



XI Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação
Inovação e inclusão social: questões contemporâneas da informação
Rio de Janeiro, 25 a 28 de outubro de 2010

GT-2: Organização e Representação do Conhecimento

Modalidade de apresentação: comunicação oral

**REPRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO E DO CONHECIMENTO EM SISTEMAS DE
INFORMAÇÕES: CONTRIBUIÇÕES DE CAMPOS INTERDISCIPLINARES**

Daniela Lucas da Silva

Universidade Federal do Espírito Santo

Renato Rocha Souza

Fundação Getúlio Vargas

José Alimatéia de Aquino Ramos

Universidade Federal do Espírito Santo

Resumo: O desenvolvimento de ontologias se dá na confluência temática de diversas áreas do conhecimento. O artigo trata das contribuições advindas da Filosofia, da Lógica, da Ciência da Informação e da Ciência da Computação no âmbito da representação do conhecimento e da informação. Apresenta os conceitos principais de ontologias formais, seus componentes e o processo de construção destas. Destaca ainda a aplicação de ontologias na representação da informação e do conhecimento em sistemas de informações.

Palavras-chave: ontologias. representação da informação. representação do conhecimento. sistemas de informações.



1. INTRODUÇÃO

No âmbito dos sistemas de informações, pesquisas têm sido desenvolvidas progressivamente (LANCASTER, 1986; GRUBER, 1993; BAEZA-YATES e RIBEIRO-NETO, 1999; BERNERS-LEE, HENDLER e LASSILA, 2001) visando ao desenvolvimento de mecanismos de indexação, organização e recuperação de informações, com o objetivo único de melhorar a eficácia dos sistemas de recuperação de informação.

As ontologias apresentam-se como possibilidades de representação de conhecimento em sistemas de informações na medida em que buscam organizar e padronizar conceitos, termos e definições aceitas por uma comunidade particular. Apesar da origem se dá no campo teórico da Filosofia (CORAZZON, 2008), as ontologias são ainda pesquisadas e desenvolvidas como instrumento de representação de conhecimento nos campos das Ciências da Informação e da Computação. Para a Ciência da Informação as ontologias são de interesse pela potencialidade que elas têm em organizar e representar informação. Segundo Almeida e Bax (2003), as ontologias podem melhorar os processos de recuperação de informação ao organizar o conteúdo de fontes de dados num determinado domínio.

O cerne deste artigo está localizado na temática “representação da informação e do conhecimento em sistemas de informações”. A representação da informação e do conhecimento tem sido tratada como objeto de estudos em diferentes campos. Este trabalho está concentrado em alguns desses campos, os quais foram escolhidos por possuírem teorias e métodos que podem contribuir significativamente na concepção de instrumentos voltados a organização e recuperação de informações (SILVA, 2008), a saber: a Filosofia, a Lógica, a Ciência da Informação e a Ciência da Computação.

A *Filosofia* é um campo preocupado em estudar as leis de raciocínio. A *Lógica* se ocupa dessas leis e tem sido definida como a ciência das leis do pensamento (COPI, 1981). O estudo do raciocínio é um ponto em destaque para as pesquisas em ontologias de sistemas de informações, pois é a partir dele que se representam declarações sobre todos os tipos de coisas no mundo e sobre as relações entre elas. Nesse sentido, é possível deduzir ou inferir conhecimento a partir dessas declarações. Os *silogismos* são



uma contribuição importante do filósofo Aristóteles¹ às áreas de Inteligência Artificial e a Engenharia ontológica no sentido de ser um padrão formal para representar regras de inferências. Aristóteles também contribui ao determinar quais distinções possíveis poderiam ser direcionadas às coisas do mundo. Dessa forma, estabeleceu, através da *abstração*, categorias gerais (CORAZZON, 2008) na ação de classificar as coisas, buscando uma organização do conhecimento a respeito do mundo. Tais contribuições serão apresentadas na seção 3.

Na *Ciência da Informação*, a preocupação concentra-se na organização de conteúdos de documentos e na recuperação de informação através da elaboração de linguagens documentárias. No processo de elaboração destas, a representação da informação nos sistemas de recuperação de informação tem fundamental importância, pois define a terminologia que será direcionada à base de dados de documentos, auxiliando o usuário na elaboração de estratégias de busca. O consenso em relação à terminologia a ser adotada pelo sistema é essencial para a comunicação entre usuário e sistema. Para tal, buscam-se os aportes teóricos da categorização e classificação de conceitos (RANGANATHAN 1967; DAHLBERG, 1978) para representar o conhecimento do assunto. As contribuições desse campo serão apresentadas na seção 4.

No âmbito da *Ciência da Computação*, os estudos sobre concepção de modelos destinados à construção de sistemas têm sido cada vez mais intensificados na busca de uma representação mais próxima da realidade. Nesse sentido, uma área que vem se destacando na busca por uma organização e representação formal de conceitos e relações através de um comprometimento ontológico é a Engenharia ontológica (GRUBER, 1993; GUARINO, 1998). As contribuições da Ciência da Computação serão apresentadas na seção 5.

¹ Considerado o mais poderoso e influente pensador da Grécia clássica (384-322 a.C.), ao lado de seu mestre Platão. Aristóteles dedicou-se ao estudo dos seres vivos e da natureza. Fez da biologia o modelo de suas investigações (ZILLES, 1998, p. 62).



2. METODOLOGIA DO TRABALHO

Para a elaboração do presente artigo envolvendo a temática “representação da informação e do conhecimento em sistemas de informações” foram pesquisados o portal de periódicos da Capes² e a biblioteca digital CiteSeer³, sendo que ambas as fontes disseminam literatura científica nos campos da Ciência da Informação e da Ciência da Computação. Além disso, proporcionam análises estatísticas das citações para todos os documentos do repositório, o que possibilita ao pesquisador tomar conhecimento da opinião dos pares em relação ao artigo em questão e, em consequência, de sua aceitação pela comunidade. Pesquisas também foram realizadas nas revistas classificadas na categoria *Qualis* da Ciência da Informação e na biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD⁴).

Os livros sobre Filosofia e Inteligência Artificial foram pesquisados no catálogo de bibliotecas da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) pelo sistema Pergamum⁵, seguindo o critério de maior disponibilidade.

No que diz respeito ao portal de periódicos da Capes, a editora selecionada para consultas foi a *Association Computing Machinery*, conhecida como Portal ACM, que dissemina literatura de diversas áreas da Ciência da Computação, destacando a Inteligência Artificial, área na qual foram selecionados artigos científicos sobre o assunto *ontologias*.

