



A IMPORTÂNCIA DOS PRESSUPOSTOS ONTOLÓGICOS COMO BASE PARA O USO ARTICULADO DE ONTOLOGIAS NO CONTEXTO DA WEB SEMÂNTICA

*Linair Maria Campos, Maria Luiza Almeida Campos, Maria Luiza Machado Campos e
Miguel Gabriel Prazeres de Carvalho*

Resumo: A adoção de ontologias tem aumentado nos últimos anos, tendo como uma de suas motivações a necessidade de descrever recursos de forma a apoiar sua interoperabilidade, notadamente na área de Biomedicina. Recentemente, as iniciativas de web semântica reforçam essa tendência, com o crescimento exponencial das publicações de dados interligados, que se apóiam fortemente no uso de descritores, vocabulários e ontologias de diversas origens e temáticas. Nesse cenário, onde a dinâmica ou urgência da criação desses vocabulários por vezes suplanta a adoção de práticas sistemáticas para sua organização, observamos uma carência na explicitação dos princípios que norteiam a sua construção. Especialmente se considerarmos a necessidade do uso articulado desses vocabulários, construídos de forma independente, e muitas vezes descentralizada, onde a identificação da natureza dos conceitos envolvidos é elemento chave para se evitar ambigüidades nas correspondências a serem efetuadas entre eles. O objetivo desse trabalho é ajudar a divulgar e esclarecer a importância dos pressupostos ontológicos no uso de ontologias no contexto da web semântica, e situar sua diferença em relação aos pressupostos comumente adotados pelo cientista da informação no âmbito da classificação bibliográfica. Como resultado, temos um conjunto proposto de pressupostos ontológicos básicos a serem adotados pelo cientista da informação como ponto de partida na organização de ontologias. O apoio a esta tarefa pode se constituir em um importante nicho de atuação para a Ciência da Informação, que já vem trabalhando há décadas na organização de taxonomias, tesouros e vocabulários controlados, com uma valiosa experiência acumulada.

Palavras-chave: Construção de Ontologias. Pressupostos ontológicos. Ontologias de fundamentação. Web Semântica. Dados Ligados.

Abstract: *The adoption of ontologies has increased in recent years, having as one of its motivations the need to describe resources in order to help their interoperability, especially in the area of Biomedicine. Recently, the semantic web initiatives reinforce this trend, with the exponential growth of publication of linked data, which relies heavily on the use of vocabularies from different sources and topics. In this scenario, where the dynamics or urgency of creating these vocabularies often supplants the adoption of systematic practices for their organization, we observed little support to explicit the principles that guide their construction. Especially considering the need to articulate these vocabularies, independently constructed and often maintained decentralized, the identification of the nature of the concepts involved is a key element to avoid ambiguities when making correspondences between them. The aim of this work is to help disseminate and explain the importance of ontological assumptions in the use of ontologies in the context of semantic web, and to discuss differences to assumptions commonly adopted by the information scientist in the scope of bibliographical classification. The result is a proposed set of basic ontological assumptions, to be adopted by an information scientist*



as a starting point to organize ontologies. Support for this task may represent an important niche for Information Science, which has been working for decades on the organization of taxonomies, thesauri and controlled vocabularies, accumulating a valuable experience.

Keywords: *Ontology engineering. Ontological Assumptions. Foundational ontologies. Semantic Web. Linked Data.*

1 INTRODUÇÃO

Informações originalmente publicadas na web eram formadas principalmente por conteúdos na forma de hipertexto e hipermídia, permitindo uma navegação pelos links existentes e buscas por palavras-chave. Se por um lado esse tipo de estrutura contribuiu para a sua popularidade e para o crescimento vertiginoso de informações publicadas na web, por outro lado esse crescimento, desordenado, tem trazido problemas para a sua recuperação (HORROCKS, 2008). Em especial se considerarmos que esses conteúdos, potencialmente articuláveis, se encontram isolados em silos de informação. Nesse contexto, o desafio que se coloca é sua articulação, de forma dinâmica e inteligente, de modo a potencializar seu valor, combinando informação e serviços de múltiplas fontes, de forma automática. Em outras palavras, almeja-se integrar os silos de informação em redes de informação, promovendo sua interoperabilidade semântica e lançando a fundação para a recuperação mais precisa dessas informações, como forma de tentar minimizar o problema, recorrente, da explosão informacional. O que nos remete ao passado recente do avanço da literatura científica do pós-guerra e das idéias inovadoras de Paul Otlet, que já nos idos da década de 1930, antecipava a web dos dias atuais:

Tudo no universo, e tudo do homem, poderia ser registrado à distância, à medida que estiver sendo produzido. Desta forma, uma imagem em movimento do mundo será estabelecida, um verdadeiro espelho de sua memória. De longe, todos vão ser capazes de ler textos, ampliados e limitados ao assunto desejado, projetados em uma tela individual. Assim, da sua poltrona todos seriam capazes de contemplar a criação, como um todo ou parcialmente. (OTLET, 1935).

A web semântica, através de ontologias e tecnologias especificamente voltadas para a combinação (mashups) de informações, recria uma rede significativa de ligações, tal como projetado por Otlet: a materialização de ligações com significado que antes somente era percebida por um sujeito cognoscente¹ e que hoje pode ser passível de interpretação pela máquina. A web semântica surgiu para resolver problemas da web atual, também conhecida como web sintática, onde os computadores somente fazem a apresentação do conteúdo deixando a cargo do usuário a interpretação das informações (BREITMAN, 2005). Essa web é representada pelas assim chamadas web 1.0 e web 2.0. Na web 1.0 surgem os grandes portais de informação, porém cujo conteúdo não era criado de forma colaborativa. Já a web 2.0 foi marcada pela geração de conteúdos para web com a participação colaborativas dos usuários, podendo ser exemplificada pela utilização das redes sociais como o Facebook e também de ferramentas

¹ Sujeito que detém o conhecimento.



de geração colaborativa do conteúdo como a Wikipédia. A web 3.0, também considerada por alguns autores (BREITMAN, 2005) como a própria web semântica, é na verdade um conjunto de tecnologias semânticas integradas ou que facilitam a criação de aplicações web em larga escala (HENDLER, 2009). Surgiu da necessidade de promover a interligação da grande quantidade de conteúdo da Web 2.0, e para isso conta com o auxílio de diversas tecnologias para interligação dos conteúdos como, por exemplo, ontologias e metadados para sua descrição, agentes inteligentes para realização de buscas e formalismos como o RDF para ligação entre os diversos tipos de recursos (BREITMAN, 2005).

Na web semântica, ontologias podem ajudar a aumentar a semântica associada à representação de conteúdos de natureza diversa na web, contribuindo para o entendimento comum de conceitos e para a explicitação do conhecimento de diferentes domínios.

