

Mario Bastos de Souza Junior

**ANÁLISE DE TIPOS DE ONTOLOGIAS NAS ÁREAS DE
CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO E CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação, do Centro de Ciências da Educação, da Universidade Federal de Santa Catarina, para a obtenção do grau de Mestre em Ciência da Informação.

Orientadora: Prof.^a. Dr.^a Lúgia Maria Arruda Café.

Florianópolis
2014

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da
UFSC.

Souza Junior, Mario Bastos de

Análise de tipos de ontologias nas áreas de Ciência da Informação e
Ciência da Computação / Mario Bastos de Souza Junior ; Orientadora,
Lígia Café – Florianópolis, SC, 2014.

142 p.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina,
Centro de Ciências da Educação, Programa de Pós-Graduação em
Ciência da Informação.

Inclui referências

1. Ciência da Informação. 2. Ontologia de Domínio. 3. Ontologia
de Aplicação. 4. Ontologia de Tarefa. 5. Ontologia de Topo. 6. Sistemas
de Organização do Conhecimento. I. Café, Lígia. II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Ciência da
Informação. III. Título.

MARIO BASTOS DE SOUZA JUNIOR

**ANÁLISE DE TIPOS DE ONTOLOGIAS NAS ÁREAS DE
CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO E CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO**

Dissertação julgada adequada para obtenção do título de Mestre em Ciência da Informação e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 24 de fevereiro de 2014.

Prof.^a Dr.^a Marisa Brascher Basílio Medeiros
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Prof.^a Dr.^a Lúcia Maria Arruda Café – PGCIN/UFSC
Orientadora

Prof. Dr. Rodrigo de Sales – UFF
Examinador Externo

Prof.^a Dr.^a Edna Lúcia da Silva – PGCIN/UFSC
Examinadora

Prof. Dr. Angel Freddy Godoy Vieira – PGCIN/UFSC
Examinador

Este trabalho é dedicado à minha
esposa pelo apoio e compreensão nos
momentos difíceis.

“Os computadores são incrivelmente rápidos, precisos e burros; os homens são incrivelmente lentos, imprecisos e brilhantes; juntos, seus poderes ultrapassam os limites da imaginação.”

Albert Einstein

RESUMO

A emergência de tecnologias que visam complementar a web, associada às problemáticas na busca por novos modelos de recuperação de informação mais eficientes, abriram espaço para estudos que utilizam os benefícios da organização semântica da informação e do conhecimento. Sistemas de Organização do Conhecimento (SOCs) permitem representar um domínio por meio da sistematização dos conceitos e das relações semânticas que se estabelecem entre eles. Entre os tipos desses sistemas conceituais estão as ontologias, utilizadas para representar o conhecimento relativo a um dado domínio do conhecimento. A presente pesquisa tem como objetivo, por meio de uma pesquisa documental, identificar as principais características dos tipos de ontologias. Para tanto, foi empregado, nos procedimentos metodológicos, o método de Análise de Conteúdo de Laurence Bardin. Para a construção do corpus de análise foram utilizadas as bases de dados da Library and Information Science Abstracts (LISA) e da Computer and Information Systems Abstracts. A análise dos resultados permitiu identificar um predomínio significativo nas pesquisas relacionadas às ontologias de domínio, utilizando-a como ferramenta para representação de conceitos e relações que estejam inseridas na visão de mundo desejada. Diferentemente, as ontologias de topo definem os conceitos mais básicos e que sejam extensíveis a outras ações e domínios associados a sua área de abordagem. Os tipos aplicação e tarefa permitem um nível de representação mais específico, alinhado a modelagem de ambientes particulares.

Palavras-chave: Ontologia de domínio. Ontologia de Aplicação. Ontologia de Tarefa. Ontologia de Topo. Sistemas de Organização do Conhecimento.

ABSTRACT

The emergence of technologies that aim at complementing the internet, associated with the problematics that arise in the search for new models of information retrieval that are more efficient, have made room for studies that make use of the benefits of the semantic organization of information and knowledge. Knowledge Organization Systems (KOS) allow the representation of a domain through the systematization of concepts and semantic relations that have been established between them. Among these forms of conceptual systems are the ontologies, utilized in the representation of knowledge relative to a given knowledge domain. The goal of this research, therefore, is to identify the main characteristics of the types of ontologies through documentary research. For that, we have employed in the methodological procedures the Laurence Bardin Content Analysis Method. As for the corpus analysis construction we made use of the databases of the Library and Information Science Abstracts (LISA) and Computer and Information Systems Abstracts. The analysis of the results allowed the identification of a significant predominance of researches related to domain ontologies, they were used as tools for the representation of concepts and relations that are inserted in the desired world view. In contrast, top level ontologies define the most basic concepts that are extendable to other actions and domains associated to its approach area. The application and task types allow a representation that is more specific and aligned with the modeling of particular environments.

Keywords: Domain ontology. Application ontology. Task ontology, Top level ontology. Knowledge Organization Systems.

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Artigos por tipo de ontologia	66
Gráfico 2 – Artigos por tipo de ontologia e área do conhecimento .	67
Gráfico 3 – Quantitativo de artigos por categoria e variável de análise	70
Gráfico 4 – Quantidade de artigos por variável da categoria ‘formas de uso’	71
Gráfico 5 – Quantitativo das principais ocorrências da variável ‘objetivo da ontologia’	73
Gráfico 6 – Quantitativo das principais ocorrências da variável ‘objetivo do produto’	76
Gráfico 7 – Quantidade de artigos por variável da categoria ‘áreas de aplicação’	79
Gráfico 8 – Quantitativo das principais áreas do conhecimento por tipo de ontologia	80
Gráfico 9 – Quantitativo das principais áreas específicas que utilizam ontologias	82
Gráfico 10 – Quantidade de artigos por variável da categoria ‘problemas que acarretaram a necessidade’	84
Gráfico 11 – Quantitativo das principais ocorrências da variável ‘problema apresentado’	85
Gráfico 12 – Quantitativo das principais ocorrências da variável ‘solução percebida’	87
Gráfico 13 – Quantidade de artigos por variável da categoria ‘proposta do artigo’	89
Gráfico 14 – Quantitativo das principais ocorrências da variável ‘solução desenvolvida’	91
Gráfico 15 – Quantitativo das principais ocorrências da variável ‘proposta apresentada’	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Principais ocorrências das ontologias de domínio.....	105
Quadro 2 – Principais ocorrências das ontologias de aplicação.....	106
Quadro 3 – Principais ocorrências das ontologias de tarefa.....	107
Quadro 4 – Principais ocorrências das ontologias de topo.....	108

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CC	Ciência da Computação
CDD	Classificação Decimal de Dewey
CDU	Classificação Decimal Universal
CI	Ciência da Informação
CISA	Computer and Information Systems Abstracts
CITI	Centro de Investigação para Tecnologias Interactivas da Universidade Nova de Lisboa
FAQ	Frequently Asked Questions
FMEA	Failure Modes and Effects Analysis
HTML	HyperText Markup Language
HOIEV	Heavyweight Ontology Based Information Extraction for Visually impaired User
IA	Inteligência Artificial
LISA	Library and Information Science Abstracts
SOC	Sistemas de Organização do Conhecimento
OBO	Open Biological and Biomedical Ontologies
OC	Organização do Conhecimento
ODE	Ontology-assisted Data Extraction
OI	Organização da Informação
OWL	Web Ontology Language
RC	Representação do Conhecimento
RI	Representação da Informação
SECI	Socialização, Externalização, Combinação e Internalização
TOVE	Toronto Virtual Enterprise
UML	Unified Modeling Language
WS	Web Semântica

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REFERENCIAL TEÓRICO	17
3.1	INFORMAÇÃO E CONHECIMENTO	17
3.2	ORGANIZAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO E DA INFORMAÇÃO	22
3.3	SISTEMAS DE ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO	35
3.4	ONTOLOGIA	42
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	57
4.1	PRÉ-ANÁLISE	57
4.1.1	Construção do Corpus de Análise	59
4.1.2	Hipóteses, Índices e Indicadores	60
4.1.3	Categorização	61
4.2	Exploração do Material	63
5	RESULTADOS	65
5.1	ANÁLISE POR CATEGORIAS	68
5.1.1	Formas de uso	70
5.1.2	Áreas de aplicação	78
5.1.3	Problemas que acarretaram a necessidade	83
5.1.4	Proposta do artigo	88
5.2	CARACTERÍSTICAS POR TIPO DE ONTOLOGIA	94
5.2.1	Domínio	95
5.2.2	Aplicação	96
5.2.3	Tarefa	97
5.2.4	Topo	98
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	102
	REFERÊNCIAS	105
	APÊNDICE A – Principais ocorrências das ontologias orientadas pelas categorias de análise e variáveis de inferência.	111
	ANEXO A – Artigos coletados na base LISA (referências).	115
	ANEXO B – Artigos coletados na base CISA (referências).	121

1 INTRODUÇÃO

A crescente expansão da tecnologia, em todas as áreas do conhecimento, faz com que novas ideias ou novos procedimentos surjam a todo o momento, buscando adaptação às exigências desses avanços. Nas últimas décadas, as pesquisas relacionadas à representação de objetos informacionais na web vêm ressaltando a necessidade do uso de ferramentas que utilizem os benefícios da organização semântica da informação e do conhecimento para a melhoria da recuperação da informação.

O objetivo maior desses estudos é fazer com que cada vez mais as partes que compõem as atividades de tratamento e recuperação estejam em conformidade, ou seja, procurar meios para que os documentos e suas diversas representações estejam em sintonia com as demandas dos usuários.

No contexto da web, em que se verifica um aumento exponencial da quantidade de informações disponibilizadas aos usuários, o objetivo mencionado assume uma complexidade ainda maior. O reconhecimento da necessidade de representações do conhecimento para diversos domínios é um requisito fundamental para o progresso da web. Nesse sentido, várias pesquisas em nível nacional e internacional têm surgido nesta área, focando o desenvolvimento de Sistemas de Organização do Conhecimento (SOC) que suportem a riqueza semântica exigida. As ontologias surgem nesse contexto como o tipo ideal de SOC, um verdadeiro avanço no que se refere à recuperação em sistemas que almejam funcionar no meio digital.

As ontologias possuem um papel importante na organização do conhecimento, estando inseridas nos novos sistemas de organização do conhecimento e sendo peça-chave na representação do significado dos termos que compõem os objetos informacionais digitais. Na arquitetura da Web, desempenham a função de fornecer suporte à evolução de vocabulários e integrar as informações evitando conflitos terminológicos. Sua função é explicitar o vocabulário de um domínio de forma padronizada, viabilizando a interoperabilidade entre sistemas e o compartilhamento de informações.

O termo ‘ontologia’ foi resgatado e adaptado pela Ciência da Computação, dentro da sub-área denominada de inteligência artificial (IA), no início dos anos 1990, por acreditar que as ontologias poderiam compor bases de conhecimento que viabilizariam a troca de informações entre programas de computadores, os chamados agentes inteligentes. Sua condição em contribuir para a organização, representação e

recuperação de informação na web despertou o interesse de diversas áreas do conhecimento em se aprofundar no assunto.

Assim como na Ciência da Computação, a Ciência da Informação também estuda as ontologias no intuito de avançar o conhecimento sobre a troca eficiente de informação na Web. A idéia é inserir o ingrediente semântico de forma a tornar a recuperação cada vez mais similar à comunicação humana. Este objetivo comum entre as duas ciências, unido à necessidade de maiores esclarecimentos sobre o assunto, resultou em uma pluralidade de abordagens sobre o tema.

Basicamente, os construtos básicos de uma ontologia estão pautados nas classes e suas relações, funções, axiomas e instâncias. Entretanto, outros aspectos relacionados à delimitação do que é ontologia, retratados na literatura, dizem respeito à determinação de seus componentes, tipologia e métodos de construção.

Dentre os autores que se dedicaram a construir divisões tipológicas, está Uschold (1996) que apresentou as ontologias de domínio, tarefa e representação ou meta-ontologia. Uma segunda tipologia identificada na literatura, e que servirá de parâmetro para esta pesquisa, foi apresentada por Guarino (1998) que definiu os tipos de ontologia como: de nível superior, domínio, tarefa e aplicação.

Este cenário despertou o seguinte questionamento da pesquisa: **No universo das Ciências da Computação e Informação, quais os tipos de ontologia mais utilizados e quais as suas funções, as áreas do conhecimento mais adiantadas na aplicação dessa ferramenta e em que contexto esses tipos estão inseridos?**

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Investigar as principais características das ontologias de domínio, de aplicação, de tarefa e de topo registradas na literatura das áreas de Ciência da Informação (CI) e Ciência da Computação (CC).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Levantar na literatura de CI e CC artigos que tratem sobre ontologias de domínio, aplicação, tarefa e de topo;

Caracterizar os artigos quanto à área (CI e CC) e o tipo de ontologia (de domínio, de aplicação, de tarefa e de topo);

Categorizar as principais características encontradas nos artigos sobre cada tipo de ontologia;

Analisar as características de cada tipo de ontologia.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico desta pesquisa está dividido em quatro partes que apresentam os conceitos de: informação e conhecimento; organização e representação da informação e do conhecimento; os sistemas de organização do conhecimento; e as ontologias e suas metodologias de desenvolvimento. Para isso, a investigação se debruçou sobre a literatura da Ciência da Informação e da Ciência da Computação, nesta última mais especificamente na Inteligência Artificial. A Ciência da Informação norteia, exclusivamente, o entendimento a respeito da Informação e do Conhecimento, e ainda, sobre a Organização e Representação da Informação. Para os demais assuntos, são utilizadas abordagens das duas áreas do conhecimento, justificando a interdisciplinaridade da Ciência da Informação.

3.1 INFORMAÇÃO E CONHECIMENTO

Dada a abrangência e a proximidade entre os conceitos de informação e conhecimento, e a presença frequente dessas noções em grande parte dos estudos em Ciência da Informação (CI), é necessário delimitá-los na perspectiva do domínio que aqui será tratado.

A complexidade no uso do termo informação é abordada no trabalho de Capurro e Hjørland (2007) em que apresentam um panorama sobre o conceito do termo. A dificuldade de se chegar a um único conceito justifica-se pelo fato de a informação permear toda a atividade humana (BROOKES, 1980). Consequentemente, vários conceitos diferentes sobre informação estão inseridos em diversas áreas do conhecimento. Sendo assim, é necessário apresentar, mesmo que de forma superficial, como a CI conceitua informação, delimitando o foco a ser utilizado nesta pesquisa.

Saracevic (1996) define a Ciência da Informação como um campo,

dedicado às questões científicas e à prática profissional voltadas para os problemas da efetiva comunicação do conhecimento e de seus registros entre os seres humanos, no contexto social, institucional ou individual do uso e das necessidades de informação. No tratamento destas questões são consideradas de particular interesse as

vantagens das modernas tecnologias
informacionais (SARACEVIC, 1996, p. 47).

Por ser uma área interdisciplinar, a relação da CI com outras áreas do conhecimento como a Ciência da Computação (CC), Biblioteconomia, Documentação, Comunicação e a Ciência Cognitiva, contribuiu para a sua evolução e expandiu suas possibilidades de atuação, permitindo colaborar de forma significativa em pesquisas relacionadas às tecnologias de disseminação e referente às necessidades de informação da sociedade.

Em relação à origem da Ciência da Informação, pesquisadores atribuem duas ações que contribuíram de maneira significativa para a sua criação: a primeira está atrelada a área da documentação e bibliografia, com participação de Paul Otlet e Henri La Fontaine; e a segunda, pela influência do artigo de Vannevar Bush (1945), em que “estimulou a preocupação de cientistas e administradores científicos com a informação científica e tecnológica e as tecnologias de processamento da informação” (ALMEIDA, 2005, p. 60).

Capurro e Hjørland (2007) destacam como definição mais utilizada na área a que afirma que a CI,

se ocupa com a geração, coleta, organização,
interpretação, armazenamento, recuperação,
disseminação, transformação e uso da informação,
com ênfase particular, na aplicação de tecnologias
modernas nestas áreas. (CAPURRO;
HJORLAND, 2007, p. 186)

Na Ciência da Informação, o estudo epistemológico da área realizado por Capurro (2003) é dividido em três paradigmas. O primeiro de caráter fisicista está atrelado à Teoria da Informação de Shannon e Weaver (1972) e a teoria de “informação como coisa” de Buckland (1991), em que de forma simplista um emissor transmite algo, um objeto informacional, a um receptor (CAPURRO, 2003). O segundo, de caráter cognitivista, está pautado no trabalho de Brookes (1980), em que aborda o pluralismo metafísico de Karl Popper (3 mundos) relacionando-o à Ciência da Informação por meio do conhecimento subjetivo e objetivo. A terceira visão (paradigma), chamada de social, aborda os estudos de Hjørland e Capurro e está atrelada à relação entre a sociedade e os meios

de comunicação, entre o usuário e os sistemas de recuperação de informação, mais precisamente as problemáticas econômicas, técnicas, políticas e sociais advindas dessas relações, porém esta visão não será abordada nesta pesquisa.

O motivo pelo qual a visão social não será tratada, se da pelo fato de que nesta pesquisa, iremos explorar, de acordo com a definição de Capurro e Hjørland (2007) a respeito da CI, apenas os aspectos relativos à coleta, organização e recuperação da informação, não envolvendo a disseminação, transformação, uso e seus impactos nos usuários, estando assim, mais atrelados aos paradigmas físico e cognitivo da Ciência da Informação.

Os enlaces da CI com outras áreas do conhecimento permite navegar entre suas diferentes visões do conceito de informação, que serão apresentadas adiante, justificando o fato de que uma complementa a outra e não podem ser vistas como uma evolução no conceito.

Dentro da **visão física**, Buckland (1991, p. 351) apresenta três principais usos da palavra informação: informação-como-processo, informação-como-conhecimento e informação-como-coisa. No primeiro, o autor argumenta que a informação está atrelada ao “ato de informar”, ou seja, “quando alguém é informado, aquilo que conhece é modificado”. O segundo uso do termo se refere à redução de incertezas, isto é, a informação é utilizada “para denotar aquilo que é percebido na informação-como-processo”, caracterizada pelo autor como algo intangível. Já o terceiro, diz respeito à informação-como-coisa “atribuído para objetos, assim como dados para documentos”, sendo este o tipo de informação que está inserido nos estudos que abordam os processos de Organização e Representação da Informação.

Informação-como-coisa podem ser dados, textos, documentos e objetos, todos incluindo seus formatos eletrônicos. “Qualquer expressão, descrição ou representação seria informação-como-coisa” (BUCKLAND, 1991, p. 351). Essa afirmação esclarece que em relação aos tipos físicos de informação, quando estamos debruçados em aspectos relacionados a sua organização, como é o caso de uma parcela desta pesquisa, estamos falando sobre a informação-como-coisa.

A **visão cognitiva** está relacionada às “interações entre os processos físicos e mentais ou entre os modos subjetivos e objetivos de pensamento”. (BROOKES, 1980, p. 126).

Analisando as interações subjetivas e objetivas por meio das observações de Brookes (1980), no qual o autor utiliza-se do esquema ontológico de Popper, entramos num campo em que a proximidade entre os conceitos de informação e conhecimento evidenciam a dificuldade de

esclarecer o ponto em que um termina e o outro começa. Porém, da mesma forma que foi necessário elucidar o conceito de informação aqui utilizado, informação-como-coisa, física, é imperativo que seja feito o mesmo com o termo conhecimento que, como veremos, Popper apresenta duas abordagens diferentes, sendo elas o conhecimento subjetivo e o conhecimento objetivo.

[...] o conhecimento é parte importante da própria definição da informação, o entrelaçamento conceitual entre ambos faz com que, quando um se torna mais semelhante e igualado à sua definição, mais traz o outro para sua plena realização. (XAVIER; COSTA, 2010, p. 81).

Enquanto alguns filósofos reconhecem uma dualidade (dois mundos) da realidade, o mundo físico e o mundo mental, Popper vai além e apresenta um terceiro mundo, o do conhecimento objetivo, que é o pensamento humano registrado em objetos informacionais (BROOKES, 1980).

Segundo o autor, temos então o esquema ontológico de Popper da seguinte forma:

Mundo 1: O mundo físico, do cosmos em que a Terra, embora seja vital para nós, é apenas um pontinho insignificante na imensidão do universo [...]

Mundo 2: O mundo do conhecimento humano subjetivo ou “estados mentais”.

Mundo 3: O mundo do conhecimento objetivo, o produto da mente humana registrado [...] (BROOKES, 1980, p. 127, tradução nossa).¹

Ao inserir tal esquema na Ciência da Informação, o mundo 1 está relacionado a todas as coisas reais (objetos tangíveis, suportes

¹ World 1. The physical world, the cosmos in which Earth, vital though it is to us, is but an insignificant speck in the immensity of the universe of radiation and matter.

World 2. The world of subjective human knowledge or ‘mental states’.

World 3. The world of objective knowledge, the products of the human mind as recorded in languages, the arts, the sciences, the technologies – in all the artefacts humans have stored or scattered around the Earth.

informativos), denominado como mundo físico, o mundo 2 está atrelado à mente humana ao intelecto e é chamada de conhecimento humano subjetivo, e o mundo 3 é denominado de conhecimento objetivo.

Os livros e outros objetos são entidades físicas, partes do Mundo 1 de Popper, utilizadas pelas pessoas para armazenar conhecimento. Tal conhecimento tem uma existência como algo físico, independente dos seus criadores. É deste conhecimento objetivo (Mundo 3 de Popper) que a Ciência da Informação deve se ocupar. Mais que isso, os cientistas da informação, segundo os argumentos de Brookes, têm duas tarefas relevantes a cumprir. A primeira, de caráter prático, é coletar e organizar para uso os registros do Mundo 3. Outra, de ordem teórica, é estudar as interações entre os Mundos 2 e 3 (BATISTA; COSTA; ALVARES, 2007, p. 2).

O conhecimento subjetivo está relacionado então aos pensamentos individuais e é estudado por algumas áreas como a Ciência Cognitiva, que será abordada nesta pesquisa quando tratarmos sobre o tema da Organização do Conhecimento, entretanto nossa abordagem em relação a este tema está atrelada ao conhecimento registrado, logo, estaremos explorando o mundo 3. Para Popper (1973, p. 35), apenas “o conhecimento objetivo é criticável: o conhecimento subjetivo só se torna criticável quando se torna objetivo. E torna-se objetivo quando dizemos o que pensamos; e mais ainda quando o escrevemos, ou imprimimos”.

Dessa forma o conhecimento objetivo é exemplificado por Popper (1973, p. 78) como, “teorias publicadas em revistas e livros e conservadas em bibliotecas; discussões dessas teorias; dificuldades ou problemas apontados em conexão com essas teorias; etc.”.

Evidentemente que nos dias atuais podemos inserir o suporte tecnológico como meio de discussão e disseminação dessas teorias.

São esses objetos informativos que a área de Ciência da Informação se ocupa em coletar, organizar, interpretar, armazenar e recuperar, como visto anteriormente na definição de Capurro e Hjørland.

Logo, as ações que refletem na Organização e Representação da informação fazem parte do mundo 1, relacionado à informação-como-coisa, física, enquanto que a Organização e Representação do Conhecimento, atrelados aos Sistemas de Organização do

Conhecimento (SOC), podem estar inseridos, dependendo do sistema a ser utilizado, nos mundos 1, 2 ou 3. Sistemas tradicionais da Ciência da Informação estão relacionados ao conhecimento objetivo (mundo 3), novos sistemas como as ontologias dependem de alguns fatores como a área do conhecimento e o nível de representação ontológica para relacioná-las ao esquema de Popper.

Esses assuntos serão detalhados no capítulo a seguir. Vale ressaltar que este aporte teórico cumpre, a princípio, o papel de explicar o recorte conceitual utilizado nesta pesquisa, porém, nada impede que essas abordagens permitam pensar mais detidamente no assunto.

3.2 ORGANIZAÇÃO E REPRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO

Considerando que ao tratarmos da organização e representação da informação estamos nos detendo a processos e descrições dos suportes informacionais e de seu conteúdo, podemos considerar como visto anteriormente, a imersão no mundo 1 de Popper relacionado à tudo que é tangível e também em parte do mundo 3, pois estaremos representando também o conteúdo dos objetos.

De acordo com Xavier e Costa (2010, p. 80), “disponibilizar informação é promover a geração de conhecimento, que por sua vez produzirá mais informação e assim sucessivamente [...]”. Os autores afirmam que para a informação produzir esse efeito na sociedade, além de ser útil, relevante e de qualidade é necessário que esteja registrada, armazenada, organizada e estar disponível para recuperação por suportes materiais e tecnológicos.

A Organização da Informação (OI) consiste no processo de individualizar um item informacional por meio de sua descrição física (características físicas do suporte e do formato que está registrado) e da descrição de seu conteúdo (ponto de vista temático) objetivando facilitar a sua recuperação (BRASCHER; CAFÉ, 2008; VICTORINO; BRASCHER, 2009). “A descrição é o elemento chave da organização da informação”. (CAFÉ; BRASCHER, 2008, p. 55)

Resultados de qualidade, advindos das buscas em sistemas de informação, dependem dentre outros procedimentos, de processos e instrumentos adotados na organização da informação. Além disso, a adoção dos processos de OI prioriza o usuário final dos sistemas de informação, que o utilizam para atender suas necessidades específicas.

Para que isso ocorra com eficácia é necessário que as informações sejam organizadas de maneira inteligente nos sistemas de recuperação da informação. Dessa forma, “o objetivo essencial e que define um sistema de organização da informação é de reunir as informações semelhantes e diferenciar o que não é exatamente semelhante” (SVENONIUS, 2000, p.11, tradução nossa)².

Sendo assim, a **descrição física**, procura apresentar as características específicas do documento, ou seja sua descrição bibliográfica, evidenciando sua individualidade pela descrição dos elementos de um objeto informacional, como o autor, editor, data, título, além de definir e padronizar seus pontos de acesso. (MONTEIRO; GIRALDES, 2008; MAIOMONE; SILVEIRA; TÁLAMO, 2011).

Para isso, podemos utilizar os princípios da catalogação, que orientam a descrição bibliográfica e pontos de acesso de um objeto informacional, para objetos de origem digital (itens de uma biblioteca digital) adotamos os recursos dos metadados para este tipo de descrição.

A **descrição de conteúdo** procura representar os assuntos dos objetos informacionais, aplicando métodos com base na Linguística, permitindo aproximá-los semanticamente com o intuito de facilitar a recuperação de objetos que abordam temas semelhantes. (MONTEIRO; GIRALDES, 2008; MAIOMONE; SILVEIRA; TÁLAMO, 2011).

Dentre os instrumentos que podem ser usados na descrição de conteúdos estão o sistema de classificação, o tesauro e a taxonomia. A semântica utilizada por eles é considerada por Almeida e Souza (2011), como de uso humano, e os instrumentos apontados pelos autores em ordem de importância em relação à expressividade semântica são: Sistemas de Classificação, Taxonomia e Tesauro, ou seja o terceiro possui maior expressividade que o segundo, que por sua vez, possui expressividade semântica maior que o primeiro.

A aplicação de tais instrumentos na descrição dos objetos informacionais está intimamente relacionada com a qualidade dos processos de OI, conforme menciona Svenonius (2000). Para a autora,

a vantagem a ser alcançada por considerar o ato de organizar informação como a aplicação de uma linguagem específica é que os constructos da

² The essential and defining objective of a system for organizing information, then, is to bring essentially like information together and to differentiate what is not exactly alike. (SVENONIUS, 2000, p. 11)

linguística, tais como vocabulário, semântica e sintaxe podem ser usados para generalizar, entender e avaliar diferentes métodos de organização da informação - catalogação, classificação e indexação. (SVENONIUS, 2000, p. 6, tradução nossa)³

Com o intuito de simplificar e demonstrar as atividades relacionadas ao processo de OI, enumerou-se suas funções de acordo com Taylor e Joudrey (2009, p. 4, tradução nossa):

1. Identificar a existência de todo tipo de pacote informacional, na forma como estão disponibilizados.
2. Identificar obras intelectuais contidas nesses pacotes informacionais.
3. Reunir sistematicamente, os pacotes informacionais em coleções dispostas em bibliotecas, arquivos, museus, arquivos na Internet e outros repositórios.
4. Produzir listas desses pacotes informacionais, preparadas de acordo com padrões e regras para citação.
5. Prover nome, título, assunto, e outros critérios de acesso úteis para esses pacotes informacionais.
6. Prover meios de localizar cada pacote informacional ou uma cópia do mesmo ⁴.

³ The advantage to be gained by looking at the act of organizing information as the application of a special-purpose language is that linguistic constructs such as vocabulary, semantics, and syntax then can be used to generalize about, understand, and evaluate different methods of organizing information - cataloging, classification, and indexing. (SVENONIUS, 2000, p. 6)

⁴ 1) Identifying the existence of all types of information resources as they are made available. 2) Identifying the works contained within those information resources or as parts of them. 3) Systematically pulling together these information resources into collections in libraries, archives, museums, Internet communication files, and other such depositories. 4) Producing lists of these information resources prepared according to standard rules for citation. 5) Providing name, title, subject, and other useful access to these information resources. 6) Providing the means of locating each information resource or a copy of it.

A padronização é a palavra-chave no processo de OI. Lembrando que padronizar não significa eliminar ambiguidades, mas, conhecendo a realidade existente, apresentar possibilidades de representação normalizada. Para tanto, a adoção dos instrumentos citados é fundamental.

Além dos objetivos da OI indicados por Taylor (2004), destacamos o de contribuir para estudos bibliométricos da produção científica de diversas áreas do conhecimento. Café e Brascher (2008) mencionam a este respeito que

uma organização padronizada da informação em bases de dados proporciona a recuperação de itens relevantes que revelarão uma distribuição mais próxima da realidade e, conseqüentemente, a verificação adequada dos conceitos de núcleo e dispersão. (CAFÉ; BRASCHER, 2008, p. 55).

As autoras ainda argumentam que “o produto desse processo descritivo é a Representação da Informação, entendida como um conjunto de elementos descritivos que representam os atributos de um objeto informacional específico.” (BRASCHER; CAFÉ, 2008, p. 5).

Para que possamos compartilhar a informação organizada é necessário utilizar padrões de representação. Inserido nesse processo organizacional, a Representação da Informação (RI) é vista como produto da OI e consiste, como visto anteriormente, nos elementos (resultados) da descrição física e de conteúdo dos documentos, podendo ser: um conjunto de descritores resultantes da catalogação ou metadados (quando utilizados em bibliotecas digitais) para a descrição física e um termo controlado (cabeçalho de assunto), uma palavra-chave (indexação) ou um resumo para a descrição de conteúdo.

Para Castro (2008, p. 75), “a representação não tem que conter e mostrar toda a possível informação sobre uma certa realidade, mas tem que prover a informação que é pertinente à realização de uma tarefa”. A RI então consiste na “substituição de uma entidade linguística longa e complexa, por sua descrição abreviada [...]” (MONTEIRO; GIRALDES, 2008, p. 13). Nesse sentido, toda RI é o resultado de escolhas frente a critérios definidos. Deriva portanto de um processo de decisão segundo valores pré-determinados.