3. CONTRIBUIÇÕES DA LÓGICA E DA FILOSOFIA

O termo *Ontologia* tem sua origem na Filosofia, sendo assim, julga-se pertinente analisar a sua contextualização nesse campo do conhecimento, além de mostrar como a Filosofia clássica contribuiu e ainda contribui em seus aspectos epistemológicos para as Ciências da Informação e da Computação.

² <http://www.periodicos.capes.gov.br/portugues/index.jsp>

³ <http://citeseer.ist.psu.edu>

⁴ <http://bdttd.ibict.br>

⁵ <http://webpergamum.adm-serv.ufmg.br/pergamum/biblioteca/index.php?resolution2=800>



A Ontologia, em termos gerais, se ocupa do ser, ou seja, não deste ou daquele ser concreto e determinado, mas do ser em geral, do ser na acepção mais vasta e ampla desta palavra. Segundo Garcia Morente (1964), a palavra "ontologia" significa "teoria do ser". Mas esta significação não é absolutamente exata em rigor. Ontologia, em rigor, não significa "teoria do ser", porque está formada não pelo verbo "ser" grego, no infinito, mas pelo particípio presente desse verbo. Está formada pelo genitivo *ontos*, que é o genitivo de *to on*; o genitivo *to ontos* não significa ser, mas significa o ente, no particípio presente. Por conseguinte, a rigor, ontologia significa teoria do ente e não teoria do ser; e há uma diferença notável entre teoria do ser e teoria do ente.

Aristóteles considera que a essência verdadeira das coisas naturais e dos seres humanos e de suas ações não está no mundo inteligível, separado do mundo sensível, onde as coisas físicas ou naturais existem e onde vivemos. As essências, diz Aristóteles, estão nas próprias coisas, nos próprios homens, nas próprias ações e é tarefa da Filosofia conhecê-las ali mesmo onde existem e acontecem.

Na *Metafísica*, Aristóteles afirma que a Filosofia Primeira estuda os primeiros princípios e as causas primeiras de todas as coisas e investiga "o Ser enquanto Ser". Ao definir a ontologia ou metafísica como estudo do "Ser enquanto Ser", Aristóteles está dizendo que a Filosofia Primeira estuda as essências sem diferenciar essências físicas, matemáticas, astronômicas, humanas, técnicas, etc., pois cabe às diferentes ciências estudá-las enquanto diferentes entre si.

O filósofo alemão Heidegger propõe distinguir duas palavras: ôntico e ontológico. Ôntico se refere à estrutura e à essência própria de um ente, aquilo que ele é em si mesmo, sua identidade, sua diferença em face de outros entes, suas relações com outros entes. Ontológico se refere ao estudo filosófico dos entes, à investigação dos conceitos que nos permitam conhecer e determinar pelo pensamento em que consistem as modalidades ônticas, quais os métodos adequados para o estudo de cada uma delas e quais as categorias que se aplicam a cada uma delas.

Em resumo, ôntico diz respeito aos entes em sua existência própria; ontológico diz respeito aos entes tomados como objetos de conhecimento. Como existem diferentes esferas ou regiões ônticas, existirão ontologias regionais que se ocupam com cada uma delas. Em nossa experiência cotidiana, distinguimos espontaneamente cinco grandes estruturas ônticas: i) os entes materiais naturais que chamamos de coisas reais - frutas,



árvores, pedras, rios, estrelas, areia, o Sol, a Lua, metais, etc.; ii) os entes materiais artificiais a que também chamamos de coisas reais - nossa casa, mesas, cadeiras, automóveis, telefone, computador, lâmpadas, chuveiro, roupas, calçados, pratos, talheres, etc.; iii) os entes ideais, isto é, aqueles que não são coisas materiais, mas ideias gerais, concebidas pelo pensamento lógico, matemático, científico, filosófico e aos quais damos o nome de idealidades - igualdade, diferença, número, raiz quadrada, círculo, conjunto, classe, função, variável, frequência, animal, vegetal, mineral, físico, psíquico, matéria, energia, etc.; iv) os entes que podem ser valorizados positiva ou negativamente e aos quais damos o nome de valores - beleza, feiúra, vício, virtude, raro, comum, bom, mau, justo, injusto, difícil, fácil, possível, impossível, verdadeiro, falso, desejável, indesejável, etc.; e v) os entes que pertencem a uma realidade diferente daquela a que pertencem as coisas, as idealidades e os valores e aos quais damos o nome de metafísicos (a divindade ou o absoluto; a identidade e a alteridade; o mundo como unidade, a relação e diferenciação de todos os entes ou de todas as estruturas ônticas, etc..

Como passamos da experiência ôntica à investigação ontológica? Quando aquilo que faz parte de nossa vida cotidiana se torna problemático, estranho, confuso: quando somos surpreendidos pelas coisas e pelas pessoas, porque acontece algo inesperado ou imprevisível; quando desejamos usar certas coisas e não sabemos como lidar com elas; enfim, quando o significado costumeiro das coisas, das ações, dos valores ou das pessoas perde sentido ou se mostra obscuro e confuso, ou quando o que nos foi dito, ensinado e transmitido sobre eles já não nos satisfaz e queremos saber mais e melhor.

Martin Heidegger e o francês Maurice Merleau-Ponty esforçaram-se para liberar a ontologia do velho problema deixado pela metafísica, qual seja, o dilema do realismo e do idealismo. Qual o dilema posto pelo realismo e pelo idealismo? O realismo afirma que, se eliminarmos o sujeito e a consciência restam as coisas em si mesmas, a realidade verdadeira, o ser em si. O idealismo, ao contrário, afirma que se eliminarmos as coisas ou o nômemo, resta a consciência ou o sujeito que, através das operações do conhecimento, põe a realidade, o objeto. Dizem os dois filósofos: se eliminarmos a consciência, não sobra nada, pois as coisas existem para nós, isto é, para uma consciência que as percebe, imagina, que delas se lembra, nelas pensa, que as transforma pelo trabalho, etc. Se eliminarmos as coisas, também não resta nada, pois não



podemos viver sem o mundo nem fora dele; não somos os criadores do mundo e sim seus habitantes.

No que tange ao interesse deste trabalho, a aplicação de ontologias para a representação do conhecimento pode ser melhor fundamentada na ontologia realista de Aristóteles. Pelo menos, é neste filósofo que os principais autores que estudam as ontologias na representação da informação e do conhecimento buscam se ancorar.

