduacao\_em\_Quimica.

**Regulamento:** Regulamento-Provisorio, Resolucao-CCE/SC107/2007, Resolucao-CNE/CES01/2001, Resolucao-FURB11/2006, Resolucao-FURB32/2008, Resolucao-FURB34/2006, Resolucao-FURB44/2006 Resolucao-FURB49/2008, Resolucao-FURB53/2005, Resolucao-FURB63/2005, Resolucao-FURB73/2005, Resolucao-FURB74/2008, Resolucao-FURB75/2009, Resolucao-FURB81/2006, Resolucao-FURB83/2004.

## GLOSSÁRIO

**Ativo Organizacional** - O ativo de uma organização é o conjunto de seus bens e direitos.

**Banco de Dados Relacional** – Caracterizado por armazenar os dados em forma de tabelas na qual as linhas (tuplas) são as instâncias de uma entidade e as colunas são os atributos desta entidade.

**Base de Conhecimentos** – É composta por um conjunto de bases de informações, associadas entre si pela afinidade, formando uma rede lógica .

**Comprometimentos Ontológicos** - São “as escolhas que levam a selecionar um determinado conjunto de conceitos em vez de outro” (VALENTE, 1995, p.34). Através dele se torna possível a comunicação entre dois agentes, humanos ou não.

**Computer-Based Bulletin Boards** - É um fórum de discussão *on-line*. Funciona como um quadro eletrônico de avisos, no qual um recado ou notícia alí afixada pode ser lida e respondida por qualquer pessoa de uma comunidade. É uma tecnologia utilizada para compartilhar informação e conhecimento ou para integrar equipes.

**Conhecimento** - É a informação estruturada, uma estruturação que permite construir procedimentos para explorar as relações entre dados, atribuindo-lhes semântica (Viccari, 1990).

**Conhecimento Explícito** – Refere-se ao conhecimento codificável e transmissível, seja em linguagem simbólica (matemática) ou em linguagem natural.

**Conhecimento Tácito** – É o conhecimento pessoal (baseado em ação ou experiência) e específico a um contexto, sendo difícil de ser formulado e comunicado. Inclui uma base cognitiva, na forma de mapas mentais, crenças etc; e uma base técnica, na forma de habilidades (saber como fazer). É difícil de ser formulado e comunicado.

**Disciplina** - É um conjunto organizado de conhecimento científico especializado de uma área ou domínio.

**Globalização** – Termo empregado para designar o processo de intensificação da integração econômica, social, cultural e política entre os países. O processo foi facilitado pelo desenvolvimento e barateamento das tecnologias da informação e comunicação, as quais permitiram aproximar pessoas e organizações geograficamente distribuídas.

**Groupware** - Termo que descreve softwares que visam facilitar a colaboração através do compartilhamento da informação e que auxilia grupos de pessoas envolvidas em tarefas ou objetivos comuns.

**Inteligência Artificial-IA** - É a área de pesquisa da Ciência da Computação que busca desenvolver soluções computacionais que simulam o raciocínio humano na solução de problemas. "É o resultado da aplicação de técnicas e recursos, especialmente de natureza não numérica" (RABUSKE, 1995, p. 21). Abrange o estudo e desenvolvimento de soluções que sejam capazes de emular no computador o comportamento inteligente humano. Dentre estas tarefas consideradas inteligentes estão, por exemplo: previsões, reconhecimento de padrões, classificação, diagnóstico, capacidade de aprender com novos fatos, realização de inferências etc.

**Lógica de Primeira Ordem** - Também chamada de lógica de predicados, permite associar asserções lógicas às propriedades de objetos. Ela estende a lógica proposicional ao adicionar operadores de quantificação e variáveis, transformando os símbolos sentenciais em predicados e ampliando o poder expressivo da linguagem.

**Metafísica** – Palavra de origem grega que significa “além do físico, ou do material” (*Meta* = além; *Physis* = Física). Refere-se ao ramo da Filosofia que estuda a essência do mundo, dos seres e as razões da própria existência. Sua concepção é atribuída a Platão, filósofo grego que viveu de 427aC a 347 aC.

**Modelo** – Designa uma representação simplificada ou a abstração da realidade (TURBAN, 2004, p. 364). Trata-se de uma representação da estrutura essencial de algum objeto, fenômeno ou evento do mundo real.

**Namespace** – É um *Uniform Resource Identifier*- URI que identifica de forma única um documento XML.

**OLAP** - É um acrônimo de *on-line analytical processing* - técnica para manipular dados de forma dinâmica e sob múltiplas perspectivas, viabilizando a realização de análises comparativas dos mesmos.

**Problema Estruturado** – Designa um problema no qual a definição e fases de operação para atingir os resultados desejados estão claros e bem definidas, sendo que sua repetida execução é sempre possível. Neles, “tanto os cenários como os critérios de decisão não estão totalmente fixados ou conhecidos *a priori*”. (SHIMIZU, 2001, p. 29).

**Requisitos Funcionais** - São as capacidades que o sistema irá fornecer ao usuário.

**Semântica** - É o estudo do significado, a ciência das significações. Seu objeto é toda significação produzida na mente humana ou noutro ser com alguma capacidade cognitiva ou sensitiva-reativa de recepção de um estímulo e passível de traduzi-lo ou decodificá-lo, e então tomar alguma decisão a partir da significação produzida em seu ser, mesmo que seja a indiferença ou imobilidade (ANDRADE, S.C.; 2009).

**Sistema Gerenciador de Banco de Dados-SGBD** – Um sistema que oferece recursos que permitem relacionar informações entre as diversas tabelas do banco de dados.

**Sistema de Informação** – É um sistema que tem a informação como elemento principal. Abrange pessoas, máquinas e métodos, tendo como objetivo coletar, organizar, processar e disseminar dados que representam informações no seu domínio de aplicação.

**Uniform Resource Identifier-URI** - Trata-se de uma cadeia formatada de caracteres usada para identificar ou denominar um recurso específico, físico ou abstrato, na Internet.