



Representação de recursos multimídia na web: uso e reúso de padrões de anotação

Daniela Lucas da Silva Lemos^I

<http://orcid.org/0000-0003-1565-7366>

Renato Rocha Souza^{II}

<http://orcid.org/0000-0001-9728-3905>

^I Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil.

Doutora em Ciência da Informação.

Professora do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação.

^{II} Universidade Federal de Minas Gerais, MG, Brasil.

Doutor em Ciência da Informação.

Professor do PPG-GOC/Escola de Ciência da Informação.

<http://dx.doi.org/10.1590/1981-5344/4305>

O artigo retrata os desafios impostos ao cenário de produção, organização e disseminação de informação em diversos setores da sociedade em decorrência à evolução das tecnologias para tratamento de dados multimídia na Web. Pesquisas no campo das Ciências da Informação são progressivas na busca de inovações para o universo de dados distribuídos na Web a fim de ampliar os pontos de acesso e melhorar a gestão, a organização e a recuperação de objetos digitais na rede. Nessa perspectiva, o artigo objetiva contribuir com um estudo sistemático e analítico sobre iniciativas de padrões de metadados, modelos e ontologias voltados ao domínio da descrição multimídia. Metodologicamente, a pesquisa foi classificada como sendo de natureza qualitativa e quantitativa, de caráter exploratório e descritivo à luz de literatura científica já publicada e material empírico específico, o que a torna bibliográfica e documental. O estudo culminou na obtenção de um ranking de ontologias a partir de uma análise comparativa e uma avaliação

criterosa sobre dimensões concernentes a reúso de recursos de conhecimento disponíveis na Web. Os resultados contribuem na perspectiva de possíveis soluções para o tratamento semântico de variados tipos de metadados existentes para descrição de acervos em rede que lidam com conteúdo multimídia.

Palavras-chave: *Ontologias para descrição multimídia. Padrões de metadados. Anotação semântica. Acervos em rede. Linked Open Data. Reúso de ontologias.*

Multimedia resource representation in the web: Use and reuse of annotation standards

The article portrays the challenges posed to the scenario of production, organization and dissemination of information in various sectors of society due to the evolution of technologies for processing multimedia data on the Web. Research in the field of Information Sciences is permanently seeking innovations for the universe of distributed data on the Web to extend access points and improve the management, organization and retrieval of digital objects on the network. From this perspective, the article aims to contribute to a systematic and analytical study on initiatives of metadata standards, models and ontologies focused on the domain of multimedia description. Methodologically, the research was classified as qualitative and quantitative, exploratory and descriptive in the light of published scientific literature and specific empirical material, which makes it bibliographic and documentary. The study culminated in obtaining a ranking of ontologies from a comparative analysis and a careful evaluation of dimensions concerning the reuse of knowledge resources available on the Web. The results contribute to the perspective of possible solutions for the semantic treatment of different types of metadata for describing multimedia content.

Key-words: *Multimedia Ontologies. Metadata Standards. Semantic Annotation. Networked Archives. Linked Open Data. Ontologies Reuse.*

Recebido em 27.02.2020 Aceito em 27.02.2020

1 Introdução

O processo de produção, organização e disseminação de informação em diversos setores da sociedade vem passando por vários desafios em decorrência às facilidades introduzidas pelas tecnologias da informação e comunicação, em especial pela evolução das tecnologias para tratamento de dados multimídia na Web (ALLEMANG; HENDLER, 2008; DOMINGUE; FENSEL; HENDLER, 2011; SCHANDL *et al.*, 2012). Os desafios encontram-se principalmente na descaracterização da forma de produção e consumo de informação na rede associado a seus usuários, remetendo a questões da existência neste ambiente de múltiplos formatos, tópicos, línguas e linguagens, culturas e comunidades, desde leigas a especialistas (HYVÖNEN, 2012).

A aplicação de tecnologias da Web para uma variedade de setores, incluindo negócios, ciência, governo, mídia, patrimônio e bens culturais, dentre outros (DOMINGUE; FENSEL; HENDLER, 2011; RADEMAKER *et al.*, 2015; LEMOS; SÁ; SOUZA, 2019), impulsiona a inovação, resultando no aumento do número de adeptos para conteúdo de imagens, entrevistas, vídeos, réplicas 3D, notícias e redes sociais, por exemplo. Os dispositivos eletrônicos (*scanners*, câmeras digitais, filmadoras, telefones e televisores inteligentes) integrados à Web impulsionam a criação de conteúdos digitais multimídia na rede, propiciando um crescimento da disponibilidade. Iniciativas de esforços de digitalização adicionam grandes volumes de dados multimídia na rede, a exemplo dos projetos de digitalização de patrimônio cultural (HILDEBRAND *et al.*, 2010; PATTUELLI, 2011; HYVÖNEN, 2012; WINER; ROCHA, 2013; LEMOS; SÁ; SOUZA, 2019) que buscam ampliar a democratização do conhecimento cultural, contribuindo em consequência com a preservação e a conservação de bens culturais na sociedade (ARARIPE, 2004).