Corazzon (2008) apresenta definições do termo ontologia segundo alguns filósofos renomados do campo. Segundo Albertazzi (1996) apud Corazzon (2008), o termo ontologia tem sido estudado de dois modos na filosofia contemporânea: formal e material. Na primeira abordagem, a ontologia formal usa instrumentos como a lógica formal para interpretar as características lógicas das asserções e as várias teorias do universo; a segunda abordagem trata a ontologia como sendo material, ou seja, analisa as categorias fundamentais dos objetos (ou simplesmente as coisas), seus estados, a relação entre o todo e suas partes e regras de dependência. Tal definição nos leva a uma visão de que ontologia seria um ramo da Filosofia ocupado em investigar as coisas do mundo em seus aspectos metafísicos ou abstratos.

O conceito de abstração das coisas do mundo pode ser explicado pelo filósofo Aristóteles, que, ao conceituar uma “coisa”, separava os seus aspectos acidentais (atributos específicos das coisas – concebe o termo *differentia*) para então encontrar suas características comuns e essenciais. Esse processo intelectual através dos sentidos é considerado por Aristóteles uma *abstração* (ZILLES, 1998) de parte da realidade, na qual os objetos são analisados em seus aspectos mais gerais e classificados a partir de suas semelhanças e diferenças. No âmbito das ontologias de sistemas de informações (SMITH, 2004), a abstração é uma atividade intelectual demandada na representação de conceitos e relações entre conceitos que irão compor a ontologia. Tal atividade, apesar de possuir uma abordagem geralmente pragmática, pode vir a ser desenvolvida com fundamentos epistemológicos de outras ciências como a Filosofia, que busca compreender as formas pelas quais os homens conhecem as coisas do mundo (BRAGA, GUERRA e REIS, 2003).

Para Moreira, Alvarenga e Oliveira (2004), o entendimento da visão de Aristóteles sobre ontologia merece uma discussão mais detalhada, devido à sua grande influência, tanto na Ciência da Computação, quanto na Ciência da Informação. Para esta última, tal



influência se faz notar nos fundamentos teóricos da área, como, por exemplo, o uso de categorias na teoria do conceito de Dahlberg e na classificação facetada de Ranganathan.

As obras de Aristóteles contemplam várias áreas científicas. A que está relacionada com o estudo presente é o tratado denominado de *Categorias*. Segundo Garcia Morente (1964), tal obra apresenta dez categorias básicas para classificar tudo o que existe. Ou seja, as categorias de Aristóteles revelam sua visão ontológica do mundo, a saber: i) substância; ii) quantidade; iii) qualidade; iv) relação; v) lugar; vi) tempo; vii) ação; viii) paixão; ix) posição; e x) estado.

Além dessas dez categorias, Aristóteles ainda classifica os vários tipos de proposições⁶ em *universais* (todos os homens são mortais), *particulares* (alguns homens são bons) e *singulares* (Platão é o autor de *A República*). E ainda classifica as substâncias em gênero e espécie. O gênero apresenta propriedades em comum entre substâncias diferentes (o homem e o cavalo são animais), já a espécie apresenta diferenças entre um gênero (o homem é um animal *político*). Segundo Zilles (1998), as proposições, regidas pela evidência, formam o conhecimento através de uma regra lógica, denominada por Aristóteles de *silogismo*. Um exemplo clássico de silogismo seria: “Todo homem é mortal; Sócrates é homem; logo Sócrates é mortal”. Tal exemplo mostra duas proposições consideradas verdadeiras que levam a uma terceira “logicamente” verdadeira (não necessariamente seria uma proposição verdadeira perante a realidade do mundo). Essas leis do pensamento deveriam comandar as operações da mente. Desta maneira, deu-se início ao campo chamado *Lógica*, que se preocupa em expressar o conhecimento, isto é, o raciocínio humano, sobre todos os tipos de coisas no mundo e sobre as relações entre elas.

Segundo Copi (1981), o raciocínio faz parte do pensamento, no qual se realizam inferências ou se derivam conclusões a partir de proposições. Estas, por sua vez, não são peculiares a nenhuma linguagem na qual podem ser expressas. Além disso, em diferentes contextos, uma única proposição pode ser usada para fazer declarações diferentes. No contexto das ontologias de sistemas de informações, tal característica possibilitaria elaborar proposições que refletissem o significado de um conjunto de modelos pretendidos em uma estrutura intensional (GUARINO, 1998), e, em contextos

⁶ Usadas para designar o significado de uma sentença ou oração declarativa (COPI, 1981, p.22)



apropriados, tais proposições poderiam ser usadas para fazer diferentes declarações, ou seja, a depender da linguagem do modelo, conhecida por estrutura extensional.

Essas abordagens aristotélicas e da lógica vieram a contribuir mais tarde em áreas como a Inteligência Artificial, principalmente no que tange aos formalismos de representação, além do uso de categorias para organização de conceitos presentes nas bases de conhecimento (REZENDE, 2003; RUSSELL e NORVIG, 2004). Na Ciência da Informação, as categorias aristotélicas também foram aplicadas nos anos de 1930 quando Ranganathan, um importante estudioso da teoria da classificação facetada, concebe algumas categorias para classificar assuntos bibliográficos. Tais categorias foram embasadas nas categorias de Aristóteles e, atualmente, são aplicadas no âmbito das linguagens documentárias (DAHLBERG, 1978; CAMPOS, 2001).

4. CONTRIBUIÇÕES DA CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO PARA A REPRESENTAÇÃO DA INFORMAÇÃO

Nesta seção buscam-se assuntos que procuram mostrar como a Ciência da Informação emprega aspectos teóricos e metodológicos na concepção de instrumentos de representação de informação, como os vocabulários controlados. Tal característica permite a esta ciência cumprir o seu principal propósito de levar o usuário ao encontro de suas necessidades informacionais, conforme assinala Saracevic (1996, p.47): “um campo dedicado às pesquisas científicas e à prática profissional voltadas para os problemas da efetiva comunicação do conhecimento e de seus registros entre os seres humanos”. Contudo, percebe-se um campo interdisciplinar que possibilita outros campos como a linguística, a filosofia, a terminologia, a computação, entre outros, contribuírem através de teorias, métodos e técnicas na elaboração de instrumentos cada vez mais eficientes.

A seção está organizada da seguinte forma: a seção 4.1 trata da principal questão do campo, a organização da informação como subsídio aos sistemas de recuperação de informação; e a seção 4.2 tece considerações importantes sobre as linguagens documentárias, destacando as teorias que as fundamentam.



4.1 Organização da Informação e os Sistemas de Recuperação da Informação

Na Ciência da Informação, a área de organização da informação tem como objetivo elaborar métodos e instrumentos para a representação de informações em diversas áreas do conhecimento. Tal representação possibilitaria, assim, a comunicação entre os usuários de um sistema de recuperação de informação e o próprio sistema (NOVELINO, 1996).