Sendo assim, a representação da informação está dividida em representação descritiva e representação temática.

[...] a representação descritiva visa, por meio de seus processos complexos de geração de catálogos e índices, descrever e armazenar fisicamente as coleções. Já a representação temática, por meio da classificação sistemática (numérica), tem como objetivo apontar o conteúdo temático de seus objetos. (MONTEIRO; GIRALDES, 2008, p. 14)

É importante ter em mente que as representações descritiva e de conteúdo (temática) são, “simultaneamente, complementares e que a visão segmentada destas tem função no ensino e aprendizagem, pois, cada qual, requer conhecimentos específicos, mas é necessário entendê-las em seu contexto amplo para que a representação da informação seja plena” e realize seu principal objetivo, o de permitir uma comunicação eficaz entre sujeito e objeto (usuário e documento) (MAIOMONE; SILVEIRA; TÁLAMO, 2011, p. 28). Novas tecnologias baseadas em pesquisas na temática *Web* semântica, segundo Castro e Santos (2009, p. 75),

desenvolvem-se com o intuito de tentar agregar semântica à descrição bibliográfica para um tratamento mais efetivo dos conteúdos digitais. A *Web* semântica oferece algumas soluções para diferentes problemas, criando nova visão para a representação, o armazenamento e o processamento dos dados. Algumas dessas soluções poderiam ser implementadas para potencializar os resultados das buscas no âmbito das bibliotecas digitais.

Esses avanços estão sendo alcançados pelo uso de ontologias e tecnologias semânticas, porém teremos um capítulo específico para tratarmos sobre o assunto ontologia e no momento é importante apenas relatar os avanços que estão ocorrendo no que diz respeito às formas de descrição bibliográfica.

Podemos dizer que até aqui, os instrumentos são utilizados no processo de OI para representar suas características temáticas, descrevendo seu conteúdo e permitindo a identificação do assunto à que se referem. Entretanto, para que os instrumentos sejam eficazes na OI, é necessário que se utilizem métodos adequados para representar o conhecimento, procurando se aproximar da visão de mundo de uma

dada realidade. O objetivo final é, ao aplicar estes sistemas de organização do conhecimento na descrição de objetos informacionais, obter uma recuperação de qualidade.

Quando abordamos as características da OI e RI, estávamos inseridos no mundo físico (mundo 1) e explorando parte do mundo 3. Entretanto, ao tratarmos de conceitos, ou seja, representação de ideias, dependendo da forma com que abordamos o assunto ou instrumentos que utilizamos, podemos estar inseridos no mundo dos estados mentais (mundo 2) ou no mundo do conhecimento objetivo (mundo 3), ou ainda transitando entre os dois mundos (2 e 3). O fato é que precisamos esclarecer os caminhos adotados pela Ciência da Informação e qual a contribuição que outras áreas do conhecimento podem dar, principalmente quando o assunto é os novos sistemas de organização do conhecimento, como as ontologias.

O termo Organização do Conhecimento (OC) surgiu nos livros de Henry Evelyn Bliss (*A organização do conhecimento e o sistema das ciências* (1929) e *A organização do conhecimento nas bibliotecas* (1933))⁵ e está associado ao desenvolvimento dos sistemas de classificação como a Classificação Decimal de Dewey (CDD), criado por Melvin Dewey.

Alguns autores associam à organização do conhecimento, estudos bem mais antigos, como a classificação do conhecimento (ou classificação das disciplinas) de Platão (427-347 a.C.), em que agrupou o conhecimento em três partes: Física, Ética e Lógica e a de Aristóteles (384-322 a.C) que usa como base o fim ao qual se propõe as ciências dividindo-as em ciências teóricas, ciências práticas e ciências poéticas. Estas porém são classificações cuja preocupação não é a organização bibliográfica.

Uma segunda abordagem, relativa a origem da organização do conhecimento, é a classificação dos conceitos e a árvore de Porfírio (232-305 d. C) com sua classificação dicotômica em forma de árvore.

A imagem de árvore origina o sistema de classificação e ao mesmo tempo reflete o modelo dicotômico, hierárquico, estruturalista e linear do regime significante do signo. A classificação trabalha com as relações ontológicas do saber com

⁵ The Organization of Knowledge and the System of Sciences (1929) e Organization of Knowledge in Libraries (1933)

o objetivo de organizar o conhecimento [...] (MONTEIRO; GIRALDES, 2008, p. 18).

No século XVII, o termo “sistema” começava a entrar em uso no lugar de “árvore” para designar a organização do conhecimento e era aplicado tanto a disciplinas específicas quanto ao conhecimento como um todo, dessa forma eram três os sistemas de classificação e organização do conhecimento: organização dos currículos, a ordem das bibliotecas e as enciclopédias (BURKE, 2003).

De acordo com Piedade (1983, p. 56), uma das classificações mais importantes da época e que acabou influenciando as várias classificações bibliográficas foi a de Francis Bacon (1561-1626) que “divide as ciências segundo as faculdades humanas em jogo: a memória, a imaginação e a razão”. Ainda segundo a autora “deste sistema, sofreram influência, entre outras, as classificações bibliográficas de Harris (1870), Dewey (1876), Classificação Decimal Universal (1905) e Classificação da Biblioteca do Congresso dos Estados Unidos”.

Esses sistemas serão abordados, mais adiante, como Sistemas de Organização do Conhecimento (SOCs) relativos ao processo de OC. A intenção até aqui foi apenas apresentar um contexto histórico inicial sobre as abordagens em relação às origens da organização do conhecimento atreladas a área da Ciência da Informação.

Sobre o conceito do termo “organização do conhecimento”, Dahlberg (2006, p. 11) relata que o objeto de estudo da OC e sua área de atuação já estão indicados no próprio nome, ou seja, “conhecimento” tem o sentido de “o conhecido” e “organização” tem o sentido de “atividade de construir algo de acordo com um plano”.

O processo de organização do conhecimento se aplica a unidades do pensamento (conceitos) e visa a construção de modelos de mundo que se constituem em abstrações da realidade (BRASCHER; CAFÉ 2008).

Segundo as autoras supracitadas,

delineamos a OC como o processo de modelagem do conhecimento que visa a construção de representações do conhecimento. Esse processo tem por base a análise do conceito e de suas características para o estabelecimento da posição que cada conceito ocupa num determinado domínio, bem como das suas relações com os

demais conceitos que compõem esse sistema nocional. (BRASCHER; CAFÉ, 2008, p. 8).

Para Dahlberg (2006, p. 12, tradução nossa), “pode-se distinguir entre duas aplicações da organização do conhecimento”: a) A construção de sistemas de conceitos, e, b) A correlação ou o mapeamento de unidades de um sistema de conceito com objetos da realidade.⁶

Hjorland (2008) atribui dois sentidos diferentes para a organização do conhecimento: a) sentido mais restrito associado as atividades de indexação e classificação de documentos, que são sistemas mais estudados pelas áreas de Biblioteconomia e Ciência da Informação; b) o sentido mais amplo, dividido em duas vertentes: a primeira relacionada em como o conhecimento é organizado socialmente (organização de universidades e disciplinas) e a segunda atrelada à organização intelectual ou cognitiva do conhecimento (organização de estruturas da realidade).

Independentemente de concordar ou não com os apontamentos apresentados no estudo de Hjorland (2008), é importante destacar que o autor contribui com uma crítica ao considerar apenas uma visão sobre a OC, apresentando diversas abordagens sobre possíveis contribuições de outras visões e que outras áreas do conhecimento podem ajudar na evolução nos processos de organização do conhecimento.

Dessa forma, é possível apresentar visões diferentes sobre a OC das utilizadas pela Ciência da Informação para que possamos apresentar as que mais se aproximam das abordadas nesta pesquisa.

Dentre as áreas que também consideram a OC como objeto de estudo está a Gestão do Conhecimento, em que aborda os aspectos intangíveis de uma empresa, dentre esses aspectos estão as ações de seus colaboradores e executivos, como relação com os clientes, tomada de decisão e novos *insights*. O que impulsiona a amplificação do conhecimento organizacional, de acordo com Nonaka e Takeushi (1997, p. 19),

⁶ Here one may distinguish between two applications of organizing knowledge, namely:

a) The construction of concept systems; and,

b) The correlation to, or the mapping of, units of such a concept system with objects of reality.

é a interação contínua, dinâmica e simultânea entre o conhecimento tácito e o conhecimento explícito. O conhecimento tácito é aquele que provém de ações e experiência corporal do indivíduo, assim como das ideias, valores ou emoções que ele incorpora. Por outro lado, o conhecimento explícito ou codificado refere-se ao conhecimento que é transmissível na linguagem formal, sistemática. Pode ser expresso em palavras, números e sons, e compartilhado na forma de dados, fórmulas científicas, recursos visuais, entre outros.

Nesta área, o conhecimento explícito é foco da gestão da informação, isto é, o conhecimento quando explicitado se torna informação, enquanto que a gestão do conhecimento está preocupada com a gestão do conhecimento tácito (TARAPANOFF, 2006), ou seja, está alinhada aos estudos do conhecimento subjetivo.

A gestão do conhecimento está focada em melhorar os processos de criação, compartilhamento e utilização do conhecimento dos colaboradores, por meio de ações que permitam colocar em prática os processos necessários para a conversão do conhecimento nas organizações. Nonaka e Takeuchi (1997) denominaram esse processo de conversão como Socialização, Externalização, Combinação e Internalização (SECI) do conhecimento.

Dessa forma, dentre as atividades da área, a principal é a de transformar ou converter o conhecimento tácito em explícito, ou seja, em informação pertinente para os gestores, por meio de ferramentas e ações estratégicas, para que assim, seja possível compartilhar o conhecimento em uma organização. Porém, encontrar a melhor forma de representar e compartilhar o conhecimento de forma que reflita na melhoria da tomada de decisão é um dos desafios a serem percorridos constantemente pelos pesquisadores da área.

A Ciência Cognitiva preocupa-se principalmente em compreender de que maneira o indivíduo se apropria do conhecimento. De acordo com Andalécio e Souza (2008, p. 74), “a cognição envolve o discurso, a comunicação ordenada do pensamento ou o poder de pensar logicamente”.

Segundo o CITI (2008), a Ciência Cognitiva tem como objetivo,

compreender a inteligência humana, as ciências cognitivas têm a finalidade de descrever, explicar e, eventualmente, simular as principais disposições e capacidades do espírito humano – linguagem, raciocínio, percepção, coordenação motora e planificação[...] (CITI, 2008).

Podemos observar, portanto, que a cognição por envolver diversas atividades mentais, torna-se uma atividade de grande complexidade, exigindo uma interação constante e que permite alterações da competência do sujeito inserido no processo de construção de seu conhecimento.

Andalécio e Souza (2008) reuniram abordagens sobre a aquisição do conhecimento descritas pela Ciência Cognitiva que permitem evidenciar parte do campo de ação de outras áreas do conhecimento. Dentre as abordagens apresentadas pelos autores, pode-se destacar a “abordagem behaviorista”, em que a cognição é vista como alteração de comportamento e que influencia as atividades da área de gestão do conhecimento já indicadas anteriormente e a “abordagem de processamento da informação” que, inserida nos processos de percepção, memória e inferência, analisa como a informação é interpretada, armazenada, recuperada e avaliada.

Esta última abordagem utiliza-se do computador como ferramenta para simulação dos processos mentais e impulsionou o desenvolvimento da área de inteligência artificial.

Dessa forma, a Ciência da Computação, mais especificamente a Inteligência Artificial (IA) é outra área que pode ser incluída entre as que abordam a organização do conhecimento em suas pesquisas. Enquanto grande parte dos estudos da Ciência da Informação está focada em como organizar, representar e disponibilizar o conhecimento registrado (mundos 1 e 3), a Ciência Cognitiva em compreender a inteligência humana (mundo 2), a Gestão do Conhecimento em transferir o conhecimento implícito em processos decisórios (interação entre os mundos 2 e 3), na Inteligência Artificial, basicamente, a preocupação em relação ao tratamento do conhecimento está atrelada a aquisição do conhecimento por máquinas (relacionado à Engenharia do Conhecimento). Nesse sentido, a IA preocupa-se com a transferência do conhecimento disponível para um formato possível de ser utilizado em sistemas de conhecimento informatizados.

O fato é que o conhecimento, disponível a ser transformado, pode transitar entre os 3 mundos, dependendo da aplicação, diferentemente

das outras áreas do conhecimento apresentadas que possuem o seu objeto de estudo mais delimitado.

Newel (1982, p. 88, tradução nossa) explica que a visão a ser explorada pela IA em relação a organização e representação do conhecimento é a de “componentes funcionais que compõem um sistema inteligente” como sistemas de percepção, memória, processamento, entre outros⁷.

Isso porque inicialmente os pesquisadores de IA imaginavam que a base de conhecimento deveria ser um resumo do conhecimento que está na mente dos especialistas do domínio em questão. Entretanto, para o uso eficaz na resolução de problemas, a base precisaria refletir a estrutura real do domínio (VICKERY, 1997). Dessa forma, a Engenharia do Conhecimento percebeu que não bastaria representar apenas o pensamento humano, era necessário abarcar tudo o que fosse possível do domínio a ser explorado.

Sendo assim, o conhecimento é adquirido e representado de forma explícita em bases de conhecimento, por diferentes métodos, e a aquisição pode ser realizada pela consulta direta a especialistas, manualmente e/ou com o auxílio de ferramentas automatizadas que se utilizam de consultas à literatura do domínio a ser representado (GRUBER, 1989).

Conclui-se então que a construção de modelos de mundo, realizada pela aquisição e representação do conhecimento, cujo processo é fundamental na Organização do Conhecimento, caracteriza-se pelo objetivo do compartilhamento e da utilização de conceitos do senso comum. Dessa forma, podemos atribuir um caráter objetivo nesse processo, do contrário estaríamos subjetivando um processo que tem a coletividade como preceito básico, acarretando na ineficiência do resultado, ou seja, teríamos entidades compostas por unidades de conhecimento sem valor coletivo.

Ao estudarmos as formas de organizar e representar o conhecimento nos deparamos inevitavelmente com contribuições fundamentais da filosofia e da classificação das ciências, entretanto é

⁷ Two orthogonal and compatible basic views of the enterprise of AI serve our Field, beyond all theoretical quibbles. [...] The second view is the functional components that comprise an intelligent system. There is a perceptual system, a memory system, a processing system, a motor system, and so on. It is this second view that we need to consider to address the role of representation and knowledge.

possível observar que os instrumentos tradicionais, utilizados pelos humanos para este fim, estão fundamentados na visão dualística da realidade, ou seja, tais instrumentos foram desenvolvidos numa linha de pensamento em que seus pensadores visualizavam a realidade física ou mental.

Atualmente, com a contribuição da Ciência da Computação, relacionada aos avanços no compartilhamento do conhecimento, pelas ontologias, em que o conhecimento representado leva em consideração uma visão comum de agentes inseridos em determinado domínio, utilizando-se de conceitos previamente estabelecidos, possibilita ampliarmos a visão da realidade e considerar além dos espectros físicos e do conhecimento subjetivo, passando a reconhecer um terceiro, relacionado ao conhecimento objetivo e que permite, de fato, sua representação pela visão coletiva.

Não que esta pesquisa esteja desconsiderando visões diferentes como as apresentadas anteriormente, mas neste caso, cabe justificar a inserção do processo de OC também no mundo 3 (conhecimento objetivo). A visão utilizada aqui tende a estar mais próxima da que não descaracteriza o conhecimento registrado, mas lhe atribui características que o diferenciam da informação e recebe o nome de conhecimento objetivo, podendo assim lidar com todas as perspectivas de mundo disponíveis no processo de organização e representação do conhecimento, que aqui foram atreladas às visões de mundo de Popper.

Da mesma forma que a Representação da Informação foi definida anteriormente como o produto da Organização da Informação, a Representação do Conhecimento (RC) é o resultado da Organização do Conhecimento. A RC “é feita por meio de diferentes tipos de Sistemas de Organização do Conhecimento (SOC) que são sistemas conceituais que representam determinado domínio por meio da sistematização dos conceitos e das relações semânticas que se estabelecem entre eles” (BRASCHER; CAFÉ, 2008, p. 8).

De acordo com Vickery (1986), a representação do conhecimento,

[...] é uma questão que preocupa a Documentação desde sua origem. O problema agora é relevante em muitas outras situações além dos documentos e índices. A estrutura de registros e arquivos de bases de dados; a estrutura de dados nos programas de computador; a estrutura sintática e semântica da linguagem natural; a representação

do conhecimento em inteligência artificial; os modelos de memória humana; em todos esses campos é necessário decidir como o conhecimento pode ser representado de forma que estas representações possam ser manipuladas (VICKERY, 1986, p.145).

A RC se constitui numa estrutura conceitual que representa modelos de mundo, os quais, citado por Campos (2004, p. 23), Le Moigne afirma que “permitem descrever e fornecer explicações sobre os fenômenos que observamos”. A definição mais próxima de representação do conhecimento que é trabalhada na área de Ciência da Informação, de acordo com Pinto (2010, p. 7),

é visualizada nas linguagens documentárias. Tais linguagens são fundamentadas nas terminologias das áreas do conhecimento, e isso quer dizer que os termos das terminologias representam os conceitos de uma área, e isso pode se traduzir em “*representar*” um conhecimento de um domínio. Talvez essa ação seja a mais próxima que podemos chegar de uma representação efetiva do conhecimento, assim como representar documentos talvez possa ser a mais próxima de representar a informação.

Entre os desafios da organização do conhecimento está o de compartilhar uma visão consensual da realidade, com isso, surgem diversos sistemas de organização do conhecimento em diferentes ambientes informacionais, que vão desde os sistemas de classificação em bibliotecas, até as ontologias em ambientes digitais. A representação do conhecimento, segundo Brascher e Café (2008a, p. 8),

é feita por meio de diferentes tipos de sistemas de organização do conhecimento (SOC) que são sistemas conceituais que representam determinado domínio por meio da sistematização dos conceitos e das relações semânticas que se estabelecem entre eles.

Levando em consideração as principais áreas do conhecimento que tem como objeto de estudo a representação do conhecimento,

podemos destacar as diferenças de foco em cada área, permitindo um entendimento melhor sobre a forma com que cada uma aborda o assunto. A Filosofia está concentrada nos estudos sobre as leis de raciocínio, para a Ciência da Informação a preocupação está na organização de conteúdo dos objetos informacionais e na recuperação de informação pelo uso das linguagens documentárias, já para a Ciência da Computação e suas áreas relacionadas, relatadas anteriormente, o foco está na construção de modelos e sistemas computacionais que permitam uma representação mais próxima da realidade, em que se utilizam de ferramentas que permitam organizar e representar formalmente conceitos e relações entre conceitos (SILVA, 2008).

Diante disso, os Sistemas de Organização do Conhecimento (SOCs) exercem um importante papel na padronização terminológica, permitindo uma melhor qualidade na organização e recuperação da informação, em alguns casos é possível fazer o uso restrito de termos ou até definir conceitos e relações, permitindo atender às necessidades dos pesquisadores das áreas relatadas no parágrafo anterior. A seguir serão apresentados os principais sistemas de organização do conhecimento.

3.3 SISTEMAS DE ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

Os Sistemas de Organização do Conhecimento (SOC) são instrumentos constituídos de uma estrutura conceitual e que podem ser adotados na representação temática do conteúdo de objetos informacionais.

Como verificado anteriormente, os sistemas são aplicados na organização da informação, permitindo construir e padronizar representações do conteúdo de um objeto informacional específico (Representação da Informação).

Para a criação de SOCs, é necessário a construção de estruturas que contenham características, conceitos e relacionamentos que representam modelos de mundo, ou seja descrevem parte da organização do conhecimento. O resultado desse processo, ou seja, a estrutura conceitual criada é chamada, como apresentado, de representação do conhecimento.

Dessa forma, os Sistemas de Organização do Conhecimento, concordando com Hjørland (2008), são ferramentas que mostram a interpretação organizada de estruturas do conhecimento. São essas estruturas que permitem representar o conhecimento.

Segundo Roqueta (2011, p.127, tradução nossa), as características principais de um SOC são:

- Sua referência ao conhecimento especializado, que está estabelecido de diversas formas (nas classificações científicas, na opinião de especialistas, etc.);⁸
- sua estrutura lógica, que se constrói de acordo a um método e a uma teoria de organização do conhecimento;⁹
- o controle de vocabulário, que contribui para a seleção, depuração, formalização e normalização da terminologia, além de estabelecer interações entre os termos, considerando critérios semânticos, linguísticos e disciplinares.¹⁰

Dentre os objetivos dos SOC, Schiessl e Shintaku (2012, p. 50), pautados em Vickery (2008), esclarecem que “os sistemas explicitam o conhecimento de um domínio e possibilitam a organização e recuperação de informações ou de outros tipos de objetos”. Além disso, auxiliam na construção de mapas semânticos, no provimento de bases conceituais para sistemas baseados em conhecimento, na navegação para busca de informação, entre outras possibilidades.

Soergel (1999) fornece um detalhamento maior em relação às funções ou possíveis aplicações dos SOC, dentre elas podemos destacar a de fornecer um mapa semântico para domínios individuais e as relações entre domínios, servindo como uma ferramenta de referência e podendo relacionar conceitos aos termos e fornecer definições. Dentre outras aplicações estão o de melhorar a comunicação e a aprendizagem, fornecer classificação para a ação, como a classificação de doenças para

⁸ Su referencia al conocimiento especializado, la que se establece de diversas maneras (apelación a clasificaciones científicas, garantía literaria, opinión de expertos, etc).

⁹ Su estructura lógica, que se construye de acuerdo a um método y a uma teoría de organizaci6ón del conocimiento.

¹⁰ El control de vocabulário, que contribuye a la selección, depuraci6n, formalizaci6n y normalizaci6n de la terminología que incluye, aís como al establecimiento relaciones recíprocas entre los términos, considerando criterios semânticos, lingüísticos y disciplinarios.

diagnósticos, suporte para recuperação da informação e servir como dicionário mono, bi ou multilíngue, tanto para uso automático quanto manual.

Em relação aos tipos de SOC, de acordo com Hodge (2000), estão: arquivos de autoridade, glossários, dicionários, cabeçalhos de assunto, sistemas de classificação, taxonomias, tesouros, redes semânticas e ontologias. Existem autores, como Roqueta (2011), que não concordam com a inclusão dos dicionários e glossários nessa lista por acreditarem que esses instrumentos não possuem as principais características dos Sistemas de Organização do Conhecimento. Mesmo assim, julgamos importante inseri-los aqui por fazerem parte da evolução dos sistemas que preconizam a melhoria na recuperação da informação, atividade incontestável em qualquer SOC.

Arquivos de autoridade: sistema de organização que não possui estruturas complexas e permite organizar termos de forma simples. Tem como função controlar os diferentes tipos de denominar uma entidade (países, pessoas físicas ou jurídicas) ou domínio específico. Os termos, normalmente, são apresentados em ordem alfabética ou suas estruturas seguem um esquema simples de classificação (MOREIRO GONZÁLEZ, 2011, p. 42). Uma hierarquia limitada pode ser usada neste sistema quando o acesso é manual ou o catálogo for muito grande.

Glossários: lista de termos acompanhados de definições ou comentários específicos, que podem ser a partir de um campo de assunto específico ou de um trabalho particular. De acordo (HODGE, 2000, p. 5, tradução nossa), “os termos são definidos dentro de um ambiente específico e raramente incluem significados variantes”.¹¹

Dicionários: listas alfabéticas de termos com suas definições, de alcance mais geral que os glossários, porém incluindo suas variantes semânticas e, às vezes, a origem do termo e sinônimos. Podem fornecer também variantes ortográficas, mas não possuem estrutura hierárquica explícita e nem agrupamento por conceito.

Cabeçalhos de assunto: conjunto de termos controlados de abordagem temática genérica que possuem estrutura hierárquica limitada para representar os assuntos. As regras para combinar termos são realizadas no momento da indexação com uma ordem previamente estabelecida (pré-coordenada). A localização dos termos é realizada sequencialmente e não permite recuperar documentos por termos que não estejam explicitamente definidos nos cabeçalhos.

¹¹ The terms are defined within a specific environment and rarely include variant meanings.

Sistemas de Classificação: tem como objetivo organizar as coleções bibliográficas por classes, conforme seus assuntos, por meio de uma estrutura hierárquica de conceitos. Para Brascher e Carlan (2010, p. 157),

o processo de classificação é uma formação metodológica e sistemática onde se estabelecem critérios para a divisão, isto é, a formulação de um esquema de categorias, classes e subclasses, baseado nas características e relações dos objetos considerados. É, também, um sistema logicamente estruturado onde os conceitos pré-determinados correspondem a um código identificador.

As autoras assinalam que “as classificações bibliográficas tiveram grande parte do seu desenvolvimento no final do século XIX e início do século XX”, quando foram criadas, dentre outras, a Classificação Decimal de Dewey (CDD) e a Classificação Decimal Universal (CDU). Esses sistemas, como visto nas seções anteriores, “se originaram dos modelos de classificação filosófica, porém, com o objetivo de organizar e localizar os documentos”. Maiome, Silveira e Tálamo (2011, p. 29) consideram que,

dentre as inúmeras contribuições para o controle, organização e recuperação da informação, certamente se destacam a Classificação Decimal Universal (CDU) e o princípio monográfico, que propõe a desobstrução da informação. A CDU, desenvolvida no início do séc. XX com base na Classificação Decimal de Dewey (CDD) busca representar e organizar o conhecimento humano universal.

Por ser um sistema de organização mais alinhado às classificações científicas e que procura ordenar documentos por grandes assuntos, os sistemas de classificação são mais utilizados por especialistas da área como os bibliotecários do que pelos usuários comuns.

Taxonomias: estruturas de organização baseadas em relações de classes e subclasses, agrupando termos ordenados hierarquicamente de acordo com características particulares.

[...] trata-se de uma lista de termos preferenciais com estrutura hierárquica. Uma taxonomia serve para ordenar informação em uma hierarquia, utilizando a relação pai-filho (generalização ou “tipo de”). Uma hierarquia é basicamente uma estrutura em forma de árvore que estabelece relação entre os objetos de generalização-especialização. Uma taxonomia estabelece uma semântica simples de acordo com algumas de suas propriedades. (MOREIRO GONZÁLEZ, 2011, p.51).

Dentre as características das taxonomias, pode-se destacar que facilitam a organização e recuperação mediante navegação em sites e portais, controlam a diversidade de significação e os termos são organizados hierarquicamente, porém não apresentam suas definições explicitamente, ou seja, a taxonomia inclui apenas suas relações. Além disso, apresentam a importante função de permitir coletar e representar conceitos por meio de termos.

Tesaurus: tipo de vocabulário controlado composto de uma lista de termos que representam os conceitos de um determinado domínio. De acordo com Almeida e Souza (2011, p. 44), “é um instrumento de controle de vocabulário que permite relacionar termos representativos do conteúdo de documentos de acordo com três tipos de relações: termo genérico, termo específico e termo relacionado”.

Dentre os principais objetivos estão o de controle de vocabulário em sistemas de documentação, o de eliminar a ambiguidade no domínio ao qual os termos pertencem e podem ser usado como mediador entre o usuário e os sistemas de busca.

A representação dos conceitos é feita por elementos estruturais ou unidades léxicas como os descritores, que representam os conceitos de forma única para consulta e indexação, os não-descritores, que são sinônimos dos descritores, e os descritores auxiliares (qualificadores), que qualificam e contextualizam o descritor.

Dessa forma, de acordo com Moreiro González (2011, p. 64), os tesaurus “oferecem inferência terminológica dentro de uma lista de conceitos que se expressam mediante termos simples ou sintagmáticos entre os quais se estabelecem relações semânticas”.

A estrutura dos tesaurus é constituída por alguns aspectos como a sua parte classificatória, denominada de ordenação, por sua parte hierárquica (subordinação) e pela associação dos termos. Os termos são controlados para que se possa evitar a sinonímia e a polissemia.

Redes semânticas: estrutura os conceitos como uma teia (rede), ou seja, os conceitos são vistos como nós e suas relações se ramificam a partir desses nós. O aumento da adoção do processamento por linguagem natural em sistemas de recuperação inteligentes, o uso de redes semânticas vem se tornando mais significativo. Outro aspecto importante relacionado às relações entre os termos (conceitos) é que além das hierarquias utilizadas nos tesauros como ‘termo geral’, ‘termo específico’ e ‘termo relacionado’, é possível incluir de forma explícita relações do tipo todo-parte, causa-efeito, ou relações pai-filho. Um importante exemplo de rede semântica é a WordNet, utilizada por vários motores de busca (HODGE, 2000, p. 7).

Ontologias: define os termos e conceitos (classes, relacionamentos e propriedades) utilizados para descrever e representar uma área do conhecimento. Acredita-se que com as ontologias seja possível dar um salto qualitativo na utilização de motores de busca, ou seja, ao em vez da busca ser por palavras-chave, serão utilizados agentes de *software* inteligentes pelo uso de conceitos, permitindo migrar de uma simples recuperação para a obtenção de respostas precisas a consultas concretas.

Para Hodge (2000, p. 7, tradução nossa), “ontologia é o mais novo rótulo para ser anexado a alguns sistemas de organização do conhecimento”¹², é possível representar relações complexas entre objetos, e incluir regras e axiomas que faltam nas redes semânticas.

Por meio do uso das ontologias, tanto por máquinas quanto por pessoas, é possível compartilhar conhecimento sobre um domínio, isto é, compartilhar conhecimento a respeito de áreas específicas como medicina e engenharia civil ou a respeito de ações específicas como o conserto de automóveis, fabricação de peças para a indústria, entre outras. As ontologias, como sugere Moreira Gonzáles (2011, p. 77),

codificam o conhecimento sobre um domínio, chegando a codificar conhecimento que cobre mais de um domínio. Desta forma, elas fazem com que o conhecimento seja reutilizável. Então, uma ontologia é uma descrição explícita e formal de conceitos em um domínio de discurso (classes, também chamadas conceitos), propriedades de

¹² *Ontology* is the newest label to be attached to some knowledge organization systems.

cada conceito, descrevendo várias características e atributos de conceito (*slots* – funções ou propriedades), e restrições sobre os *slots* (facetas – restrições de uma função). Uma ontologia com um conjunto de elementos de classe constitui uma base de conhecimento.

Como a ontologia é o objeto principal de estudo desta pesquisa e terá um capítulo dedicado apenas a este assunto, a abordagem apresentada neste item serve apenas para mostrar sua contribuição no cenário dos sistemas de organização do conhecimento.

É importante relatar que existem algumas variações entre cada sistema apresentado, entre elas está o poder de controle de vocabulário, ou seja, enquanto alguns, como os glossários e dicionários, tem como um de seus objetivos principais o controle de ambiguidade, as taxonomias além do controle de ambiguidade, agregam o controle de sinônimos e o relacionamento hierárquico, por sua vez, os tesauros as relações associativas e as ontologias, vão mais além e permitem a utilização de regras de inferência.