Entretanto, considerando a natureza espontânea e social da web, a tendência é a utilização de diversos vocabulários, para descrever recursos de temáticas distintas, onde a facilidade de uso é um atrativo para a sua aceitação (ALLEMANG, HENDLER, 2008). Assim a semântica é desejada, mas a criação de vocabulários simples parece ser uma tendência nesse cenário mais geral de uso da web. Isso contrasta com o uso de ontologias para descrever conteúdos de uma área específica como a Biomédica, por exemplo, onde é possível considerar a adoção de um conjunto controlado de vocabulários, geralmente complexos, desenvolvidos sob a coordenação de algum órgão responsável por sua manutenção e gerência.

Nesse cenário de uso de múltiplos vocabulários independentes e de temáticas variadas para apoiar a integração de informações, existem várias questões a serem resolvidas. Essas questões dizem respeito a problemas já discutidos no âmbito das iniciativas de reuso de ontologias e de linguagens documentárias, tais como a compatibilização de termos semelhantes com nível de detalhe diferente, com sentidos não exatamente iguais, ou com nomenclatura homônima, e, ainda presentes em estruturas hierárquicas conflitantes (NEVILLE, 1972) (DING, et al., 2006). Outro aspecto importante é identificar e explicitar, para fins computacionais, a semântica associada aos conteúdos disponíveis. Por exemplo, ao encontrar em uma página o texto “João ensina Lógica”, é desejado fornecer para as ferramentas de software subsídios para que estas reconheçam que *João* é um professor e que *Lógica* é uma disciplina da graduação de um curso em uma dada instituição. Além disso, é importante estabelecer que João *ministra aulas* (ensina) dessa disciplina. É preciso identificar a natureza dos conceitos e suas relações e quanto mais rica for essa identificação, mais conhecimento se pode obter. No caso acima, por exemplo, dependendo da semântica explicitada através da identificação dos conceitos e suas relações, seria possível *inferir* (ou seja, deduzir sem que esteja explicitamente informado dessa forma) que João faz parte do corpo docente da graduação de um certo curso naquela determinada instituição. Para isso, por exemplo, é preciso definir quais as características que identificam um docente e uma disciplina, de modo a poder atribuir a “João” o *tipo* docente (sinônimo de professor) e a “Lógica” o *tipo* disciplina, de modo a depois relacionar um a outra, o que pode ser apoiado pelo uso de ontologias.

Para promover uma integração semântica de dados descritos por ontologias, é importante



compreender as noções que são adotadas como pressupostos básicos para a estruturação e definição dos conceitos dessas ontologias, ponto central do presente artigo. O desafio é como criar simplicidade a partir de noções complexas.

O restante do texto está estruturado da seguinte maneira: na seção 2 apresentamos os cenários de uso de ontologias na web; na seção 3 um conjunto de pressupostos ontológicos básicos, que podem ser utilizados como ponto de partida para a descrição semântica de recursos na web; na seção 4 os trabalhos relacionados e, por fim, na seção 5 as nossas conclusões.

2 CENÁRIOS DE USO DE ONTOLOGIAS NA WEB SEMÂNTICA

A iniciativa de Dados Interligados vem como resposta para a interligação semântica de recursos descritos na web, e, para isso, Tim Berners-Lee², propõe que sejam adotados os seguintes princípios: (1) uso de URIs como nomes para coisas; (2) uso de URIs via http, de modo que as pessoas possam buscar por esses nomes na web; (3) Quando alguém procurar por uma URI, que se forneça informação útil, usando padrões (RDF, SPARQL); (4) Inclusão de associações com outras URIs, de modo que as pessoas possam descobrir mais coisas.

Esses princípios trazem como um diferencial o uso de URIs via http, que na prática se constituem em um mecanismo para atribuir a cada coisa (concreta, abstrata, ou ainda um conceito qualquer) na web um identificador único. Diferente das URLs, que se propõem a ser endereços para recursos, por exemplo, o endereço da página web de uma pessoa, a URI via http permite que se referencie a pessoa em si. Existe também a idéia básica de fornecer informação útil, que pode ser trabalhada para que sejam divulgados dados efetivamente relevantes sobre o recurso descrito. Além disso, a proposta de incluir ligações para outras URIs, fornece as bases para a almejada integração de dados, cruzando a fronteira dos silos de informação e enriquecendo o resultado final a ser apresentado ao usuário final. Essas ligações podem ser de diversos tipos, não só ajudando na sua caracterização (ex: professor x ministra disciplina d), mas também a traçar sua identidade (ex: professor x é o mesmo que professor y) e ainda a estabelecer mapeamentos com outros vocabulários mais conhecidos que possuem descritores semelhantes aos que estiverem sendo usados para descrever o recurso.

Dados interligados, se disponíveis livremente na web usando padrões não proprietários, são denominados de Dados Abertos Interligados (em inglês *Linked Open Data*, ou LOD). A publicação de LOD parece ser uma tendência de fato, conforme se pode observar pelo crescimento constante dos acervos sendo disponibilizados, assim como de iniciativas, como a incubadora do W3C³, que buscam agregar comunidades relativas a bibliotecas e áreas afins, promover e discutir estudos de caso bem sucedidos de como colocar em prática a publicação de seus dados, ligando-os a uma “nuvem de dados abertos interligados” (Figura 1).

A interligação de dados abertos na web 3.0 traz a estes valor agregado, aumentando assim

2 <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>

3 <http://www.w3.org/2005/Incubator/ld/>

a sua utilidade. Porém, devido aos problemas de compatibilidade mencionados anteriormente, deve-se incentivar o reuso de vocabulários já existentes. Para favorecer o reuso, é fundamental que se explicita, tanto quanto possível, o *compromisso ontológico* dos vocabulários. O compromisso ontológico é definido, no contexto desse trabalho, como um acordo partilhado por uma comunidade sobre o significado consensual pretendido para a ontologia, não só considerando sua compreensão por pessoas, como também pelos agentes de software, contribuindo para aumentar a semântica dos conceitos descritos.



Figura 1: Nuvem de dados abertos interligados, em 2007 e 2010. Adaptado de: Heath e Bizer (2011).

A explicitação do compromisso ontológico favorece o reuso na medida em que permite capturar o significado (embora aproximado) do conceito, que vai além do que é possível representar através de sua nomenclatura, e permite ainda compreender de forma mais precisa a natureza das suas relações com outros conceitos, favorecendo a integração semântica de dados. (TODOR, PASCHKE, HEINEKE, 2010).