A natureza da informação multimídia no contexto desta pesquisa reflete um documento composto que faz referência a vários tipos de objetos, tais como vídeo, texto, som, imagem, modelo 3D, dentre outros, e que pode ser dividido em outros fragmentos midiáticos da mesma natureza (SITARAM; DAN, 1999; SCHANDL *et al.*, 2012). Atualmente, objetos multimídia tornam-se onipresentes no lazer, no aprendizado, nas artes, na comunicação, no comércio, nas ciências; tomando os formatos de arquivos digitais produzidos e disponibilizados geralmente em repositórios na Web (LEMOS; SÁ; SOUZA, 2019). Nesse cenário, tais

objetos carecem de descrição em seus aspectos de mídia e de conteúdo para a obtenção de sua documentação, pensando em acesso e recuperação de informações relevantes e de interesse aos provedores de conteúdo e seus usuários finais.

Estudos sobre a problemática do excesso de informações e sua organização vêm sendo realizados progressivamente no campo das Ciências da Informação com o propósito de melhorar a eficácia dos sistemas de recuperação de informação. O *Linked Open Data* - LOD ou dados abertos interligados é uma iniciativa vinculada a Web semântica (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001) que se encontra em pleno desenvolvimento científico pela comunidade na proposição de metodologias, tecnologias e padrões de metadados para aumentar o escopo da interoperabilidade e da integração plena de informações heterogêneas entre sistemas de informação (BERNERS-LEE, 2006; BIZER; HEATH; BERNERS-LEE, 2009; SCHANDL *et al.*, 2012). Outras frentes de pesquisa buscam nos instrumentos de representação de relacionamentos semânticos e conceituais como ontologias (GRUBER, 1993; GUARINO, 1998; SMITH, 2004; ALMEIDA, 2013; SOERGEL, 2017) e vocabulários controlados (ANSI, 2005; SILVA; ALMEIDA; SOUZA, 2008; JUNIOR *et al.*, 2017) a agregação semântica aos dados e metadados para facilitar a interoperabilidade de sistemas e bases de dados. Finalmente, os modelos conceituais, de referência e ontológicos visam orientar a modelagem da realidade documental e o processo de busca e recuperação da informação em ambientes digitais como o *Functional Requirements for Bibliographic Records* - FRBR (IFLA, 2009); o *International Committee for Documentation/Conceptual Reference Model* - CIDOC CRM (LE BOEUF, 2018) e sua proposta simplificada para modelo de dados abertos interligados denominado *Linked.Art Data Model* (FINK, 2018); a *Multimedia Metadata Ontology* - M3O (SAATHOFF; SCHERP, 2010); e o *Europeana Data Model* - EDM (EUROPEANA, 2017).

Observa-se assim um cenário de inovações para o universo de dados distribuídos na Web em que se busca ampliar os pontos de acesso e melhorar a gestão, a organização e a recuperação de objetos digitais na rede. Entretanto, o relacionamento entre multimídia e a Web de dados ainda é um ramo de pesquisa que carece de estudos avançados voltados a tecnologias eficientes para geração, exposição, descobrimento e consumo de recursos multimídia semanticamente vinculados na Web (Schandl *et al.* 2012; SILVA; SOUZA, 2014).

Nessa perspectiva, este artigo objetiva apresentar o resultado de um estudo sistemático e analítico sobre iniciativas de padrões de metadados, modelos e ontologias (considerados como recursos de conhecimento) voltados ao domínio da descrição multimídia. Tal estudo culminou na obtenção de um *ranking* de ontologias a partir de uma

análise comparativa e uma avaliação criteriosa sobre dimensões concernentes a reúso de recursos de conhecimento disponíveis na Web de dados. Segundo Suárez-Figueroa, Gómez-Pérez e Fernández-López (2012), a prática de reúso é reconhecida como sendo um importante passo na construção de vocabulários semânticos, incluindo ontologias. Com o reúso de recursos já existentes poupa-se tempo e esforço, ao invés de se começar a construção do zero.

A principal contribuição deste artigo está em trazer à luz os padrões existentes (incluindo metadados, modelos e ontologias) endereçados à descrição de documentos multimídia para pesquisadores da Ciência da Informação. Não é de nosso conhecimento pesquisa alguma que apresente tão amplamente um alinhamento e uma comparação de várias propostas e padrões que busquem identificar todas as características que podem (e devem) ser descritas para melhor recuperação de recursos multimídia, principalmente no contexto da Web. A característica mais marcante da estrutura comparativa envolvendo as propostas e padrões é a necessidade de integração semântica e disponibilização global de recursos multimídia na rede; e ainda de desvelar as características que poderiam, deveriam e não estão sendo descritas para caracterização desse tipo de recurso, refletindo nas decisões de seleção para reúso de recursos de conhecimento disponíveis.