Esse aumento de atribuições ou possibilidades de controle do vocabulário de cada SOC são apresentados, de acordo com Schiessl e Shintaku (2012), pelo grau de complexidade. Quanto maior for a forma de relacionamentos permitidos pelo sistema, maior será o seu grau de complexidade.

O grau de complexidade está diretamente relacionado a ordem de expressividade semântica (ALMEIDA; SOUZA, 2011), em que coloca em ordem de expressividade os Sistemas de Classificação, as Taxonomias e os Tesauros.

Sendo assim, de acordo com os exemplos anteriores e desmembrando o modelo apresentado por Schiessl e Shintaku (2012), podemos apresentar 3 níveis pelo grau de complexidade:

- 1) Arquivos de autoridade, glossários e dicionários, responsáveis pelo controle de ambiguidade.
- 2) Cabeçalhos de assunto, sistemas de classificação e taxonomias, responsáveis pelo controle de ambiguidade, de sinônimos e pelo relacionamento hierárquico.
- 3) Tesauros, redes semânticas e ontologias, responsáveis pelo controle de ambiguidade, de sinônimos, pelo relacionamento hierárquico e associativo, pelos axiomas e regras de inferência.

O fato é que as ontologias vêm ganhando popularidade nas pesquisas das áreas de Ciência da Informação e principalmente da Ciência da Computação, por permitir automatizar seus relacionamentos, axiomas e regras de inferência, características particulares deste tipo de SOC.

3.4 ONTOLOGIA

As ontologias possuem um papel importante na organização do conhecimento, estando inseridas nos novos Sistemas de Organização do Conhecimento e sendo peça chave na representação do sentido e significado dos termos que compõem os objetos informacionais em meio digital.

Pode-se usar as ontologias para diversas atividades, entre elas: representar conceitos e relacionamentos que pertencem a um determinado domínio; utilizar uma representação em cenários diferentes (reusabilidade); na aquisição de conhecimento como ponto de partida para aprendizagem de máquina; padronização de termos; entre outros.

No tocante aos estudos na área de Ciência da Informação, as ontologias, assim como as classificações, tesouros e taxonomias, porém cada uma com suas propriedades e particularidades, “estruturam, classificam, modelam e representam conceitos e seus relacionamentos semânticos entre os termos. Desempenham a função de organizar e recuperar informações”. (BRASCHER; CARLAN, 2010, p. 161).

O termo Ontologia tem origem na Filosofia, sendo adotado como sinônimo de metafísica e, num sentido mais amplo, refere-se ao estudo da natureza da existência (VICKERY, 1997; SMITH, 2003). Segundo Sánchez-Jiménez e Gil-Urdiciain (2007, p. 552) é um registro sistemático das coisas que existem.¹³ Trata-se, portanto, do estudo do ser, ou mais especificamente, da organização da realidade, cujas raízes encontram-se nos trabalhos de Aristóteles. O registro da denominação, propriamente dita, surge somente em 1613, de forma independente, pelos filósofos Rudolf Gockel e Leonhard Jacob. (SMITH, 2003).

Mais recentemente, a noção original do termo é resgatada e adaptada pela Ciência da Computação (CC) por acreditar que as ontologias poderiam compor bases de conhecimento que viabilizariam a

¹³ Una ontología, tal y como se entiende el término en filosofía, es un registro sistemático de las cosas que existen.

troca de informações, o compartilhamento e o reuso de estruturas conceituais entre programas de computadores, os chamados agentes inteligentes.

Guarino e Giaretta (1995, p. 25, tradução nossa) apresentam sete interpretações a respeito do termo ‘ontologia’, permitindo explorar diferentes abordagens sobre o tema e a que mais se aproxima desta pesquisa:

1. Ontologia como uma disciplina filosófica.
2. Ontologia como um sistema conceitual informal.
3. Ontologia como uma descrição semântica formal.
4. Ontologia como uma especificação de uma “conceituação.”
5. Ontologia como uma representação de um sistema conceitual através de uma teoria lógica.
 - 5.1 caracterizada por propriedades formais específicas;
 - 5.2 caracterizada apenas por propósitos específicos.
6. Ontologia como o vocabulário utilizado por uma teoria lógica.
7. Ontologia como uma (meta-nível) especificação de uma teoria lógica.¹⁴

A primeira interpretação, de cunho mais filosófico, diferencia-se das demais e segue os esclarecimentos já descritos no início desta seção, em que a Ontologia (com inicial maiúscula) trata do estudo filosófico para a organização da realidade e não “apenas” como um registro do que pode ser representado. As interpretações de 2 a 7 já estão mais alinhadas aos estudos das áreas de Ciência da Computação e Ciência da Informação.

As interpretações 2 e 3 estão inseridas na visão de ontologias (inicial minúscula) como uma entidade semântica conceitual, podendo ser formal ou informal, enquanto que, as interpretações de 4 a 7

¹⁴ 1. Ontology as a philosophical discipline. 2 Ontology as a an informal conceptual system. 3. Ontology as a formal semantic account. 4. Ontology as a specification of a “conceptualization”. 5. Ontology as a representation of a conceptual system via a logical theory: 5.1 characterized by specific forma properties; 5.2 characterized only by its specific purposes. 6. Ontology as the vocabulary used by a logical theory. 7. Ontology as a (meta-level) specification of a logical.

consideram as ontologias como um objeto sintático específico (SCHIESSL; BRASCHER, 2012).

Cabe ressaltar que a interpretação 4 é a mais citada nos estudos da Ciência da Informação e a que Guarino e Giaretta (1995) se concentram para criticar alguns aspectos relacionados aos termos utilizados, cuja origem está na definição de Gruber (1992, p. 1), em que afirma que “uma ontologia é uma especificação de uma conceituação”, definição esta posteriormente revisada pelo próprio autor definindo ontologia “como uma especificação explícita de uma conceituação”, formada por objetos, conceitos e outras entidades que possam existir no domínio e suas relações (GRUBER, 1993b, p. 1). Os autores debruçam-se na interpretação 4 para tratar do grau de especificação da conceituação subjacente à linguagem usada por uma base de conhecimento particular, justificando que existe uma variação desse grau dependendo do propósito da criação de uma ontologia. Dessa forma, seria necessário enfraquecer a definição de Gruber e afirmar que uma ontologia é apenas uma explicação parcial de uma conceituação (GUARINO, GIARETTA, 1995).

De acordo com Uschold (1996, p. 3, tradução nossa), conceituação “é uma visão de mundo, que corresponde a uma forma de pensar sobre algum domínio” e é “geralmente concebida e/ou expressa como um conjunto de conceitos (entidades, atributos, processos, etc), suas definições e inter-relações”¹⁵. Gruber (1993b, p. 1, tradução nossa) complementa que a conceituação é uma “visão abstrata, simplificada do mundo que desejamos representar para algum propósito. Cada base de conhecimento, sistema baseado em conhecimento, ou o conhecimento em nível de agente, compromete-se a alguma conceituação, explícita ou implicitamente”¹⁶.

Existem outras definições, como a de Chandrasekaran e Josephson (1999), que define ontologia de duas formas: a) “ontologia é a representação de um vocabulário, frequentemente especializado em

¹⁵ [...] a conceptualization is a world view; it corresponds to a way of thinking about some domain. [...] It is typically conceived and/or expressed as a set of concepts (e.g. entities, attributes, processes), their definitions and their inter-relationships.

¹⁶ A conceptualization is an abstract, simplified view of the world that we wish to represent for some purpose. Every knowledge base, knowledge-based system, or knowledge-level agent is committed to some conceptualization, explicitly or implicitly.

algum domínio ou assunto importante. Mais precisamente, não é o vocabulário que qualifica uma ontologia, mas os conceitos que os termos do vocabulário transmitem”. b) “O termo ontologia é usado algumas vezes para referir-se a um conjunto de conhecimentos que descreve algum domínio, usando um vocabulário representativo”.

Podemos ainda, entender a ontologia de forma mais simplificada, “como a soma de uma série de conceitos relevantes que representam o conhecimento compartilhado pelos membros de um determinado domínio”. (MOREIRO GONZÁLEZ, 2011, p. 76).

Percebe-se dessa forma que não há apenas uma definição sobre o assunto, muito menos uma definição para todas as aplicações e áreas que atuam com ontologias. Sendo assim, é importante destacar nesta pesquisa que as ontologias, de acordo com Alexander et. al. (1986, p. 963, tradução nossa), são “coleções de objetos abstratos, relações e transformações que representam entidades físicas e cognitivas”.¹⁷ Com isso, o autor permite esclarecer que, nesta pesquisa, o conceito de ontologia não deve ser abordado apenas do ponto de vista da representação do conhecimento subjetivo, podendo considerar também a RC pelo conhecimento inserido nos objetos informacionais, ou seja como visto anteriormente, do conhecimento objetivo.

A necessidade de esclarecer o ponto de vista no parágrafo anterior, e que abarca esta pesquisa, se deve ao fato de que dependendo do tipo de ontologia desenvolvida, não necessariamente, será utilizada apenas a visão de um especialista do domínio em questão, pois quanto maior o senso comum, menor será o uso da subjetividade na sua construção, ou seja, quanto maior o nível da ontologia, maior será o uso do conhecimento objetivo (mundo 3) no seu desenvolvimento.

As primeiras ontologias desenvolvidas com o aspecto organizacional para o compartilhamento e o reuso de conhecimento, como é o caso da ontologia CYC (LENAH; GUHA, 1990), WordNet e a ANSI (SOERGEL, 1999), demonstraram o potencial desse novo Sistema de Organização do Conhecimento.

Um aspecto passível de análise em consequência das primeiras ontologias desenvolvidas é a necessidade de se preocupar com a consistência entre os vocabulários das ontologias, ou seja, acordos para o uso de vocabulários em ontologias diferentes de maneira que a troca

¹⁷ An ontology is a collection of abstract objects, relationships and transformations that represent the physical and cognitive entities necessary for accomplishing some task.

de informações seja consistente. Esses acordos são chamados de compromisso ontológico (GRUBER, 1993b; SMITH, 2003).

O compromisso ontológico está relacionado então a restrição de uma representação da visão de mundo acordada por uma comunidade que compartilhará tal conhecimento.

A descrição do vocabulário utilizado para a troca de informação entre os agentes inteligentes é realizada pelo uso de ontologias comuns (GRUBER, 1993b), de forma que um conjunto de agentes possa se comunicar sobre um domínio sem a necessidade de compartilhar de uma mesma base de conhecimento. Podemos entender então que a ontologia comum tem como objetivo descrever um vocabulário a respeito de um domínio, diferentemente de uma base de conhecimento que tem como papel resolver um problema ou responder a perguntas sobre um domínio. Vickery (1997, p. 283) esclarece que,

uma das principais motivações para a recente ênfase na construção de ontologias é a possibilidade do compartilhamento de conhecimento e reutilização em diferentes aplicações: como um domínio específico (como a medicina ou a indústria automotiva) é fixo, parece razoável esperar que uma grande parte do conhecimento desse domínio deva ser o mesmo para uma variedade de aplicações [...].

Noy e McGuinness (2000) apresentam alguns aspectos relacionados aos benefícios no uso das ontologias e o que elas podem oferecer:

- Compartilhar um entendimento comum da estrutura da informação entre pessoas ou agentes de software;
- permitir a reutilização do conhecimento de domínio;
- separar o conhecimento de um domínio do conhecimento operacional;
- analisar o conhecimento do domínio.

As ontologias também podem promover uma base semântica para esquemas de metadados, facilitando a comunicação entre sistemas e agentes, estabelecendo fundamentos de significados conceituais.

Os componentes básicos de uma ontologia são: a) as classes (organizam-se por meio de taxonomias); b) relações (representam o tipo de interação entre os conceitos de um domínio); c) axiomas (são usados para modelar sentenças verdadeiras); d) instâncias (são utilizadas para representar elementos específicos).

Pela utilização desses componentes como os conceitos, relacionamentos, propriedades, axiomas e instâncias, as ontologias permitem formalizar o conhecimento, em que dependendo da maneira com que esses componentes são utilizados podem assumir diferentes formatos. O fato é que qualquer ontologia, no mínimo, deverá apresentar um conjunto de termos e suas especificações (significados, definições, relacionamentos, etc).

Por esses requisitos mínimos (vocabulário e especificações), Uschold (1996) apresenta 4 formas ou grau de formalidade para caracterizar as ontologias:

- Altamente informal: expressa em linguagem natural;
- semi-informal: expressa em linguagem natural, porém de forma estruturada e restrita, buscando reduzir a ambiguidade;
- semi-formal: expressa em uma linguagem artificial e definida formalmente;
- rigorosamente formal: com termos meticulosamente definidos com semântica formal e teoremas.

Em relação a finalidade, que está atrelada ao uso pretendido da ontologia, o autor supracitado destaca três categorias principais que especificam as principais formas de utilização das ontologias. São elas:

- Comunicação entre pessoas e organizações;
- interoperabilidade entre sistemas;
- benefícios da engenharia de sistemas.
 - reusabilidade;
 - aquisição de conhecimento;
 - confiabilidade;
 - especificação.

O objeto está relacionado ao assunto que caracteriza uma ontologia. Segundo Uschold (1996), três categorias são amplamente aceitas e suas respectivas ontologias recebem um nome específico, que no caso desta pesquisa são considerados como tipos de ontologias.

- ontologia de domínio: a categoria correspondente a este tipo são as disciplinas, como a geologia, medicina, biologia, etc., sendo que, é necessário desconsiderar problemas ou tarefas que possam surgir oriundos de seus assuntos;
- ontologia de tarefa: a resolução dos problemas e as tarefas desconsideradas na ontologia de domínio fazem parte da categoria correspondente a este tipo;
- ontologia de representação ou meta-ontologia: refere-se a categoria atrelada aos formalismos para a representação do conhecimento.

Percebemos então que as dimensões-chave (formalidade, finalidade e objeto) podem servir de base para estabelecer o tipo de ontologia a ser desenvolvido pela comparação das características mostradas e do cenário apresentado para a construção da ontologia.

Existe outra abordagem relacionada aos tipos de ontologias que em partes é parecida com a apresentada por Uschold (1996), porém apresenta uma divisão tipológica mais clara e que servirá como parâmetro para esta pesquisa.

As ontologias apresentam qualidades muito importantes para a organização e representação do conhecimento. Do exposto nas seções anteriores, concluímos que as etapas para construção de ontologias dependem fortemente das circunstâncias específicas em que elas são desejadas, suas dimensões podem variar dando origem a muitos tipos de ontologias como as apresentadas anteriormente.

Seguindo esta lógica, e abordando outros autores que tratam do assunto, Guarino (1998) apresenta alguns tipos de ontologias de acordo com o seu nível de dependência:

- Ontologias de nível superior: descrevem conceitos mais gerais como espaço, tempo, matéria, objeto, evento, ação, etc, que são independentes de um problema ou domínio particular;
- ontologias de domínio: descrevem o vocabulário relacionado a um domínio genérico (como medicina ou automóveis), especializando os termos introduzidos na ontologia de nível superior;

- ontologias de tarefa: descrevem o vocabulário de uma tarefa ou atividade genérica (como diagnóstico ou venda), especializando os termos introduzidos na ontologia de nível superior;
- ontologias de aplicação: descrevem conceitos dependendo tanto de um determinado domínio, quanto de uma tarefa, sendo muitas vezes, especializações de ambas as ontologias relacionadas, ou seja, esse tipo de ontologia contém as definições específicas para uma determinada aplicação (GUARINO, 1997a).

O foco desta pesquisa é explorar exatamente esses tipos de ontologias em relação às suas características e aplicações, porém, outros tipos são apontados por Guarino (1997b) de acordo com o seu nível de detalhamento, como as ontologias de referência que são bem detalhadas e tem a finalidade de especificar o significado pretendido de um vocabulário, ou ainda as ontologias compartilháveis, são mais simples e tem a função de compartilhar um vocabulário. O autor também apresenta mais dois tipos de ontologias, as de representação que são de meta-nível e descrevem a classificação das primitivas usadas por uma linguagem de representação do conhecimento e as ontologias formais, de influência filosófica, são rigorosas e independentes de conteúdos determinados.

Vimos que as circunstâncias em que as ontologias são desejadas influenciam nas etapas de sua construção, fato que pede atenção quando sabemos que um dos objetivos da ontologia é a representação e compartilhamento de uma visão de mundo. O fato de não atentar para uma documentação ou ainda para algumas regras durante o seu desenvolvimento, podem prejudicar consideravelmente sua finalidade. Para resolver esses problemas, alguns pesquisadores debruçaram-se na construção de metodologias para minimizar a possibilidade de falhas na criação de ontologias.

Os primeiros trabalhos que buscaram identificar e descrever as etapas necessárias para a construção de ontologias foram baseados em estudos de caso ou limitados a um projeto específico (USCHOLD, 1996).

Gruber (1993b) aponta cinco critérios para a construção de ontologias, buscando uma criação eficiente que permita a interoperabilidade entre os programas e a construção de conhecimento compartilhado.

1. Clareza: uma ontologia deve, efetivamente, comunicar o significado pretendido dos termos definidos. Onde for possível uma definição completa é preferida em relação a uma definição parcial e todas as definições devem ser documentadas com linguagem natural, para reforçar a clareza.
2. Coerência: uma ontologia deve ser coerente, isto é, as inferências devem ser consistentes com as definições. A coerência também deve ser aplicada para os conceitos que são definidos informalmente, como aqueles descritos em documentos de linguagem natural.
3. Extensibilidade: uma ontologia deve ser projetada para antecipar usos de vocabulário compartilhado, ou seja, uma ontologia deve oferecer um conceito fundamentado por uma gama de tarefas antecipadas e sua representação deve ser hábil para que possa ser estendida e especializada. Em outras palavras, uma ontologia deve ser capaz de definir novos termos para usos especiais baseado em um vocabulário já existente, de modo que não requeira a revisão de definições existentes.
4. Compromisso mínimo com implementação: a conceituação deve ser especificada no nível do conhecimento sem depender de uma codificação particular no nível simbólico ou de codificação. Uma tendência de codificação resulta quando escolhas de representação são feitas puramente para a conveniência de notação ou implementação. Assim, essa tendência de codificação deve ser minimizada porque os agentes que compartilham conhecimento podem ser implementados em diferentes sistemas e estilos de representações.
5. Compromisso ontológico mínimo: uma ontologia requer o mínimo compromisso ontológico, suficiente para atender à intenção da atividade compartilhada do conhecimento. Uma ontologia deve fazer poucas imposições sobre o mundo que está sendo modelado, permitindo que as partes comprometidas com a ontologia fiquem livres para especializar e instanciar a ontologia, sempre que necessário.

Gruninger e Fox (1995), por meio do projeto TOVE (Toronto Virtual Enterprise), descrevem como sua ontologia foi construída e com isso contribuem para os estudos iniciais a respeito das metodologias para o desenvolvimento. Um dos objetivos da ontologia TOVE era o de definir um vocabulário comum para uma empresa para que todas as aplicações pudessem compartilhá-la e utilizá-la.

Os passos para a construção da ontologia são descritos pelos autores da seguinte forma:

- Captura dos cenários motivacionais;
- Formular questões de competência informais;
- Especificar em linguagem lógica as definições e restrições da terminologia;
- Formular as questões de competência formais;
- Especificar os axiomas;
- Verificação da completude da ontologia.

Uma segunda metodologia originada pela construção de ontologia empresarial foi a de Uschold e King (1995), com o desenvolvimento da Enterprise Ontology, projeto que buscou melhorar os métodos de modelagem pelo uso de uma coleção de conceitos e definições relevantes da área empresarial. As etapas definidas são:

- Identificação do propósito da ontologia;
- Construção da ontologia:
 - Captura de dados;
 - Codificação;
 - Integração com as ontologias existentes;
- Avaliação;
- Documentação.

Os critérios apresentados permitem dar uma base para a tomada de decisão em relação a escolha da forma com que serão realizadas as representações de um domínio. Dependendo da necessidade no uso da ontologia, balancear a conceituação entre os critérios apresentados é um grande desafio.

Com isso, Uschold (1996) após analisar esses primeiros estudos sobre o desenvolvimento de ontologias, optou por sugerir uma metodologia unificada, em que pudesse abranger a construção de ontologias diversas e em projetos diferentes. As principais etapas apresentadas são:

- Finalidade: identificar a necessidade da construção de uma ontologia, o que precisará ser utilizado e que mecanismos precisarão ser usados;
- nível de formalidade: o grau de formalidade exigido aumenta com o grau de automação das tarefas que a ontologia irá suportar;
- âmbito de aplicação: conjunto de conceitos e termos que cobrem toda a gama de informações que a ontologia deve caracterizar;
- construção da ontologia: com a finalidade, o nível de formalidade e o conjunto de termos e conceitos necessários já identificados, é possível construir a ontologia, decidindo suas estruturas e definições;
- ciclo de avaliação/revisão: com o auxílio de critérios como clareza, coerência, reutilização, verificação manual e questões de competência é possível avaliar e corrigir possíveis falhas de desenvolvimento.

Essa proposta deu início a uma série de outros métodos de construção de ontologias como a metodologia do projeto Kactus, o guia de Noy e McGuinness e a Methontology. A seguir será apresentado um breve relato sobre essas metodologias por terem contribuído para a evolução do processo de desenvolvimento de ontologia e por terem se tornado referência no assunto.

O projeto Kactus foi baseado na organização de uma base de conhecimento com o objetivo de compartilhar e reutilizar essa base em diferentes sistemas de complexidade técnica no domínio de redes elétricas.

Desenvolvida por Bernaras, Laresgoiti e Corera (1996) a metodologia tem como um de seus objetivos apresentar a possibilidade da reutilização de ontologias já construídas. As etapas da metodologia são:

- Especificação de requisitos: fornece um contexto ou domínio para aplicação especificando uma visão dos componentes ou requisitos que serão necessários modelar;
- Modelagem conceitual: com os requisitos levantados a próxima etapa é construir um modelo global identificando

os termos relevantes para o domínio. Os conceitos são estruturados dos mais específicos para os mais genéricos (*top-down*). Além disso nesta etapa é realizada a identificação da existência ou não de ontologias que possam ser adaptadas.

- Refinamento e estruturação da ontologia: busca-se mapear os conceitos necessários para as tarefas específicas construindo assim o modelo definitivo.

A Methontology foi desenvolvida no Laboratório de Inteligência Artificial da Universidade de Madri por Asunción Gómez-Pérez, Mariano Fernández e Natalia Juristo. Contempla um conjunto de etapas de desenvolvimento, um ciclo de vida baseado em evolução de protótipos e técnicas para realizar as atividades de planejamento, desenvolvimento e suporte de ontologias (SILVA, 2008).

Dentro das atividades de planejamento está a elaboração de cronogramas, controle e garantia da qualidade; as atividades de desenvolvimento incluem estudos de viabilidade, especificação, conceituação, formalização, implementação, manutenção e uso; e as atividades de suporte contemplam a aquisição do conhecimento, documentação e avaliação e estão inseridos em todo o ciclo de vida da ontologia.

A metodologia 101 foi proposta por Natalya F. Noy e Deborah L. McGuinness, porém as autoras afirmam que “não existe uma metodologia única para a construção de ontologias” e não tentam definir seu trabalho como uma metodologia (Noy; McGuinness, 2000, p. 3). Mesmo assim, muitos pesquisadores consideram seu guia como uma metodologia de desenvolvimento de ontologias muito significativa.

Antes de apresentar os 7 passos sugeridos para a construção de ontologias as autoras salientam que não existe uma maneira de se modelar um domínio – sempre existem várias alternativas viáveis. A melhor solução, na maioria das vezes, depende da aplicação e de possíveis extensões previstas. O desenvolvimento de ontologias, seguindo Breitman (2010, p. 76),

não é um processo linear. Muitas alterações e refinamentos são necessários para se chegar a um modelo adequado. Um processo de validação, com especialistas do domínio e futuros usuários é muito proveitoso no final de cada versão.

Passo 1: Determinar o domínio e o escopo da ontologia: implica responder algumas questões básicas, como:

- Qual domínio a ontologia irá cobrir?
- Com que propósito a ontologia será utilizada?
- Para quais tipos de questões a ontologia deverá fornecer respostas?
- Quem irá utilizar e manter as ontologias?

Passo 2: Levar em consideração o reuso de outras ontologias: Reutilizar ontologias é fundamental, principalmente quando o sistema a ser gerado precisa interagir com aplicações já comprometidas com outras ontologias.

Passo 3: Enumerar os termos importantes da ontologia: nesta fase, é importante construir uma lista de todos os termos considerados necessários e/ou importantes para explicar aos usuários. Para cada termo pode-se relacionar suas propriedades.

Passos 4 e 5: Definir classes, suas hierarquias e propriedades (*slots*): após identificar os termos e suas propriedades (passo 3), os passos 4 e 5 são considerados os mais importantes do processo. Nesta etapa, é desenvolvida a hierarquia de classes, que pode ser do topo-para-baixo (*top-down*), de baixo-para-cima (*bottom up*) ou a combinação desses (*middle-out*). Sendo assim, as classes devem ser organizadas em uma hierarquia taxonômica. Após isso, é necessário descrever a estrutura das classes ou conceitos, permitindo explicitar seus detalhes.

Passo 6: Definir os valores das propriedades: é necessário definir os possíveis valores que cada propriedade (*slot*) pode receber. Essas restrições podem ser chamadas também de facetas, sendo as mais comuns a cardinalidade, tipo de valor e valor padrão.

Passo 7: Criar instâncias: Definir uma instância resume-se em escolher uma classe, criar uma instância individual para a classe e preencher os valores no *slot*.

Ao finalizar todos os passos pode-se gerar automaticamente o código fonte da ontologia, mediante ferramentas específicas que auxiliam no desenvolvimento e geram este tipo de código.

Dentre as ferramentas para o desenvolvimento de ontologias a mais utilizada é o Protégé, software de código aberto e que oferece uma interface gráfica para criação e visualização de ontologias, uma

vantagem importante desta ferramenta é a possibilidade de trabalhar na linguagem OWL, cuja aceitação é alta pela comunidade da área.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa busca investigar as principais características dos tipos de ontologias (domínio, aplicação, tarefa e topo) registrados na literatura das áreas de Ciência da Informação e Ciência da Computação. O intuito consiste em apresentar uma análise das características dos tipos ontológicos pesquisados.

Com o objetivo de caracterizar esta pesquisa é necessário apresentar os diversos pontos de vista que permitem torná-la metodologicamente científica. Do ponto de vista da abordagem do problema, esta pesquisa é quali-quantitativa, pois está pautada em análises e interpretações de conteúdos para solucionar uma questão chave. A abordagem qualitativa corresponde a um procedimento de análise mais intuitivo, maleável e mais adaptável a índices não previstos, além de permitir ao pesquisador sugerir possíveis relações entre um índice da mensagem e uma ou mais variáveis. Além das interpretações do conteúdo, alguns resultados são traduzidos em números para melhor analisá-los. Quanto aos objetivos, apresenta-se de caráter exploratório. Em relação aos procedimentos técnicos, caracteriza-se como uma pesquisa documental, em que se empregam técnicas de Análise de Conteúdo na interpretação dos dados.

O uso do método de Análise de Conteúdo, definido por Bardin (2010), se deve pela existência de regras explícitas em seu método que permitem uma análise com base em interpretações e inferências extraídas dos conteúdos de documentos. O método de Análise de Conteúdo é caracterizado por etapas a serem seguidas pelo pesquisador que lhe dão o rigor e a validade necessária. São elas:

1. Pré-análise;
2. Exploração do material;
3. Tratamento dos resultados, inferências e interpretações.

4.1 PRÉ-ANÁLISE

Para Bardin (2010, p. 121), a fase de pré-análise “é a fase de organização propriamente dita”, e que tem por objetivo “tornar operacionais e sistematizar as ideias iniciais, de maneira a conduzir a um esquema preciso do desenvolvimento das operações sucessivas, num plano de análise”. Esta fase possui três etapas: a) a que permite escolher os documentos que serão analisados; b) a formulação de hipóteses e

objetivos; c) e a elaboração de indicadores que irão fundamentar a interpretação final.

A autora esclarece como primeira atividade a realização de uma leitura flutuante que consiste em analisar e conhecer o texto por meio de uma primeira leitura descomprometida para a extração de impressões e orientações dos documentos a serem analisados.

4.1.1 Construção do Corpus de Análise

A etapa da *escolha dos documentos* consiste na delimitação do universo de documentos a serem utilizados, ou seja, em que gênero de documentos poderão ser realizadas as análises. O universo desta pesquisa é formado por artigos científicos na área de Ciência da Informação e Ciência da Computação.

De acordo com Bardin (2010, p. 122), após a delimitação do universo de documentos “é muitas vezes necessário proceder-se à *constituição de um corpus*. O *corpus* é o conjunto dos documentos tidos em conta para serem submetidos aos procedimentos analíticos”.

Para a criação do corpus, o método de Análise de Conteúdo sugere atenção para algumas regras, dentre elas estão: a *regra da exaustividade, da representatividade, de homogeneidade e da pertinência*. A seguir essas regras serão explicadas junto ao relato de suas implicações nesta pesquisa.

a) *regra da exaustividade*: é preciso considerar todos os elementos do corpus, não deixar nenhum elemento fora do processo de análise, para tanto, zela-se pela não-seletividade;

Em relação à construção do corpus de análise, não foi possível zelar pela regra de *exaustividade*, que por sua vez zela pela não-seletividade. Tal afirmação se deve ao fato de que uma seleção dos documentos recuperados foi necessária para separar os artigos que não abordam diretamente algum tipo de ontologia, como é o caso de artigos que tratam de aplicações de ontologias (*application ontology*) e os que abordam as ontologias de aplicação (*application ontology*). Outro corte realizado está relacionado aos periódicos não disponíveis no Portal Capes, sendo necessário desconsiderar os artigos que não puderam ser recuperados em texto completo.

b) *regra da representatividade*: a análise é realizada com base em uma amostragem de significativa representação do universo inicial. Tal regra deve se ater para a questão da homogeneidade do universo, pois

quanto menor a homogeneidade do universo maior deve ser a amostra (BARDIN, 2010);

A *representatividade* do corpus foi assegurada pela escolha das bases de dados utilizadas para o levantamento dos documentos a serem analisados, pois as mesmas representam uma parcela significativa da literatura referente à temática.

c) *regra de homogeneidade*: os documentos analisados devem ser homogêneos, assim como as técnicas de coleta de informações a respeito dos documentos;

Os documentos analisados foram artigos científicos (predominantemente *homogêneos* em estrutura e linguagem de especialidade), e as técnicas de análise também seguiram um padrão homogêneo.

O levantamento bibliográfico foi realizado durante a primeira quinzena do mês de março de 2013 nas bases de dados **Library and Information Science Abstracts - LISA**, e **Computer and Information Systems Abstracts** – aqui referida como **CISA**. A LISA é uma ferramenta internacional de resumos de artigos elaborada para profissionais bibliotecários e especialistas da informação. Cobre atualmente 440 periódicos de 68 países e em mais de 20 idiomas diferentes com atualização quinzenal. O CISA é uma ferramenta internacional de resumos de artigos, cobrindo as mais recentes pesquisas teóricas e aplicações práticas das áreas de Inteligência artificial, Engenharia de software, Sistemas da informação, entre outros. Abrange atualmente mais de 3.000 periódicos e com frequência de atualização mensal.