Na web semântica, ontologias vêm sendo utilizadas no contexto de dados abertos interligados para descrever recursos diversos, que incluem as iniciativas voltadas para a divulgação de dados governamentais, de ciências biológicas, de publicações científicas e, ainda, serviços bibliográficos de modo geral (HEATH e BIZER, 2011). Esses dados publicados como LOD fornecem uma visão integrada que permite o cruzamento dinâmico de informações que antes estariam dispersas dificultando sua visão crítica. Por exemplo, dados abertos ligados publicados pelo governo inglês permitem à população acompanhar de forma dinâmica o uso de verbas públicas, consolidando informações de origens distintas sobre o tipo e área da despesa, a entidade contratante e o fornecedor, o valor da verba, dentre outros⁴.

Na área Biomédica, iniciativas de LOD têm se aproveitado da abundância de dados publicados, não só relativos a experimentos em si, bem como a literatura científica associada. Como exemplo, podemos citar o projeto ChemCloud (TODOR, PASCHKE e HEINEKE, 2010), que integra dados de elementos químicos e publicações científicas, dentre outros, à DBpedia, permitindo uma melhor classificação dos conceitos relativos a compostos químicos, bem como da sua descrição em outros idiomas e o uso de sinônimos.

⁴ <http://data.gov.uk/>



No que diz respeito aos serviços bibliográficos, destaca-se a crescente mobilização de profissionais ligados à área da biblioteconomia de alguns países, tais como, Inglaterra, Alemanha, Suécia e Estados Unidos e Espanha (PESET, FERRER-SAPENA e SUBIRATS-COLL, 2010), cujos esforços têm resultado na publicação de grandes bases de dados bibliográficos em LOD (HEATH e BIZER, 2011) (SÖDERBÄCK e MALMSTEN, 2009). A descrição desses dados, entretanto, idealmente deveria seguir um modelo rico de interligações, como sugere Tim Berners-Lee, com informações úteis agregadas e com conexões a recursos externos disponíveis na web de dados. O que se observa em um primeiro momento, no entanto, é que nem sempre isso ocorre. Em algumas iniciativas, adota-se o uso de um conjunto limitado de descritores com poucas interligações com recursos externos, o que parece sugerir uma intenção inicial de se privilegiar a disponibilização do dado. Sua descrição e interligação mais elaborada seriam postas em prática em um momento futuro, após um amadurecimento maior:

Quando se trata da melhoria da gestão da informação, a ligação entre diferentes bases de dados, possibilitada pelos dados ligados, mostra-se muito promissora para a cooperação e interoperabilidade entre bibliotecas, bem como para preencher a lacuna entre as bibliotecas e outras organizações de conhecimento. Isto é algo que nós apenas começamos a explorar.

(...) Embora neste momento só tenhamos alguns links para a dbpedia, esperamos que a adição futura de um número substancial de links proporcionará possibilidades interessantes para nós, assim como para os outros. (SÖDERBÄCK e MALMSTEN, 2009, p. 2).

É através da descrição e interligação mais elaborada dos dados que se viabiliza a recuperação de informação mais rica e precisa, através do uso desses descritores e de suporte a inferências, como explicado a seguir.

2.1 Ontologias como apoio à inferência de conhecimento

Ontologias apresentam um diferencial semântico em relação às linguagens documentárias, pois estas últimas são voltadas basicamente para a representação e recuperação de informação, fornecendo um vocabulário padronizado, cujo sentido não é explicitado com vistas a ser tratado computacionalmente. As ontologias, por outro lado, se apóiam em mecanismos de representação baseados em lógica e que permitem definir, através de axiomas, os conceitos nela contidos e suas relações. As relações também possuem atributos que facilitam a descoberta de conhecimento. Esses atributos indicam, por exemplo, se a relação é inversa (ex: *filho de* e *pai de*), ou simétrica (ex: *irmão de*), ou ainda transitiva (ex: *pré-requisito de*), dentre outros. Porém o uso de tais recursos depende da forma de modelagem dos conceitos na ontologia, podendo ser utilizados em maior ou menor escala.

Para que o seu potencial seja plenamente realizado, as ontologias na web semântica devem lançar mão de seus recursos formais, de modo que permitam explicitar conceitos de diferentes graus de expressividade e dar conta de requisitos computacionais complexos (DING, et al., 2006). Nesse sentido, espera-se que seja possível expressar não só a identidade dos conceitos e seus atributos, mas também as



suas relações com outros, e que dependem do contexto onde os dados abertos estão inseridos. Algumas dessas relações expressam aspectos dinâmicos, como, por exemplo, o papel que uma pessoa exerce e que pode mudar com o tempo, enquanto outras podem ser influenciadas pelo contexto social. Estas últimas colocam em destaque a interação das pessoas com os recursos descritos pelas ontologias, podendo, de acordo com o perfil e contexto do usuário, sugerir associações com outros recursos potencialmente de interesse (MENDES et al., 2010). Cabe observar que a interligação de recursos de LOD pode se dar no nível das instâncias, onde basicamente se apontam relações de identidade entre indivíduos ou no nível do esquema, indicando relações de subclasse e axiomas que não envolvem noções individuais (JAIN et al., 2010). Essas últimas são as mais raras e que possuem maior potencial semântico.

Saber explorar o potencial semântico que as ontologias fornecem, e trazer conhecimentos novos para o usuário que consome os dados abertos interligados, esse é o desafio a ser enfrentado na web 3.0, e essa é a oportunidade criada para o cientista da informação. Nossa proposição é que para utilizar plenamente o potencial semântico das ontologias, em especial considerando seu reuso e uso combinado, é importante conhecer e explorar os aspectos epistemológicos e ontológicos que fundamentam esses vocabulários, conforme explicado a seguir.

3 PRESSUPOSTOS ONTOLÓGICOS BÁSICOS

O potencial semântico de uma dada ontologia é medido pelo modelo conceitual associado, e este está fundamentalmente relacionado com o compromisso ontológico passível de ser representado por este modelo, onde aspectos epistemológicos e ontológicos convivem. Nesta perspectiva, a abordagem epistemológica nos coloca diante de questões que visam responder sobre a natureza do conhecimento de um dado domínio, colocando o foco na discussão da relação entre conhecedor e o que pode ser conhecido. Já a abordagem ontológica pretende identificar qual é a forma e a natureza da realidade e, portanto, o que é que se pode saber sobre ela. Ambas as abordagens são temas de discussão desde os estudos filosóficos na Antiguidade Clássica, e também, como a literatura da Ciência da Informação tem evidenciado, estas questões já vem sendo tema de pesquisa de diversos estudiosos na atualidade (DOUSA, 2010; GNOLI e POLI, 2004).

Assim, a perspectiva epistemológica diz respeito à natureza do conhecimento, ou seja, a maneira como a realidade é percebida, medida e compreendida. Ela fornece bases teóricas para as ontologias, em especial as de fundamentação, e influenciam as escolhas que se encontram representadas nos conceitos nelas presentes :

Ontologia não é epistemologia, mas tem uma relação complexa com a epistemologia. Ontologia versa primariamente sobre as entidades, relações e propriedades do mundo, as categorias de coisas. Epistemologia versa sobre as entidades percebidas do mundo e as que se acreditam existir, suas relações e propriedades, i.e., maneiras de conhecer ou verificar coisas. (POLI e OBRST, 2009, p. 3).