Os sistemas de recuperação de informação - SRIs vêm se destacando na sociedade contemporânea, principalmente com o advento da Internet e da Web. O surgimento de instrumentos para viabilizar a recuperação de informação nos mais diversos ambientes justifica-se na medida em que buscam padronizar a entrada de dados, facilitar a estratégia de busca e, conseqüentemente, melhorar a interação do usuário com o sistema de recuperação de informação. Nesse sentido, algumas etapas de padronização são elaboradas no intuito de traduzir a linguagem natural de documentos, dos usuários e dos indexadores em uma linguagem de recuperação de informação.

Segundo Baeza-Yates e Ribeiro-Neto (1999), a proposta de um Sistema de Recuperação de Informação é levar o usuário ao encontro de suas necessidades de informação através das tarefas de: i) *representação* das informações contidas nos documentos: usualmente através dos processos de indexação e descrição dos documentos; ii) *armazenamento*: gestão física e/ou lógica dos documentos e de suas representações; e iii) *organização e acesso* aos itens de informação: recuperação das informações e dos próprios documentos armazenados, de forma a satisfazer as necessidades de informações dos usuários.

Uma ontologia busca padronizar a linguagem envolvida no domínio e facilitar a comunicação entre diversos usuários com visões diferentes do processo, através de um vocabulário compartilhado do domínio de interesse (GUARINO, 1998; USCHOLD e GRUNINGER, 1996). Para tal, as ontologias poderiam auxiliar o trabalho do indexador no momento da representação dos documentos, pois são sistemas constituídos por um vocabulário e um conjunto de definições consensuais no âmbito de um domínio, que pode se apresentar em uma linguagem lógica. Esta, por sua vez, através de sua semântica formal, poderia eliminar contradições envolvendo os conceitos e as relações entre os



conceitos, resultando numa especificação não ambígua do domínio. E, finalmente, com base no formalismo, as pessoas envolvidas num SRI poderiam se comunicar sob o mais alto nível de abstração a respeito de um determinado domínio, viabilizando, em função disso, a estratégia de busca e a recuperação da informação por parte dos usuários. As ontologias funcionariam, desta forma, como uma interface entre a necessidade do usuário e a representação de documentos.

Assim como as ontologias, outros instrumentos são usados na organização de informação de SRIs. Estes instrumentos, em geral, denominados linguagens documentárias, têm a proposta de levar o usuário ao encontro de suas necessidades de informação.

4.2 Linguagens Documentárias e Teorias Subjacentes

As linguagens documentárias compreendem a comunicação entre usuários e sistemas de informações. São linguagens artificialmente construídas a partir da linguagem natural presente nos documentos, buscando-se obter um vocabulário controlado de um assunto específico (DODEBEI, 2002). Podemos citar alguns desses vocabulários: os esquemas de classificação, os tesauros e as taxonomias. Para tal, teorias ligadas à representação de conceitos, como a teoria da classificação facetada e a teoria do conceito, tornam-se possibilidades teórico-metodológicas para construção de linguagens documentárias.

Dahlberg (1976) destaca como o pai da moderna teoria da classificação o matemático e bibliotecário indiano Shialy Ramamrita Ranganathan (RANGANATHAN, 1967), que em 1933 concebeu a teoria da classificação facetada, a qual teve sua inspiração nos trabalhos do classificacionista Henry Evelyn Bliss dos Estados Unidos. O sistema de Ranganathan se diferenciou dos outros esquemas de classificação pelo fato de não trabalhar com classes pré-estabelecidas, advindas da teoria descritiva, visto que estas precisavam adequar os assuntos tratados nos documentos à estrutura classificatória existente nos esquemas. No esquema facetado, a classificação dos livros era criada somente no momento em que um livro fosse analisado de acordo com os elementos constitutivos de seu assunto. O conhecimento para Ranganathan era visto



como algo dinâmico, sendo necessário desenvolver uma teoria que fosse capaz de superar algumas barreiras apresentadas nos esquemas de classificação até então em uso. Surgia, assim, a teoria dinâmica do conhecimento. Os princípios da teoria dinâmica influenciaram um novo tipo de classificação bibliográfica, a classificação facetada. A classificação facetada divide um assunto por seus múltiplos aspectos ou facetas, isto é, em grupos de classes reunidas por um mesmo princípio de divisão (BARBOSA, 1972; DAHLBERG, 1976; VICKERY, 1980).

A teoria do conceito, cunhada pela pesquisadora alemã Ingetraut Dahlberg, define “conceito” como unidade de conhecimento e que sua formação se dá pela reunião e compilação de enunciados verdadeiros a respeito de determinado objeto (DAHLBERG, 1978). Tal definição, segundo Dahlberg, possibilita um entendimento mais objetivo daquilo que está sendo observado pelo indivíduo, o qual tem a capacidade de fazer afirmações sempre verdadeiras perante as coisas reais do mundo e comunicá-las através de uma forma verbal. A visão de Dahlberg vai ao encontro a um dos componentes de uma ontologia capaz de modelar sentenças verdadeiras sobre uma certa realidade, os axiomas. Tal componente permite especificar ontologias rigorosamente formais contendo termos definidos com semântica formal, teoremas e provas (USCHOLD e GRUNINGER, 1996). Os axiomas permitiriam, assim, definições precisas nos conceitos e relações entre conceitos, de forma a possibilitar inferências sobre o sistema de conceitos.

Dahlberg (1978) apresenta três passos para a formação de conceitos: i) o passo referencial, que seria o ponto de partida para o processo de determinação do conceito, ou seja, a seleção do referente num determinado domínio de conhecimento; ii) o passo predicacional, no qual há uma atribuição de características relevantes ao referente; e iii) o passo representacional, em que através das características atribuídas ao referente, consegue-se chegar à denotação do conceito, representado pelo termo. Após, ou no momento da formação ou definição do conceito, o próximo passo seria sistematizar tal unidade de conhecimento, ou seja, posicioná-la em um sistema de conceitos, utilizando-se das técnicas de categorização. Dahlberg, como Ranganathan, utiliza a noção de categoria para representar contextos, e posteriormente analisar os conceitos de um contexto no intuito de classificá-los no interior dessas categorias. Campos (2004) destaca que o estudo da teoria do conceito pode ajudar o *modelizador* em sua atividade de



elaboração de modelos de representação para linguagens documentárias, sistemas computacionais, hipertextos e ontologias.