Como estratégia de busca foram utilizados os termos DOMAIN ONTOLOGY, APPLICATION ONTOLOGY, TASK ONTOLOGY e TOP ONTOLOGY OR TOP-LEVEL ONTOLOGY OR UPPER ONTOLOGY nas bases LISA e CISA. A busca por cada termo foi realizada utilizando a opção de busca avançada por *ALL* (Todos os campos), o período de abrangência foi do início até 31/12/2012. Para o tipo de fonte foi selecionado ‘periódicos acadêmicos’ e na opção tipos de documento apenas ‘*Journal Article*’ foi considerado, o item *Peer reviewed* (revisado por especialistas) também foi selecionado. Os idiomas foram delimitados em português (para contemplar estudos realizados no Brasil), inglês (pelo fato de que a maior parte dos textos científicos da Ciência da Computação estão escritos em inglês) e espanhol (por considerar os estudos escritos em espanhol de grande relevância para a Ciência da Informação).

O resultado da busca foi de 356 (trezentos e cinquenta e seis) artigos. Para definir o Corpus da pesquisa foram realizadas algumas etapas que serão descritas a seguir.

Primeiramente, buscou-se recuperar os artigos nas bases de dados selecionadas para a pesquisa que tivessem a temática enquadrada dentro dos tipos de ontologias a serem estudados, conforme a estratégia de busca relatada anteriormente. Para cada busca os resultados foram coletados pela opção *Exportar/Salvar* para *Reference Manager* em cada base de dados, formando 8 arquivos, ou seja, 2 bases de dados (CISA e LISA) e para cada base 4 buscas (são 4 os tipos de ontologias pesquisadas neste estudo). Em seguida, esses arquivos foram importados no software JabRef 2.8.1, permitindo a construção de uma base de dados com os 356 resultados da busca.

A próxima etapa foi consolidar, dentro da base, os 8 arquivos em um arquivo único, permitindo a retirada de artigos duplicados e a construção do corpus 1, totalizando 314 artigos, tendo em vista que 42 estavam duplicados, ou seja, foram recuperados em mais de uma busca.

Tendo em vista o exposto anteriormente, quando da justificativa do não cumprimento da regra da exaustividade, foram analisados todos os periódicos envolvidos no corpus 1, pelo campo URL na base JabRef, permitindo assim, selecionar apenas os itens recuperados cujo periódico estava disponível no portal capes e que possibilitava recuperar o texto completo. Dessa forma o corpus da pesquisa totalizou 236 artigos, tendo em vista que 78 não estavam disponíveis no Portal Capes.

d) *regra de pertinência*: os documentos devem ser fontes de informações adequadas aos objetivos da análise (BARDIN, 2010).

O respeito às regras descritas nos itens anteriores garantiu o zelo pela *pertinência* do material.

4.1.2 Hipóteses, Índices e Indicadores

Na fase destinada à *formulação das hipóteses e dos objetivos*, Bardin (2010, p. 124) define hipótese como sendo “uma afirmação provisória que nos propomos verificar (confirmar ou infirmar), recorrendo aos procedimentos de análise”, sendo o objetivo a “finalidade geral a que nos propomos (ou que é fornecida por uma instância exterior), o quadro teórico e/ou pragmático, no qual os resultados obtidos serão utilizados”. Entretanto não há a necessidade de se criar um corpus de hipóteses previamente, “algumas análises

efectuam-se <<às cegas>> e sem ideias pré-concebidas”. A formulação dessas hipóteses muitas vezes consiste em explicitar direções que funcionem durante o processo de análise, como o processo indutivo ou utilizando-se de hipóteses implícitas.

O objetivo da pesquisa, como já foi devidamente descrito, é realizar uma análise dos tipos de ontologias registrados na literatura científica das áreas de Ciência da Informação e Ciência da Computação. Optou-se em trabalhar com o processo indutivo, em que as hipóteses se manifestaram no decorrer da análise, principalmente na exploração do material.

A fase de *elaboração dos índices e indicadores* consiste na eleição de elementos que melhor explicitarão o conteúdo de acordo com os objetivos da análise. Considerando a afirmação de Bardin (2010) de que textos são índices informativos manifestados por meio de uma análise, tem-se que à referida fase compete a função de indicar quais são esses índices, e organizá-los sistematicamente com indicadores (frequência, em caso de análise quantitativa, e, presença, em caso de análise qualitativa) relativos a eles.

Os índices de análise foram extraídos da própria descrição dos tipos de ontologias, conforme descrito na fundamentação teórica desta dissertação. Desta forma os índices passaram a ser os próprios tipos de ontologias: “domínio”, “tarefa”, “aplicação” e “topo”. Neste aspecto, tratando-se de uma análise qualitativa, os indicadores que regeram os trabalhos foram a ‘presença’ ou ‘ausência’ dos respectivos índices nos textos analisados, ou seja, somente os textos que faziam referência, de fato, a algum tipo de ontologia, foram incluídos na análise.

Em relação a análise quantitativa os indicadores de frequência foram atribuídos às características das categorias construídas na fase da categorização.

4.1.3 Categorização

Como medida de classificação dos dados levantados, Bardin (2010, p. 145) sugere o processo de categorização, que consiste no agrupamento “de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero (analogia), com os critérios previamente definidos”.

Para a autora, as categorias “são rubricas ou classes, as quais reúnem um grupo de elementos (unidades de registro, no caso da análise de conteúdo) sob um título genérico, agrupamento esse efectuado em razão das características comuns destes elementos”.

Segundo Bardin (2010, p. 148), para uma eficiente categorização é necessário estar atento aos seguintes critérios: a) *exclusão mútua*: um elemento não pode existir em mais de uma divisão (ou classe); b) *homogeneidade*: uma única característica deve governar uma classe, ou seja, em uma categoria, somente uma característica pode servir como requisito para abrigar ou não determinado registro; c) *pertinência*: uma categoria para ser considerada pertinente necessita estar adaptada ao material de análise escolhido e ao quadro teórico definido; d) *objetividade e fidelidade*: devem-se aplicar os mesmos critérios de análise para cada parte de cada material; e e) *produtividade*: um processo de categorização é tido como produtivo quando fornece resultados férteis no que tange os índices de inferência.

Na fase de categorização, são atribuídas categorias em relação à forma e conteúdo do corpus selecionado. Com o objetivo de situar o item da produção científica a ser analisado, identificou-se as seguintes unidades de registro:

1. Referência bibliográfica: registra os dados que identificam o artigo do ponto de vista da representação descritiva;
2. Área do conhecimento: registra a área da base de dados (Ciência da Informação ou Ciência da Computação) do artigo analisado;
3. Tipo de ontologia: registra qual o tipo de ontologia que o documento aborda;
4. Resumo do artigo: registra uma síntese do assunto do documento;

As categorias, baseadas nos índices definidos na fase de formulação de indicadores de análise, são as descritas a seguir:

1. Formas de uso: registra uma síntese contendo a perspectiva apresentada no documento com relação ao objetivo de uso do tipo de ontologia.
2. Áreas de aplicação: registra uma síntese contendo a abordagem apresentada no documento com relação à área do conhecimento em que está sendo inserido o uso da ontologia apresentada.
3. Problema que acarretou a necessidade: registra uma síntese contendo a abordagem apresentada no documento com

relação ao cenário que despertou a necessidade de utilizar uma ontologia.

4. Proposta do artigo: registra uma síntese contendo a perspectiva apresentada no documento com relação à que se propõe o artigo.

Foi utilizada a própria base JabRef para manter a operacionalização das unidades de registro, ou seja, a base possui a referência, o resumo do artigo e um campo para registrar as informações adicionais, que no caso foi utilizada para registrar a área do conhecimento e o tipo de ontologia. A operacionalização das categorias foi feita manualmente por meio de fichamento. Utilizando a mesma numeração apresentada na base JabRef foi possível “linkar” a base com o fichamento, permitindo um melhor manuseio das informações.

4.2 EXPLORAÇÃO DO MATERIAL

A exploração do material consiste na aplicação sistemática das decisões tomadas na fase da pré-análise e categorização (Bardin, 2010). É o cumprimento das etapas pré-estabelecidas no projeto, ou seja, nesta pesquisa é a operacionalização do processo de leitura dos textos do corpus de análise, visando à extração dos elementos necessários para analisar as variáveis (índices), e descrição desses elementos em suas respectivas unidades de registro e categorias.

Sendo assim, a exploração do material foi realizada pela leitura em texto completo, realizando fichamento segundo as categorias de análise definidas anteriormente.

Para auxiliar na exploração do material, utilizou-se a base de dados JabRef 2.8.1 e uma planilha de dados, que permitiram recuperar e ordenar os artigos conforme a necessidade.

A leitura de cada documento foi devidamente fichada, com base nas ‘unidades de registro’ e ‘categorias’ descritas no item 4.1.3, e registrada em seus respectivos suportes. Para cada texto analisado foi elaborada uma ficha contendo registros relativos às unidades de registro (Referência, Área do Conhecimento, Tipo de Ontologia e Resumo) e às categorias (Formas de uso, Áreas de aplicação, Problema que acarretou a necessidade e Proposta do artigo).

A seguir, descreve-se a etapa do tratamento dos resultados, inferências e interpretações que, devido a sua natureza e importância, se constitui num capítulo à parte.

5 RESULTADOS

Durante a exploração do material, principalmente durante a leitura e fichamento dos artigos, os elementos recorrentes encontrados no corpus, permitiram escolher as variáveis de inferência. As variáveis foram inseridas nas categorias de análise, como seguem: a) Categoria Formas de uso – variáveis: objetivo da ontologia e objetivo do produto; b) Categoria Áreas de aplicação – variáveis: área do conhecimento e aplicação em áreas específicas; c) Categoria Problema que acarretou a necessidade – variáveis: problema apresentado e solução percebida; e d) Categoria Proposta do artigo – variáveis: solução desenvolvida e proposta apresentada.

Com o intuito de facilitar a visualização das variáveis para cada tipo de ontologia e auxiliar na construção dos resultados, foram elaborados os Quadros 1, 2, 3 e 4 que estão no Apêndice A e descrevem as principais ocorrências das ontologias orientadas pelas categorias de análise e variáveis de inferência. As ocorrências nos referidos quadros foram extraídas da análise realizada sobre o corpus da pesquisa.

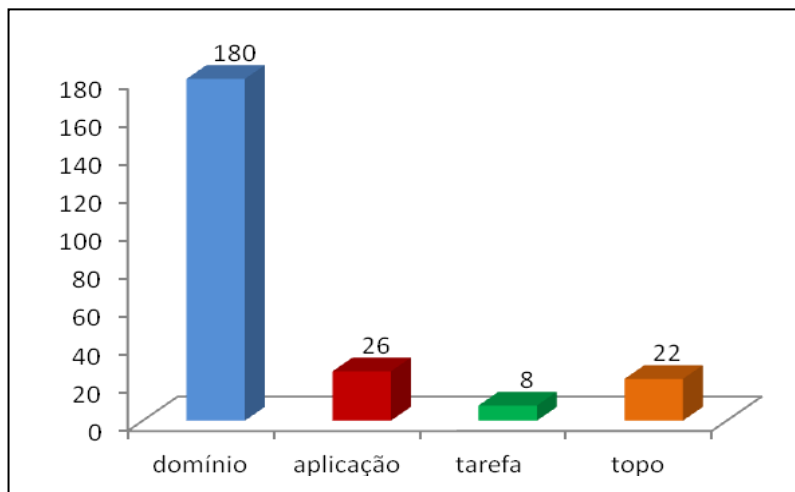
Este capítulo apresenta a análise quali-quantitativa das categorias, suas variáveis e ocorrências de modo que permita ilustrar a representatividade de cada item no corpus analisado e discutir sobre algumas coincidências e particularidades, permitindo assim identificar características de cada tipo da ontologia.

Conforme apresentado anteriormente, o conteúdo do Apêndice A foi extraído das informações contidas no corpus de análise. Sendo assim, a descrição dos referidos conteúdos é o resultado de uma síntese interpretativa do pesquisador com base nas informações coletadas e registradas no fichamento. Conclui-se assim, que o processo de inferência já se faz presente na elaboração de ambos os quadros, tendo em vista que a composição dos conteúdos dos mesmos foram constituídos pelas informações que, segundo o pesquisador, sobressaíram quando da leitura do relatório.

Com a caracterização dos tipos de ontologias devidamente registrados de acordo com as categorias de análise e variáveis de inferência, e ainda, com a apresentação quali-quantitativa realizada, o item 5.2 apresenta uma descrição das características identificadas em cada tipo de ontologia comparando a literatura das áreas de Ciência da Informação (CI) com a de Ciência da Computação (CC).

O total coletado no corpus foi de 236 artigos, dentre eles o que trata mais especificamente sobre as ontologias de domínio, como ilustra o gráfico 1 é de 180 artigos. Vale ressaltar que existem artigos que abordam mais de um tipo de ontologia, porém observou-se que em todos existe um tipo predominante. Os artigos relacionados às ontologias de domínio por serem a grande maioria (84,4%) foram os que permitiram identificar um maior número de ocorrências para a análise.

Gráfico 1 – Artigos por tipo de ontologia



Fonte: Dados coletados pelo autor

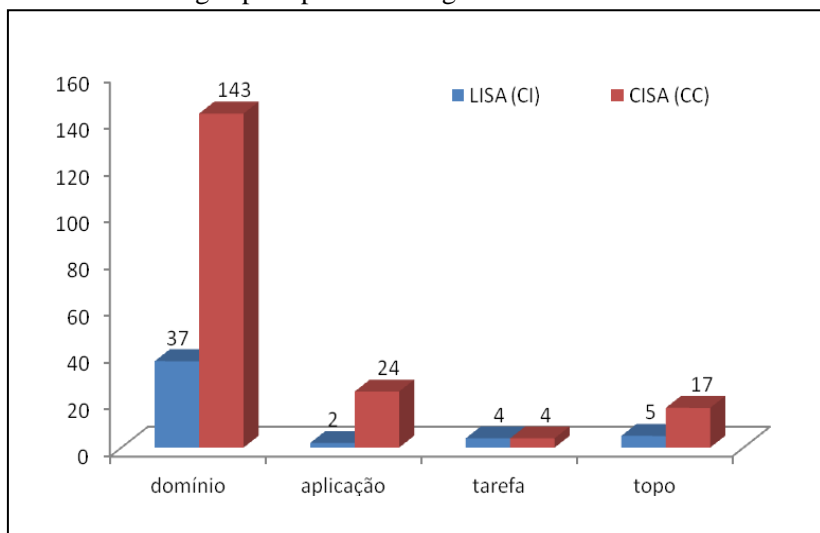
O conjunto de artigos relacionados aos tipos aplicação (26) e de topo (22) apresentou um quantitativo relativamente próximo. Se comparado à quantidade de artigos referente à ontologia de domínio não chega a ser muito significativo (13,34%), mesmo assim, os 48 relatos de pesquisa permitiram uma boa análise sobre as diferentes características dos dois tipos. Em relação aos trabalhos que se referem às ontologias de tarefa somaram apenas 8 artigos (2,26%), dificultando a identificação de características específicas, porém foi possível identificar algumas particularidades.

O predomínio das pesquisas sobre ontologias de domínio pode-se justificar pelo fato de sua usabilidade estar mais consolidada. Além disso, após as ontologias de topo, são as de domínio que servem como referência para os outros modelos. O mesmo acontece quando

comparamos a quantidade de artigos por tipo e área do conhecimento da base de dados que foram coletados os artigos. O gráfico 2 ilustra um predomínio consideravelmente maior de artigos recuperados na base Computer and Information Systems Abstracts (CISA) em todos os tipos, com exceção do tipo tarefa, em que o quantitativo recuperado na base de CC se igualou ao recuperado na base Library and Information Science Abstracts (LISA).

Entre os aspectos que diferenciam os trabalhos nas áreas de CI e CC, constata-se que na última existe uma grande tendência em se verificar a importância e o uso das ontologias na melhoria do desempenho de sistemas relacionados à recuperação e/ou integração de aplicações online (web) e offline (sistemas particulares), enquanto que a CI trata de assuntos mais relacionados à organização e representação do conhecimento como um sistema isolado. Isso não implica que uma área não tenha pesquisas equivalentes a outra, sendo assim, tratamos esta visão apenas como uma diferenciação superficial entre as abordagens dessas áreas.

Gráfico 2 – Artigos por tipo de ontologia e área do conhecimento



Fonte: Dados coletados pelo autor

É importante salientar que a diferenciação entre as áreas de Ciência da Informação e Ciência da Computação foram analisadas

apenas em relação às bases em que os artigos foram recuperados, pelo fato de não ser possível identificar em todos os artigos a sua respectiva área do conhecimento. Isso porque existe uma diferenciação dos padrões de escrita por localidade e pelo tamanho do corpus inviabilizar este tipo de análise. Por esse motivo, não foi possível chegar a uma definição precisa da diferenciação dos aspectos de abordagem de cada área, podendo existir artigos de CC recuperados na base de CI (LISA), mesmo que o oposto seja mais difícil pelas características da Computer and Information Systems Abstracts.

5.1 ANÁLISE POR CATEGORIAS

Este tipo de abordagem permite ilustrar os resultados separados por categorias e variáveis servindo de base para o entendimento das características por tipo de ontologia que fazem parte do tópico seguinte 5.2. Além disso, visualizar os resultados em números auxiliará na compreensão do cenário construído pelos critérios de análise pré-estabelecidos.

Para um melhor entendimento dos motivos pelos quais essas divisões e subdivisões foram realizadas, se faz necessário uma breve explicação de cada uma. Vale ressaltar que posteriormente todas elas serão detalhadas e exemplificadas. Com isso, as análises realizadas estão divididas em 4 categorias e 2 variáveis cada uma, como segue:

Categoria 1: Formas de uso – esta categoria está relacionada ao registro da perspectiva apresentada no documento sobre o uso da ontologia. Para esta categoria nem todos os artigos tratam diretamente sobre objetivo da ontologia desenvolvida, sendo assim duas variáveis foram criadas:

- **Objetivo da ontologia:** os artigos que se encontram nesta variável são aqueles em que algum momento indicam especificamente qual será o objetivo da ontologia relatada;
- **Objetivo do produto:** os artigos que apresentam alguma ferramenta que se utiliza do uso de ontologias para a obtenção de um resultado ou execução de tarefas em geral estão relacionados a essa variável.

Categoria 2: Áreas de aplicação – registra uma síntese contendo a abordagem apresentada no documento em relação à área do conhecimento em que está inserido o uso de ontologias. Entretanto, alguns artigos apresentam casos em áreas específicas, sendo necessário diferenciar este tipo de ocorrência, dividindo-se os artigos entre as seguintes variáveis:

- Área do conhecimento: estão inseridos nesta variável os artigos que apresentaram alguma área do conhecimento que a ontologia representará;
- Aplicação em áreas específicas: os casos específicos e que não tratam de uma área do conhecimento propriamente dita, foram direcionados para esta variável.

Categoria 3: Problemas que acarretaram a necessidade – esta categoria apresenta uma síntese contendo a abordagem relatada no documento com relação ao cenário que despertou a necessidade de uso das ontologias. Dentre os artigos analisados, existem pesquisas que deram origem ao uso de ontologias pela análise de um problema, outros visualizaram uma possível solução para atender a uma necessidade, permitindo dividir essa categoria em:

- Problema apresentado: enquadra os artigos em que a abordagem sobre o assunto ontologias foi originada com base em um problema;
- Solução percebida: representa os artigos em que ao invés de mostrarem um problema e tratá-lo com o uso de ontologias, apresentaram diretamente a abordagem como uma possível solução.

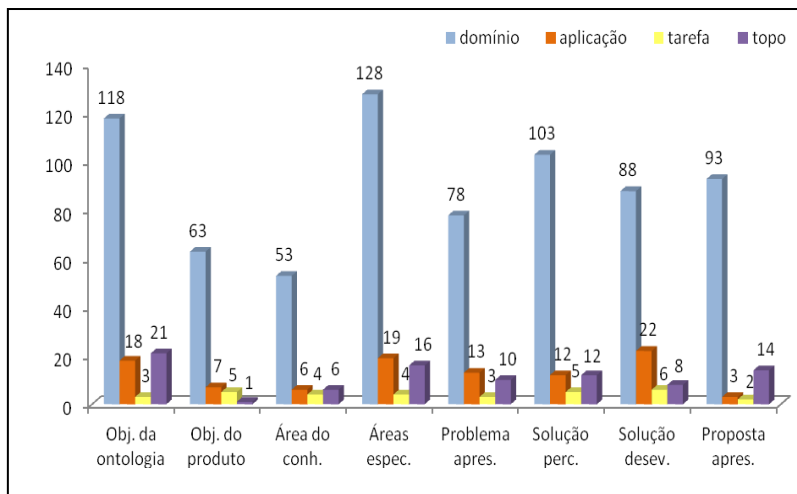
Categoria 4: Proposta do artigo – registra uma síntese contendo a perspectiva apresentada no documento em relação ao que foi proposto no artigo. Foi possível identificar artigos que desenvolveram soluções completas e que apresentaram a descrição do desenvolvimento, outros apresentaram apenas uma proposta de uso ou possível cenário em que as ontologias são vantajosas. As variáveis desta categoria são:

- Solução desenvolvida: os artigos que tem como objetivo apresentar alguma ontologia ou ferramenta desenvolvida estão inseridos nesta variável;

- Proposta apresentada: nesta variável estão os artigos que ao invés de desenvolver completamente uma solução, apenas propõem algum tipo de abordagem que se utiliza de ontologias.

Para melhor ilustrar o quantitativo de artigos para cada variável, apresenta-se o gráfico 3, que ilustra também a existência de todos os tipos de ontologias em todas as variáveis, permitindo uma melhor análise individual e a identificação das ocorrências em cada tipo.

Gráfico 3 – Quantitativo de artigos por categoria e variável de análise



Fonte: Dados coletados pelo autor

Com o predomínio das ontologias de domínio, conforme exposto anteriormente, é evidente que em todas as variáveis este tipo tenha um quantitativo mais representativo, porém é possível visualizar um maior balanceamento entre todas as variáveis, contribuindo para uma melhor análise de cada uma e a identificação de diferentes aspectos de cada tipo.

5.1.1 Formas de uso

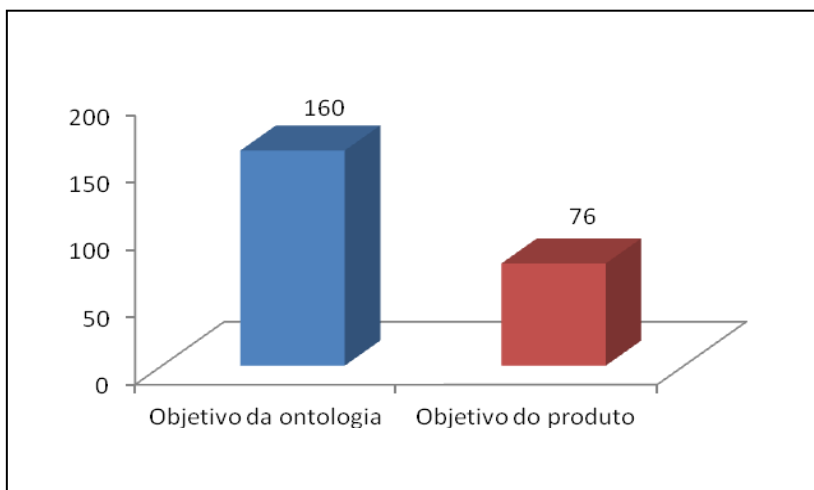
Como as análises foram realizadas por meio de categorias, vale ressaltar que existem artigos que, em alguns casos, são considerados

relevantes em uma variável e constam nos gráficos que ilustram os resultados, e em outros se tomam menos importantes e estão excluídos das análises principais, dessa forma, conforme for o caso, as ocorrências que não estiverem incluídas nas descrições principais terão comentários mais superficiais.

A categoria ‘formas de uso’, demonstrada no gráfico 4 e relatada anteriormente, está relacionada ao registro da perspectiva apresentada nos documentos sobre o uso da ontologia.

Referente à variável ‘objetivo da ontologia’, a qual implica os artigos que indicam especificamente qual será o objetivo da ontologia, existe um predomínio considerável de 67,8%, comparado à quantidade de 76 (32,2%) artigos relacionados à variável ‘objetivo do produto’, isto é, aqueles que apresentam alguma ferramenta que utiliza-se do uso de ontologias.

Gráfico 4 – Quantidade de artigos por variável da categoria ‘Formas de uso’



Fonte: Dados coletados pelo autor

Percebemos então que dentre os artigos analisados, em sua maioria, os autores evidenciaram objetivos específicos para as ontologias, como descrever e especificar conceitos, representar o conhecimento, classificar o conteúdo de documentos, compartilhar ou definir vocabulário, integrar informações, entre outros.

Para auxiliar na visualização quantitativa das principais ocorrências nessas variáveis, os gráficos 5 e 6 apresentam essas informações em detalhes, além de mostrar em qual situação existem tipos diferentes de ontologias relatadas com um mesmo objetivo. Nesses casos, algumas características distinguem um tipo do outro.

Em relação ao objetivo de descrever e especificar conceitos, em que o gráfico 5 apresenta 27 ocorrências para a ontologia de domínio, 4 para ontologias de aplicação, 2 para ontologias de tarefa e 7 para ontologias de topo é possível evidenciar as particularidades de cada tipo.

Como visto na seção 3.4, quando discutido sobre definições, foi apresentada a de Moreiro e Gonzáles (2011, p. 76) que define as ontologias “como a soma de uma série de conceitos relevantes que representam o conhecimento compartilhado pelos membros de um determinado domínio”. Isso exposto, esclarece-nos que todos os tipos terão algumas premissas básicas em comum, e o interesse que temos neste estudo é justamente identificar particularidades entre os tipos de ontologias.

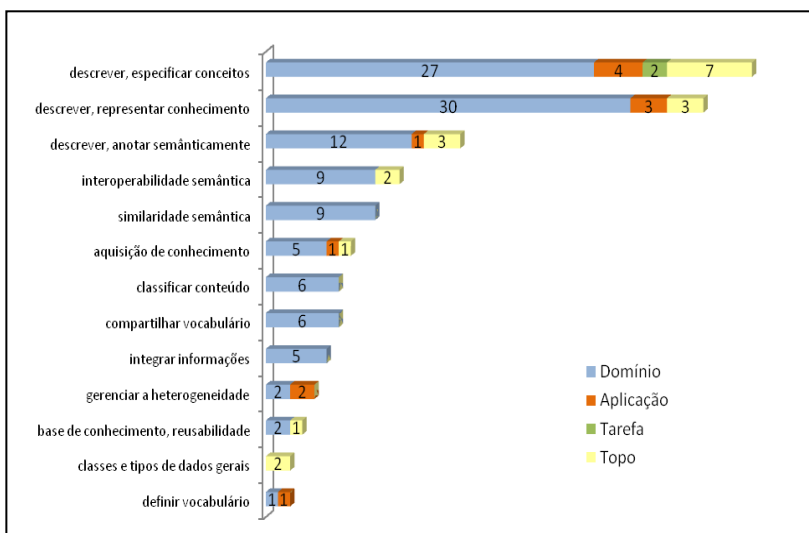
Com isso, se retornarmos aos artigos relacionados à descrição e especificação de conceitos, todos os tipos de ontologias têm como uma de suas premissas básicas descrever, definir e representar conceitos, porém algumas diferenças puderam ser identificadas. Para as ontologias de topo, os conceitos a serem trabalhados são mais genéricos, definem os conceitos mais básicos e que sejam extensíveis a outras ações e domínios associadas a sua área de abordagem.

As ontologias de domínio, por sua vez, representam apenas os conceitos e relações que estejam inseridas na conceituação definida, ou seja, apenas na visão de mundo que se desejou representar, tendo como função definir o conhecimento do domínio com suas especificações explícitas, resolvendo problemas de ambiguidade e contribuindo para a partilha de conhecimento.

No caso dos tipos aplicação e tarefa, no primeiro os conceitos representados são ainda mais específicos, estando relacionados a uma descrição e modelagem de ambientes particulares de acordo com a necessidade de quem a utiliza, como descrições verbais de uma cena, fotografias, etc. No segundo, a descrição está atrelada aos conceitos relativos à resolução de problemas e tarefas mais genéricas, como a descrição de processos em organizações, especializando os termos utilizados nos outros tipos de ontologias.

Para o item ‘descrever e representar conhecimento’, o que diferencia do item anterior é a necessidade do compartilhamento e a reutilização do conhecimento representado. Ao invés de apresentar a representação de um domínio de forma isolada, encontramos relatos voltados para o uso de bases de conhecimento em que as ontologias de domínio contribuem para a construção de objetos operacionalizados e compreensíveis por máquina.

Gráfico 5 – Quantitativo das principais ocorrências da variável ‘objetivo da ontologia’



Fonte: Dados coletados pelo autor

As ontologias de aplicação têm a função de descrever os domínios especializados, reunindo os conceitos e suas relações ainda não representados na ontologia de domínio. Nas três pesquisas que se utilizam das ontologias de topo o objetivo é a representação do conhecimento de modo mais geral, servindo de base para outras ontologias.

Entre os objetivos das ontologias na descrição e interoperabilidade semântica, basicamente, são os de contribuir para a integração de agentes inteligentes e permitir que aplicações distintas possam se utilizar de um mesmo conjunto de descrições. Sistemas que

se utilizam de anotações semânticas permitem uma melhor manipulação por máquina de informações em linguagem natural.

Os demais itens apresentados colaboram para especificar melhor os objetivos já descritos nos parágrafos anteriores, para evitar repetições nas informações relacionadas às ontologias, apenas alguns itens são descritos com maior atenção. Isso porque, nesta fase da explanação dos resultados o objetivo é selecionar as características de cada tipo de ontologia para que sejam abordadas com mais detalhe posteriormente. Além disso, conforme for avançando as análises das categorias, as informações vão se tornando mais completas, tendo em vista que cada variável está sendo descrita de forma isolada.

Existem outros itens da variável ‘objetivo da ontologia’ que não foram inseridos no gráfico 5, por ocorrerem apenas uma vez e em apenas um tipo de ontologia, mesmo assim é importante que sejam relatados.

Relacionados às ontologias de domínio foram encontrados objetivos como: definir estrutura de metadados; auxiliar no desenvolvimento de software; armazenar a semântica de um domínio específico; e descrever padrões de análise. Para as ontologias de aplicação: definir a descrição do serviço; compartilhar a troca de informações; mediar dados; evitar ambiguidade; integrar ontologias de referência; e subconjunto do vocabulário da ontologia de domínio.

Apenas um objetivo para o tipo tarefa está fora do gráfico 5, o de representar e inferir entre um conjunto de vocabulários; e para as ontologias de topo, dois objetivos: descrição abstrata do que há no mundo e fornecer vocabulário básico.