A estrutura do artigo se apresenta da seguinte forma: a presente Seção contextualiza a pesquisa e traça o objetivo da mesma; a Seção 2 discorre sobre padrões de anotação multimídia, incluindo metadados e ontologias, com vistas a uso e reúso na busca de soluções inteligentes para organização e representação de recursos multimídia na Web; a Seção 3 descreve os procedimentos metodológicos empregados na pesquisa para se chegar à consolidação dos resultados; a Seção 4 apresenta os resultados, incluindo o estudo comparativo e o *ranking* das ontologias multimídia; e a Seção 5 se encarrega de traçar as conclusões e possíveis encaminhamentos para trabalhos futuros.

2 Representação de recursos multimídia na Web

A utilização de metadados é a forma mais comumente empregada para agregar semântica a informações (GILLILAND, 2016; TAYLOR, 2004; BODOFF; HUNG; BEN-MENACHEM, 2005; ZENG; QIN, 2008; ABBAS, 2010; MILLER, 2011) com o propósito de facilitar a busca de recursos de informação. No escopo da Web Semântica, os metadados são agregados através das chamadas linguagens de marcação (*markup languages*). Estas linguagens, cujo padrão mais conhecido e utilizado é o XML (*eXtensible Markup Language*), definem *tags* ou marcações que são adicionadas aos dados a fim de indicar alguma informação importante. Ainda que o padrão XML tenha se tornado bastante popular, logo se percebeu que somente

esse padrão não é suficiente para permitir a correta interpretação das informações por um sistema informatizado, pois tal sistema não consegue inferir, através das marcações, o que uma informação significa. Tal limitação pode acarretar deficiências nas buscas e na interoperabilidade semântica entre sistemas (SANTARÉM SEGUNDO; SILVA; MARTINS, 2019).

No escopo evolutivo da Web, constata-se que linguagens serializáveis em XML têm sido propostas para buscar dar um significado mais preciso às informações que caracterizam um determinado recurso, a saber: RDF (*Resource Description Framework*), RDF Schema e OWL (*Ontology Web Language*); além da linguagem de consulta para dados modelados em RDF, a SPARQL (*Simple Protocol and RDF Query Language*). Tais tecnologias permitem que a máquina interprete as marcações com semânticas bem definidas e necessárias para garantir, por exemplo, que o anotador e o consumidor da anotação compartilhem o mesmo significado perante um recurso. Com efeito, nas últimas décadas surgiram várias iniciativas na produção de ontologias representadas em RDF/OWL voltadas a descrever dados multimídia (LEMOS; SOUZA, 2019) cujos esforços objetivaram transformar padrões de metadados como o MPEG-7, em formatos semelhantes a ontologias.

Tradicionalmente, o conhecimento embutido em documentos textuais é gerenciado com o uso de metadados, incluindo palavras chave, informação sobre autoria, publicação, etc. Contudo, a representação de documentos multimídia, que faz referência a vários tipos de objetos, possui estrutura muito mais complexa do que simplesmente cadeias de letras e números, pois lida com relações espaciais entre elementos de interesse dentro do conteúdo da mídia; com relações temporais na ocorrência de eventos dentro de um período de tempo; com atributos técnicos de nível baixo de conteúdo (cores, texturas, timbres de som, descrição de melodia); e com características semânticas de alto nível como, por exemplo, classificação de gênero ou representação de informação sobre pessoas retratadas na mídia.

A necessidade de inclusão de metadados para além de recursos textuais, isto é, metadados destinados à descrição de conteúdo multimídia, especialmente na Web, viabilizou o esforço conjunto entre comunidades e entidades normativas interessadas em fornecer um *framework* comum de metadados para aplicações de mídias inteligentes. São os casos do *World Wide Web Consortium (W3C)* e da *International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission (ISO/IEC)*, que buscam soluções inteligentes para descrição de conteúdo multimídia processável por máquina e baseada em semântica.

O padrão de metadados comumente usado para descrição de conteúdo multimídia é o MPEG-7 ISO/IEC (NACK; LINDSAY, 1999a; NACK; LINDSAY, 1999b; SALEMBIER, 2002; SALEMBIER; SMITH, 2001; CHANG; SIKORA; PURL, 2001; MARTÍNEZ; KOENEN; PEREIRA, 2002; MARTÍNEZ, 2004), formalmente nomeado *Multimedia Content Description Interface*. O MPEG-7 teve sua origem no ano de 1998 e em 2001 tornou-se padrão internacional ISO/IEC 15938 sob responsabilidade do *Moving Picture Experts Group*. O padrão fornece um vocabulário rico de conteúdo multimídia, incluindo descritores de nível baixo, extraídos da própria mídia e, de alto nível, destinados à descrição semântica de conteúdo multimídia, consistindo de uma combinação de características de áudio, dado visual, e dados textuais.