Dessa forma, a perspectiva epistemológica é apoiada por crenças sobre a natureza da realidade e da verdade, que podem ser adotadas a partir de um acordo em um dado domínio, a partir de pressupostos



ontológicos, ou seja, diferente da perspectiva epistemológica a perspectiva ontológica permitiria estabelecer quais classes de conceitos seriam admissíveis, suas relações e sua modelagem em relação a aspectos tais como existência no espaço e tempo.

Por motivos de limitação de espaço, a seguir apresentamos um subconjunto de pressupostos ontológicos, que se mostrou útil para a definição de um recorte de domínio de conhecimento na área Biomédica (CAMPOS, 2011).

Universais e Particulares

A noção de *universais* está ligada à idéia de que existem categorias básicas de coisas que são comuns, ou compartilhadas por diferentes objetos. Por exemplo, dois objetos diferentes que possuem a mesma cor, possuem algo em comum. Considerando que universais existem, podemos definir universais como “padrões de características que podem ser instanciados em um número de diferentes indivíduos”. (GUIZZARDI, FALBO, GUIZZARDI, 2008). Esses indivíduos, por sua vez, existem na realidade, possuindo uma identidade única e são chamados de particulares (GUIZZARDI, FALBO, GUIZZARDI, 2008). Desta forma, a noção de universal diz respeito ao que é comum a vários indivíduos que são denominados *particulares*. Os particulares podem ser concretos (por exemplo, uma cadeira) ou abstratos (por exemplo, um número), enquanto que os universais são sempre conceitos abstratos.

A distinção entre universais e particulares tem sido usada em ontologias de topo para o estabelecimento mais coerente de relações lógicas (gênero-espécie e partitivas), que são usadas para estruturar as hierarquias dessas ontologias (SMITH, KUMAR, BITTNER, 2005). Ou seja, para definir essas relações é necessário levar em conta não só os universais, mas também os particulares, pois essa análise revela aspectos da semântica da relação (SMITH et al., 2005). Por exemplo, podemos dizer que os ovários são *parte_de* ser humano, mas não podemos dizer que ser humano *tem_parte* ovário, pois existem seres humanos homens e mulheres e, no primeiro caso, eles não possuem ovário.

Na Ciência da Informação a noção de universais e particulares também é trabalhada, embora com terminologia por vezes distinta. Dahlberg (1978) menciona a distinção entre objetos individuais e objetos gerais, e considera que os objetos gerais prescindem das formas do tempo e do espaço:

(...) toda vez que o objeto é pensado como único, distinto dos demais, constituindo uma unidade inconfundível (coisas, fenômenos, processos, acontecimentos, atributos, etc) pode-se falar de objetos individuais. Pode-se dizer que o que caracteriza os objetos individuais é a presença de formas no tempo e espaço. Os objetos individuais estão aqui e agora. Ex.: esta casa, esta mesa, este automóvel, esta partida de futebol. (...) Mas, além dos objetos individuais (...) podemos referir-nos a objetos gerais que, de certo modo, prescindem das formas do tempo e do espaço. A estes objetos (...) correspondem os chamados conceitos gerais (...). (DAHLBERG, 1978, p.101).

Continuantes e Ocorrentes



A idéia de *ocorrentes e continuantes* está baseada na discussão epistemológica sobre a questão da persistência e da mudança ao longo do tempo, tratada pelas correntes filosóficas do *endurantismo* e do *perdurantismo* (MUIS, 2005).

Organismos, células e moléculas são exemplos de entidades cuja natureza é continuante (ou durante). Por exemplo, uma célula não existe por intervalos de tempo descontínuos. E, ainda, durante sua existência ela se manifesta por completo, continuamente, em todos os intervalos de tempo. De acordo com Grenon, Smith e Goldberg (2003) “isto significa que embora nós segmentemos o intervalo de tempo durante o qual um continuante existe, nós achamos esse mesmo continuante em cada segmento.”. Além disso, as partes de um continuante são sempre continuantes. Exemplos de ocorrentes (ou perdurantes) são: eventos, processos, atividades. De acordo com Grenon, Smith e Goldberg (2003) “Isto significa que se nós segmentamos o intervalo de tempo durante o qual um ocorrente ocorre então nós segmentamos também o ocorrente.”. Além disso, as partes de um ocorrente são sempre ocorrentes, embora os continuantes possam participar de ocorrentes.

A noção de dependência

De forma simplificada, a noção de dependência nos remete a algumas questões, a saber: (i) se a existência de um indivíduo implica na existência de outro indivíduo específico (dependência rígida); (ii) se a existência de um indivíduo implica na existência de algum indivíduo que pertença a uma classe específica (dependência genérica); (iii) se a existência de um indivíduo que pertence a uma determinada classe implica na existência de um indivíduo diferente pertencente a uma classe diferente (dependência de classe) (GUARINO, 1997). Uma outra questão relacionada à noção de dependência é a situação em que a existência de uma entidade depende da existência simultânea de outra, denotando um acoplamento forte entre elas. Desta forma, universais (e particulares) que não dependem de simultaneamente de outros para existir, são denominados de *substanciais* e os que dependem simultaneamente de outros são denominados de *modo*. Um *modo* denota a instanciação de uma propriedade, sendo que um *modo* só pode existir em outros indivíduos (é inerente a esses indivíduos). Exemplos de universais *substanciais* são: maçã, planeta e pessoa, e de universais de *modo* são: cor, carga elétrica e dor de cabeça (GUIZZARDI, FALBO, GUIZZARDI, 2008).

As noções de qualidade, propriedade e atributo

A noção de qualidade e outras relacionadas, no contexto da análise ontológica, dizem respeito a aspectos das entidades, que intuitivamente podemos exemplificar por conceitos, tais como: vermelho, alto, pesado, dentre outros, sendo alvo de estudos diversos na literatura, como, por exemplo, seus tipos e modos de formalização (MASOLO et al., 2002) (GRENON, SMITH, 2004). Entretanto, como destaca Mizoguchi (2000), observamos o uso de terminologias distintas para a noção de atributo, por vezes utilizadas de forma ambígua.



A noção de atributo na filosofia é encontrada na literatura como sinônimo de propriedade (OLIVER, 1996), ou como generalizador dos conceitos de qualidade e propriedade (SMITH, 1990), ou ainda sendo intuitivamente associada a adjetivos utilizados para caracterizar entidades (JONES, 1949). Nesse contexto, observa-se uma diferenciação entre entidades substanciais e seus atributos, sendo que os últimos são existencialmente dependentes dos primeiros (CHAPPELL, 1997).