Ao analisar as ocorrências da segunda variável, conforme gráfico 6, as ontologias foram descritas como uma ferramenta auxiliar em sistemas que apresentam como objetivo: melhorar os resultados dos sistemas de recuperação por busca inteligente; capturar e extrair conhecimento de imagens; melhorar a gestão de bases de conhecimento; entre outros.

Isso não implica que os objetivos das ontologias apresentadas nessa variável tenham fundamentos diferentes das apresentadas na variável anterior ‘objetivo da ontologia’. Apenas fica mais difícil identificá-los explicitamente nos artigos, porém permite conhecer a contribuição que a aplicação terá com sua utilização, ou seja, algumas funcionalidades de cada tipo podem ser relatadas.

Nas ontologias de domínio o objetivo de melhorar a recuperação de informação por busca inteligente apresentou a maior quantidade de artigos. Dentre esses sistemas estão portal educacional, sistemas FAQ, motores de busca e sistemas de informação. Os objetivos desses sistemas englobam: a necessidade de se ter um portal inteligente para servir como prestador de serviços pela representação do conhecimento do domínio por meio das ontologias; uso de agente de interface ontológico para trabalhar como assistente entre usuários e sistemas FAQ; uso de tecnologias da web semântica para o armazenamento de informação em sistema de recuperação; implantação em sistemas de recuperação de informação de agentes de pesquisa adaptados; e incorporar o conhecimento de domínio em processos de agrupamento de documentos.

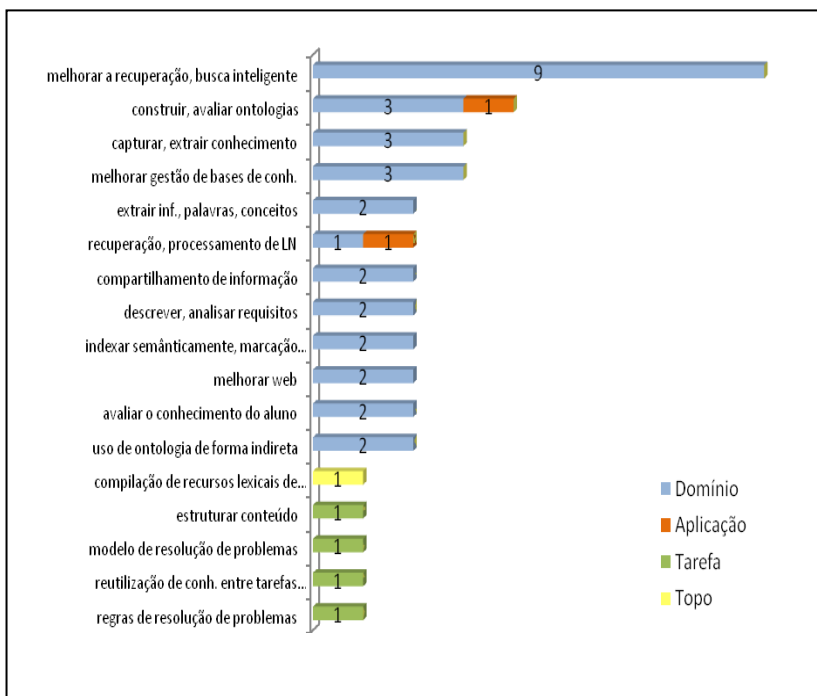
Para o objetivo de construir e avaliar ontologias o foco está na web, ferramentas para reconhecer automaticamente o processo e gerenciar as informações disponíveis em sites, realizar análise de consumo de ontologias e criação de método automatizado para construção de ontologias de domínio fazem parte das funções dos produtos propostos nos artigos inseridos neste item.

Importante destacar a ocorrência de métodos automáticos para a construção de ontologias. Isso implica em ações que não necessariamente teriam influência de especialistas durante o desenvolvimento da ontologia. Consequentemente, torna-se necessário levar em conta que o conhecimento representado nessa situação não pode ser considerado subjetivo, justificando a importância de expormos uma terceira visão da realidade (mundo 3), discutido no capítulo 3.2.

Sobre o objetivo de capturar e extrair conhecimento, sistemas que lidam com informações multimídias e imagens, precisam de mecanismos bem elaborados para manipulação e representação que permitam uma recuperação eficiente. As ontologias de domínio viabilizam a captura do conhecimento espacial e de contexto, contribuindo para sistemas de análise semântica de imagem.

Outros produtos inseridos nesta variável e que se utilizam das ontologias de domínio tratam sobre bases de conhecimento, sistemas de extração de informações por comando de voz e interfaces web para fornecer e compartilhar informações relevantes em domínios específicos.

Gráfico 6 – Quantitativo das principais ocorrências da variável ‘objetivo do produto’



Fonte: Dados coletados pelo autor

No que diz respeito às ontologias de aplicação, dois artigos estão relacionados a produtos com o mesmo objetivo dos que utilizam ontologias de domínio e suas descrições. Em relação ao objetivo de construir e avaliar ontologias, o artigo apresenta um método para construção de ontologias em que o conhecimento analisado é organizado em uma ontologia de aplicação. A segunda ocorrência trata do processamento e recuperação baseado em linguagem natural e que trabalha tanto com a ontologia de domínio para construir uma representação semântica estruturada de documentos, quanto com a de aplicação construída pela integração de gráficos conceituais.

Em relação ao artigo que aborda a ontologia de topo, o objetivo do produto refere-se à compilação de recursos lexicais de dicionários convencionais. De cunho mais teórico descreve os problemas

encontrados neste tipo de compilação e apresenta práticas de reutilização de dicionários para organização de recursos semântico-lexical de uma WordNet (base de dados de conhecimento linguístico) para Dinamarquês.

Para as ontologias de tarefa essa variável é a que está mais alinhada com as suas atribuições, já que, como vimos anteriormente, a função das ontologias de tarefa é descrever o vocabulário de uma tarefa ou atividade genérica (como diagnóstico ou venda). Dessa forma, quando relatamos as ações específicas de um determinado produto é que as ontologias de tarefa devem ser consideradas.

Os quatro artigos que tratam das ontologias de tarefa apresentam essa função. No objetivo de estruturar conteúdo, a ontologia utilizada tem como finalidade servir de base para a construção de sistema educacional inteligente, especificando ou descrevendo as tarefas de criação, modelagem e avaliação. Quando o objetivo do produto é o modelo ou regras de resolução de problemas, a ontologia descreve classes de problemas para compor uma biblioteca de componentes reutilizáveis. Para o objetivo de reutilizar o conhecimento em tarefas diferentes, a ontologia de tarefa é utilizada como subconjunto da ontologia de domínio.

Uma observação a ser relatada é quanto às sobreposições que ocorreram no gráfico 5 e que não se repetiram no gráfico 6, isso porque na variável ‘objetivo da ontologia’ existem atribuições comuns em todos os tipos, porém na variável ‘objetivo do produto’ as atribuições tornam-se mais específicas, pois cada tipo cumpre um papel diferente quando utilizadas, diminuindo consideravelmente as ocorrências em que apresentam tipos diferentes.

Novamente, nesta situação, existem outros objetivos que não foram inseridos no gráfico 6, por ocorrerem apenas uma vez, e se fossem considerados, dificultaria uma análise mais direta, além de não ser necessário a análise minuciosa de todas as ocorrências, e sim as que permitam coletar características importantes dos tipos de ontologia.

As ocorrências que apresentaram apenas um artigo e que estão relacionadas às ontologias de domínio tratam dos sistemas para recomendar itens de consumo, integrar práticas de gestão, definir relacionamentos entre informações, melhorar a classificação de texto, acesso simultâneo a fontes de informação diferentes, capturar interesses dos usuários, melhorar a modelagem de negócios, entre outros. Relacionados às ontologias de aplicação, os objetivos tratam da definição do comportamento de uso de conteúdo, raciocínio sobre informações de localização e modelagem de processos de aprendizagem.

Todos os artigos que tratam das ontologias de topo estão no gráfico 6, e referentes às de tarefa, apenas ficou de fora o que aborda a melhoria do uso de geoprocessamento.

5.1.2 Áreas de aplicação

A categoria ‘áreas de aplicação’, ilustrada no gráfico 7 e relatada anteriormente, está relacionada ao registro da abordagem apresentada nos documentos com relação à área do conhecimento em que está inserido o uso de ontologias.

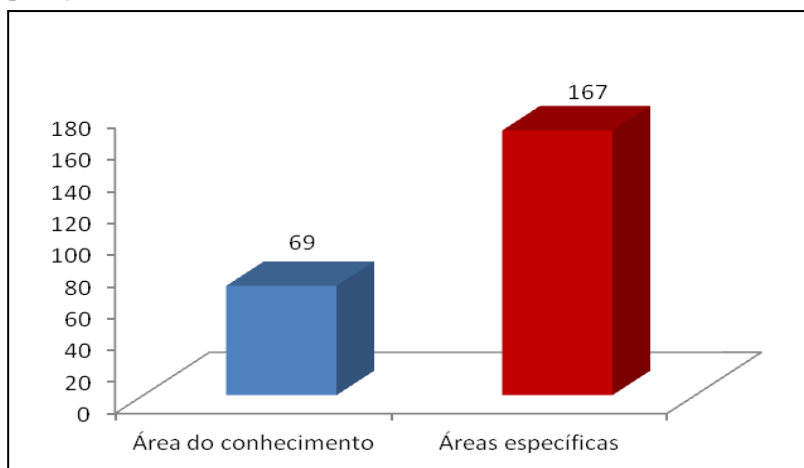
Em relação a variável ‘áreas específicas’, em que se inserem os artigos que tratam de casos do uso de ontologias em situações específicas e não indicam diretamente uma área do conhecimento, existe um predomínio considerável de artigos relacionados a essa variável com 70,76%, comparado à quantidade de 69 (29,24%) artigos relacionados às pesquisas que mencionaram alguma área do conhecimento em que a ontologia representa e que fazem parte da variável ‘área do conhecimento’.

Percebe-se então que dentre os artigos analisados, em sua maioria, os autores evidenciaram áreas específicas para o uso de ontologias, como empresas e organizações, indústria, redes sociais, internet, aplicações web, entre outras.

Para auxiliar na visualização quantitativa das principais ocorrências nessas variáveis, os gráficos 8 e 9 apresentam essas informações em detalhes, permitindo verificar que nas duas variáveis, existem casos que apresentam estudos relacionados a dois ou mais tipos de ontologias, permitindo uma compreensão melhor das especificidades de cada tipo e contribuindo para identificação de suas diferentes características.

Dentre as áreas apresentadas no gráfico 8 percebe-se uma representatividade considerável da área de medicina, em que os artigos demonstraram uma atenção em desenvolver ferramentas que permitam o acesso inteligente à informação, pelo uso de ontologias para melhorar a qualidade de agrupamento de documentos por meio de sua hierarquia de conceitos; auxiliar os usuários finais de sistemas médicos na formulação de consultas em banco de dados relacional complexos; e a reutilização de conhecimento de domínios médicos diferentes.

Gráfico 7 – Quantidade de artigos por variável da categoria ‘Áreas de aplicação



Fonte: Dados coletados pelo autor

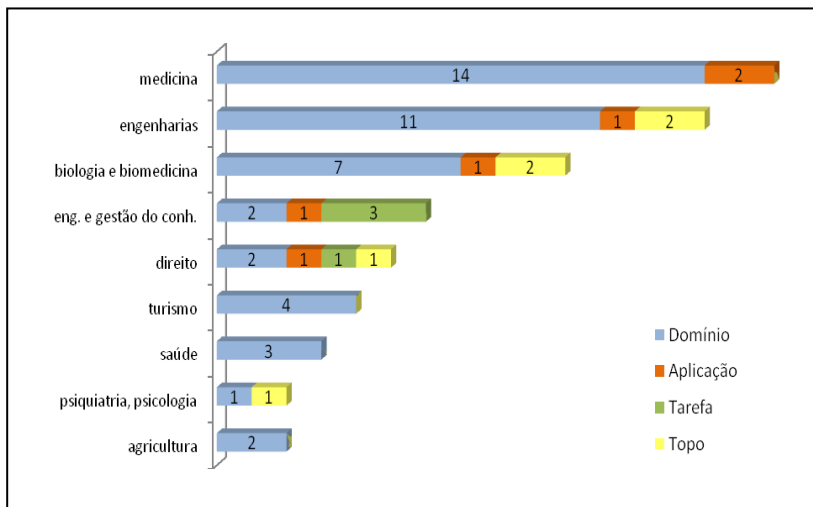
Na área de direito podemos encontrar os quatro tipos de ontologia sendo utilizados, porém a baixa quantidade de artigos focados nesta área do conhecimento não contribuiu para a obtenção de características específicas da aplicação de cada tipo. Basicamente as ontologias são utilizadas com objetivo de fornecer um modelo conceitual uniforme que ofereça uma representação em nível semântico para o processamento e modelagem do conhecimento jurídico.

A área de engenharia e gestão do conhecimento, também contribuiu para uma análise sobre as aplicações em diferentes tipos, antes disso, é importante recapitular o que foi exposto no capítulo 3.2 sobre a abordagem da Gestão do Conhecimento em relação à organização do conhecimento. Essa área está focada nos aspectos intangíveis de uma empresa, como processos de trabalho, ações de seus colaboradores e tomada de decisão, são alguns exemplos.

Dessa forma, cabe às ontologias de domínio, além de suas atribuições básicas, a função de representar o conhecimento implícito dos colaboradores de uma empresa visando a melhoria contínua dos processos organizacionais. Um exemplo é o registro e o compartilhamento de conhecimento resultante da experiência de feedback. O uso da ontologia de aplicação está atrelada à organização do

processo de aquisição do conhecimento, permitindo a reutilização de elementos e componentes de sistemas baseados em conhecimento.

Gráfico 8 – Quantitativo das principais áreas do conhecimento por tipo de ontologia



Fonte: Dados coletados pelo autor

Relacionado ainda aos artigos inseridos na variável ‘áreas do conhecimento’, a área de engenharias abarca pesquisas da engenharia de requisitos, de softwares, elétrica, civil, mecânica e da computação. Estão relacionados principalmente ao uso da ontologia de domínio como uma base conceitual, definindo termos e relações para formar um vocabulário comum para interligar itens de conhecimento ou um conjunto de entidades de apoio para a modelagem de softwares, etc.

Outra área importante, quanto ao uso de ontologias, é a área de biologia e biomedicina. A biologia é uma das áreas que apresentam um maior avanço relacionado à utilização de ontologias. Mesmo não sendo a área com maior representatividade nesta variável, foi possível perceber principalmente quando abordarmos as soluções desenvolvidas, que as ferramentas utilizadas já demonstram uma consistência significativa.

Um exemplo do diferencial desta área é a Open Biological and Biomedical Ontologies (OBO), uma biblioteca de ontologias que envolvem de forma colaborativa desenvolvedores de ontologias. Dessa

forma, os artigos relacionados às ontologias de topo pesquisam metodologias adequadas para permitir a inserção de informações em arquitetura de ontologias integrativas e propostas para readequar hierarquias de sistemas terminológicos da área. O artigo referente ao tipo aplicação trata da necessidade de representações de domínios cruzados e se utiliza das ontologias de aplicação para o uso de ontologias de múltiplas, incluindo ferramentas para o seu mapeamento. Em relação às ontologias de domínio na biologia, as pesquisas a utilizam no processo de categorização de textos, como complemento em banco de dados relacional e na interoperabilidade entre ontologias biomédicas.

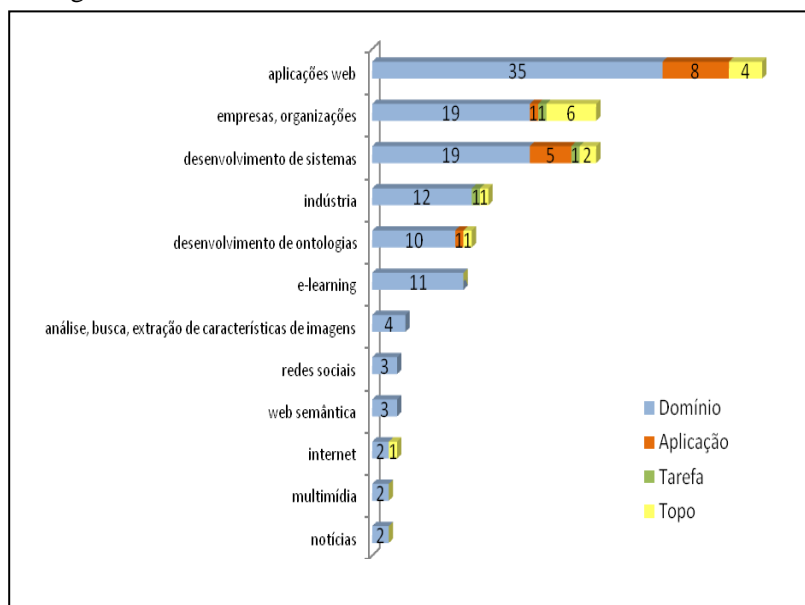
Existe ainda, pesquisas relacionadas às áreas do conhecimento que não estão no gráfico 8 por existir apenas um artigo, como é o caso da áreas de farmacêutica, estatística, tecnologia da informação, petróleo, matemática, física nuclear e educação, e como não demonstram alta relevância, nesta variável, comparado às áreas de engenharia e gestão do conhecimento, direito e medicina, ficaram de fora da ilustração.

Ao analisarmos as ocorrências ilustradas no gráfico 9, em que se concentram as pesquisas que relacionam as ontologias a aplicações em áreas específicas, o predomínio se encontra nos artigos com foco na web. Importante destacar o uso dos três tipos de ontologias nesta abordagem, permitindo novamente evidenciar características diferentes entre esses tipos.

O crescimento exponencial de informações disponíveis na web vem exigindo uma atenção dos pesquisadores para o desenvolvimento de soluções que gerenciem esses objetos informacionais de forma automática e que permitam sua recuperação de maneira eficiente. Em relação às ontologias de domínio, basicamente o foco nesta área específica está relacionado à integração de dados, desenvolvimento de softwares para anotação lexical automática, serviços web para anotação semântica, extração de dados em páginas HTML e o uso da web para aquisição de conhecimento.

Para o tipo aplicação, as abordagens estão relacionadas ao desenvolvimento de ontologias como subconjunto do vocabulário da ontologia de domínio e a descrição de domínios especializados. Sobre o tipo topo, as pesquisas apontaram para a construção de mecanismos que descrevam a semântica de serviços web de uma forma padronizada.

Gráfico 9 – Quantitativo das principais áreas específicas que utilizam ontologias



Fonte: Dados coletados pelo autor

Outras duas áreas que também se destacaram nessa variável são as aplicações no desenvolvimento de sistemas e as empresas e organizações, permitindo visualizar o uso de todos os tipos de ontologias analisados na pesquisa.

Os artigos relacionados à abordagem sobre o desenvolvimento de sistemas buscam criar ferramentas para melhorar a gestão informacional estruturando os dados textuais semanticamente para classificar e relacionar essas informações utilizando-se dos tipos ontológicos. Um destaque no uso das ontologias de tarefa é a sua contribuição para a construção de sistemas baseado em conhecimento para a organização de bibliotecas de componentes de software reutilizáveis.

Sobre as pesquisas relacionadas às empresas e organizações, as ontologias de topo apresentaram um quantitativo relativamente alto se comparado às outras ocorrências desta variável. Esses artigos estão relacionados à: gestão estratégica, no sentido de construir uma ontologia com conceitos básicos para que seja usada como parâmetro para outras

na análise de problemas de confiabilidade no ciclo de desenvolvimento de projetos; processos de negócios, facilitando a interoperabilidade entre aplicações disponíveis na internet; e sistema financeiro, representando uma base de conhecimento para a melhoria da comunicação sobre a gestão de risco sistêmico em instituições financeiras.

Os demais itens apresentados no gráfico 9 estão relacionados, em sua maioria, apenas às ontologias de domínio e são utilizadas com o intuito de melhorar as análises de informações em documentos não estruturados, apoiar modelo para descrição e análise de informações em redes sociais, contribuir para sistemas de pesquisa em mídias complexas, como a recuperação de imagens através de anotações semânticas dos objetos de mídia áudio-visual.

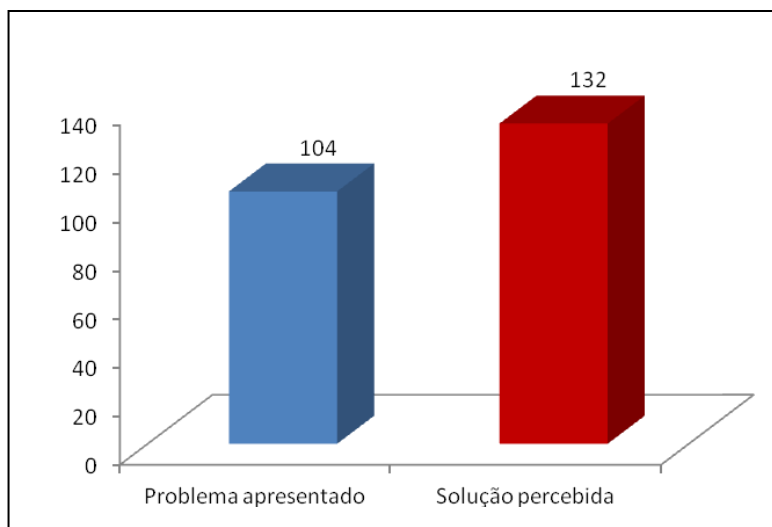
Dentre as áreas específicas que registraram apenas um artigo e relacionada à ontologia de topo, encontra-se a aplicação de ontologia no conhecimento semântico, utilizando-se da WordNet; para o tipo tarefa, está inserida a pesquisa sobre geoprocessamento; e relacionado à ontologia de aplicação, as áreas são a recuperação de dados, arqueologia subaquática, fotografia e reutilização de software. Sobre os artigos que tratam da ontologia de domínio as ocorrências que não estão no gráfico 9 abordam as áreas de infraestrutura urbana, monitoramento de rede, biblioteca digital, área ambiental, reminiscências e banco de dados.

5.1.3 Problemas que acarretaram a necessidade

A categoria ‘problemas que acarretaram a necessidade’, demonstrada no gráfico 10, está relacionada ao cenário que despertou a necessidade de uso das ontologias. Dentre os artigos analisados, existem pesquisas que deram origem ao uso de ontologias por meio da análise de um problema, outros visualizaram uma possível solução para atender a uma necessidade.

Referente à variável ‘problema apresentado’, que comporta as pesquisas cuja origem foi um problema detectado, foram selecionados 104 artigos (44,1%), para a variável ‘solução percebida’ que ao invés da origem da pesquisa ser um problema, é motivada por uma possível solução, foram escolhidos 132 artigos (55,9%). É evidente que a solução percebida tenha como finalidade resolver algum problema existente, mas durante as leituras ficou claro uma diferenciação nesses tipos de abordagem.

Gráfico 10 – Quantidade de artigos por variável da categoria ‘problemas que acarretaram a necessidade’

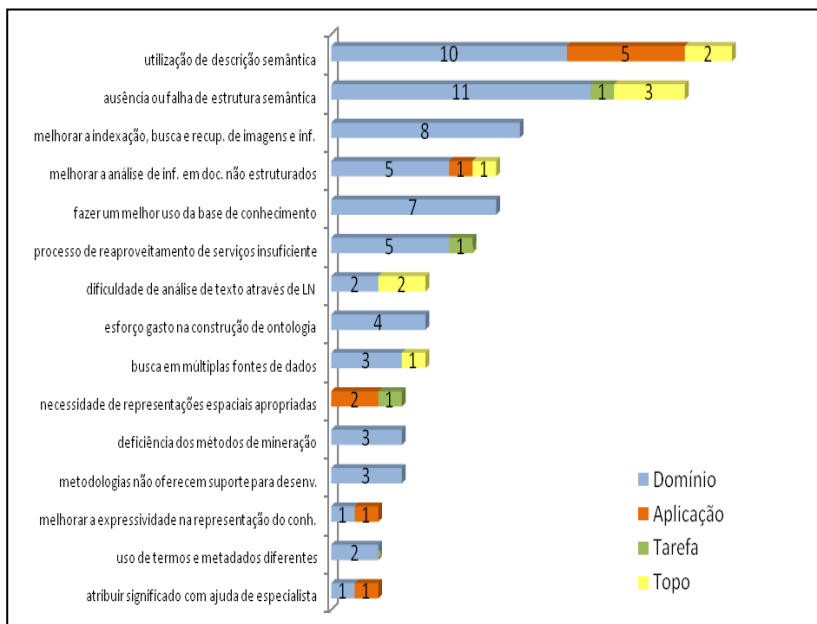


Fonte: Dados coletados pelo autor

Para auxiliar na visualização quantitativa das principais ocorrências nessas variáveis, os gráficos 11 e 12 apresentam essas informações, além de mostrar qual situação existem tipos diferentes de ontologias relatadas em artigos com o mesmo propósito que os originaram.

Em relação ao problema na utilização de descrição semântica foram encontrados três tipos diferentes de ontologias, com o predomínio das ontologias de domínio. Os artigos que abordaram este tipo de problema relatam a necessidade de integração das informações e a heterogeneidade semântica na web, e ainda, a falta de um vocabulário comum permitindo a relação entre domínios em sistemas de informação.

Gráfico 11 – Quantitativo das principais ocorrências da variável ‘problema apresentado’



Fonte: Dados coletados pelo autor

No caso da ausência ou falha de estrutura semântica, as problemáticas estão bem próximas àquelas do item anterior, adicionando a inviabilidade na tentativa de se realizar anotações semânticas de forma manual nos conteúdos da web e a falta de precisão semântica na gestão do conhecimento dos vários domínios de sistemas colaborativos.

Para as duas situações supracitadas, os problemas apresentados quando da utilização de ontologias de aplicação, é a falta de esquemas para o desenvolvimento de subconjunto de vocabulários das ontologias de domínio. Relacionadas às ontologias de tarefa, empresas que fazem parte de uma cadeia de serviços carecem de procedimentos padronizados em seus sistemas que permitam a pesquisa de possíveis parceiros em processos de forma automatizada. No que se refere às ontologias de topo, os problemas levantados são as limitações na realização de análise ontológica em linguagens de modelagem, utilizada para avaliação dessas modelagens, e a falta de padrão para a introdução de informações quando da criação e classificação de entidades.

Dentre os demais problemas levantados nos artigos inseridos nesta variável estão: o grande esforço que deve ser aplicado durante a construção manual de ontologias, relacionados ao custo e tempo exigido para a realização dessa atividade; a inexistência de um método padrão para a construção de ontologias; o aumento significativo na quantidade de objetos multimídia disponíveis em bases na internet; o baixo desempenho dos motores de busca; e a falta de discussão sobre o gerenciamento de ativos de conhecimento nas organizações.

No caso dos artigos que apresentaram como origem a percepção de solucionar uma carência ('solução percebida') pelo uso direto ou indireto das ontologias, é que podemos começar a visualizar, de fato, as características de cada tipo. Entretanto, esta abordagem será realizada com maior clareza na categoria 'proposta do artigo', aqui o foco é apenas mostrar as possíveis soluções apresentadas nas pesquisas, em que sinalizaram a possibilidade de estarem categorizadas na variável 'solução percebida'.

Como ponto de partida, utilizaremos os artigos que mencionaram o desenvolvimento de sistemas baseado em conhecimento, por possuírem todos os tipos de ontologia neste tipo de abordagem. Esses artigos, curiosamente, mostraram um predomínio do tipo aplicação inserida em métodos para construção de ontologias em operações específicas como operações em gasodutos, reutilização de conhecimento em sistemas médicos inteligentes e no desenvolvimento de sistemas.

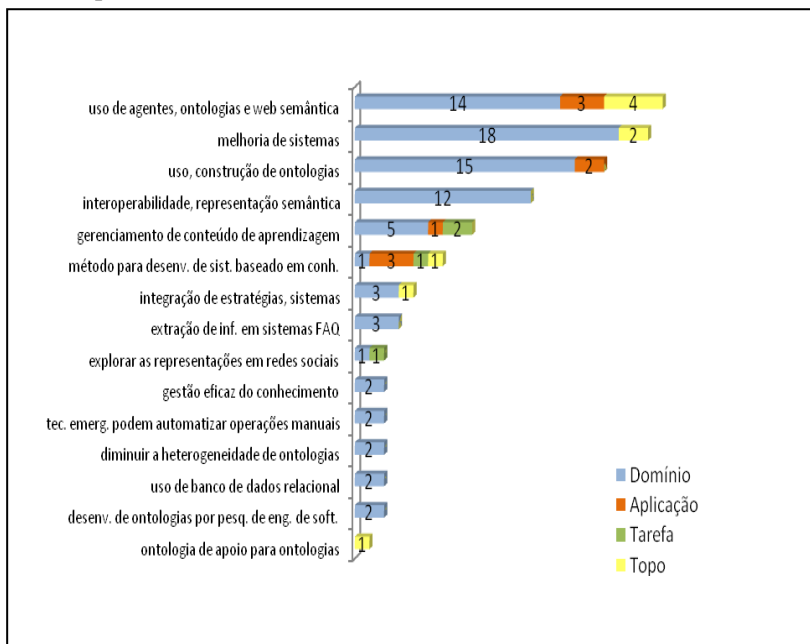
Os artigos referentes aos outros tipos abordam os métodos de resolução de problemas e o seu papel na construção de sistemas baseados em conhecimento, utilizando-se das ontologias de tarefa, uso de ontologia de topo para abstrair categorias do domínio da engenharia de software e servir como modelo para determinadas disciplinas, e avaliar a viabilidade da aplicação de metodologias específicas para a construção de ontologias de domínio.

As duas ocorrências com maior frequência foram o uso de agentes inteligentes, ontologias e Web Semântica (WS) com 21 artigos e que tratam do grande potencial dessas tecnologias trabalhando em conjunto para a evolução da web, disponibilizando excelentes possibilidades no desenvolvimento de soluções.

Entre as soluções percebidas estão o desenvolvimento de métodos para reconhecimento automático de informações disponíveis em sites; a integração dos agentes inteligentes e a web semântica num ambiente

comum; e a necessidade das ontologias na WS para o acesso inteligente de informação.

Gráfico 12 – Quantitativo das principais ocorrências da variável ‘solução percebida’



Fonte: Dados coletados pelo autor

A segunda ocorrência com maior frequência trata da melhoria de sistemas, em que as ontologias são utilizadas em soluções como: tomada de decisão por domínios heterogêneos; novas abordagens para o desenvolvimento de ontologias; melhoria dos serviços de aprendizagem na web, como novos mecanismos para agregar material de aprendizagem, estruturas de visualização e novas formas de personalização de conteúdo; e permitir a integração de dados em softwares empresariais.

Outra abordagem relevante nesta variável são os artigos que tratam de soluções visualizadas pelo uso ou construção de ontologias, em que permitem descrever o conhecimento de um domínio ou domínio especializado para as ontologias de aplicação; na solução de problemas de análise de imagem; em sistemas para a construção automática de

ontologias; e auxiliar os sistemas para extração de informações com alta precisão.