Os descritores do MPEG-7 são organizados em esquemas que contemplam diferentes áreas funcionais, como gerenciamento de conteúdo; aspectos estruturais de conteúdo (componentes espacial, temporal ou espaço-temporal); aspectos semânticos de conteúdo; características de nível baixo envolvendo conteúdo visual e de áudio; navegação e acesso; interação de usuário; e coleção de objetos. O conjunto de esquemas XML MPEG-7 define 1182 elementos, 417 atributos e 377 tipos complexos. De acordo com García e Celma (2005), o gerenciamento do padrão torna-se difícil em função do tamanho e da complexidade na especificação de seus elementos. Além disso, a semântica envolvida na maioria de seus construtos encontra-se implícita pelo fato da utilização restrita de XML (linguagem baseada em sintaxe).

Percebe-se que a norma ISO MPEG-7 empreendeu esforços na proposição de uma interface comum para descrever material multimídia refletindo informação sobre o conteúdo. Entretanto, o MPEG-7 apesar de ser um padrão de descrição recomendado pela comunidade multimídia, principalmente por seu *background* de conhecimento neste domínio, possui limitações de ordem semântica por ser baseado no formato XML *Schema* (OSSENBRUGGEN; NACK; HARDMAN, 2004; NACK; OSSENBRUGGEN; HARDMAN, 2005). Nesse sentido, as comunidades de Biblioteca Digital, Representação do Conhecimento e Inteligência Artificial que interpretam, manipulam e geram arquivos multimídia, especialmente na Web, têm participado intensamente em projetos de pesquisas voltados a modelos e tecnologias para descrição e indexação de documentos não textuais, envolvendo vídeos, imagens e áudios. O propósito é ir além dos padrões de metadados correntes (Dublin Core, MPEG-7, VRA Core, dentre outros) com a adoção de ontologias para descrição de documentos multimídia, concebidas a partir de características consolidadas advindas desses padrões (LE MOS; SOUZA, 2019).

Desde a década de 90, a comunidade de Ciência da Informação vem pesquisando e fazendo uso de ontologias (VICKERY, 1997; ALMEIDA,

2013; SOERGEL, 2017) na busca de padronizar a linguagem envolvida no domínio e facilitar a comunicação entre usuários e máquina. Ontologias podem auxiliar o trabalho do profissional da informação 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 as terminologias, os conceitos e as relações entre estes, resultando numa especificação não ambígua do domínio.

Ontologias podem ser usadas, por exemplo, para enriquecimento semântico de metadados destinados a mídias diversas; além de auxiliar usuários na produção de descrições mais sistemáticas e consistentes por meio de conhecimento explícito acerca de um domínio. Tal modelo é referenciado na literatura como anotação semântica de documentos (UREN *et al.*, 2005; BÜRGER *et al.*, 2009), o que os tornam “inteligentes” no sentido de representar conhecimento sobre o conteúdo, viabilizando processamento pela máquina. Assim, ontologias são usadas tanto para promover anotações sobre recursos, quanto para auxiliar o processo de anotação. No primeiro caso, usuários (ou grupos de especialistas) constroem ontologias para fornecer seus componentes (ex. classes, instâncias, relações) como elementos de anotação. No segundo caso, usuários fornecem elementos de anotação (de forma simples e transparente) e promovem ligações dessas anotações a fontes de conhecimento subjacentes a ontologias. No domínio de patrimônio cultural, Lemos, Sá e Souza (2019) apresentam um exemplo de aplicabilidade desse tipo de anotação em coleções representadas em repositórios digitais: para evitar ambiguidade sobre a palavra “Monumento à Juventude Brasileira” oriunda de um texto, uma anotação semântica poderia relacioná-la a um elemento da ontologia que a identificasse na categoria “Monumento” bem como associá-la à instância “Modernismo” pertencente à categoria “História da Arte”. Desse modo “Monumento à Juventude Brasileira” não poderia ser referenciada de outra forma a não ser como um monumento pertencente à história moderna e contemporânea.

Finalmente, padrões de anotação bem fundamentados e recomendados por comunidades e entidades normativas podem promover condições necessárias para decisões de seleção e reuso de recursos de conhecimento para fins de organização de um dado domínio que lida com documentos multimídia. Ontologias geralmente são construídas reusando outras ontologias (de alto nível e de domínio, principalmente) já disponíveis, isto é, aproveitando conceitos de conceituações que conseguem se adequar à realidade do vocabulário semântico que está sendo construído. A maioria das metodologias para construção de

ontologias encontradas na literatura (SILVA; SOUZA; ALMEIDA, 2008) considera a ação de reuso, confirmando que a fase de integração é parte importante do processo de construção de ontologias, no sentido de poupar esforços e tempo. Desse modo, a integração fica como uma alternativa para facilitar a construção de ontologias.