5. CONTRIBUIÇÕES DA CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO PARA A REPRESENTAÇÃO DO CONHECIMENTO

Os mecanismos de representação de conhecimento no âmbito da Ciência da Computação servem para subsidiar o processo de implementação de estruturas computacionais, que se resumem em entidades, objetos e conceitos que existem em um domínio de interesse e os relacionamentos semânticos entre tais estruturas. Nesse sentido, essa seção objetiva apresentar as principais contribuições da Ciência da Computação para a área de Representação do Conhecimento e encontra-se organizada como segue: a seção 5.1 apresenta a área de Inteligência Artificial mencionando seus principais formalismos de representação de conhecimento, destacando a lógica com sua notação formal capaz de desenvolver regras de inferências úteis ao raciocínio inteligente e consequentemente à resolução de problemas específicos; e a seção 5.2 apresenta as ontologias como um instrumento capaz de definir e organizar formalmente as “coisas” que existem em um determinado domínio através de axiomas advindos de linguagens específicas para representação de ontologias. A seção aborda também os processos envolvidos na construção de ontologias.

5.1 Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial pode ser definida como uma área ocupada em desenvolver sistemas que procuram pensar e agir de acordo com modelos que simulem o funcionamento da mente humana (RUSSEL e NORVIG, 2004). Ainda segundo os autores, a IA juntamente com outros campos (filosofia, matemática, ciência da computação, neurociência, linguística, ciência cognitiva, dentre outros) procuram congrega esforços para a compreensão das complexas estruturas que compõem a mente.



Nesse trabalho, o interesse encontra-se na capacidade de representação de conhecimento de tais sistemas. Chandrasekaran, Johnson e Benjamins (1999, p.23) afirmam que “na IA conhecimento em um sistema computacional é conceitualmente alguma coisa que é explicitamente representada e executada por um processo de inferência”⁷. Nesse sentido, a área de Engenharia do Conhecimento é elucidada como sendo uma área interessada em projetar e construir sistemas baseados em conhecimento (SBCs).

Nos SBCs os dados são organizados por meio de representação de conhecimento, que explicitam os conceitos do domínio do problema, suas relações e as regras de inferência, originando uma ontologia. A ontologia, nesse caso, está associada à base de conhecimento no sentido de explicitar os conceitos e as relações entre conceitos, buscando representar todo o conhecimento relevante para a resolução do problema, além de apresentar definições sobre os significados dos conceitos e relações. Além da base de conhecimento, um SBC possui um módulo separado, conhecido como mecanismo de inferência, capaz de realizar inferências sobre a base e obter conclusões a partir do conhecimento disponível (REZENDE, 2003).

As técnicas de representação de conhecimento frequentemente usadas são: as redes semânticas, os *frames*, as regras de produção e a lógica (REZENDE, 2003). As ontologias, apresentadas na próxima seção, são também uma técnica de representação de conhecimento que consiste em organizar categorias e objetos em uma taxonomia através de declarações lógicas como a lógica de primeira ordem (RUSSELL e NORVIG, 2004, p.312).

A importância do estudo de ontologias para a IA pode ser constatado pelo surgimento de uma nova área de trabalho conhecida como Engenharia ontológica, um ramo da Engenharia de Conhecimento que se preocupa com o processo de construção de ontologias genéricas para fins de reuso em diferentes bases de conhecimento (GRUBER, 1993).

⁷ “In AI, knowledge in computer systems is thought of as something that is explicitly represented and operated on by inference processes.”



5.2 Ontologias e Representação do Conhecimento

Conforme visto na seção 3, Ontologia como um ramo da filosofia remete ao “[...] estudo do Ser; a área da metafísica que se relaciona ao Ser ou essência das coisas, ou o Ser no sentido abstrato” (OXFORD ENGLISH DICTIONARY). Já na computação, uma ontologia é um artefato de *software* que tem utilizações específicas em ambientes computacionais (SMITH, 2004). A apropriação do termo “Ontologia” da filosofia pela comunidade de computação (em especial pela comunidade de inteligência artificial) deve-se ao fato de as ontologias servirem como meio de organização das coisas passíveis de representação simbólica (representação formal). E, a partir da representação formal, possibilitar raciocínio dedutivo através de regras de inferências.

Na Ciência da Computação os estudos sobre ontologias como artefato de *software* tiveram início na década 90, principalmente na Inteligência Artificial em pesquisas sobre representação do conhecimento (GRUBER, 1993; GUARINO, 1995; GUARINO e GIARETA, 1995). O interesse sobre o assunto ontologias na Ciência da Informação (VICKERY, 1997; FISCHER, 1998; SOERGEL, 1999; GILCHRIST, 2003) acontece também nesse período.

Vickery (1997) foi um dos primeiros do campo da Biblioteconomia a dar atenção ao termo ontologia na Ciência da Informação, e ressalta questões presentes na pesquisa de ontologias que também são abordadas pela Biblioteconomia, como a categorização de conceitos – princípio básico da teoria da classificação. E conclui que, apesar da similaridade evidente, os autores da Inteligência Artificial não referenciam trabalhos importantes da Biblioteconomia, como, por exemplo, os métodos e técnicas empregados por Lancaster (1986) na construção de vocabulários controlados direcionados a sistemas de recuperação de informação.

Gruber (1993, p.199) define ontologia como uma “especificação explícita de uma conceitualização”. Tal definição é discutida por alguns pesquisadores (GUARINO e GIARETA, 1995) no que diz respeito à noção do termo “conceitualização”. Guarino e Giareta (1995) apontam que o problema está em considerar a noção extensional ao definir “conceitualização”. Segundo os autores, a noção extensional está relacionada a um estado particular das coisas e não representa a estrutura semântica de certa realidade ou modelo pretendido. Uma conceitualização seria melhor definida a partir de uma noção



intensional, na qual se considera a conceitualização como um conjunto de modelos semânticos os quais representam certa realidade. A interpretação intensional é determinada pelo compromisso ontológico entre a linguagem do modelo pretendido (ou vocabulário pretendido) e a conceitualização. Nesse sentido, a conceitualização precisa se comprometer em usar um vocabulário comum ou compartilhado que seja coerente com a linguagem do modelo pretendido, tendo em vista que tal linguagem pode incluir axiomas que restringem a utilização do vocabulário. A conceitualização é assim, independente da linguagem do modelo, já a ontologia em si permanece dependente da linguagem, e de seus axiomas específicos. Finalmente, para uma ontologia se aproximar de um modelo pretendido, conforme mostra a Figura 1, deve-se obter uma conceitualização com boa axiomatização, ou seja, obedecendo a regras formais que restringem a estrutura de parte da linguagem, conformando-a a realidade, mais um conjunto formal de conceitos e relações relevantes estabelecido de maneira consensual entre a comunidade envolvida.