Referente aos artigos que abordam apenas as ontologias de domínio, algumas soluções percebidas são o compartilhamento de conceitos dentro de um domínio para uso em sistemas de informática, representar modelos de negócio com intuito de melhorar o relacionamento entre empresas, para interoperar entre sistemas de informação, contribuir diretamente para a interoperabilidade semântica na construção de projetos e em conjunto com outras tecnologias automatizar operações manuais em tarefas de escritório.

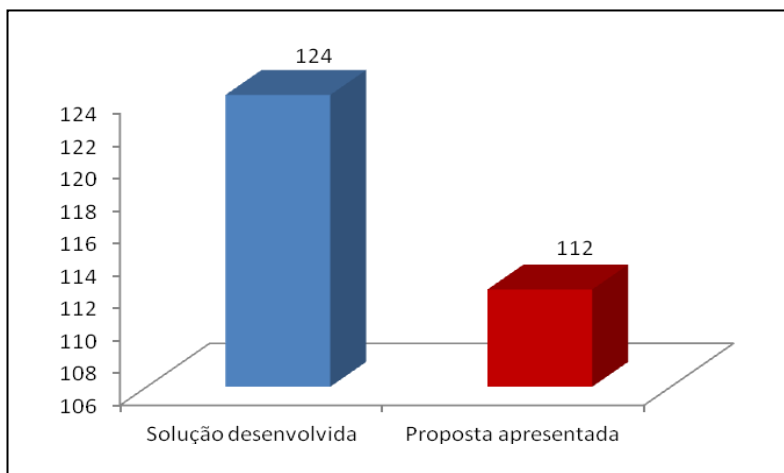
Ainda a respeito das soluções percebidas, existem ocorrências que foram inseridas apenas uma pesquisa. Dentre as ocorrências sobre as ontologias de domínio estão: a modelagem de conteúdo de imagem para reutilização; uso do conhecimento de domínio para o desenvolvimento de software; uso de ontologias em conjunto com redes bayesianas; e captura de conhecimento especializado. Sobre o tipo aplicação: melhoria na operação de revisão da informação; uso de aplicações pervasivas; e reutilização de software. Para o tipo tarefa: a melhoria no gerenciamento de fluxo de trabalho. Finalmente para as ontologias do tipo topo: melhoria do serviço focado no usuário; descrição de conceitos de qualidade; e modelo semântico para informação de confiança.

5.1.4 Proposta do artigo

A categoria ‘proposta do artigo’, ilustrada no gráfico 13, está relacionada à perspectiva apresentada no documento com relação ao que se propõe o artigo, ou seja, trata das soluções desenvolvidas ou apresentadas que se utilizam dos tipos de ontologias.

Em relação à variável ‘solução desenvolvida’, os artigos que a compõe são aqueles que têm como objetivo apresentar alguma ontologia ou ferramenta desenvolvida, apresentando um quantitativo de 124 pesquisas (52,5%). Quando comparamos à quantidade de artigos da variável ‘proposta apresentada’ 112 (47,5%), em que estão os relatos que apenas propõe algum tipo de abordagem, ao invés de desenvolver completamente um solução, não se evidencia um predomínio considerável.

Gráfico 13 – Quantidade de artigos por variável da categoria ‘proposta do artigo’



Fonte: Dados coletados pelo autor

Dessa forma, o mais importante a ser verificado nesta categoria é o que está sendo estudado sobre o desenvolvimento de aplicações ou propostas de ferramentas que se utilizam de alguma forma das ontologias, qual o tipo utilizado e qual é a sua função nessas ferramentas.

As análises das categorias anteriores permitiram construir uma ideia geral sobre alguns aspectos relacionados às pesquisas que fazem parte da análise que permitirão entender melhor o cenário que essas ferramentas estão inseridas, e principalmente, servir como base para a descrição das características de cada tipo.

Para auxiliar na visualização quantitativa das principais ocorrências nas variáveis em questão, os gráficos 14 e 15 apresentam essas informações e permitem verificar que na variável ‘solução desenvolvida’, existem mais casos que apresentam estudos relacionados a dois ou mais tipos de ontologias, contribuindo para uma melhor análise das diferenças na abordagem sobre a construção de ferramentas.

No que se refere as áreas apontadas no gráfico 14, percebe-se uma representatividade considerável no desenvolvimento de ontologias, fortalecendo a possibilidade de verificar características diferentes nos

seus tipos e que será dada uma maior atenção para esta ocorrência por estar diretamente atrelada ao objetivo final desta pesquisa.

Outras ocorrências que contribuíram para a análise desta variável foram as que abordam métodos para melhorar a recuperação de informação e os que apresentam, descrevem ou aplicam alguma abordagem ontológica, isso porque possuem mais de dois tipos de ontologias.

Sobre as pesquisas relacionadas ao desenvolvimento de ontologias os artigos relataram em algum momento a construção de uma estrutura conceitual que se utilizava de algum tipo de ontologia. Além disso, principalmente quando o assunto são as ontologias de domínio, existem relatos sobre a criação de métodos automáticos de extração de informação com o uso de ontologias e ainda, metodologias automatizadas para sua construção.

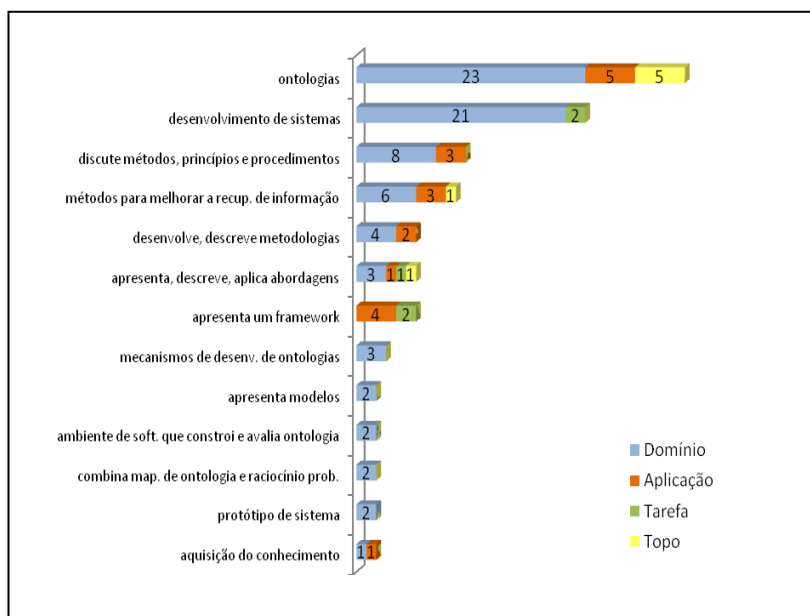
Os métodos semiautomáticos e automáticos de extração de informação com o uso de ontologias e as metodologias de construção automatizadas, corroboram com o pensamento apresentado no capítulo 3.2 a respeito da necessidade de considerarmos uma terceira visão da realidade, chamada de conhecimento objetivo. Isso porque as formas e as fontes de conhecimento dos métodos automatizados são diferentes dos métodos tradicionais, ou seja, nesse caso, apenas o conhecimento registrado é levado em consideração.

Dessa forma, entre os métodos apresentados pelos artigos temos o *Ontology-assisted Data Extraction* (ODE), que extrai automaticamente os registros de páginas HTML dos resultados de uma busca. Ou ainda o *Heavyweight Ontology Based Information Extraction for Visually impaired User* (HOIEV), que fornece um mecanismo de extração de informações de alta precisão pelo uso de ontologias. Inseridos na ocorrência desenvolve e descreve metodologias, com 6 artigos, encontramos a ferramenta *TextOntoEx*, que constrói ontologias de domínio baseado nas abordagens de texto em linguagem natural por meio de padrões semânticos.

Ainda sobre as ontologias desenvolvidas, entre os 23 artigos que tratam do tipo domínio, um que chama a atenção é da área do Direito e refere-se ao domínio de direito autoral. O objetivo é servir como um framework conceitual que mantenha a consistência entre as diversas representações do conhecimento jurídico sobre o assunto. Entre os artigos sobre o tipo aplicação, destaca-se um na área de medicina, que constrói uma ontologia com o objetivo de especificar relações de

mapeamento entre os seus termos e os independentes no domínio utilizado na resolução de problemas. Para o tipo topo, a ontologia FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) fornece um conjunto básico de conceitos e termos baseado na ISO-15926 – que trata sobre sistemas de automação industrial e integração de dados – para servir como base para domínios mais específicos.

Gráfico 14 – Quantitativo das principais ocorrências da variável ‘solução desenvolvida’



Fonte: Dados coletados pelo autor

Relacionados à abordagem referente aos métodos para melhorar a recuperação da informação e os artigos sobre o tipo domínio, a área de biomedicina apresenta um modelo que considera a granularidade semântica – refere-se aos níveis de especificidade semântica inseridos num objeto informacional – para melhorar o desempenho na recuperação de documentos. A ontologia serve como referência para a construção do modelo baseado no conceito computacional que leva em consideração a similaridade, popularidade e granularidade para recuperar documentos.

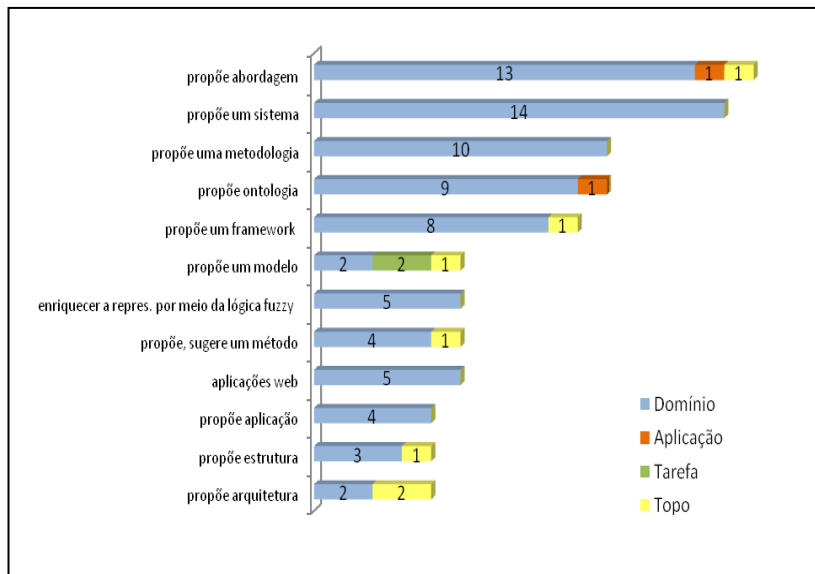
Para o tipo aplicação, entre os artigos inseridos na ocorrência em questão, destaca-se o uso desse tipo de ontologia para apoiar uma técnica de recuperação de base ontológica por semelhança semântica, em que a função da ontologia é comparar classes de diagrama UML e tipos de elementos visando a reutilização de software. Referente a ontologia de topo, o artigo mostra como a combinação de técnicas lexicais, estruturais e de conhecimento podem ser adotadas para a recuperação de documentos na web, utilizando na ferramenta uma ontologia de alto nível com conceitos e suas relações.

Quanto aos artigos que tratam sobre a apresentação, descrição e aplicação de abordagens, as ontologias de domínio estão inseridas em soluções baseadas em gráficos para construção automática de ontologias e na identificação de conflitos semânticos, integrando ontologias de fontes de informação heterogêneas. O artigo que trata o tipo aplicação apresenta uma abordagem que permite à ontologia fornecer semântica para aplicativos de serviço. Para o tipo tarefa, a pesquisa apresenta uma abordagem que interpreta o conceito de wikis – coleção de documentos – como um ambiente de engenharia do conhecimento que serve como suporte para a construção de sistemas para a tomada de decisão. Finalmente, é apresentada uma metodologia implantada na ontologia de topo chamada *BioTop Ontologie* da área de biologia, que aponta um melhor rigor lógico para ontologias biomédicas.

Sobre as soluções desenvolvidas que apresentaram apenas um artigo e relacionadas à ontologia de domínio estão: um portal inteligente com o uso de ontologias; combinação de arquitetura orientada a serviços e ontologias; técnicas para extrair gráficos conceituais. Para os tipos tarefa, topo e aplicação respectivamente estão: ontologias combinadas a regras semânticas; análise ontológica de linguagens de modelagem; e modelo de conteúdo combinado a informação objetiva e subjetiva.

A presença da variável ‘proposta apresentada’, ilustrada no gráfico 15, comprova um comportamento diferente da variável anterior. Percebe-se aqui um predomínio maior das ontologias de domínio em grande parte das ocorrências. Isso porque, como relatado anteriormente, além do predomínio nas pesquisas atreladas a esse tipo em todos os aspectos analisados, as ferramentas que estão sendo pesquisadas, vão ao encontro, na grande maioria, da melhoria dos aspectos apenas de um tipo de ontologia.

Gráfico 15 – Quantitativo das principais ocorrências da variável ‘proposta apresentada’



Fonte: Dados coletados pelo autor

Dessa forma, levanta-se o alerta para a necessidade de evoluir as pesquisas sobre os outros tipos, tendo em vista a importância de uma ontologia de topo para guiar o uso de conceitos em domínios específicos e a necessidade das ontologias de tarefa e aplicação de estarem embasadas em ontologias de domínio.

As propostas apresentadas abarcam uma gama de assuntos que vão desde abordagens, métodos, modelos e metodologias, até arquiteturas, frameworks e estruturas. Importante relatar também a ocorrência de 5 pesquisas em sistemas que buscam enriquecer a representação do conhecimento por ontologias com uso da lógica fuzzy.

A lógica fuzzy, também conhecida como conjunto difuso, está associada ao uso de conjuntos nebulosos. Esse modelo permite quantificar valores de forma linguística, como pequeno, médio e grande. Um conjunto nebuloso estende o conceito de conjuntos, permitindo que um elemento possa ter um grau de pertinência variando entre 0 e 1, ao invés de apenas pertencer ou não ao conjunto como na teoria tradicional.

Entre os artigos que citam essa lógica, dois estão relacionados ao enriquecimento da representação a fim de reconhecer automaticamente o

contexto, permitindo encontrar o conjunto certo de serviços ou identificar grupos de tarefas semelhantes com base em perfis definidos. Ou seja, oferecem mecanismos que contribuam para a melhoria na recuperação de objetos informacionais.

Quanto às ocorrências em relação às pesquisas que tratam das abordagens, métodos, modelos e metodologias os artigos propõem mecanismos para eliminar contradições semânticas, aprendizado de ontologias, mineração de dados inteligente, além de métodos para automatizar a construção de ontologias pelo uso de etiquetas de marcação HTML, indo ao encontro das ocorrências relacionadas ao desenvolvimento de ontologias.

Em relação às pesquisas que apresentaram propostas envolvendo a construção de arquiteturas, frameworks e estruturas, destaca-se um framework para avaliação de ontologias com base em suas características e outro para melhorar a eficiência e precisão na aquisição de conhecimento. Outra abordagem importante refere-se a uma arquitetura de memória organizacional, em que estuda cada etapa do processo para detectar o conhecimento que deve ser armazenado e, por meio de sua modelagem, define um sistema multiagente.

As ocorrências registradas nas variáveis utilizadas nesta seção se repetiram em algum momento, pois os critérios adotados para cada variável foram definidos de forma a facilitar a identificação das características dos tipos de ontologia e permitir a visualização de diferentes formas de abordagens das pesquisas analisadas. Caso fosse adotada uma divisão mais formal, como as categorias de Uschold e Gruninger (1996), que dividem o uso das ontologias em comunicação, interoperabilidade e engenharia de sistemas, limitaria o formato de análise e não permitiria a coleta de informações de forma mais livre como pretendida nesta pesquisa.

Isso exposto e as análises apresentadas para cada categoria e suas variáveis, a próxima seção descreve as características identificadas no corpus de análise, comparando as literaturas da Ciência da Informação com a da Ciência da Computação, neste caso, os próprios artigos analisados.

5.2 CARACTERÍSTICAS POR TIPO DE ONTOLOGIA

Aqui serão sintetizadas as características identificadas durante a análise dos artigos e a descrição dos itens anteriores para cada tipo de

ontologia, procurando consolidar todas as especificidades ao seu respectivo tópico.

Importante lembrar que para todos os tipos foram identificadas algumas premissas básicas em comum, e o interesse que tivemos nesse estudo foi justamente identificar particularidades entre esses tipos. Sendo assim, características como descrição e especificação de conceitos, como estão inseridos nas características de todos os tipos aqui pesquisados, não serão descritos.

5.2.1 Ontologia de domínio

O predomínio das pesquisas sobre ontologias de domínio ficou evidente em todas as categorias de análise, esse fato pode-se justificar pela sua usabilidade estar mais consolidada. Além disso, a diversidade de cenários e a quantidade de áreas em que esse tipo está sendo aplicado, também contribuíram para sua expressividade nos resultados.

Quando analisado o seu objetivo, foi atribuído às ontologias de domínio, representar apenas os conceitos e relações que estejam inseridos na conceituação definida, ou seja, apenas na visão de mundo que se desejou representar, tendo como função definir o conhecimento do domínio com suas especificações explícitas, resolvendo problemas de ambiguidade e contribuindo para a partilha de conhecimento.

Relacionado à interoperabilidade em que as ontologias permitem o compartilhamento e a reutilização do conhecimento representado, as ontologias de domínio contribuem para o uso de bases de conhecimento permitindo a construção de objetos operacionalizados e compreensíveis por máquina. Quanto à captura e extração de conhecimento, especificamente sistemas que tratam de informações multimídias e imagens, as ontologias de domínio viabilizam a captura do conhecimento espacial e de contexto, contribuindo para sistemas de análise semântica de imagem.

No que diz respeito às áreas de aplicação, cabe às ontologias de domínio, quando utilizadas pela gestão do conhecimento, a função de representar o conhecimento implícito para a melhoria contínua dos processos organizacionais. Para as engenharias, as ontologias de domínio são utilizadas como uma base conceitual, definindo termos e relações para formar um vocabulário comum para interligar itens de conhecimento ou um conjunto de entidades de apoio para a modelagem de softwares.

Na área de biologia, as ontologias de domínio são utilizadas no processo de categorização de textos, como complemento em banco de

dados relacional e na interoperabilidade entre ontologias biomédicas. Na web, este tipo de ontologia está relacionado à integração de dados, desenvolvimento de softwares para anotação lexical automática, serviços web para anotação semântica, extração de dados em páginas HTML e o uso da web para aquisição de conhecimento.

Ao abordar os problemas que acarretaram a necessidade no uso de ontologias, o tipo supracitado é utilizado para atender demandas para a integração das informações e a heterogeneidade semântica da web, contribuindo ainda para a solução da falta de vocabulário comum que permita a relação entre domínios em sistemas de informação.

Dentre as soluções desenvolvidas, uma característica particular das ontologias de domínio é a possibilidade de sua construção automática por métodos automatizados de extração de informação, ou ainda, por soluções baseadas em gráficos conceituais, que colaboram para a diminuição no custo de desenvolvimento e proporcionam uma diminuição considerável do tempo necessário para finalizar sua criação.

As pesquisas que apresentaram ontologias já desenvolvidas atribuíram-lhes a função de servir como um framework conceitual que mantenha a consistência entre as diversas representações do conhecimento de um domínio específico, e na identificação de conflitos semânticos, integrando ontologias de fontes de informação heterogêneas.

Relacionado aos métodos para melhoria na recuperação da informação, a área de biomedicina apresenta um modelo que considera os níveis de especificidade semântica inseridos no objeto informacional, para melhorar o desempenho na recuperação de documentos. A ontologia serve como referência para a construção do modelo baseado no conceito computacional que leva em consideração a similaridade, popularidade e granularidade para recuperar documentos.

5.2.2 Ontologia de aplicação

No caso das ontologias de aplicação, os conceitos representados são mais específicos do que as do tipo domínio, estando relacionadas a uma descrição e modelagem de ambientes particulares de acordo com a necessidade de quem a utiliza, como descrições verbais de uma cena, fotografias, etc. Tendo como função descrever os domínios especializados, reunindo os conceitos e suas relações ainda não representados na ontologia de domínio.

O uso da ontologia de aplicação na área de gestão do conhecimento, por exemplo, está atrelada à organização do processo de aquisição do conhecimento, permitindo a reutilização de elementos e componentes de sistemas baseados em conhecimento.

Outra aplicação para este tipo de ontologia está relacionada à necessidade de representações de domínios cruzados na área de biologia, em que as ontologias de aplicação são utilizadas para o mapeamento de múltiplos domínios.

Uma particularidade desse tipo é a sua construção como subconjunto do vocabulário das ontologias de domínio, descrevendo suas especificidades. Podendo atender à falta de esquemas para o desenvolvimento de subconjuntos de vocabulários, solucionando problemas de estrutura semântica e falhas de anotação semântica de objetos informacionais.

As pesquisas que apresentaram ontologias já desenvolvidas atribuíram-lhes a função de especificar relações de mapeamento entre os seus conceitos e os termos independentes no domínio utilizado para a resolução de problemas, permitindo à ontologia fornecer semântica para aplicativos que desempenham essa função.

Relacionado aos métodos para melhoria na recuperação da informação, as ontologias de aplicação apoiam as técnicas de recuperação de base ontológica por semelhança semântica, em que a função da ontologia é comparar classes de diagrama UML e tipos de elementos, visando a reutilização de software.

5.2.3 Ontologia de tarefa

A baixa representatividade dos artigos relacionados às ontologias de tarefa dificultou a identificação de características que permitissem diferenciá-las dos outros tipos. Contudo, as descrições atreladas a este tipo estão relacionadas aos conceitos para a resolução de problemas e tarefas mais genéricas, como a descrição de processos em organizações, especializando os termos utilizados nos outros tipos de ontologias.

Um aspecto relevante para este tipo é a sua ocorrência predominante na categoria ‘objetivo do produto’, tendo como finalidade, servir de base para a construção de sistemas educacionais inteligentes, especificando ou descrevendo as tarefas de criação, modelagem e avaliação. Quando o objetivo do produto é o modelo ou regras de resolução de problemas, a ontologia descreve classes de problemas para compor uma biblioteca de componentes reutilizáveis. Para o objetivo de

reutilizar o conhecimento em tarefas diferentes, a ontologia de tarefa é utilizada como subconjunto da ontologia de domínio.

Outro destaque para este tipo é quando utilizado em empresas que fazem parte de uma cadeia de serviços, e que carecem de procedimentos padronizados em seus sistemas, permitindo a pesquisa de possíveis parceiros em processos de forma automatizada. Com isso, as ontologias de tarefa buscam sanar a ausência ou falha na estrutura semântica desses sistemas, contribuindo para a integração de informações e melhoria nos resultados da busca.

As ontologias de tarefa também foram utilizadas para interpretação de coleção de documentos inseridos em um ambiente de conhecimento, servindo como suporte para a construção de sistemas para a tomada de decisão.

5.2.3 Ontologia de topo

Para as ontologias de topo, os conceitos trabalhados são mais genéricos, definem os conceitos mais básicos e que sejam extensíveis a outras ações e domínios associadas a sua área de abordagem. O objetivo principal é a representação do conhecimento de modo mais geral, servindo de base para outras ontologias.

Quando analisado o seu objetivo, relacionado a uma aplicação, foi atribuído às ontologias de topo práticas de reutilização de dicionários para organização de recursos semântico-lexical, compilando esses recursos lexicais de dicionários convencionais. Outra aplicação foi a construção de mecanismos que descrevam a semântica de serviços web de uma forma padronizada.

No que diz respeito, ainda sobre as áreas de aplicação, cabe às ontologias de topo, quando utilizadas em empresas e organizações, a função de construir uma ontologia com conceitos básicos para que seja usada como parâmetro para outras na análise de problemas de confiabilidade no ciclo de desenvolvimento de projetos e processos de negócios, facilitando a interoperabilidade entre aplicações disponíveis e representando uma base de conhecimento para a melhoria da comunicação.

Das pesquisas que apresentaram ontologias já desenvolvidas, a FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*) exemplifica bem suas atribuições, em que fornece um conjunto básico de conceitos e termos baseado na ISO-15926 – que trata sobre sistemas de automação

industrial e integração de dados – para servir como base para domínios mais específicos.

Relacionado aos métodos para melhoria na recuperação da informação, os artigos apresentam métodos que demonstram como a combinação de técnicas lexicais, estruturais e de conhecimento podem ser utilizadas para a recuperação de documentos na web, utilizando na ferramenta uma ontologia de alto nível com conceitos e suas relações.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo da seção 3.1, buscou-se apresentar um panorama a respeito das diferentes visões a respeito do conceito de informação e conhecimento, permitindo destacar que não podemos considerar tais abordagens isoladamente, e sim como um complemento e/ou contribuição para o enriquecimento desses conceitos.

Nesse sentido, corroborando com o pensamento de Brookes (1980), construiu-se a ideia das 3 visões de mundo, atreladas ao pensamento de Karl Popper, permitindo considerar separadamente, os suportes informacionais, o conhecimento subjetivo e o conhecimento objetivo.

Por meio da seção 3.2, pode-se inserir o pensamento descrito anteriormente nas atividades de organização e representação da informação e do conhecimento, em que a informação quando organizada e representada está inserida no mundo 1 e parte no mundo 3. Por outro lado, ao abordarmos o conhecimento, como passamos a tratar de conceitos, ou seja, representação de ideias, dependendo da forma com que abordamos o assunto ou instrumentos que utilizamos, podemos estar inseridos no mundo 2 (estados mentais) ou no mundo 3 (conhecimento objetivo).

No decorrer das análises, a respeito das características das ontologias de domínio, foi possível perceber essa diferença, principalmente quando tratamos de métodos automáticos para a construção de ontologias, em que, o conhecimento subjetivo dos especialistas no domínio a ser representado, deixa de ser determinante, frente ao conhecimento objetivo que servirá como fonte primária para a obtenção dos conceitos.

Outro fato relevante, atrelado à organização e representação do conhecimento, discutido na seção em questão, são os sistemas que exercem a função de padronizar um domínio pela sistematização de conceitos e suas relações, denominado de Sistemas de Organização do Conhecimento.

Vimos que as ontologias fazem parte dos novos sistemas de organização do conhecimento e possuem o potencial de melhorar qualitativamente a utilização de motores de busca, pelo uso de conceitos e de agentes de software inteligentes. Fato identificado nas características de todos os tipos de ontologias aqui analisados.

Dessa forma, a seção 3.4 apresentou um panorama geral a respeito das ontologias, abordando suas definições, origem, particularidades, contribuições em diferentes áreas do conhecimento,

requisitos necessários para o seu desenvolvimento e sua tipologia. Esta última, sendo o assunto a ser analisado nesta pesquisa, buscando investigar os tipos mais utilizados nas áreas de Ciência da Informação e Ciência da Computação e suas principais características.

Considerando os objetivos propostos, a quantidade de artigos, que tratam sobre ontologias de domínio, tarefa, aplicação e de topo levantados inicialmente nas bases propostas, sofreu um corte pelo fato de algumas revistas não disponibilizarem seu conteúdo em texto completo no portal CAPES. No entanto, o quantitativo final, permitiu que todas as categorias propostas fossem analisadas.

No tocante à caracterização quanto à área de conhecimento, a diversidade de padrões utilizados na estrutura do artigo dificultou a construção de uma classificação mais criteriosa. Dessa forma, para atender esse aspecto do objetivo foi considerada a área de conhecimento da base em que o artigo foi recuperado. Referente à caracterização dos tipos de ontologia, os artigos que abordaram mais de um tipo, exigiu uma verificação mais detalhada, no sentido de identificar qual estava em destaque e que representava ou atendia a proposta do artigo.

A quantidade do corpus e a metodologia adotada permitiram categorizar as principais características encontradas nos artigos e analisá-las por meio de gráficos quantitativos que possibilitaram identificar as ocorrências mais significativas e construir, por fim, uma síntese que destacou as características de cada tipo de ontologia.

Dessa forma, se destaca como o tipo mais utilizado as ontologias de domínio, tendo como função definir o conhecimento do domínio de forma a atender as necessidades de grupos que compartilham da mesma visão de mundo representada. Dentre as áreas do conhecimento mais adiantadas na utilização das ontologias, além da Ciência da Computação, que explora o assunto em todas as suas atribuições, encontram-se as áreas de medicina e biologia, que apresentam uma estrutura consolidada na utilização de vários tipos de ontologia, dentre elas a integração de dados, a anotação semântica e como complemento a banco de dados relacional.

Além disso, as ontologias estão presentes em estudos que a utilizam em vários contextos, como na captura e extração de conhecimento, melhoria na recuperação de informação, no compartilhamento de informação, na descrição e análise de requisitos, em modelos de resolução de problemas, entre outros.

Ao final deste estudo sugere-se como trabalho futuro a exploração, mais detalhada, dos tipos aplicação, tarefa e topo, tendo em vista a baixa representatividade quantitativa e alta importância em sistemas que se utilizam de relações conceituais. Identificar a causa dessa quantidade relativamente baixa e atribuir funções mais claras a esses tipos, que agreguem valor às aplicações que utilizam ontologias, torna-se de grande importância.

Sendo assim, levanta-se o alerta para a urgência em evoluir nas pesquisas sobre os outros tipos, tendo em vista a relevância de uma ontologia de topo para guiar o uso de conceitos em ontologias de domínio e a necessidade dos tipos tarefa e aplicação estarem embasados em representações de nível superior, contribuindo de forma direta para eficácia da interoperabilidade entre sistemas conceituais.

REFERÊNCIAS

ALEXANDER, James H., et al. **Knowledge level engineering: ontological analysis**. Proceedings of AAAI 86, 1986. p. 963–968.

ALMEIDA, Carlos Cândido de. **O campo da ciência da informação**: suas representações no discurso coletivo dos pesquisadores do campo do Brasil. Florianópolis, 2005. 395 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação

ALMEIDA, Maurício Barcellos; SOUZA, Renato Rocha. Avaliação do espectro semântico de instrumentos para organização da informação. **Enc. Bibli.** Florianópolis, v. 16, n. 31, p. 25-50, 2011.

ANDALÉCIO, Aleixina Lopes; SOUZA, Renato Rocha. Ciência Cognitiva e Ciência da Informação: paralelos. **Inf. Inf.**, Londrina, v. 13, n. 1, p. 72-80, jn./jul., 2008.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. Ed. rev. e actual. Lisboa: Edições 70, 2010. 281 p.

BATISTA, Fábio Ferreira.; COSTA, Sely Maria da.; ALVARES, Lilian. Gestão do Conhecimento: a realização da proposta de Brookes para a Ciência da Informação? In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 8, 2007. **Anais...** 2007.

BERNARAS, A.; LARESGOITI, I.; CORERA, J. Building and Reusing Ontologies for Electrical Network Applications. In: **Proceedings of the European conference on artificial intelligence**. ECAI/96, p. 298-302, 1996.

BRASCHER, M.; CAFÉ, L. Organização da Informação ou Organização do Conhecimento? In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO, 9, 2008, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2008.