3 Metodologia de Pesquisa

A presente pesquisa foi classificada segundo o seu problema, objetivos e procedimentos técnicos para a coleta e a análise dos dados, a fim de se estabelecer o seu marco teórico e a sua análise empírica. Com base na abordagem do problema, esta pesquisa se classifica como qualitativa e quantitativa. No primeiro caso, houve a necessidade de se entender o que estava por detrás do fenômeno investigado. A determinação, a análise e a descrição dos métodos e das técnicas adequados aos processos de pesquisa foram possíveis através de um maior entendimento do fenômeno presente no domínio estudado. No segundo caso, houve a necessidade de uso de formatos numéricos para mensurações de critérios avaliativos frente a análises de ontologias, que foram pontuadas e classificadas por métodos estatísticos.

Com base em seus objetivos, esta pesquisa se classifica em: i) exploratória, pois investigou e aprimorou ideias sobre um assunto relativamente novo no campo das ontologias – descrição de documentos multimídia – em que se demandou uma investigação minuciosa na literatura e em casos específicos que fazem uso nessa perspectiva; e ii) descritiva, pois se levantou e descreveu características do fenômeno à luz da literatura e de material empírico específico.

Em relação aos procedimentos técnicos, esta pesquisa se determinou como bibliográfica e documental quando explorou bases de dados que disseminam materiais já publicados na literatura científica, como artigos, anais de congressos, relatórios técnicos de pesquisa, teses, dissertações, normas e fontes documentais subjacentes aos recursos de conhecimento investigados, incluindo padrões de metadados, modelos e ontologias.

O desenvolvimento do estudo comparativo contou com métodos e técnicas voltados à identificação, seleção e elaboração de critérios de análise envolvendo os objetos empíricos da pesquisa. Para tal, foi necessária uma revisão na literatura da área de Engenharia de Ontologias a fim de se encontrar um guia metodológico atual, testado e validado em diferentes domínios e áreas. Adotou-se, assim, o guia *NeOn Methodology* que inclui, por meio de cenários, uma série de passos flexíveis para o desenvolvimento de ontologias em rede, focando o reuso de recursos de conhecimento (SUÁREZ-FIGUEROA; GÓMEZ-PÉREZ; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2012).

Os autores da metodologia recomendam o quanto possível o reúso de recursos de conhecimento disponíveis para modelar o conhecimento necessário de um domínio, e, para tal, propõem a busca, a seleção e a análise de recursos ontológicos para promover integração. Um recurso ontológico abrange, por exemplo, ontologias já definidas ou partes de ontologias disponíveis e úteis à resolução de problemas. Orientam também inspecionar o conteúdo e a granularidade das ontologias, de modo a verificar o grau de cobertura dos requisitos funcionais especificados na etapa de aquisição de conhecimento. Alguns aspectos funcionais como nomes advindos de padrões (padrões de metadados, por exemplo), taxonomias bem estruturadas e modularizações de interesse (ARNDT *et al.*, 2009; SAATHOFF; SCHERP, 2010) podem facilitar a extração do conhecimento requerido para reúso. Outro fator importante para a viabilização do processo de alinhamento e combinação de recursos é a linguagem de implementação da ontologia candidata a reúso que necessita se comprometer ontologicamente com o modelo que está sendo construído para ser suficientemente expressiva na caracterização da conceituação de seu domínio.

Desse modo, destaca-se a utilização do cenário *reúso de recursos ontológicos*, que compreende o reúso de possíveis recursos ontológicos existentes para a construção ou aprimoramento de uma rede de ontologias. As etapas metodológicas seguidas foram: i) busca por ontologias candidatas à análise documental e de conteúdo, preferencialmente em repositórios da Web Semântica; e ii) análise comparativa entre os recursos ontológicos selecionados em (i), a partir de critérios pré-definidos na pesquisa.

O processo metodológico, assim como a descrição de seus métodos e técnicas, é elucidado nas seções subsequentes da seguinte forma: a Seção 3.1 apresenta o método usado para identificação e seleção de ontologias para descrição multimídia, na literatura e em repositórios específicos; e a Seção 3.2 elucida a estratégia metodológica para apoiar a análise e a comparação das ontologias selecionadas.

3.1 Identificação e seleção de ontologias

O primeiro passo foi proceder com um estudo de domínio por meio de fontes documentais, incluindo normas, artigos e bibliotecas de esquemas XML relacionados a padrões para descrição de documentos multimídia. Os padrões ISO MPEG-7¹ e Dublin Core² foram selecionados como material de referência para aquisição de conhecimento sobre o

1<http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-7>

2<http://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/dcq-rdf-xml/>

domínio pelo fato de grande parte de ontologias multimídia se fundamentarem nesses padrões (SILVA; SOUZA, 2014).