Na Ciência da Computação, observamos que a noção de atributo como propriedade também envolve a distinção entre atributo de instâncias e de classes:

Atributos de instância descrevem instâncias de conceitos, de onde eles tomam seus valores. Estes atributos são definidos em um conceito e herdados pelos seus conceitos subordinados e instâncias. Por exemplo, a data de um Contrato é própria de cada instância. Atributos de classe descrevem conceitos e tomam seus valores a partir do conceito onde são definidos (...) não são herdados nem pelas subclasses nem pelas instâncias. Um exemplo é o atributo Primeiro Nome como parte de uma Pessoa Natural. (GÓMEZ-PÉREZ, ORTIZ-RODRÍGUEZ, VILLAZÓN-TERRAZAS, 2006, p.308).

Considerando que a noção de atributo tem sido ligada às noções de qualidade e propriedade (LEVINSON, 1978), cabe observar que existe uma distinção entre estas últimas, envolvendo, dentre outras, a questão epistemológica da existência de universais.

Para ajudar a diferenciar propriedade de qualidade, pode-se usar o aspecto da quantificação (LEVINSON, 1978). Nesse contexto, uma qualidade é *quantificável*, ou seja, pode ser medida, enquanto que uma propriedade não pode. Desta forma, por exemplo, a propriedade de uma entidade ter uma altura, ou ter uma cor, não pode ser medida, mas a altura de uma entidade, ou a sua vermelhidão, que é uma qualidade, esta pode ser medida:

É a minha afirmação de que “ser azul” e “azul” designam entidades distintas, sendo a primeira uma propriedade e sendo esta última o que vou chamar de qualidade. Uma diferença entre ser azul, ser paciente, ser caridoso, etc, e azulidão, paciência, caridade, etc, (...) é que o último parece admitir quantificação, enquanto que o primeiro não. Nós podemos falar de uma abundância de caridade em uma comunidade, de mostrar muita paciência, de uma gravata possuir mais vermelhidão do que outra - mas não de uma abundância de ser caridoso, ou de exibir muita quantidade de ser paciente, ou ter muita quantidade de ser vermelho (LEVINSON, 1978).

A diferenciação entre propriedades e qualidades (JONES, 1949) pode estar centrada na questão da particularização de características:

Uma importante consequência desta diferenciação (...) é que qualidades admitem particularização, enquanto propriedades não. O que tenho em mente com isso é, por exemplo, “a tenacidade do João” pode designar uma entidade que pertence necessariamente apenas ao João, e da qual todos os outros objetos que não o João são excluídos logicamente de possuir, enquanto que “João sendo tenaz” nunca designa uma entidade com tais características. Em outras palavras, se existem “particulares abstratos” eles são derivados de qualidade, não de propriedade (LEVINSON, 1978).

Nesse sentido, propriedades são existencialmente dependentes dos objetos que as possuem. “Se x é uma propriedade e y é um objeto possuindo x, então, necessariamente, x existe apenas se y existir”



(LOWE, 1998, p.139). Associada à noção de propriedade está o conceito de *trope*, discutido a seguir.

O problema dos universais e a noção de trope

A questão epistemológica da existência dos universais é desdobrada na filosofia como o problema dos universais e diz respeito à crença de se existem (ou não) universais que instanciem as propriedades, ou seja, se uma mesma propriedade está presente em diferentes particulares ou se a propriedade de cada particular é única e inerente a este particular, não estando presente em outros particulares:

Aqui estão cinco diferentes triângulos equiláteros pretos: ▲▲▲▲▲. São eles cinco instâncias (particulares) de uma e da mesma cor universal, preto, ou são eles, ao contrário do que a linguagem natural pode sugerir, meramente cinco particulares? São eles cinco instâncias (particulares) de uma e da mesma forma geométrica universal, triangularidade equilátera, ou são eles meramente cinco particulares? Este é o problema dos universais. (...) Se há um universal triangularidade equilátera, então esta entidade singular iria aqui de alguma forma existir em cinco lugares e em cinco particulares ao mesmo tempo. É literalmente um-em-muitos. Coisas individuais ordinárias e instâncias de propriedades, por outro lado, existem apenas em um lugar de cada vez e são, podemos dizer, um-em-um. (JOHANSSON, 2009, p. 7).

A questão de propriedades em relação ao conceito de universais e particulares nos remete à noção de *trope*. Um *trope* pode ser definido como uma instância de uma propriedade de uma entidade específica (ou seja, como um particular), sendo possível se estabelecer relações de semelhança entre *tropes*, e não sendo necessário o compromisso de assumir a existência de universais (GUIZZARDI, MASOLO, BORGO, 2006):

Então alguém alega que a “brancura” de um pedaço específico de papel que alguém está segurando é um trope (uma propriedade localizada ou uma qualidade individual) enquanto que o universal “branco” de fato não existe (BORGO, VIEU, 2008).

Por outro lado, existem autores que afirmam não haver incompatibilidade entre as noções de *tropes* e a existência de universais (LOWE, 2002), sendo que Guizzardi, Mazolo e Borgo (2006) defendem a idéia da fusão das duas noções:

(...) a e b possuem a propriedade de serem vermelhos porque o trope avermelho e o trope bvermelho são ambos instâncias do universal Vermelho. Neste caso, universais existem, mas eles são instanciados apenas pelos tropes (GUIZZARDI, MAZOLO E BORGO, 2006).

Neste caso, entende-se não só que o *trope* é uma entidade abstrata, que depende do particular para existir, mas ainda que reflete uma característica cuja intensidade (abstração) é fornecida por um universal que o *trope* instancia.

Ao considerarmos propriedades como universais, estamos dizendo que uma propriedade pode ser instanciada para dois particulares distintos, exemplificando exatamente a mesma propriedade, ou seja, exemplificando um único universal. De acordo com essa perspectiva, admite-se a existência de uma variedade de tipos ou categorias de atributos (LOUX, 1972). Ao contrário, se considerarmos propriedades como particulares, então não vai haver duas propriedades iguais, não importa o quão semelhantes elas sejam, da mesma forma que não existem dois indivíduos iguais (SEMY, PULVERMACHER, OBRST, 2004).



As noções de identidade, rigidez, unidade

As noções de identidade e unidade, como discutidas na filosofia e ciências cognitivas, têm sido tratadas na literatura de ontologias por diversos autores (GUARINO, 1999) (GUIZZARDI e HALPIN, 2008), fornecendo apoio para a formação de hierarquias mais claras e para tornar o compromisso ontológico explícito, facilitando o reuso.

Identidade diz respeito a estabelecer as características únicas que distinguem uma determinada instância de uma classe das outras instâncias (GUARINO e WELTY, 2000). Termos que fornecem critérios de identidade são denominados de *sortais*.