Dessa forma, Guarino (1998, p.5) aprimora a definição de Gruber descrevendo uma ontologia como sendo um artefato de engenharia, constituído por um vocabulário intensional utilizado para descrever certa realidade, em conjunto com pressupostos explícitos em forma de lógica de primeira ordem representando conceitos e relações entre conceitos. Tal vocabulário intensional é descrito mediante uma aceitação, ou seja, um consenso no sentido das palavras que irão compô-lo.

As relações entre linguagem, conceitualização, comprometimento ontológico e ontologia podem ser conferidas na Figura 1.

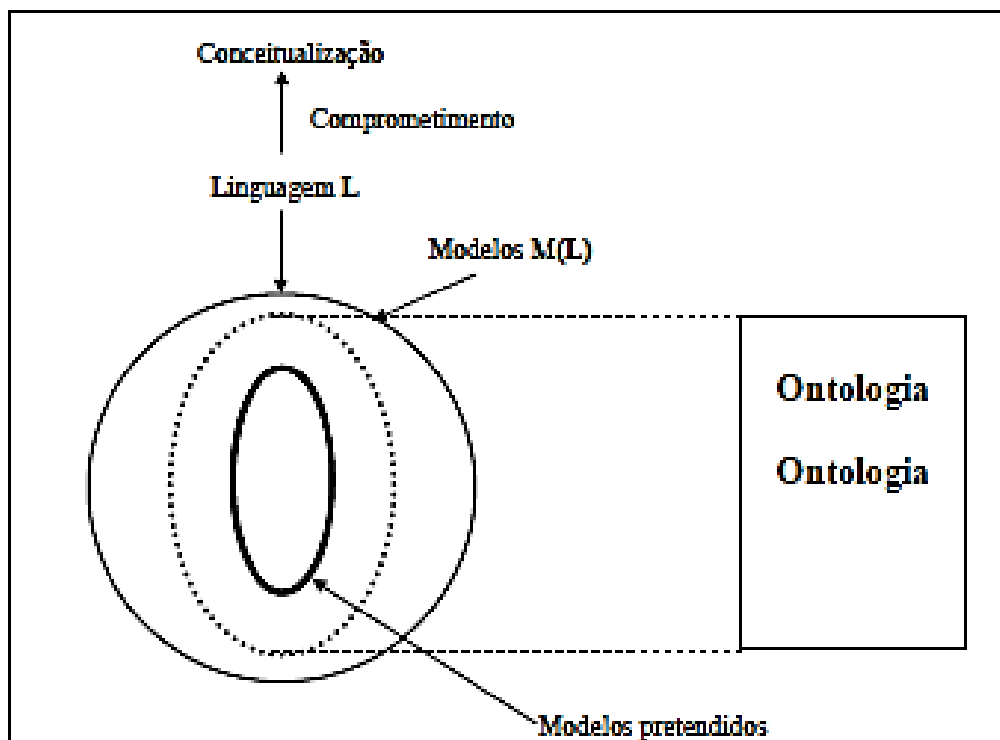


FIGURA 1 – Representação de uma ontologia e sua relação com a conceitualização.
FONTE: adaptado de Guarino (1998, p.7).

Como componentes da ontologia (GOMEZ-PEREZ, FERNANDEZ e VICENTE, 1996) têm-se: i) **classes conceituais**, que organizam os conceitos de um domínio em uma taxonomia; ii) **atributos de classes**, que são propriedades relevantes do conceito; iii) **instâncias**, que são utilizadas para representar objetos específicos de um conceito; iv) **atributos de instâncias**, que são propriedades relevantes que descrevem as instâncias de um conceito; v) **relações entre classes**, que representam o tipo de interação entre os conceitos de um domínio; vi) **constantes**, que têm sempre o mesmo valor e, geralmente, são usadas em regras ou fórmulas para inferir conhecimento na ontologia; vii) **termos**, que designam os conceitos de um domínio; viii) **axiomas formais**, que restringem a interpretação e o uso dos conceitos envolvidos na ontologia; e ix) **regras**, que determinam condições ao domínio, além de inferirem valores para atributos.

Guarino (1998) classifica ontologias em quatro categorias com base em seu conteúdo: de *alto nível*, de *domínio*, de *tarefas* e de *aplicação*. As ontologias de *alto nível*



descrevem conceitos bastante gerais, tais como, espaço, tempo, matéria, objeto, etc., que são independentes de um domínio particular. As ontologias de *domínio* descrevem um vocabulário relacionado a um domínio genérico, tal como medicina. As ontologias de *tarefas* também expressam um vocabulário inerente a um domínio genérico ou uma tarefa genérica, como vendas. Ambos os tipos são especializações de termos advindos da ontologia de alto nível. Percebe-se que a definição de ontologia de domínio e de tarefa se sobrepõe, estabelecendo certa confusão em relação ao termo a ser utilizado. E, finalmente, as ontologias de *aplicação* descrevem conceitos dependentes de domínio e de tarefa particulares, que geralmente são especializações dos termos advindos das ontologias de domínio e de tarefa.

No campo das ontologias de sistemas de informações, várias linguagens baseadas em *eXtensible Markup Language* - XML têm sido propostas para representar ontologias, a saber: i) *Resource Description Framework* - RDF e *RDF Schema*; ii) *Ontology Inference Layer* – OIL; iii) *DARPA Agent Markup Language* - DAML+OIL; e iv) *Web Ontology Language* - OWL. Tais linguagens, também chamadas de “linguagens baseadas na Web”, encontram-se ainda em fase de desenvolvimento e em constante evolução (LOZANO-TELLO e GOMEZ-PEREZ, 2004). Além de linguagens, existem diversas ferramentas para desenvolvimento de ontologias, destacando-se na literatura o Protégé (HORRIDGE et al., 2004). Uma lista de ferramentas e linguagens para construção de ontologias, juntamente com a descrição das mesmas, pode ser encontrada em Almeida e Bax (2003, pgs. 15-16).

As fases envolvendo um processo de construção de ontologias comumente encontradas na literatura (USCHOLD e GRUNINGER, 1996; FERNANDEZ, GOMEZ-PEREZ e JURISTO, 1997; NOY e GUINNESS, 2001) são: i) planejamento; ii) especificação de requisitos; iii) aquisição de conhecimento; iv) conceitualização; v) formalização; vi) integração; vii) implementação; viii) avaliação; e ix) documentação.