Um conjunto de 120 requisitos funcionais (SILVA, 2014, p. 330-338) foi levantado e organizado após o procedimento de análise do domínio (HJØRLAND, 2002) e serviu como base para identificar, analisar e comparar ontologias para descrição multimídia no aspecto de características concernentes a padrões de metadados consolidados em comunidades, incluindo Biblioteca Digital, Web Semântica e Multimídia. Requisitos funcionais são resultados de práticas advindas da área de Engenharia de Software e que foram adaptadas na área de Engenharia de Ontologias (SUÁREZ-FIGUEROA; GÓMEZ-PÉREZ; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2012) como forma de viabilizar as tarefas voltadas a especificações de conteúdo de um domínio de conhecimento em particular, obtendo-se, como resultado, terminologias endereçadas a uma ontologia. A organização desses requisitos ocorreu em três categorias de tipos de metadados (com garantia literária), a saber: metadados independentes de conteúdo, metadados dependentes de conteúdo e metadados descritivos de conteúdo.

A categoria *metadados independentes de conteúdo* (32 requisitos ao todo) é endereçada ao gerenciamento e a administração de recursos informacionais e foi organizada em quatro subcategorias, a saber: i) criação e produção da mídia; ii) classificação da mídia; iii) informação da mídia; e iv) uso da mídia. Em (i) têm-se características envolvendo a criação do conteúdo da mídia e de recursos a ele associados; em (ii) têm-se características destinadas à classificação de materiais audiovisual, tais como gênero, assunto, propósito, idioma, além de classificação etária, orientação para pais e avaliação subjetiva; em (iii) as características são voltadas ao meios de armazenamento, incluindo formato, compressão e codificação do conteúdo audiovisual; e em (iv) as características refletem direitos de uso, registro e disponibilidade de uso e informação financeira acerca do conteúdo.

A categoria *metadados dependentes de conteúdo* (44 requisitos ao todo) foi organizada nas subcategorias metadados visuais e metadados para áudio, ambas consideradas de nível baixo e geralmente seus conteúdos são extraídos automaticamente por algoritmos computacionais. Os metadados visuais abrangeram as características: estruturas básicas, cor, textura, forma, movimento, localização e reconhecimento facial. Os metadados para áudio contemplaram as características: base espectral, timbre espectral, timbre temporal, paramétricos de sinal e espectral básico.

A categoria *metadados descritivos de conteúdo* (44 requisitos ao todo) se caracteriza por associar entidades da mídia com entidades do mundo real e foi organizada nas seguintes subcategorias: i) segmentos de

mídia; ii) semântica de conteúdo; iii) personalização de conteúdo; e iv) características de alto nível envolvendo áudio. Em (i) têm-se características relacionadas à estrutura de conteúdo em termos de segmentos (decomposição) de vídeo, de imagem estática e de áudio; em (ii) encontram-se características envolvendo objetos, eventos e noções do mundo real que podem ser abstraídos do conteúdo multimídia; em (iii) agregam características de modos de personalização de conteúdo multimídia a fim de facilitar navegação, acesso e interação de usuários em relação ao consumo de conteúdo; e em (iv) têm-se características voltadas à cobertura de domínios de conhecimento específicos envolvendo áudio.

O segundo passo, por sua vez, foi identificar ontologias fazendo-se um levantamento na literatura e buscas em repositórios da Web Semântica. O critério usado para a seleção de ontologias na literatura se baseou no conceito "multimídia" e em diretrizes relevantes na literatura e recomendadas pelo padrão de metadados MPEG-7. Para a identificação e a seleção de ontologias em repositórios Web, o guia *NeOn* recomenda o uso de máquinas de busca para a recuperação de ontologias em repositórios da Web Semântica. As máquinas de busca selecionadas foram o Watson³ e o Swoogle⁴, sendo ambas bem avaliadas em projetos LOD e validações de uso (SUÁREZ-FIGUEROA; GÓMEZ-PÉREZ; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2012). A análise de conteúdo das ontologias identificadas foi realizada por meio do próprio navegador Web e do editor Protégé⁵ 4.3.

As atividades de busca na literatura e em repositórios Web resultaram, num primeiro momento, em dezessete ontologias multimídia candidatas a análise. Após um processo de refinamento⁶ frente às ontologias previamente selecionadas para análise, nove ontologias foram elencadas, a saber: Media Ontology (STEGMAIER *et al.*, 2009), M3 Multimedia (ATEMEZING, 2011), *Multimedia Metadata Ontology - M3O*(SAATHOFF; SCHERP, 2010), projeto Boemie (DASIOPOULOU *et al.*, 2008), *Core Ontology for Multimedia - COMM* (ARNDT *et al.*, 2009), projeto Polysema (VALKANAS; TSETSOS; HADJIEFTHYMIADES, 2007), MPEG-7 Hunter (HUNTER, 2001), projeto SmartWeb (OBERLE *et al.*, 2007) e projeto Rhizomik (GARCÍA; CELMA, 2005).