BRASCHER, M.; CARLAN, E. Sistema de organização do conhecimento: antigas e novas linguagens. In: ROBREDO, Jaime; BRASCHER, M. (Orgs.). **Passeios no Bosque da Informação: estudos**

sobre Representação e Organização da Informação e do Conhecimento – EROIC. Brasília, DF: IBICT, 2010, 335p. Capítulo 8, p. 147-176.

BROOKES, Bertram. The foundations of information science. Part I. Philosophical aspects. **Journal of Information Science**, v. 2, p. 125-133, 1980.

BUCKLAND, Michel. Information as Thing. *Journal of American Society of Information Science*, v.45, n.5, p. 351-360, 1991.

BREITMAN, Karin Koogan. **Web Semântica: a internet do futuro.** Rio de Janeiro, 2010. 190 p.

CAFÉ, L.; BRASCHER, M. Organização da informação e bibliometria. **Enc. Bibli.** Florianópolis, n. esp., p. 54-75, 1º sem. 2008.

CAPURRO, R. Epistemologia Y ciencia de la información. IN: Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação, 5, 2003, Belo Horizonte. Anais. Belo Horizonte, Escola de Ciência da Informação/UFG.

CAPURRO, R.; HJORLAND, B. O conceito de informação. **Perspectivas em Ciência da Infomação**, Belo Horizonte, v. 12, n. 1, p. 148-207, jan./abr. 2007.

CASTRO, Fabiano Ferreira de, **Padrões de representação e descrição de recursos informacionais em bibliotecas digitais na perspectiva da Ciência da Informação: uma abordagem do MarcOnt Initiative na era da Web Semântica.** 2008. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Universidade Estadual Júlio de Mesquita, Marília, 2008.

CHANDRASEKARAN, B.; JOSEPHSON, R. What are ontologies, and why do we need them? **IEEE Intelligent Systems**, Ohio State University, 1999.

CITI – Centro de Investigação para Tecnologias Interactivas da Universidade Nova de Lisboa, 2006. Disponível em:
<http://www.citi.pt/educacao_final/trab_final

_inteligencia_artificial/cognicao.html>. Acesso em: 19. jun. 2013.

CORNELIUS, Ian. Theorizing information. **Annual Review of Information Science and Technology**, v. 36, p. 393-425, 2002.
Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1002/aris.1440360110>> Acesso em: 07 dez. 2012.

DAHLBERG, Ingetraut. Knowledge Organization: a new science? **Knowledge Organization**, 33(1), 11-19, 2006.

GUARINO, N. Understanding, building and using ontologies. **International Journal of Human Computer Studies**, v. 46, p. 293-310, 1997.

_____. Semantic Matching: formal ontological distinctions for information organization, extraction and integration. In: PAZIENZA, M. T. (Ed.) **Information Extraction: a multidisciplinary approach to an emerging information technology**. Springer Verlag, 1997b, 139-170.

_____. Formal Ontologies and Information Systems. In: FIRST INTERNATIONAL CONFERENCE, 1, 1998, Trento, Itália. **Anais...** Trento: IOS Press, 1998.

GUARINO, N.; GIARETTA, P. Ontologies and knowledge bases: towards a terminological clarification. In: MARS, N.J. **Towards very large knowledge bases: knowledge building and knowledge sharing**. Amsterdam: IOS Press, 1995, p. 25-32.

GRUBER, Thomas R. **The acquisition of strategic knowledge**. Boston: Academic, 1989. 311p.

_____. **What is an Ontology?** 1992. Disponível em: <<http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>>.

_____. A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. **Knowledge Acquisition**, n. 5, v. 2, p. 199-220, 1993a.

_____. Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. In: International Workshop on Formal Ontology, 1993, Padova, Italy. **Anais...** Stanford University, 1993b.

_____. **Ontology**. 2009. Disponível em:
 <<http://tomgruber.org/writing/ontology-definition-2007.htm>>
 GRUNINGER, M.; FOX, M. S. **Methodology for Design and Evaluation of Ontologies**. 1995.

HODJE, G. **Systems of Knowledge Organization for Digital Libraries: beyond traditional authority files**. Washington, DC, 2000.

HJORLAND, B. **What is knowledge organization (KO)?** 2008.

LENAT, D. B.; GUHA, R. V. **Building Large Knowledge-based Systems: Representation and Inference in the Cyc Project**. Menlo Park, CA: Addison-Wesley, 1990.

MAIOMONE, G. D.; SILVEIRA, N. C.; TÁLAMO, M. F. G. M. Reflexões acerca das relações entre representação temática e descritiva. **Inf. & Soc.: Est.**, João Pessoa, v. 21, n. 1, p. 27-35, jan./abr. 2011.

MONTEIRO, Silvana Drummond; GIRALDES, Maria Júlia Carneiro. Aspectos lógico-filosóficos da organização do conhecimento na esfera da ciência da informação. **Inf. & Soc.:Est.**, João Pessoa, v. 18, n. 3, p. 13-27, set./dez. 2008.

MOREIRO GONZÁLEZ, José Antonio. **Linguagens documentárias e vocabulários semânticos para a web: elementos conceituais**. Salvador: EDUFBA, 2011. 128p.

NONAKA, Ikujiro; TAKEUCHI, Hirotaka. **Criação de conhecimento na empresa: como as empresas japonesas geram a dinâmica da inovação**. Rio de Janeiro: Campus, 1997. 358 p.

NOY, Natalya F.; MCGUINNESS, Deborah L. **Ontology Development 101: a guide to creating your first ontology**. Stanford University: Stanford, 2000.

PIEDEDE. M. A. REQUIÃO (MARIA ANTONIETA REQUIÃO). **Introdução a teoria da classificação**. 2. ed. rev. e aumentada. Rio de Janeiro: Interciencia, 1983.

POPPER, Karl Raimund. **Conhecimento objetivo**: uma abordagem evolucionária. Belo Horizonte: Itatiaia, 1975. 394p

ROQUETA, Mario Barité. Sistemas de organización del conocimiento: una tipología actualizada. **Inf. Inf.**, Londrina, v. 16, n. 3, p. 122-139, jan./jun. 2011.

SÁNCHEZ-JIMÉNEZ, Rodrigo; GIL-URDICIÁIN, Blanca. Lenguajes documentales y ontologías. **El profesional de la información**. v. 16, n. 6, nov/dez. 2007, p. 551-560.

SARACEVIC, Tefko. Ciência da informação: origem, evolução e relações. **Perspectivas em Ciência da Infomação**, Belo Horizonte, v. 1, n. 1, p. 41-62, jan./jun. 1996.

SCHIESSL, Marcelo; BRASCHER, Marisa. Ontologia: ambiguidade e precisão. **Enc. Bibli.** Florianópolis, v. 17, n. esp. 1, p. 125-141, 2012.

SHANNON, C.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana, IL: University of Illinois Press, 1972.

SILVA, Daniela Lucas da. **Uma proposta metodológica para construção de ontologias**: uma perspectiva interdisciplinar entre as ciências da informação e da computação. 2008. 286 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SMITH, Barry. "Ontology". In: FLORIDI, L. **Blackwell guide to the Philosophy of Computing and Information**. Oxford: Blackwell, 2003, p. 155-166.

SOERGEL, Dagobert. The rise of ontologies or the reinvention of classification. **Journal of the American Society of Information Science**, v. 50, n. 12, 1999, p. 1119 – 1120.

SVENONIUS, E. **The intellectual foundations of information organization**. Cambridge: The MIT Press, 2000. 255p.

TARAPANOFF, Kira. Informação, conhecimento e inteligência em corporações: relações e complementaridade. In: _____

(Org.) **Inteligência, informação e conhecimento**. Brasília, DF: IBICT, UNESCO, 2006, 456p. Parte I, p. 19-36.

TAYLOR, Arlene G.; JOUDREY, Daniel N. **The Organization of information**. London: Libraries Unlimited. 2009. 512 p.

USCHOLD, M. **Towards a Unified Methodology**. 1996

USCHOLD, M; GRUNINGER, M. Ontologies: principles, methods and applications. **Knowledge Engineering Review**, v. 11, n. 2, jun. 1996.

USCHOLD, M.; KING, M. Towards a Methodology for Building Ontologies. In: **Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing – held in Conjunction with IJCAI-95**. 1995.

VICKERY, B. C. **Knowledge representation**: a brief review. Journal of Documentation. v. 24, n. 3, p.145-159, 1986.

_____. **Ontologies**. Journal of Information Science. v. 23, n. 4, p. 277-286, 1997.

VICTORINO, Marcio; BRASCHER, Marisa. Organização da Informação e do Conhecimento, Engenharia de Software e Arquitetura Orientada a Serviços: uma Abordagem Holística para o Desenvolvimento de Sistemas de Informação Computadorizados. **DataGramaZero**, v. 10, n. 3, jun. 2009.

XAVIER, Rodolfo Coutinho Moreira.; COSTA, Rubenildo Oliveira da. Relações mútuas entre informação e conhecimento: o mesmo conceito? **Ci. Inf.**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 75-83.

Quadro 2 – Principais ocorrências das ontologias de aplicação.

CATEGORIAS	PROPOSTA DO ARTIGO		PROBLEMA QUE ACAR- RETOU A NECESSIDADE		ÁREAS DE APLICAÇÃO		FORMAS DE USO	
	SOLUÇÃO DESENV.	PROPOSTA APRES.	SOLUÇÃO PERCEBIDA	PROBLEMA APRES.	APLIC. EM ÁREAS ESP.	ÁREA DO CONH.	OBJ. DO PRODUTO	OBJ. DA ONTOLOGIA
	Ontologias; apresenta, descreve abordagem; aquisição de conhecimento; descreve método; apresenta framework; descreve metodologia, apresenta métodos.		Método para desenvolvimento de ontologias, sistemas baseado em conhecimento; uso de agentes, ontologias e web semântica para acesso inteligente a informação; uso, construção de ontologias, para anotações na web para o crescimento da web semântica; gerenciamento de conteúdo de aprendizado.		Desenvolvimento de sistemas; aplicações web; construção de ontologias; recuperação de dados; data warehouse; e-commerce; reutilização de software, recuperação de base ontológica por semelhança semântica.		Construir, avaliar ontologias; recuperação, processamento de linguagem natural.	
			Necessidade de representações espaciais apropriadas, geoprocessamento; atribuir significado com ajuda de especialista; melhorar a expressividade na representação do conhecimento; utilização de descrição semântica; melhorar a análise de informação em documentos não estruturados.		Direito; biologia e biomedicina; engenharias; medicina; engenharia e gestão do conhecimento.		Descrver, modelar, representar conceitos; representar conhecimento; anotar, descrever semanticamente; gerenciar a heterogeneidade; aquisição de conhecimento; descrever, mapear termos e relações do domínio.	
ONTOLOGIAS DE APLICAÇÃO								

Quadro 3 – Principais ocorrências das ontologias de tarefa.

CATEGORIAS					
FORMAS DE USO		ÁREAS DE APLICAÇÃO		PROBLEMA QUE ACAR-RETOU A NECESSIDADE	
OBJ. DA ONTOLOGIA	OBJ. DO PRODUTO	ÁREA DO CONH.	APLIC. EM ÁREAS ESP.	PROBLEMA APRES.	SOLUÇÃO PERCEBIDA
ONTOLOGIAS DE TAREFA					

Quadro 4 – Principais ocorrências das ontologias de topo.

CATEGORIAS							
FORMAS DE USO		ÁREAS DE APLICAÇÃO		PROBLEMA QUE ACAR-RETOU A NECESSIDADE		PROPOSTA DO ARTIGO	
		ÁREA DO CONH.	APLIC. EM ÁREAS ESP.	PROBLEMA APRES.	SOLUÇÃO PERCEBIDA	SOLUÇÃO DESENV.	PROPOSTA APRES.
OBJ. DA ONTOLOGIA	OBJ. DO PRODUTO	Compilação de recursos lexicais de dicionários convencionais.					Propõe arquitetura; framework; estrutura para o conhecimento de serviços de engenharia de sistemas; propõe modelo; sugere método; propõe abordagem.
		Capta os conceitos mais genéricos e define os conceitos básicos; classes e tipos de dados gerais; conter um conjunto extensível de conceitos; aquisição de conhecimento; anotar, descrever semanticamente; interoperabilidade semântica; base de conhecimento, reusabilidade; representar conhecimento.					
						Ontologia; discuti, apresenta, descreve, aplica abordagens; métodos para melhorar a recuperação de informação.	
						Uso de agentes, ontologias e web semântica; melhoria de sistemas; integração de estratégias, de sistemas, de dispositivos de rede; uso de metodologia para desenvolvimento de sistemas baseados em conhecimento.	
						Melhorar a análise de informação em documentos não estruturados; dificuldade na aplicação de análise de textos através de LN; ausência ou falha de estrutura semântica; busca em múltiplas fontes de dados; utilização de descrição semântica.	
						Aplicações web; empresas, organizações; Internet; wordnet; construção, desenvolvimento de ontologias; desenvolvimento de sistemas.	
						Engenharias; psicologia, sociologia; biologia; direito	
ONTOLOGIAS DE TOPO							

ANEXO A – ARTIGOS COLETADOS NA BASE LISA (REFERÊNCIAS)

ARCH-INT, N.; SOPHATSATHIT, P. A Semantic Information Gathering Approach for Heterogeneous Information Sources on WWW. **Journal of Information Science**, Sage Publications, 2455 Teller Road, Thousand Oaks, CA, 91320, USA, 2003, 29, 357-374

AROYO, L.; MIZOGUCHI, R. Towards evolutional authoring support systems
Journal of Interactive Learning Research, 2004, 15, 365-387

ATZMUELLER, M.; BAUMEISTER, J.; PUPPE, F. Semi-automatic learning of simple diagnostic scores utilizing complexity measures. **Artificial Intelligence in Medicine**, Elsevier Ltd (NL), 2006, 37, 19-30

BAUMEISTER, J.; REUTELSHOEFER, J.; PUPPE, F. KnowWE: a Semantic Wiki for knowledge engineering. **Applied Intelligence**, Springer Science+Business Media, 2011, 35, 323-344

BECKER, K.; VANZIN, M. O3R: Ontology-Based Mechanism for a Human-Centered Environment Targeted at the Analysis of Navigation Patterns. **Knowledge-Based Systems**, Elsevier Ltd, The Netherlands, 2010, 23, 455-470

BUKHARI, A. C.; KIM, Y. G. Ontology-assisted automatic precise information extractor for visually impaired inhabitants. **Artificial Intelligence Review**, Springer Science+Business Media, 2012, 38, 9-24

CARLONI, O.; LECLAMPEGRAVERE, M.; MUGNIER, M. L. Introducing reasoning into an industrial knowledge management tool. **Applied Intelligence**, Springer Science+Business Media, 2009, 31, 211-224

CROWLEY, R. S.; MEDVEDEVA, O. An intelligent tutoring system for visual classification problem solving. **Artificial Intelligence in Medicine**, Elsevier Ltd (NL), 2006, 36, 85-117

DEOKATTEY, S.; NEELAMEGHAN, A.; KUMAR, V. A Method for Developing a Domain Ontology: A Case Study for a Multidisciplinary

Subject. **Knowledge Organization**, Ergon Verlag, Wuerzburg, Germany, 2010, 37, 173-184

DICHEV, C.; DICHEVA, D. A framework for concept-based digital course libraries

Journal of Interactive Learning Research, 2004, 15, 347-364

DONGHEE, Y. Hybrid query processing for personalized information retrieval on the Semantic Web. **Knowledge-Based Systems**, Elsevier Ltd, The Netherlands, 2012, 27, 211-218

FININ, T.; DING, L.; ZHOU, L.; JOSHI, A. Social networking on the semantic web

The Learning Organization, 2005, 12, 418-435

GAINES, B. R. A situated classification solution of a resource allocation task represented in a visual language. **International Journal of Human-Computer Studies**, 1994, 40, 243-271

GANNOD, G. C.; TIMM, J. T. E.; BRODIE, R. J. Facilitating the specification of semantic Web services using model-driven development. **International Journal of Web Services Research**, Idea Group Publishing, 2006, 3, 61-81

GAO, J.; LV, H. Institution-governed cross-domain agent service cooperation: a model for trusted and autonomic service cooperation. **Applied Intelligence**, Springer Science+Business Media, 2012, 37, 223-238

GUARINO, N. Understanding, building and using ontologies. **International Journal of Human-Computer Studies**, 1997, 46, 293-310

HAGE, J.; VERHEIJ, B. The law as a dynamic interconnected system of states of affairs: a legal top ontology. **International Journal of Human-Computer Studies**, 1999, 51, 1043-1077

HANDSCHUH, S.; STAAB, S. CREAM: creating metadata for the semantic web.

Computer Networks, 2003, 42, 579-598

HARZALLAH, M.; BERIO, G.; OPDAHL, A. L. New perspectives in ontological analysis: Guidelines and rules for incorporating modelling languages into UEML. **Information Systems**, Elsevier Ltd, The Netherlands, 2012, 37, 484-507

HEIJST, G. V.; SCHREIBER, A. T.; WIELINGA, B. J. Using explicit ontologies in KBS development. **International Journal of Human-Computer Studies**, 1997, 46, 183-292

IKEDA, M. A uniform conceptual model for knowledge management of international copyright law. **Journal of Information Science**, Sage Publications, 2455 Teller Road, Thousand Oaks, CA, 91320, USA, 2008, 34, 93-109.

JANNACH, D., et al. A knowledge-based framework for multimedia adaptation. **Applied Intelligence**, Springer, 2006, 24, 109-125

JIANG, X.; TAN, A.-H. CRCTOL: A Semantic-Based Domain Ontology Learning System. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, Wiley Subscription Services, Hoboken NJ, 2010, 61, 150-168

JU, T. L. Representing organizational memory for computer-aided utilization. **Journal of Information Science**, Sage Publications, 2455 Teller Road, Thousand Oaks, CA, 91320, USA, 2006, 32, 420-433.

KANELLOPOULOS, D. Semantic annotation and retrieval of documentary media objects. **Electronic Library**, Emerald Group Publishing Limited, 2012, 30, 721-747.

KANG, X.; LI, D.; WANG, S. Research on domain ontology in different granulations based on concept lattice. **Knowledge-Based Systems**, Elsevier Ltd, The Netherlands, 2012, 27, 152-161

KHATTAK, A. M., et al. Time efficient reconciliation of mappings in dynamic web ontologies. **Knowledge-Based Systems**, Elsevier Ltd, The Netherlands, 2012, 35, 369-374

KIM, J.; STOREY, V. C. Construction of Domain Ontologies: Sourcing the World Wide Web. **International Journal of Intelligent Information Technologies**, 2011, 7, 1-24

LEE, C. S.; WANG, M. H. Ontology-based computational intelligent multi-agent and its application to CMMI assessment. **Applied Intelligence**, Springer Science+Business Media, 2009, 30, 203-219.

MARTIN, P.; EKLUND, P. Embedding knowledge in Web documents. **Computer Networks**, 1999, 31, 1403-1419

MARTINEZ, D.; MIRA, J.; TABOADA, M. Experiences in reusing knowledge sources using Protege and PROMPT. **International Journal of Human-Computer Studies**, 2005, 62, 597-618.

MISSIKOFF, M.; VELARDI, P.; FABRIANI, P. Text Mining Techniques to Automatically Enrich a Domain Ontology. **Applied Intelligence**, Springer Science+Business Media, 2003, 18, 323-340

MOTTA, E.; ZDRAHAL, Z. A library of problem-solving components based on the integration of the search paradigm with task and method ontologies. **International Journal of Human-Computer Studies**, 1998, 49, 437-470

MUNIR, K.; ODEH, M.; MCCLATCHEY, R. Ontology-driven relational query formulation using the semantic and assertional capabilities of OWL-DL. **Knowledge-Based Systems**, Elsevier Ltd, The Netherlands, 2012, 35, 144-159

NA, J. C.; NEOH, H. L. Effectiveness of UMLS semantic network as a seed ontology for building a medical domain ontology. **Aslib Proceedings: New Information Perspectives**, Emerald Group Publishing Ltd., Bradford UK, 2008, 60, 32-46.

PATTUELLI, M. C. Modeling a Domain Ontology for Cultural Heritage Resources: A User-Centered Approach. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, Wiley Subscription Services, Hoboken NJ, 2011, 62, 314-342.

PATTUELLI, M. C. Teachers' perspectives and contextual dimensions to guide the design of N.C. history learning objects and ontology.

Information Processing and Management, Elsevier Ltd., Kidlington Oxford UK, 2008, 44, 635-646.

RIVA, A.; BELLAZZI, R.; LANZOLA, G.; STEFANELLI, M. A development environment for knowledge-based medical applications on the world-wide web. **Artificial Intelligence in Medicine**, 1998, 14, 279-293.

SANCHEZ-ALONSO, S.; GARCIA-BARRIOCANAL, E. Making use of upper ontologies to foster interoperability between SKOS concept schemes. **Online Information Review**, Emerald, 2006, 30, 263-277.

SATHIYAMURTHY, K.; GEETHA, T. V. Automatic Organization and Generation of Presentation Slides for E-Learning. **International Journal of Distance Education Technologies**, IGI Global, 2012, 10, 35-52

SHAPIRA, B., et al. ePaper: A Personalized Mobile Newspaper. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, Wiley Subscription Services, Hoboken NJ, 2009, 60, 2333-2346

STOJANOVIC, N. On the query refinement in the ontology-based searching for information. **Information Systems**, 2005, 30, 543-563.

TU, S. W., et al. Ontology-based configuration of problem-solving methods and generation of knowledge-acquisition tools: application of PROTEGE-II to protocol-based decision support. **Artificial Intelligence in Medicine**, 1995, 7, 257-289

VADREUVU, S., et al. Gathering meta-data and instances from object referral lists on the web. **Online Information Review**, Emerald, 2006, 30, 278-296.

YANG, J. T.; HORNG, H. C. Digital rights management implemented by RDF graph approach. **International Journal of Distance Education Technologies**, Idea Group Publishing, 2006, 4, 36-55.

YEH, J. F.; WU, C. H.; CHEN, M. J. Ontology-based speech act identification in a bilingual dialog system using partial pattern trees.

Journal of the American Society for Information Science and Technology, Wiley Subscription Services, Hoboken NJ, 2008, 59, 684-694.

YUN, H.; XU, J.; XIONG, J.; WEI, M. A Knowledge Engineering Approach to Develop Domain Ontology. **International Journal of Distance Education Technologies**, IGI Global, Hershey, PA, 2011, 9, 57-71.

ZHANG, X.; JING, L.; HU, X.; NG, M.; XIA, J.; ZHOU, X. Medical document clustering using ontology-based term similarity measures. **International Journal of Data Warehousing and Mining**, IGI Global, Hershey, PA, 2008, 4, 62-73.

ANEXO B – ARTIGOS COLETADOS NA BASE CISA (REFERÊNCIAS)

ABEL, M., et al. PetroGrapher: managing petrographic data and knowledge using an intelligent database application. **Expert Systems with Applications**, Elsevier Science Publishing Co , Inc , P.O. Box 882, Madison Square Station, New York, NY, 10159-0882, USA, 2004, 26, 9-18.

ADDA, M., et al. Toward Recommendation Based on Ontology-Powered Web-Usage Mining. **IEEE Internet Computing**, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc , 445 Hoes Ln, Piscataway, NJ, 08854-1331, USA, 2007, 11, 45-52.

AJIT, S., et al. Constraint capture and maintenance in engineering design. **Artificial Intelligence for Engineering Design**, Analysis and Manufacturing, Cambridge University Press, 40 West 20th Street, New York, NY, 10011, USA, 2008, 22, 325-343.

ANJUM, N. A., et al. Mediation of foundation ontology based knowledge sources. **Computers in Industry**, Elsevier BV, 2012, 63, 433-442.

ANONYMOUS. ODE: Ontology-assisted data extraction. **ACM Transactions on Database Systems**, Association for Computing Machinery, Inc , One Astor Plaza, 1515 Broadway, New York, NY, 10036-5701, USA, 2009, 34, -.

ANOUNCIA, S.; SARAVANAN, R. A knowledge model for gray scale image interpretation with emphasis on welding defect classification--An ontology based approach. **Computers in Industry**, Elsevier BV, 2010, 61, 742-749.

ARANDA, G. N.; VIZCAINO, A.; PIATTINI, M. A framework to improve communication during the requirements elicitation process in GSD projects. **Requirements Engineering**, Springer-Verlag (Heidelberg), 2010, 15, 397-417.

ARSENE, O.; DUMITRACHE, I.; MIHU, I. Medicine expert system dynamic Bayesian Network and ontology based. **Expert Systems with**

Applications, Elsevier B.V., 660 White Plains Rd., Floor 2 Tarrytown NY 10591-5153 United States, 2011, 38, 15253-15261.

ASIKAINEN, T.; MANNISTO, T.; SOININEN, T. Kumbang: A domain ontology for modelling variability in software product families. **Advanced Engineering Informatics**, Elsevier BV, 2007, 21, 23-40.

BAKHTOUCI, A., et al. MIRSOFT: mediator for integrating and reconciling sources using ontological functional dependencies. **International Journal of Web and Grid Services**, Inderscience Publishers Ltd., 2012, 8, 72-110.

BATCHELLER, J. K.; REITSMA, F. Implementing feature level semantics for spatial data discovery: Supporting the reuse of legacy data using open source components. **Computers, Environment and Urban Systems**, Elsevier BV, 2010, 34, 333-344.

BATZIAS, F. A.; SIONTOROU, C. G. Creating a specific domain ontology for supporting R&D in the science-based sector - The case of biosensors. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2012, 39, 9994-10015.

BEHRENDTS, E., et al. Embedding Event Algebras and Process Algebras in a Framework for ECA Rules for the Semantic Web. **Fundamenta Informaticae**, IOS Press, 2008, 82, 237-263.

BELL, D.; LUDWIG, S. A.; LYCETT, M. Enterprise application reuse: Semantic discovery of business grid services. **Information Technology and Management**, Springer Science+Business Media, 2007, 8, 223-239.

BENSLIMANE, S. M.; MALKI, M.; BOUCHIHA, D. Maintaining web application: an ontology-based reverse engineering approach. **International Journal of Web Information Systems**, Emerald Group Publishing Limited, 60-62 Toller Lane Bradford West Yorkshire BD8 9BY United Kingdom, 2009, 5, 495-517.

BERGAMASCHI, S., et al. An Incremental Method for the Lexical Annotation of Domain Ontologies. *International Journal on Semantic*

Web and Information Systems, IGI Publishing, 701 E. Chocolate Ave , Suite 200, Hershey, PA, 17033-1240, USA, 2007, 3, 57-80.

BEYDOUN, G., et al. Development of a peer-to-peer information sharing system using ontologies. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2011, 38, 9352-9364.

BILETSKIY, Y.; RANGANATHAN, G. R.; VOROCHEK, O. Identification and resolution of conflicts during ontological integration using rules. **Expert Systems**, Wiley-Blackwell, 2010, 27, 75-89.

BRIACHE, A., et al. Transparent mediation-based access to multiple yeast data sources using an ontology driven interface. **BMC Bioinformatics**, BioMed Central Ltd., 2012, 13, S7-S7.

BUCHE, P., et al. Fuzzy semantic tagging and flexible querying of XML documents extracted from the Web. **Journal of Intelligent Information Systems**, Springer New York LLC, 2006, 26, 25-40.

CAI, H., et al. Framework of Geometry Modeling Integrated Platform based on Services for Large-scale Information Visualization. **Journal of Multimedia**, Academy Publisher, 2010, 5, 361-361.

CARTELLI, A. Semantics, Ontologies and Information Systems in Education: Concerns and Proposals. **Issues in Informing Science & Information Technology**, Informing Science Institute, 131 Brookhill Court, Santa Rosa, CA, 95409, USA, 2006, 3, 113-126

CASANOVAS, P., et al. DILIGENT: ontology modeling in a distributed environment. **Artificial Intelligence and Law**, Kluwer Academic Publishers Group, P.O. Box 989, Dordrecht, 3300AZ, Netherlands, 2007, 15, 171-186.

CECCARONI, L.; CORTES, U.; SANCHEZ-MANE, M. OntoWEDSS: augmenting environmental decision-support systems with ontologies. **Environmental Modelling & Software**, Elsevier Science BV, P.O. Box 211, Amsterdam, 1000 AE, Netherlands, 2004, 19, 785-797.

CESARIO, E., et al. Boosting text segmentation via progressive classification. **Knowledge and Information Systems**, Springer-Verlag (Heidelberg), 2008, 15, 285-320.

CHAN, C. W. Development of an Ontology for an Industrial Domain. **International Journal of Cognitive Informatics and Natural Intelligence**, IGI Publishing, 701 E. Chocolate Ave , Suite 200, Hershey, PA, 17033-1240, USA, 2007, 1, 36-36.

CHEN, D., et al. A semantic query approach to personalized e-Catalogs service system. **Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research**, University of Talca, 2010, 5, 39-54.

CHEN, R. C.; LIANG, J. Y.; PAN, R. H. Using recursive ART network to construction domain ontology based on term frequency and inverse document frequency. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2008, 34, 488-501.

CHEN, R. C., et al. A recommendation system based on domain ontology and SWRL for anti-diabetic drugs selection. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2012, 39, 3995-4006.

CHI, Y. L. Rule-based ontological knowledge base for monitoring partners across supply networks. **Expert Systems with Applications**, Elsevier Science Publishing Co , Inc , P.O. Box 882, Madison Square Station, New York, NY, 10159-0882, USA, 2010, 37, 1400-1407.

CHU, Y. S., et al. An intelligent questionnaire analysis expert system. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2009, 36, 2699-2710.

COLLIER, N., et al. A multilingual ontology for infectious disease surveillance: rationale, design and challenges. **Language Resources and Evaluation**, Springer Science+Business Media Deutschland GmbH, Heidelberger Platz 3, Berlin, 14197, Germany, 2006, 40, 405-413.

COLOMB, R. M. Formal versus Material Ontologies for Information Systems Interoperation in the Semantic Web. **Computer Journal**, Oxford University Press, Walton St , Oxford, OX2 6DP, UK, 2006, 49, 4-19.

CROSS, V.; PAL, A. An ontology analysis tool. **International Journal of General Systems**, Taylor & Francis Ltd , 11 New Fetter Lane, London, EC4P 4EE, UK, 2008, 37, 17-44.

CROWTHER, P.; BERNER, G.; WILLIAMS, R. Re-usable knowledge: Development of an object oriented industrial KBS and a collaborative domain ontology. **Journal of Intelligent & Fuzzy Systems**, IOS Press, Inc , Nieuwe Hemweg 6B, Amsterdam, 1013 BG, Netherlands, 2003, 14, 149-155.

CRUBEZY, M.; MUSEN, M.; MOTTA, E.; LU, W. Configuring online problem-solving resources with the Internet Reasoning Service. **IEEE Intelligent Systems**, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2003, 18, -.

D'INVERNO, M., et al. Communicating open systems. **Artificial Intelligence**, Elsevier BV, 2012, 186, 38-94.

DAHAB, M. Y.; HASSAN, H. A.; RAFEA, A. TextOntoEx: Automatic ontology construction from natural English text. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2008, 34, 1474-1480.