Na atividade de *planejamento* ocorre um levantamento das principais tarefas necessárias ao processo de construção da ontologia em função de um estudo de ambiente. A fase de *especificação de requisitos* requer o conhecimento sobre o domínio que se deseja representar, de forma a identificar possíveis problemas que a ontologia deverá ser capaz de resolver. A *aquisição de conhecimento* é uma atividade que requer um estudo do domínio e, por meio de uma interação intensa com especialistas da área, criar um modelo que represente as características conceituais do domínio. A fase de



conceitualização descreve o problema e sua solução através de um modelo conceitual que representa o domínio. A fase de *formalização* consiste em transformar o modelo conceitual concebido na fase de conceitualização em um modelo formal a fim de definir de forma precisa o seu significado. Uma vez feita a formalização, a ontologia deve ser codificada em uma linguagem formal de forma a ser legível para a máquina. A fase de *implementação* consiste em mapear o modelo formal em uma linguagem que se adeque às demandas como RDFS, OWL, dentre outras. Uma alternativa para facilitar a construção de ontologias é buscar *integrar* a ontologia em questão a ontologias existentes. Esta fase considera a reutilização de conceitos existentes em outras ontologias. Após a construção da ontologia é necessário verificar se ela atende ao propósito para o qual foi desenvolvida. A fase de *avaliação* consiste em executar um julgamento técnico da ontologia, isto é, verificar se o conhecimento apreendido na estrutura corresponde ao domínio no qual foi feita a aquisição de conhecimento E, finalmente, a atividade de *documentação*, considerada imprescindível em cada fase do ciclo de vida da ontologia no sentido de registrar todo o conhecimento acerca do projeto de construção.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este artigo possibilitou percorrer alguns campos do conhecimento como a Filosofia, a Ciência da Informação e a Ciência da Computação no propósito de buscar contribuições de princípios teóricos e metodológicos para a representação de informação e conhecimento em sistemas de informações.

Na Ciência da Informação, a preocupação em representar informação concentra-se na organização de conteúdos de documentos e na recuperação de informação através da elaboração de linguagens documentárias. Para tal utiliza-se de princípios teóricos e metodológicos em processos que contemplam a análise de conceito para realização de definições, que inicia pela observação do referente, seguindo para um levantamento de suas intensões e extensões para, finalmente, chegar à denominação através do termo; e a organização dos termos através de facetas ou categorias, que possibilitam o entendimento da natureza dos conceitos.



Na Ciência da Computação, especificamente na área de Inteligência Artificial, a preocupação volta-se ao tratamento da representação formal e explícita em bases de conhecimento. Utiliza-se de técnicas de representação do conhecimento que dão condições à área de Engenharia do Conhecimento criar bases de conhecimento para uma dada finalidade. A base de conhecimento, nesse caso, seria representada por ontologias, que necessitam de formalismos lógicos a fim de serem especificadas. Tais formalismos, como lógica de primeira ordem, lógica descritiva, dentre outros, permitem a especificação de axiomas formais para restringir a interpretação dos fatos na ontologia.

Na Filosofia, o tratamento das leis de raciocínio, representadas pela lógica, oferece declarações sobre todos os tipos de coisas no mundo e sobre as relações entre elas. Nesse sentido, contribui para o campo da Ciência da Computação, especificamente para a área de Inteligência Artificial na construção de algoritmos de inferência. O mesmo ocorre com os silogismos, que são contribuições importantes do filósofo Aristóteles às áreas de Inteligência Artificial e a Engenharia ontológica no sentido de ser um padrão formal para representar regras de inferências e validar ontologias. Segundo Smith e Welty (2001), “foi McCarthy quem primeiro reconheceu a sobreposição entre os trabalhos realizados nos campos da Ontologia Filosófica e a atividade de construção de teorias lógicas em sistemas de Inteligência Artificial”, sendo-lhe creditada a aceção do termo ontologia no sentido computacional. Diante disso, percebe-se uma aproximação da Ontologia Filosófica e da ontologia de sistemas de informações em que Smith e Welty (2001) buscam reforçar tal percepção: “Finalmente, mais do que apenas um restrito grupo de cientistas da informação está compreendendo que talvez a filosofia tenha algo útil a dizer sobre o objeto de seu trabalho”, e concluem que a “ontologia de sistemas de informações compõe um enorme e novo campo de aplicação prática que está sujeito a ser explorado por métodos de filosofia rigorosa”.

Acredita-se que o aporte teórico e metodológico existente no âmbito da ciência da informação - teorias da classificação e do conceito - possa contribuir na proposição de metodologias para o processo de elaboração de ontologias. Além disso, técnicas advindas da ciência da computação, como as formas de representação baseadas em lógica e a marcação semântica de dados, podem ser uma evolução em relação às técnicas tradicionais de representação e recuperação de informação.



Finalmente, pressupõe-se uma correlação entre organização da informação e técnicas computacionais. Acredita-se que pesquisas em organização da informação possam contribuir sobremaneira para o desenvolvimento de instrumentos tecnológicos de qualidade, a partir de uma perspectiva da organização da informação centrada na realidade do usuário. Defende-se neste trabalho que a fertilização cruzada de tecnologias e metodologias das ciências da informação e computação possa conduzir a melhores resultados no âmbito dos SRIs.

ABSTRACT: The development of information system ontologies arises in the confluence of many knowledge fields. This article deals with contributions from Philosophy, Logic, Information Science and Computer Science, regarding knowledge and information representation. It presents the formal ontology main concepts, their components, and the process of building them. It highlights the application of ontologies in the information and knowledge representation in information systems.

Keywords: ontology. Ontologies. knowledge representation. information representation. information systems.

REFERENCIAS:

ALBERTAZZI, L. Formal and material ontology. In: POLI, R.; SIMONS, P. (Ed.). **Formal Ontology**. Dordrecht: Kluwer, 1996. p.199-232.

ALMEIDA, M.B.; BAX, Marcello P. Uma visão geral sobre ontologias: pesquisa sobre definições, tipos, aplicações, métodos de avaliação e de construção. **Ciência da Informação**, Brasília, v. 32, n. 3, p.7-20, set./dez. 2003.

BAEZA-YATES, Ricardo. RIBEIRO-NETO, Berthier. **Modern Information Retrieval**. Addison-Wesley, New York, 1 edition, 1999.

BARBOSA, Alice Príncipe. Classificações facetadas. **Ciência da Informação**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 2, p. 73-81, 1972.

BERNERS-LEE, T; HENDLER, J.; LASSILA, O. The Semantic Web. **Scientific American**, vol. 284, nº. 5, maio 2001, p. 34-43.



BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J.C. **Breve história da ciência moderna**, vol.1, Jorge Zahar Editor, Rio de Janeiro, 2003.