Diretamente ligada ao conceito de identidade está a noção de rigidez. Uma propriedade é considerada rígida se é aplicável a todas as instâncias de uma entidade ao longo do tempo (GUARINO e WELTY, 2000), durante toda a sua existência. Por exemplo, costumamos tomar a propriedade de ser pessoa como rígida, pois podemos entender que uma entidade nunca deixa de possuir a propriedade de ser pessoa enquanto existir. Por outro lado, a propriedade de ser estudante não é rígida, pois um indivíduo não é necessariamente estudante ao longo de toda a sua existência (GUARINO e WELTY, 2000). Guizzardi e colegas, por sua vez, definem rigidez de forma semelhante:

Em termos simples, um tipo T é considerado rígido se toda instância x de T é necessariamente (no senso modal) uma instância de T . Em outras palavras, x não pode deixar de instanciar T sem deixar de existir (GUIZZARDI e GUIZZARDI, 2010).

Em outras palavras, uma instância de um conceito rígido não pode cessar de ser uma instância desse conceito sem perder sua identidade (...). Exemplos de conceitos rígidos são Pessoa, Cachorro, e Planeta (...) (GUIZZARDI, PIRES, SINDEREN, 2002).

Guarino e Welty (2000) alertam ainda para a distinção entre carregar (ou ser portador de) uma condição de identidade e de fornecer esta condição. Nesse sentido, podemos dizer que propriedades rígidas fornecem uma condição de identidade, enquanto que propriedades que não são rígidas apenas carregam essa condição.

Unidade, por outro lado, diz respeito a estabelecer quais as partes que caracterizam uma determinada instância de uma entidade, formando um todo (possuindo uma condição de unidade), através de uma relação de unificação que une essas partes, e é válida para todas as instâncias dessa entidade. Guarino e Welty (2000) propõem a noção de todo como sendo essencial, ou seja, perdurando para uma entidade durante toda a sua existência.

As noções de tempo e espaço

A noção de espaço é multifacetada, envolvendo características como as de adjacência, contato e separação, as quais dizem respeito aos limites do espaço (SMITH e VARZI, 2000). Essas características são importantes para determinadas ontologias, como, por exemplo, as da área biomédica, devido à natureza dos processos biológicos que ocorrem em nível molecular e celular. Para estes, pode ser relevante descrever informações de diferentes níveis de granulosidade, tais



como a superfície da célula onde determinado processo ocorre, ou o local onde uma molécula permite ligação com outra (*binding site*).

A localização no espaço pode ser considerada como um tipo de qualidade, do mesmo modo que a cor de um objeto (BATEMAN e FARRAR, 2004). Dessa forma, existe a noção de uma região do espaço que se pode associar a um objeto ou evento para determinar sua localização espacial. Esta pode mudar com o tempo, embora o objeto não possa ser separado de sua localização, o que caracteriza uma dependência espacial entre o espaço como qualidade e a entidade que possui essa qualidade.

Por outro lado, o espaço pode ser considerado como uma entidade *continuante* que pode ser decomposta em partes. Nesse caso, alinhado com essa visão, o conceito de região do espaço pode ser usado para definir entidades as quais existem de forma independente das coisas que podem estar localizadas nelas. Essas entidades podem mudar com o tempo. Nesse caso, são exemplos de regiões do espaço: o espaço ocupado por um tomate em um determinado tempo, o espaço que foi ocupado pelo tomate em um determinado tempo, mas que agora está vazio devido ao fato de o tomate ter sido movido, e a soma total de todo o espaço do universo (SMITH, KUMAR e BITTNER, 2005).

Uma outra forma de encarar a espacialidade é sob a perspectiva da localização relativa entre entidades. Sob essa perspectiva, existem entidades que possuem natureza espacial, mas cujas instâncias não são regiões espaciais. Como exemplo, podemos citar é a cavidade onde se localiza o cérebro, o qual fornece uma forma espacial em relação ao cérebro, sendo ocupada por este (PISANELLI, 2004, p.25).

Como podemos observar, a noção de espaço está também ligada à noção de tempo, uma vez que a realidade, onde se inserem os espaços, é dinâmica (GRENON e SMITH, 2004). Mais precisamente, capturar aspectos de espaço-tempo é particularmente importante para determinados fins, como, por exemplo, para descrever a natureza dinâmica dos processos biológicos, que se desdobram não só no espaço, mas também no tempo.

De forma semelhante às regiões do espaço, regiões do espaço-tempo são entidades que existem de forma independente dos processos que podem estar situados nela. Nesse contexto, uma região de espaço-tempo pode ser contínua ou descontínua. O espaço-tempo contínuo pode ser útil, por exemplo, para situar a localização espaço-temporal do desenvolvimento de um feto, ou da vida de um organismo. Já o espaço-tempo descontínuo pode ser útil, por exemplo, para situar o espaço-tempo de cada excreção realizada por um microorganismo ao longo de um dia.

O tempo também pode ser considerado de maneira semelhante, porém de forma independente do espaço e pode ainda ser encarado de dois modos: para caracterizar tempo contínuo, como, por exemplo, o intervalo de tempo em que ocorre uma divisão celular, ou descontínuo, tal como o tempo ocupado por cada excreção de um vacúolo em um microorganismo ao longo de um dia. É possível ainda contemplar aspectos de localização no tempo de maneira semelhante às de espaço, ou seja, como aspectos de qualidade. Dessa forma, existe a noção de uma região do tempo que se pode associar a um objeto ou evento para determinar sua localização no tempo (GANGEMI et al., 2002).

Para que a obtenção de inferências mais precisas é fundamental que a ontologia seja modelada



levando em conta os princípios comentados na presente seção, e as implicações lógicas que estes trazem, conforme explicado anteriormente. Nesse sentido, ontologias de alto nível podem ser consideradas úteis para guiar a estruturação e o mapeamento de ontologias de domínios específicos, conforme explicado a seguir.

4 TRABALHOS RELACIONADOS

Ontologias de alto nível, como, por exemplo, a UFO (GUIZZARDI e HALPIN, 2008), a DOLCE (GUARINO, 1997) e a BFO (SMITH, KUMAR e BITTNER, 2005), fornecem perspectivas de modelagem fundamentadas por escolhas ontológicas (notadamente as de rigidez e identidade, existência ao longo do tempo, unidade, dependência, e qualidades) que buscam formalizar a natureza das suas entidades. A UFO, assim como a DOLCE, possui um modelo mais rico em detalhes e com maior flexibilidade para modelar determinados aspectos, como, por exemplo, o da qualidade e o do encadeamento de processos no tempo, porém para isso assume o compromisso com a existência de entidades abstratas, que não possuem correspondente no mundo real. A BFO, em contrapartida, apresenta um modelo menos detalhado, porém bastante aderente com as entidades que se observam no mundo real, com um viés estritamente científico e, até onde pudemos perceber, adequado para as necessidades de comunidades científicas, notadamente a biomédica. Iniciativas de representações conceituais utilizando ontologias de alto nível como a UFO (GUIZZARDI, MASOLO e BORGIO, 2006; GUIZZARDI e GUIZZARDI, 2010) podem ser utilizadas como aprendizado para modelar a descrição de recursos nas iniciativas de LOD.