3 <http://watson.kmi.open.ac.uk/WatsonWUI/>

4 <http://swoogle.umbc.edu/>

5 <http://protege.stanford.edu>

6 Tentativas de abertura das ontologias no editor Protégé, visualização de anomalias em suas estruturas, e ontologias fora do escopo proposto foram consideradas no sentido de justificar a exclusão de algumas delas da lista.

3.2 Análise e comparação de ontologias

A atividade de análise das ontologias para descrição multimídia foi considerada como um processo de auditoria, no qual as ontologias e documentações subjacentes foram inspecionadas e analisadas.

O guia metodológico propõe uma fórmula estatística de média ponderada endereçada ao cálculo de *ranking* (explicado mais adiante) de ontologias candidatas a reuso e envolve conceitos como *valores possíveis* e *pesos*. Os *valores possíveis* são formas de mensurar cada critério segundo regras pré-determinadas pelo ontologista. Tais regras devem auxiliar a análise objetiva de conteúdo de cada ontologia frente a um determinado critério. Já os *pesos* são indicados (de 1 a 10) a partir do grau de importância dado ao critério pelo ontologista. O guia atribui os símbolos (+) e (-) aos pesos para se considerar a influência positiva ou negativa de um determinado critério na pontuação de *ranking* resultante.

Os critérios determinados (dezessete ao todo e apresentados no Quadro 1) para analisar e avaliar as ontologias são, em sua maioria, oriundos do guia metodológico *NeOn*, os quais foram originados de casos de uso em diversas experiências de projeto envolvendo desenvolvimento e reuso de ontologias. A organização desses critérios se deu em quatro dimensões elucidadas como se segue: i) *custo de reuso*: estimativa de custos relacionados a tempo e a economia necessários ao reuso da ontologia avaliada; ii) *esforço para entendimento*: estimativa de esforços necessários para entendimento do conteúdo da ontologia avaliada; iii) *esforço para integração*: estimativa de esforços empreendidos para integrar a ontologia avaliada à ontologia que está sendo construída; e iv) *confiabilidade*: análise da confiança em relação à ontologia avaliada frente a aspectos de tratamento semântico nas declarações (ex. axiomas presentes; recursos de conhecimento utilizados), avaliação (ex. testes disponíveis) e projetos renomados que fazem uso.

Quatro novos critérios foram concebidos e adaptados para a presente pesquisa, que, em conjunto com os recomendados pelo guia, serviram como fundamento para um *ranking* de ontologias destinadas a reuso por meio de pontuação determinada, a saber: i) número de requisitos funcionais cobertos; ii) recursos de conhecimento utilizados; iii) axiomas identificados na terminologia compatibilizada; e iv) anotações identificadas na terminologia compatibilizada.

O critério *número de requisitos funcionais* foi classificado na dimensão *esforço para integração* por se referir à quantidade de características multimídia satisfeita pelas ontologias candidatas a reuso. Para a determinação do valor numérico para este critério, considerou-se a interseção dos elementos presentes no conjunto de requisitos funcionais determinados na pesquisa com o conjunto de elementos presentes nas terminologias das ontologias analisadas. Por ser uma das principais

contribuições desta pesquisa, o fato de se identificar características que podem (e devem) ser descritas para melhor descrição de recursos multimídia, justifica-se a indicação do **peso 10** para este critério.

O critério *recursos de conhecimento utilizados* avalia se a ontologia candidata utilizou em sua concepção recursos ontológicos e não ontológicos (certos vocabulários cuja semântica ainda não tenha sido formalizada por meio de uma ontologia, como, por exemplo, glossários, padrões de metadados, esquemas de classificação, taxonomias, tesouros, dentre outros) que promovem, por exemplo, um conhecimento padrão e consensual do domínio. Na área de Ontologia, ontologias de alto nível têm sido denominadas “ontologias de fundamentação” (*Foundational Ontologies*), consideradas sistemas de categorias filosoficamente bem empregadas e independentes de domínio (ALMEIDA, 2013). Por exemplo, a *Descriptive Ontology for Linguistic and Cognitive Engineering* (DOLCE) é uma ontologia conceitualista baseada em aspectos cognitivos, filosóficos e linguísticos (MASOLO *et al.* 2003). Nesse sentido, uma ontologia de fundamentação com seu sistema formal de categorias traz benefícios semânticos quando esclarece o significado pretendido sobre os termos, apoiando, assim, a integração de uma ontologia multimídia com ontologias de domínios específicos. Tais características favorecem a confiabilidade da ontologia candidata frente a aspectos semânticos que apoiam questões de interoperabilidade na Web. Justifica-se assim a classificação desse critério na dimensão *confiabilidade*. Em razão de esses aspectos positivos terem sido encontrados de forma equilibrada numa amostragem (1/3 do total de ontologias selecionadas para análise e avaliação) analisada do corpus, o **peso 8** foi indicado para este critério.