CAMPOS, M.L.A. **Linguagem Documentária**: Teorias que fundamentam sua elaboração. Niterói, RJ: EUFF, 2001.

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

CHANDRASEKARAN, B.; JOHNSON, T. R.; BENJAMINS, V. R. Ontologies: what are they? why do we need them?. **IEEE Intelligent Systems**, Washington, v. 14, n. 1, p. 20-26, Jan./Fev.1999.

COPI, I.M. **Introdução a lógica**. 2ed. São Paulo: Mestre Jou, 1981.488p.

CORAZZON, R. **What is Ontology?** Definitions by leading philosophers. In: *Ontology. A Resource Guide for Philosophers*. 2008. Disponível em:<http://www.formalontology.it/section_4.htm>. Acesso em: 02 Abril 2008.

DAHLBERG, Ingetraut. Classification theory, yesterday and today. **International classification**, v. 3, n. 2, p. 85-90, 1976.

DAHLBERG, Ingetraut. Teoria do conceito. **Ciência da Informação**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 101-107, jul./dez. 1978.

DODEBEI, Vera Lucia Doyle. **Tesouro**: linguagem de representação da memória documentária. Niterói; Rio de Janeiro: Intertexto; Ed. Interciência, 2002.

FERNANDEZ, M.; GOMEZ-PEREZ, A.; JURISTO, H. **Methontology**: from ontological art towards ontological engineering. 1997. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/context/544607/0/>>. Acesso em: 20 Agosto 2007.

FISCHER, D., 1998. **From Thesauri towards Ontologies?** In W. M. el Hadi, J. Maniez, and St. A. Pollit (eds.), *Structures and Relations in Knowledge Organization*. Proceedings of the 5th ISKO-Conference, Lille. Würzburg: Ergon Verlag.

GARCÍA MORENTE, M. **Fundamentos da filosofia**: lições preliminares. São Paulo : Mestre Jou, 1964.

GILCHRIST, Alan. Thesauri, taxonomies and ontologies - an etymological note. **Journal of Documentation**, v. 59, n. 1, 2003, p. 7-18.

GÓMEZ-PÉREZ, A., FERNÁNDEZ, M., VICENTE, A.J. **Towards a Method to Conceptualize Domain Ontologies**, ECAI'96 - Workshop on Ontological Engineering, Budapest, August, 1996. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/483876.html>>. Acesso em: 12 Novembro 2007.



GRUBER, T.. ***What is an Ontology?*** 1993. Disponível em: <<http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>>. Acesso em: 03 Agosto 2006.

GUARINO, N. **Formal ontology, conceptual analysis and knowledge representation**. 1995. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/guarino95formal.html>>. Acesso em: 03 Setembro. 2007.

GUARINO, N.; GIARETTA, P. **Ontologies and KBs, towards a terminological clarification**. In: MARS, N. (Ed.). *Towards a Very Large Knowledge Bases; Knowledge Building and Knowledge Sharing*. [S.l.]: IOS Press, 1995. p. 25-32.

GUARINO, N. **Formal ontology in information systems**. 1998. Disponível em: <<http://citeseer.ist.psu.edu/guarino98formal.html>>. Acesso em: 03 Setembro 2007.

HORRIDGE, M. et al. **A Pratical Guide to Building OWL Ontologies Using Teh Protégé-OWL Plugin and CO-ODE Tools**. Ed.1. The Univerrity of Manchester and Stanford University, Agosto, 2004. Disponível em: <<http://www.co-ode.org/resources/tutorials/ProtegeOWLTutorial.pdf>>. Acesso em: 07 Fevereiro 2007.

LANCASTER, F. W. **Vocabulary control for information retrieval**. 2. ed. Virgínia : IRP, 1986. 270 p.

LOZANO-TELLO A. and GÓMEZ-PÉREZ A. ONTOMETRIC: A Method to Choose the Appropriate Ontology. **Journal Of Database Management**. 2004. Disponível em: <http://www.accessmylibrary.com/coms2/summary_0286-20574535_ITM>. Acesso em: 07 Novembro 2007.

MOREIRA, A.; ALVARENGA, L.; OLIVEIRA, A.P. Thesaurus and ontologies: a study over the definitions found in the computer and information science literature, by means of Analytical-synthetic Method. **Knowledge Organization**, v. 31, n. 4, p.231-244, 2004.

NOVELINO, Maria Salet Ferreira. Instrumentos e metodologias de representação da informação. **Informação & Informação**, Londrina, v. 1, n. 2, p. 37-45, jul./dez. 1996.

NOY, F. N.; GUINNESS, D. L. **Ontology development 101: a guide to create your first ontology**. 2001. Disponível em: <<http://ksl.stanford.edu/people/dlm/papers/ontology-tutorial-noy-mcguinness.doc>>. Acesso em: 03 Outubro 2006.

RANGANATHAN, S.R. **Prolegomena to library classification**. Bombay: Asia Publishing House, 1967. 640p.

REZENDE, Solange Oliveira. **Sistemas Inteligentes: fundamento e aplicações**. São Paulo: Manole, 2003.

RUSSELL, S., NORVIG, P. **Inteligência artificial**. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2004.



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

SILVA, Daniela Lucas da. **Uma Proposta Metodológica para Construção de Ontologias**: Uma Perspectiva Interdisciplinar entre as Ciências da Informação e da Computação. 286 f. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) - Escola da Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

SMITH, Barry; WELTY, Christopher. **Ontology: towards a new synthesis**. Proceedings of the First International Conference on Formal Ontology in Information Systems, Ogunquit, Maine, 2001. Online. Disponível em: [www: <http://www.cs.vassar.edu/faculty/welty/papers/fois-intro.pdf>](http://www.cs.vassar.edu/faculty/welty/papers/fois-intro.pdf). Acesso em: 10 Maio 2009.

SMITH, B. **Ontology and Informations Systems**. 2004. Disponível em: [<http://www.ontology.buffalo.edu/ontology/>](http://www.ontology.buffalo.edu/ontology/) Acesso em: 15 Setembro 2007.
SOERGEL, Dagobert. The Rise of Ontologies or the Reinvention of Classification. **Journal of the American Society of Information Science** 50(12): 1119-1120. 1999.

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

VICKERY, B.C. **Classificação e indexação nas ciências**. Rio de Janeiro: BNG/Brasilart, 1980. p. 187-224: Aspectos históricos da classificação da ciência.

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

ZILLES, Urbano. **Teoria do Conhecimento**, Coleção Filosófica 21, 3ª. ed. Porto Alegre: EDIPUCRS, 167 pág., 1998.