Um exemplo de ontologia de alto nível sendo usada em LOD pode ser encontrada no trabalho de Janik, Scherp, e Staab (2010), que descreve a interligação de dados de músicas (álbuns e suas trilhas) com as de programas da BBC (rede de notícias inglesa), em uma estrutura denominada pelos autores de “rede de ontologias”, onde ontologias de domínio e nucleares⁵, estão compatibilizadas entre si, sendo que a ontologia DOLCE fornece soluções de modelagem para intermediar essa compatibilização.

O apoio de esquemas classificatórios como o utilizado pela Wikipédia também tem sido usado como solução para interligar dados LOD no nível do esquema, como é o caso do sistema BLOOMS, de Jain et al. (2010). Os autores, entretanto, destacam que poderiam ter usado ontologias de alto nível em vez das categorias hierárquicas da Wikipédia, tendo optado por estas últimas devido ao fato de serem mais intuitivas.

A questão da simplicidade de uso em contraste com a necessidade de uma semântica mais precisa, parece ser um desafio a ser vencido para concretizar a web semântica, entretanto, para que se criem soluções simplificadas, é preciso antes compreender o complexo.

5 CONCLUSÕES

⁵ De acordo com os autores, ontologias nucleares fornecem uma definição precisa do conhecimento estruturado dentro de um campo específico que perpassa vários domínios de aplicação.



A web 3.0 traz desafios e oportunidades, para tornar realidade a promessa de interligar de maneira útil os imensos silos de informação disponíveis na web. Para isso, espera-se que esses dados sejam publicados de forma aberta e descritos e articulados de forma mais semântica, permitindo que agentes de software possam revelar, através de inferências, novos conhecimentos e também possam recuperar informação relevante, de forma mais precisa.

Na web 3.0 as ontologias desempenham papel central, não só para definir a identidade dos dados, disponíveis como recursos, mas também para articulá-los entre si, o que levanta questões como as da compatibilização de conceitos, temática amplamente estudada na Ciência da Informação e também na Ciência da Computação. No centro dessas questões, está a discussão sobre os pressupostos epistemológicos e ontológicos que fundamentam, ou deveriam fundamentar a construção de ontologias, e que possuem uma complexidade de entendimento que contrasta com a necessidade de gerar vocabulários que sejam tão simples quanto possível, naturalmente dependendo do domínio considerado e propósito.

Nesse contexto, o presente trabalho apresenta como contribuição uma descrição sumária dos conceitos básicos que estão representados nas ontologias de fundamentação. Estes podem ser usados pelo cientista da informação como instrumental e ponto de partida para a modelagem que deveria preceder a publicação de dados abertos ligados, oferecendo assim uma camada semântica mais rica, e cujo propósito é diferente daquele das linguagens documentárias. Por outro lado, a larga experiência da Ciência da Informação no desenvolvimento e compatibilização dessas linguagens documentárias, traz ao cientista da informação um diferencial de vivência que não pode ser desperdiçado. É preciso, entretanto, que esse profissional abrace novas formas de representação da informação, mais complexas, e que envolvem as noções filosóficas apresentadas de forma sumária no presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- ALLEMANG, D., HENDLER, J. **Semantic web for the working ontologist: modeling in RDF, RDFS and OWL**, Elsevier, MA, USA, 2008.
- BATEMAN, J. A.; FARRAR, S. Towards a generic foundation for spatial ontology. In: PROCEEDINGS OF THE THIRD INTERNATIONAL CONFERENCE ON FORMAL ONTOLOGY IN INFORMATION SYSTEMS (FOIS-2004), Amsterdam, p. 237-248, 2004.
- BORGO, S.; MASOLO, C.. **Foundational choices in DOLCE**. In R. Poli, Healy M., and Kameas A., editors, Theory and Applications of Ontology, v. 2, C.12. Springer Verlag, 2008.
- BORGO, S.; VIEU, L.. **Artifacts in formal ontology**. In Handbook of the Philosophy of the Technological Sciences, v. 2: Artifact ontology and artifact epistemology. Elsevier, 2008.
- BREITMAN, K.K. **Web Semântica: A Internet do Futuro**. LTC: Rio de Janeiro, 2005.
- CAMPOS, L. M. **Diretrizes para definição de recorte de domínio no reúso de ontologias biomédicas: uma abordagem interdisciplinar baseada na análise do compromisso ontológico**. Tese de Doutorado em Ciência da Informação. Convênio UFF/IBICT, 2011, 323p.
- CHAPPELL, V. Descartes's ontology, 1997. **Topoi** v.16, n.2. Disponível em <<http://www.springerlink>.



com/content/x85m25277v514g68/fulltext.pdf>. Acesso: 25 jan. 2011.

DAHLBERG, I. Teoria do conceito. **Ciência da Informação**, v. 7, n. 2, p. 101-07, 1978.

DING, L., KOLARI, P., DING, Z., AVANCHA, S., Using Ontologies on the Semantic Web: A Survey, **Ontologies**, p.79-113, Springer, 2006.

DOUSA, T. M. – The simple and the complex in E.C. Richardson’s theory of classification: observations on an early KO model of the relationship between ontology and epistemology. In: **Paradigms and conceptual systems in knowledge organization**, p. 15-22, 2010.

GANGEMI, A.; GUARINO, N.; MASOLO, C.; OLTRAMARI, A. Sweetening ontologies with Dolce. In: PROCEEDINGS OF THE 13TH INTERNATIONAL CONFERENCE – EKAW, Lecture Notes in Artificial Intelligence, v. 2473, p. 166–181. Berlin: Springer, 2002.

GNOLI, C., POLI, R. Levels of reality and levels of representation. **Knowledge Organization**, v. 31, n.3, p. 151-160, 2004.

GÓMEZ-PÉREZ, A.; ORTIZ-RODRÍGUEZ, F.; VILLAZÓN-TERRAZAS, B.: **Legal Ontologies for the Spanish eGovernment**. In: Current Topics in Artificial Intelligence, p. 301-310. Springer, Heidelberg, 2006.

GRENON, P.; SMITH, B. SNAP and SPAN: **Prolegomenon to geodynamic ontology**, In: Spatial Cognition and Computation, 2004.

GRENON, P.; SMITH, B.; GOLDBERG, L. Biodynamic Ontology: Applying BFO in the Biomedical Domain, In: PROCEEDINGS OF THE WORKSHOP ON MEDICAL ONTOLOGIES, Rome, Italy, 2003.