DAMIANO, R., et al. A stroll with Carletto: adaptation in drama-based tours with virtual characters. **User Modeling and User-Adapted Interaction**, Springer-Verlag, 2008, 18, 417-453.

DAPOIGNY, R.; BARLATIER, P. Modeling Contexts with Dependent Types. **Fundamenta Informaticae**, IOS Press, 2010, 104, 293-327.

DELIYSKA, B.; MANOILOV, P. Research and Conceptualization of Ontologies in Intelligent Learning Systems. **International Journal of Distance Education Technologies**, IGI Global, 2010, 8, 12-28.

DESPRES, S.; SZULMAN, S. Merging of legal micro-ontologies from European directives. **Artificial Intelligence and Law**, Kluwer Academic Publishers Group, P.O. Box 989, Dordrecht, 3300AZ, Netherlands, 2007, 15, 187-200.

DING, B.; SUN, L. J. Ontology-Based Model for Software Resources Interoperability. **Information Technology Journal**, Asian Network for

Scientific Information, 308-Lasani Town Sargodha Rd Faisalabad 38090 Pakistan, 2009, 8, 871-878.

DZBOR, M., et al. Representations for semantic learning webs: Semantic Web technology in learning support. **Journal of Computer Assisted Learning**, Wiley-Blackwell, 2007, 23, 69-82.

EBRAHIMPOUR, V.; REZAIE, K.; SHOKRAVI, S. An ontology approach to support FMEA studies. **Expert Systems with Applications**, Elsevier Science Publishing Co , Inc , P.O. Box 882, Madison Square Station, New York, NY, 10159-0882, USA, 2010, 37, 671-677.

EDGINGTON, T.; CHOI, B.; HENSON, K.; RAGHU, T. S.; VINZE, A. Adopting ontology to facilitate knowledge sharing. **Communications of the ACM**, Association for Computing Machinery, Inc , One Astor Plaza, 1515 Broadway, New York, NY, 10036-5701, USA, 2004, 47, 85-90.

EL-DIRABY, T. A.; LIMA, C.; FEIS, B. Domain Taxonomy for Construction Concepts: Toward a Formal Ontology for Construction Knowledge. **Journal of Computing in Civil Engineering**, American Society of Civil Engineers, 1801 Alexander Bell Drive, Reston, VA, 20191-4400, USA, 2005, 19, 394-406.

EL-DIRABY, T.; OSMAN, H. A domain ontology for construction concepts in urban infrastructure products. **Automation in Construction**, Elsevier B.V., The Boulevard Kidlington Oxford OX5 1GB United Kingdom, 2011, 20, 1120-1132.

FENZA, G.; FURNO, D.; LOIA, V. Hybrid approach for context-aware service discovery in healthcare domain. **Journal of Computer and System Sciences**, Elsevier B.V., 2012, 78, 1232-1247.

GANDHI, R. A.; LEE, S. W. Discovering Multidimensional Correlations among Regulatory Requirements to Understand Risk. **ACM Transactions on Software Engineering and Methodology**, Association for Computing Machinery, One Astor Plaza New York NY 10036-5701 United States, 2011, 20, -.

GARCIA, F., et al. Effective use of ontologies in software measurement. **Knowledge Engineering Review**, Cambridge University Press, POB 110, Cambridge, CB2 3RL, UK, 2009, 24, 23-40.

GARCIA-SANCHEZ, F., et al. An ontology, intelligent agent-based framework for the provision of semantic web services. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2009, 36, 3167-3187.

GAVRILOVA, E. A. Implementation features a university data portal using the Semantic Web technology. **Programming and Computer Software**, Springer Science+Business Media, Van Godewijkstraat 30 Dordrecht 3311 GX Netherlands, 2011, 37, 48-55.

GILSON, O., et al. From Web Data to Visualization via Ontology Mapping. **Computer Graphics Forum**, Wiley-Blackwell, 2008, 27, 959-966.

GLADUN, A., et al. An application of intelligent techniques and semantic web technologies in e-learning environments. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2009, 36, 1922-1931.

GRANT, L. B., et al. A Web services-based universal approach to heterogeneous fault databases. **Computing in Science & Engineering**, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2005, 7, -.

GUEBITZ, B.; SCHNEDL, H.; KHINAST, J. G. A risk management ontology for Quality-by-Design based on a new development approach according GAMP 5.0. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2012, 39, 7291-7301.

GUO, G., et al. A Method for Semantic Web Service Selection Based on QoS Ontology **Journal of Computers**, Academy Publisher, 2011, 6, 377-377.

GUO, Y.;HU, J.; PENG, Y. A CBR system for injection mould design based on ontology: A case study. **Computer-Aided Design**, Elsevier B.V., The Boulevard Kidlington Oxford OX5 1GB United Kingdom, 2012, 44, 496-508.

GUREVICH, I. B.; SALVETTI, O.; TRUSOVA, Y. O. Fundamental concepts and elements of image analysis ontology. **Pattern Recognition**

and Image Analysis, Springer-Verlag (Heidelberg), Tiergartenstrasse 17 Heidelberg 69121 Germany, 2009, 19, 603-611.

HENDERSON-SELLERS, B. Bridging metamodels and ontologies in software engineering. **Journal of Systems and Software**, Elsevier Science, Box 882 New York NY 10159 USA, 2011, 84, 301-313.

HOEHNDORF, R., et al. Representing default knowledge in biomedical ontologies: application to the integration of anatomy and phenotype ontologies. **BMC Bioinformatics**, BioMed Central Ltd., 2007, 8, 377-377.

HOU, X., et al. GRAONTO: A graph-based approach for automatic construction of domain ontology. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2011, 38, 11958-11975.

HSIEH, S. H., et al. Enabling the development of base domain ontology through extraction of knowledge from engineering domain handbooks. **Advanced Engineering Informatics**, Elsevier BV, 2011, 25, 288-296.

HU, B., et al. The HealthAgents ontology: knowledge representation in a distributed decision support system for brain tumours. **Knowledge Engineering Review**, Cambridge University Press, 2011, 26, 303-328.

HUBNER, S., et al. Ontology-based search for interactive digital maps. **IEEE Intelligent Systems**, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2004, 19, -.

HVALSHAGEN, M.; KHATRI, V. ODAP: an ontological approach for expressing the semantics of analysis patterns in conceptual modeling. **Information Technology and Management**, Springer Science+Business Media, 2008, 9, 121-134.

IZZA, S.; VINCENT, L.; BURLAT, P. Exploiting semantic web services in achieving flexible application integration in the microelectronics field. **Computers in Industry**, Elsevier BV, 2008, 59, 722-740.

JIANG, J. Workflow management in the grid era: A goal-driven approach based on process patterns. **Multigent and Grid Systems**, IOS Press, 2009, 5, 325-343.

JIANG, X.; TAN, A. H. Learning and inferencing in user ontology for personalized Semantic Web search. **Information Sciences**, Elsevier Science Publishing Co , Inc , P.O. Box 882, Madison Square Station, New York, NY, 10159-0882, USA, 2009, 179, 2794-2808.

JOSEPH, G.; GEORGE, A. A framework to integrate the enterprise domain ontology and organizational change application domain. **International Journal of Accounting and Information Management**, Emerald, 60/62 Toller Lane, Bradford, West Yorkshire, BD8 9BY, UK, 2007, 15, 3-23.

JOVANOVIC, J.; GASEVIC, D.; DEVEDZIC, V. Ontology-Based Automatic Annotation of Learning Content. **International Journal on Semantic Web and Information Systems**, 2006, 2, 91-119.

JUNG, J. J. Towards open decision support systems based on semantic focused crawling. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2009, 36, 3914-3922.

KAAAK, D., et al. PQONT: A domain ontology for electrical power quality. **Advanced Engineering Informatics**, Elsevier BV, 24, 84-95.

KAMSU FOGUEM, B., et al. Knowledge formalization in experience feedback processes: An ontology-based approach. **Computers in Industry**, Elsevier BV, 2008, 59, 694-710.

KANELLOPOULOS, D. N. An ontology-based system for intelligent matching of travellers' needs for Group Package Tours. **International Journal of Digital Culture and Electronic Tourism**, Inderscience Publishers Ltd., 2008, 1, 76-99.

KARA, S., et al. An ontology-based retrieval system using semantic indexing. **Information Systems**, Elsevier BV, 2012, 37, 294-305.

KHAN, A. N.; ASGHAR, S.; FONG, S. Evaluation of Semantic Web Services: Before and After Applying in Telecommunication. **Journal of**

Emerging Technologies in Web Intelligence, Academy Publisher, 2011, 3, 120-120.

KIRCI OZORHAN, E.; KUBAN, E. K.; CICEKLI, N. K. Automated composition of web services with the abductive event calculus.

Information Sciences, Elsevier BV, 2010, 180, 3589-3613.

KLIEN, E.; LUTZ, M.; KUHN, W. Ontology-based discovery of geographic information services-An application in disaster management.

Computers, Environment and Urban Systems, Elsevier BV, 2006, 30, 102-123.

KOHN, A.; BRY, F.; MANTA, A. Semantic Search on Unstructured Data: Explicit Knowledge through Data Recycling. **International Journal on Semantic Web and Information Systems**, 2010, 6, 17-35.

KRAFT, B.; NAGL, M. Visual knowledge specification for conceptual design: Definition and tool support. **Advanced Engineering Informatics**, Elsevier BV, 2007, 21, 67-83.

LAKKA, C., et al. A Bayesian network modeling approach for cross media analysis. **Signal Processing: Image Communication**, Elsevier Science Ltd., 2011, 26, 175-193.

LE YAOUANC, J. M.; SAUX, E.; CLARAMUNT, C. A semantic and language-based representation of an environmental scene.

GeoInformatica, Springer Science+Business Media, 2010, 14, 333-352.

LEE, B. H. Using FMEA models and ontologies to build diagnostic models. **Artificial Intelligence for Engineering Design**, Analysis and Manufacturing, Cambridge University Press, 40 West 20th Street, New York, NY, 10011, USA, 2001, 15, 281-293.

LEE, C. S.; CHANG, Y. C.; WANG, M. H. Ontological recommendation multi-agent for Tainan City travel. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2009, 36, 6740-6753.

LEE, C. S.; CHEN, Y. J.; JIAN, Z. W. Ontology-based fuzzy event extraction agent for Chinese e-news summarization. **Expert Systems**

with Applications, Elsevier Science Publishing Co , Inc , P.O. Box 882, Madison Square Station, New York, NY, 10159-0882, USA, 2003, 25, 431-447.

LI, M., et al. SGrid: a service-oriented model for the Semantic Grid. **Future Generation Computer Systems**, Elsevier Science BV, P.O. Box 211, Amsterdam, 1000 AE, Netherlands, 2004, 20, 7-18.

LI, S.T.; CHANG, W. C. Exploiting and transferring presentational knowledge assets in R&D organizations. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2009, 36, 766-777.

LI, Z.; RAMANI, K. Ontology-based design information extraction and retrieval. **Artificial Intelligence for Engineering Design**, Analysis and Manufacturing, Cambridge University Press, 2007, 21, 137-154.

LIAO, C. J.; CHOU, C. C.; YANG, J.T. D. The Construction of an Ontology-Based Ubiquitous Learning Grid. **International Journal of Distance Education Technologies**, IGI Global, 2009, 7, 1-25.

LIAO, S. H., et al. Mining information users' knowledge for one-to-one marketing on information appliance. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2009, 36, 4967-4979.

LIN, C. Y. I.; HO, C. S. Generating domain-specific methodical knowledge for requirement analysis based on methodology ontology. **Information Sciences**, Elsevier Science Publishing Co , Inc , P.O. Box 882, Madison Square Station, New York, NY, 10159-0882, USA, 1999, 114, 127-164.

LINHALIS, F.; MATTOS FORTES, R. P.; ABREU MOREIRA, D. OntoMap: an ontology-based architecture to perform the semantic mapping between an interlingua and software components. **Knowledge and Information Systems**, Springer-Verlag (Heidelberg), 2010, 22, 319-345.

LIU, C., et al. Web Intelligence Analysis in the Semantic Web Based on Domain Ontology. **Information Technology Journal**, Asian Network for Scientific Information, 308-Lasani Town Sargodha Rd Faisalabad 38090 Pakistan, 2011, 10, 2343-2349.

LIU, C. L.; TSENGA, S. S.; CHEN, C. S. Design and implementation of an intelligent DNS management system. **Expert Systems with Applications**, Elsevier Science Publishing Co , Inc , P.O. Box 882, Madison Square Station, New York, NY, 10159-0882, 2004, 27, 223-236.

LIU, C. H.; CHEN, J. J. Y. Using Ontology-based BDI Agent to Dynamically Customize Workflow and Bind Semantic Web Service. **Journal of Software (Oulu)**, Academy Publisher, PO Box 40 Oulu 90571 Finland, 2012, 7, 884-884.

LIU, D. R.; WU, I. C.; YANG, K. S. Task-based -Support system: disseminating and sharing task-relevant knowledge. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2005, 29, 408-423.

LIU, M., et al. An weighted ontology-based semantic similarity algorithm for web service. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2009, 36, 12480-12490.

LONG, W. Research on Development Method of MES based on Component and Driven by Ontology. **Journal of Software**, 2010, 5, 1228-1228.

LU, J., et al. Collaborative management of web ontology data with flexible access control. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2010, 37, 3737-3746.

LUTZ, M., et al. Overcoming semantic heterogeneity in spatial data infrastructures. **Computers & Geosciences**, Elsevier BV, 2009, 35, 739-752.

MAGHRABI, F., et al. A Multiagent-based Framework for Integrating Biological Data. **International Journal of Intelligent Information Technologies**, IGI Publishing, 701 E. Chocolate Ave , Suite 200, Hershey, PA, 17033-1240, USA, 2008, 4, 24-36.

MALONE, J., et al. Modeling sample variables with an Experimental Factor Ontology. **Bioinformatics**, Oxford University Press, 2010, 26, 1112-1118.

MARTINEZ-CRUZ, C., et al. An approximation to the computational theory of perceptions using ontologies. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2012, 39, 9494-9503.

MAUE, P.; SCHADE, S. Data Integration in the Geospatial Semantic Web. **Journal of Cases on Information Technology**, IGI Global, 2009, 11, 100-122.

MAXIMILIEN, E. M.; SINGH, M. P. A framework and ontology for dynamic Web services selection. **IEEE Internet Computing**, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2004, 8, -.

MEDINA-RAMIREZ, R. C. Semantic Information Retrieval: a return on experience. **Engineering Letters**, International Association of Engineers, Unit 1, 1/F, 37-39 Hung To Road, Hong Kong, Hong Kong, 2007, 15, -.

MEURS, M. J., et al. Semantic text mining support for lignocelluloses research. **BMC Medical informatics and Decision Making**, BioMed Central Ltd., 2012, 12, 1-S5.

MIA-ARRO-GIMENEZ, J. A.; MADRID, M.; FERNANDEZ-BREIS, J. T. OGO: an ontological approach for integrating knowledge about orthology. **BMC Bioinformatics**, BioMed Central Ltd., 2009, 10, S13-S13.

MINOR, M., et al. Agile Workflow Technology and Case-Based Change Reuse for Long-Term Processes. **International Journal of Intelligent Information Technologies**, 2008, 4, 80-98.

MISSIKOFF, M.; NAVIGLI, R.; VELARDI, P. Integrated approach to Web ontology learning and engineering. **Computer, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.**, 3 Park Avenue, 17th Fl New York NY 10016-5997 United States, 2002, 35, -.

MOODLEY, D.; SIMONIS, I.; TAPAMO, J. R. An Architecture for Managing Knowledge and System Dynamism in the Worldwide Sensor Web. **International Journal on Semantic Web and Information Systems**, 2012, 8, 64-88.

MONTICOLOR, D., et al. A multi-agent system for building project memories to facilitate the design process. **Integrated Computer-Aided Engineering**, IOS Press, 2008, 15, 3-20.

MOTTA, E., et al. Solving VT in VITAL: a study in model construction and knowledge reuse. **International Journal of Human-Computers Studies**, 1996, 44, 333-371.

MUN, D.; RAMANI, K. Knowledge-based part similarity measurement utilizing ontology and multi-criteria decision making technique. **Advanced Engineering Informatics**, Elsevier BV, 2011, 25, 119-130.

NAVIGLI, R.; VELARDI, P.; GANGEMI, A. Ontology learning and its application to automated terminology translation. **IEEE Intelligent Systems**, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2003, 18, -.

NGUYEN, M. T.; FUHRER, P.; PASQUIER-ROCHA, J. Enhancing E-Health Information Systems with Agent Technology. **International Journal of Telemedicine and Applications**, Hindawi Publishing Corporation, 2009.

NIU, W. T.; KAY, J. PERSONAF: framework for personalised ontological reasoning in pervasive computing. **User Modeling and User-Adapted Interaction**, Springer-Verlag, 2010, 20, 1-40.

OLIVEIRA, K. M. de., et al. Domain-oriented software development environment. **Journal of Systems and Software**, Elsevier Science Inc, 650 Avenue of the Americas, 2nd Floor, New York, NY, 10010-2098, USA, 2004, 72, 145-161.

CELIS, R. D., et al. Creation and Use of Ontology Related to Genes, Syndromes, Diseases and Symptoms for the Classification of Biomedical Texts. **International Journal of Computer Applications**, Foundation of Computer Science, 244 5th Avenue, # 1526, New York, NY 10001, USA India, 2012, 54, -.

PAGGIO, P.; PEDERSEN, B. S.; HALTRUP, D. Applying language technology to ontology-based querying: the ontoquery project. **Applied**

Artificial Intelligence, Taylor & Francis, 325 Chestnut Street, Suite 800, Philadelphia, PA, 19106, USA, 2003, 17, 817-833.

PAN, Q.; LIU, C.; YANG, D. Ontology Molecule Theory-based Information Integrated Service for Agricultural Risk Management. **Journal of Software (Oulu)**, Academy Publisher, PO Box 40 Oulu 90571 Finland, **2011**, 6, 2154-2154.

PAPADOPOULOS, G. T., et al. Knowledge-Assisted Image Analysis Based on Context and Spatial Optimization. **International Journal on Semantic Web and Information Systems**, Idea Group Publishing, 701 E. Chocolate Ave , Suite 200, Hershey, PA, 17033-1240, USA, 2006, 2, 17-36.

PEASE, A.; NILES, I. IEEE standard upper ontology: a progress report. **Knowledge Engineering Review**, Cambridge University Press, POB 110, Cambridge, CB2 3RL, UK, 2002, 17, 65-70.

PEDERSEN, B. S., et al. DanNet: the challenge of compiling a wordnet for Danish by reusing a monolingual dictionary. **Language Resources and Evaluation**, Springer-Verlag, 2009, 43, 269-299.

PENG, W.; SIKUN, L. Social Network Analysis Layout Algorithm under Ontology Model. **Journal of Software (Oulu)**, Academy Publisher, 2011, 6, 1321-1321.

PILATO, G., et al. A KST-Based System For Student Tutoring. **Applied Artificial Intelligence**, Taylor & Francis, 325 Chestnut Street, Suite 800, Philadelphia, PA, 19106, USA, 2008, 22, 283-308.

PIRES, P. F., et al. Integrating ontologies, model driven, and CNL in a multi-viewed approach for requirements engineering. **Requirements Engineering**, Springer-Verlag (Heidelberg), 2011, 16, 133-160.

QUINN, K., et al. An analysis of accuracy experiments carried out over of a multi-faceted model of trust. **International Journal of Information Security**, Springer Science+Business Media, 2009, 8, 103-119.

REZGUI, Y. Text-based domain ontology building using Tf-Idf and metric clusters techniques. **Knowledge Engineering Review**, Cambridge University Press, 2007, 22, 379-403.

RICO, M., et al. Adding Semantics to Electronic Business Documents Exchanged in Collaborative Commerce Relations. **Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research**, University of Talca, 2009, 4, 72-90.

ROBLES, K., et al. Towards an ontology-based retrieval of UML Class Diagrams. **Information and Software Technology**, Elsevier BV, 2012, 54, 72-86.

SAMPAACUTENCHEZ, D.; ISERN, D.; MILLAN, M. Content annotation for the semantic web: an automatic web-based approach. **Knowledge and Information Systems**, Springer-Verlag (Heidelberg), 2011, 27, 393-418.

SANCHEZ, D. Domain Ontology Learning from the Web. **Knowledge Engineering Review**, Cambridge University Press, POB 110, Cambridge, CB2 3RL, UK, 2009, 24, 413-413.

SASAJIMA, M., et al. Representation language for behavior and function: FBRL. **Expert Systems with Applications**, Elsevier Science Publishing Co , Inc , P.O. Box 882, Madison Square Station, New York, NY, 10159-0882, USA, 1996, 10, 471-479.

SATHIANESAN, G. W.; SANKARANARAYANAN, S. Personalized Semantic Based Blog Retrieval. **Journal of Computer Science and Technology**, Springer Science+Business Media, 2012, 27, 591-598.

SCHREIBER, A. T., et al. Ontology-based photo annotation. **IEEE Intelligent Systems**, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2001, 16, -.

SCHULZ, S.; MARKO, K.; HAHN, U. Spatial location and its relevance for terminological inferences in bio-ontologies. **BMC Bioinformatics**, BioMed Central Ltd., 2007, 8, 134-134.

SCHULZ, S.; STENZHORN, H.; BOEKER, M. The ontology of biological taxa. **Bioinformatics**, Oxford University Press, 2008, 24, i313-i321.

SENG, J. L.; LIN, W. An ontology-assisted analysis in aligning business process with e-commerce standards. **Industrial Management & Data Systems**, MCB University Press, u0/62 Toller Lane, Bradford, West Yorkshire, BD8 9BY, UK, 2007, 107, 415-437.

SEO, K. Y., et al. Ontology-based fuzzy support agent for ship steering control. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2009, 36, 755-765.

SEO, W., et al. An ontology-based approach to role-human assignment in human processes for knowledge intensive services. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2011, 38, 8352-8369.

SERAYET, M.; DRAP, P.; PAPINI, O. Extending Removed Sets Revision to partially preordered belief bases. **International Journal of Approximate Reasoning**, Elsevier BV, 2011, 52, 110-126.

SHAH, N., et al. Exception representation and management in open multi-agent systems. **Information Sciences**, Elsevier Science Publishing Co , Inc , P.O. Box 882, Madison Square Station, New York, NY, 10159-0882, USA, 2009, 179, 2555-2561.

SHETH, A.; PERRY, M. Traveling the Semantic Web through Space, Time, and Theme. **IEEE Internet Computing**, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2008, 12, -

SHI, L.; SETCHI, R. User-oriented ontology-based clustering of stored memories. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2012, 39, 9730-9742.

SHIH, C. W., et al. Enhancement of domain ontology construction using a crystallizing approach. **Expert Systems with Applications**, Elsevier Science, 660 White Plains Rd., Floor 2 Tarrytown NY 10591-5153 USA, 2011, 38, 7544-7557.

SICILIA, M. A., et al. Ontologies of engineering knowledge: general structure and the case of Software Engineering. **Knowledge Engineering Review**, Cambridge University Press, **2009**, 24, 309-326.

SINGH, C.; SACHAN, S.; GANGWAR, M. MAS based Selection and Composition Process of SWS's for Medical Health Care Planning System. **International Journal of Computer Applications**, Foundation of Computer Science, 244 5th Avenue, # 1526, New York, NY 10001, USA India, 2012, 60, -.

SKOTAS, D.; SIMITSIS, A. Ontology-Based Conceptual Design of ETL Processes for Both Structured and Semi-Structured Data. **International Journal on Semantic Web and Information Systems**, 2007, 3, 1-24.

SUGUMARAN, V.; STOREY, V. C. The Role of Domain Ontologies in Database Design: An Ontology Management and Conceptual Modeling Environment. **ACM Transactions on Database Systems**, ACM, 2006, 31, 1064-1094.

SUN, Z., et al. A Task Ontology Driven Approach for Live Geoprocessing in a Service-Oriented Environment. **Transactions in GIS**, Wiley-Blackwell, 111 River Street Hoboken NJ 07030-5774 United States, 2012, 16, 867-884.

RANWEZ, S., et al. User centered and ontology based information retrieval system for life sciences. **BMC Bioinformatics**, BioMed Central Ltd., 2011, 13, 1-S4.

TANKELEVICIENEA, L.; DAMASEVICIUSB, R. Characteristics of Domain Ontologies for Web Based Learning and their Application for Quality Evaluation. **Informatics in Education**, Lietuvos Mokslu Akademija, Akademijos 4 Vilnius 08663 Lithuania, 2009, 8, 131-131.

TIAN, W.; GU, F.; CAO, C. Designing a top-level ontology of human beings: a multi-perspective approach. **Journal of Computer Science and Technology**, Springer Science+Business Media, 2002, 17, 636-656.

TRAN, Q.; LOW, G. MOBMAS: A methodology for ontology-based multi-agent systems development. **Information and Software Technology**, Elsevier BV, 2008, 50, 697-722.

TREIBLMAYR, M., et al. Integrating GI with non-GI services-showcasing interoperability in a heterogeneous service-oriented architecture. **GeoInformatica**, Springer Science+Business Media, Van Godewijkstraat 30 Dordrecht 3311 GX Netherlands, 2012, 16, 207-220.

TSAI, T. M., et al. Ontology-mediated integration of intranet Web services. **Computer, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.**, 2003, 36, -.

TUN, N. N.; TOJO, S. EnOntoModel: A Semantically-Enriched Model for Ontologies. **International Journal of Intelligent Information Technologies**, 2008, 4, 1-30.

VIDAL, V. M., et al. Query Processing in a Mediator Based Framework for Linked Data Integration. **International Journal of Business Data Communications and Networking**, IGI Global, 2011, 7, 29-47.

WANG, H.; WANG, C. Intelligent agents in the nuclear industry. **COMPUTER**, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 445 Hoes Ln, Piscataway, NJ, 08854-1331, UK, 1997, 30, 28-34.
WANG, J., et al. Knowledge acquisition method from domain text based on theme logic model and artificial neural network. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2010, 37, 267-275.

WANG, L. SoFA: An expert-driven, self-organization peer-to-peer semantic communities for network resource management. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2011, 38, 94-105.

WANG, X., et al. Building application ontologies from descriptions of Semantic Web Services. **Web Intelligence and Agent Systems**, IOS Press, 2009, 7, 347-362.

WAUER, M., et al. Semantic Federation of Product Information from Structured and Unstructured Sources. **International Journal of Business Data Communications and Networking**, 2011, 7, 69-97.

WU, C. A., et al. Toward intelligent data warehouse mining: An ontology-integrated approach for multi-dimensional association mining. **Expert Systems with Applications**, Elsevier Science, 660 White Plains Rd., Floor 2 Tarrytown NY 10591-5153 USA, 2011, 38, 11011-11023.

WU, C. H.; YU, L. C.; JANG, F. L. Using semantic dependencies to mine depressive symptoms from consultation records. **IEEE Intelligent Systems**, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc , 445 Hoes Ln, Piscataway, NJ, 08854-1331, USA, 2005, 20, 50-58.

XIAO, L., et al. A knowledgeable security model for distributed health information systems. **Computers & Security**, Elsevier Advanced Technology, 660 White Plains Rd. Tarrytown NY 10591-5153 United States of America, 2010, 29, 331-349.

XIAO, S., et al. Digital product data exchange in semantic service-oriented architecture. **Compel**, Emerald Group Publishing Limited, 2009, 28, 1560-1578.

YAN, X., et al. Toward a semantic granularity model for domain-specific information retrieval. **ACM Transactions on Information Systems**, ACM, One Astor Plaza New York NY 10036-5701 United States, 2011, 29, -.

YANG, J. T. D., et al. Using Ontology as Scaffolding for Authoring Teaching Materials. **International Journal of Distance Education Technologies**, Idea Group Inc , 701 E. Chocolate Ave , Suite 200, Hershey, PA, 17033-1240, USA, 2005, 3, 81-96.

YANG, Q. Z.; ZHANG, Y. Semantic interoperability in building design: Methods and tools. **Computer-Aided Design**, Elsevier Science BV, P.O. Box 211, Amsterdam, 1000 AE, Netherlands, 2006, 38, 1099-1112.

YANG, S. J. H.; SHAO, N. W. Y. An Ontology-Based Content Model for Intelligent Web Content Access Services. **International Journal of Web Services Research**, 2006, 3, 61-80.

YANG, S. Y. Developing of an ontological interface agent with template-based linguistic processing technique for FAQ services. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2009, 36, 4049-4060.

YANG, S. Y. OntoIAS: An ontology-supported information agent shell for ubiquitous services. **Expert Systems with Applications**, Elsevier Science, 660 White Plains Rd., Floor 2 Tarrytown NY 10591-5153 USA, 2011, 38, 7803-7816.

YANG, S. Y.; CHANG, Y. Y. An active and intelligent network management system with ontology-based and multi-agent techniques. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2011, 38, 10320-10342.

YANG, S. Y.; SOO, V. W. Extract conceptual graphs from plain texts in patent claims. **Engineering Applications of Artificial Intelligence**, Elsevier B.V., 2012, 25, 874-887.

YE, K., et al. Knowledge level modeling for systemic risk management in financial institutions. **Expert Systems with Applications**, Elsevier Science, 660 White Plains Rd., Floor 2 Tarrytown NY 10591-5153 USA, 2011, 38, 3528-3538.

YU, Z.; ZHOU, X.; SHU, L. Towards a semantic infrastructure for context-aware e-learning. **Multimedia Tools and Applications**, 2010, 47, 71-86.

ZANGENEHPOUR, S; SEYYEDI, M. A.; MOHSENZADEH, M. A. New Framework for Mapping Business Domain Ontologies. **International Journal of Computer Applications**, Foundation of Computer Science, 244 5th Avenue, # 1526, New York, NY 10001, USA India, 2012, 55,-.

ZDRAVKOVIC, M., et al. An approach for formalising the supply chain operations. **Enterprise Information Systems**, Taylor & Francis Group Ltd., 2 Park Square Oxford OX14 4RN United Kingdom, 2011, 5, 401-421.

ZHANG, G., et al. REA-based Enterprise Business Domain Ontology Construction. **Journal of Software**, 2010, 5, 522-522.

ZHANG, J.; WALJI, M. F. TURF: toward a unified framework of HER usability. **Journal of Biomedical Informatics**, Elsevier BV, 2011, 44, 1056-1067.

ZHANG, Y., et al. An ontology and peer-to-peer based data and service unified discovery system. **Expert Systems with Applications**, Elsevier BV, 2009, 36, 5436-5444.

ZHANG, Y.; YU, T. Mining Trust Relationships from Online Social Networks. **Journal of Computer Science and Technology**, Springer Science+Business Media, 2012, 27, 492-505.

ZHAO, Y.; JIANG, C.; YANG, A. Towards computer-aided multiscale modelling: An overarching methodology and support of conceptual modeling. **Computers & Chemical Engineering**, Elsevier BV, 2012, 36, 10-21.

ZHUHADAR, L.; NASRAOUI, O. A Hybrid Recommender System Guided by Semantic User Profiles for Search in the E-learning Domain. **Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence**, Academy Publisher, 2010, 2, 272-272.