GUARINO, N. **Some Organizing Principles for a Unified Top-Level Ontology**. National Research Council LADSEB-CNR Int. Rep. 02/97, March 1997.

GUARINO, N. The Role of Identity Conditions in Ontology Design. In PROCEEDINGS OF IJCAI-99 WORKSHOP ON ONTOLOGIES AND PROBLEM-SOLVING METHODS: LESSONS LEARNED AND FUTURE TRENDS. Stockholm, Sweden, 1999.

GUARINO, N.; WELTY, C. Towards a methodology for ontology based model engineering. In: PROCEEDINGS OF THE ECOOP WORKSHOP ON MODEL ENGINEERING, 2000.

GUIZZARDI, G.; FALBO, R.; GUIZZARDI, R. S. S. A importância de Ontologias de Fundamentação para a Engenharia de Ontologias de Domínio: o caso do domínio de Processos de Software. **Revista IEEE América Latina**, v. 6, n.3, p. 244-251, 2008a.

GUIZZARDI, G.; HALPIN, T.: Ontological Foundations for Conceptual Modeling, **Applied Ontology**, v.3, n.1-2, p. 91-110, 2008.

GUIZZARDI, G.; MASOLO, C.; BORGIO, S. **In the Defense of a Trope-Based Ontology for Conceptual Modeling: An Example with the Foundations of Attributes, Weak Entities and Datatypes**, 25th Intl. Conf. on Conceptual Modeling, Berlin, 2006.

GUIZZARDI, G.; PIRES, L.F.; SINDEREN, M.J. On the role of Domain Ontologies in the design of Domain-Specific Visual Modeling Languages. In: PROCEEDINGS OF THE 2ND WORKSHOP ON DOMAIN-SPECIFIC VISUAL LANGUAGES. OOPSLA, 2002.

GUIZZARDI, R.S.S.; GUIZZARDI, G. **Ontology-Based Transformation Framework from Tropes to AORML**. Social Modeling for Requirements Engineering, Cooperative Information Systems



Series, MIT Press, Boston, 2010.

HEATH, T., BIZER, C. **Linked Data: Evolving the Web into a Global Data Space**. Synthesis Lectures on the Semantic Web: Theory and Technology, Morgan&Claypool, 2011.

HENDLER, J. Web 3.0 Emerging, **Computer**, v. 42, n.1, p 88-90, January, 2009.

HORROCKS, I.. Ontologies and the semantic web. **Communications of the ACM**, v.51, n.12, p. 58-67, December 2008.

JAIN, P., HITZLER, P., SHETH, A.P., VERMA, K., E YEH, P.Z. Ontology Alignment for Linked Open Data. In: PROCEEDINGS OF INTERNATIONAL SEMANTIC WEB CONFERENCE., p. 402-417, 2010.

JANIK, M., SCHERP, A., STAAB, S. The Semantic Web: Collective Intelligence on the Web. In: **Informatik Spektrum**, Springer, 2011.

JOHANSSON, I., Roman Ingarden and the Problem of Universals. **Metaphysica. International Journal for Ontology and Metaphysics**, v. 10, p. 65-87, 2009.

JONES, J. R. Are the Qualities of Particular Things Universal or Particular. **The Philosophical Review**, v. 58, n. 2, p. 152-170, 1949.

LEVINSON, J., Properties and Related Entities. **Philosophy and Phenomenological Research**, v.. 39, n. 1, p. 1-22, 1978.

LOUX, M. J. Recent Work in Ontology. **American Philosophical Quarterly**, v.9, p. 119-138, 1972.

LOWE, E. J. **A Survey of Metaphysics**, Oxford: Oxford University Press, 2002.

LOWE, E. J. **The Possibility of Metaphysics: Substance, Identity, and Time**. Oxford University Press, USA, 1998.

MASOLO, C., BORGO, S., GANGEMI, A., GUARINO, N., OLTRAMARI, A., SCHNEIDER, L.: **WonderWeb Deliverable D17**, 2002.

MENDES P.N., KAPANIPATHI P., CAMERON D., SHETH A.P., Dynamic Associative Relationships on the Linked Open Data Web, In: PROCEEDINGS OF THE WEB SCIENCE, 2010.

MIZOGUCHI, R. Yet another top-level ontology: Yato. In: PROCEEDINGS OF THE SECOND INTERDISCIPLINARY ONTOLOGY MEETING, p. 91–101, 2000.

MUIS, R. Review of Four-Dimensionalism: An Ontology of Persistence and Time, **Ars Disputandi**, 2005.

NEVILLE, H. H. Thesaurus reconciliation. **Aslib Proceedings**, v.11, n.24, p. 620-626, 1972.

OBO. **Open Biomedical Ontologies**, 2009. Disponível em: <<http://obo.sourceforge.net>>. Acesso em 24 jan. 2011.

OLIVER, A. The Metaphysics of Properties. **Mind, New Series**, v. 105, n. 417, p. 1-80, 1996.

OTLET, P. **Monde: essai d'universalisme - connaissance du monde; sentiment du monde; action organisée et plan du monde**, Brussels, Editions Mundaneum, p.390-391, 1935.

PISANELLI, D.M. **Ontologies in Medicine**. Amsterdam, IOS Press, 2004.

SEMY, S.K.; PULVERMACHER, M.K.; OBRST, L.J. **Toward the Use of an Upper Ontology for U.S. Government and U.S. Military Domains: An Evaluation**, MITRE TECHNICAL REPORT,



2004.

SMITH B.; KUMAR A.; BITTNER T. Basic Formal Ontology for Bioinformatics. **Journal of Information Systems**. p.1-16, 2005

SMITH, A.D. Of Primary and Secondary Qualities. **The Philosophical Review**, v. 99, n. 2, p. 221-254, 1990.

SMITH, B.; VARZI, A. C. Fiat and Bona Fide Boundaries. **Philosophy and Phenomenological Research**, v.60, n. 2, p. 401–420, 2000.

SMITH, B; CEUSTERS, W; KLAGGES, B; KOHLER, J; KUMAR, A; LOMAX, J; MUNGALL, C.J.; NEUHAUS, F.; RECTOR, A; ROSSE, C. Relations in Biomedical Ontologies. **Genome Biology**, v.6. n.46, 2005.

SÖDERBÄCK, A., MALMSTEN, M. LIBRIS – Linked Library Data. In: **Nodalities Magazine**, n. 5, January, 2009.

TODOR, A., PASCHKE, A., HEINEKE, S. ChemCloud: Chemical e-Science Information Cloud. In: **PROCEEDINGS OF CoRR**, 2010.

PESET, F., FERRER-SAPENA, A., SUBIRATS-COLL, I. Open data y Linked open data: su impacto en el área de bibliotecas y documentación. **El Profesional de la Información**, vol. 20, n. 2, p. 165-174, 2011.