O critério *axiomas identificados na terminologia compatibilizada* avalia a presença de restrições semânticas envolvendo as classes e as propriedades da terminologia compatibilizada. Foi classificado na dimensão *confiabilidade* pelo fato de as declarações formais apoiarem a interpretação pela máquina por meio de inferências lógicas, e permitirem também um suporte a questões de interoperabilidade na Web. Duas razões levaram à atribuição de **peso 6** ao critério axioma. A primeira razão consiste no fato de que não foi considerada na etapa de análise da ontologia a adequação dos axiomas frente aos requisitos multimídia (seria necessário um acompanhamento de um especialista no domínio, o que não ocorreu). Desse modo, mesmo sabendo da importância de sua existência nos elementos ontológicos compatibilizados (podendo ter um peso maior), sua veracidade não foi avaliada, apenas identificada. A segunda razão reside no fato da ocorrência de casos em que as ontologias são disponibilizadas nos repositórios sem ou com poucos axiomas.

O critério *anotações identificadas na terminologia compatibilizada* avalia a presença de informações relevantes sobre um elemento

compatibilizado na ontologia candidata, favorecendo o entendimento acerca de sua natureza. Uma anotação pode estar presente em formato, por exemplo, de definição textual a qual Smith (2013) elucida como uma sentença de condições necessárias e suficientes para a definição da natureza de um conceito. Nesse sentido, justifica-se a classificação do critério anotações na dimensão *esforço para entendimento*. Finalmente, o **peso 5** foi determinado para este critério pelo fato de os comentários se apresentarem sem regras e padronização na amostragem analisada.

O Quadro 1 apresenta os dezessete critérios em suas respectivas dimensões, com suas formas de mensuração (coluna *Valores possíveis*) e pesos indicados. Há que se notar que os pesos bem como as regras estabelecidas para os critérios são uma proposição dos autores da presente pesquisa, baseada em argumentos sobre suas importâncias relativas. Estes pontos devem ser discutidos na generalização da metodologia.

Quadro 1 - Critérios para a avaliação das ontologias analisadas

Critérios	Descrição	Valores possíveis	Pesos indicados	
Custo de Reúso				
Custo econômico	Relacionado a acesso e a uso da ontologia candidata, como, por exemplo, licença de uso, custo de aquisição e exploração devem ser levados em consideração.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(-)	9
Tempo requerido	Relacionado a acesso a ontologia candidata, como, por exemplo, gasto de tempo para obtenção de acesso deve ser levado em consideração.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(-)	7
Esforço para entendimento				
Qualidade da documentação	Relacionado à existência de qualquer material usado para descrever a ontologia candidata como, por exemplo, decisões de modelagem. A partir deste material, um não especialista do domínio deve entender o conhecimento representado na ontologia.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	8
Disponibilidade de conhecimento externo	Relacionado à referência de fontes documentais externas em projetos que fazem uso da ontologia candidata e/ou acesso fácil a autores e especialistas.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	7
Clareza no código	Relacionado à facilidade no entendimento e modificação do código; se as entidades contidas no código seguem um padrão, se são claras e coerentes; se existem comentários; e se o código é documentado.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	8
Anotações identificadas na terminologia compatibilizada	Relacionado à existência e à qualidade das anotações realizadas nos elementos da terminologia compatibilizada da ontologia candidata, promovendo informações relevantes sobre os mesmos.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	5
Esforço para integração				
Número de requisitos	Relacionado à cobertura terminológica da ontologia candidata frente aos requisitos determinados na	Número natural		

funcionais cobertos	pesquisa.	calculado	(+)	10
Adequação a extração de conhecimento	Relacionado à facilidade de identificação e extração de partes do conhecimento na ontologia candidata a reúso.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	9
Adequação a convenção de nomes	Relacionado à verificação de regras associadas à determinação de nomes (terminologia) dos componentes ontológicos (conceitos, relações, etc.).	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	5
Adequação a linguagem de implementação	Relacionado à verificação da linguagem que representa os componentes da ontologia candidata, isto é, se se trata de uma linguagem compatível à almejada para representar conhecimento similar e com a mesma granularidade.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	7
Confiabilidade				
Disponibilidade de testes	Relacionado à disponibilidade de testes para a ontologia candidata a reúso.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	8
Avaliação de testes	Relacionado à existência de um conjunto de unidades de testes usado na avaliação da ontologia candidata.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	8
Reputação do time de desenvolvimento	Relacionado à reputação da equipe de desenvolvimento da ontologia candidata.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	8
Confiabilidade no propósito	Relacionado ao propósito de desenvolvimento da ontologia candidata. Por exemplo, ontologias desenvolvidas como uma amostra acadêmica simples são menos confiáveis do que àquelas desenvolvidas para serem usadas em projetos reais.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	3
Suporte prático	Relacionado à existência de outros projetos conhecidos ou ontologias que reusam a ontologia candidata.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	7
Recursos de conhecimento utilizados	Relacionado a recursos ontológicos (ex. ontologias de fundamentação, etc.) e não ontológicos (ex. padrões de metadados) usados na ontologia candidata.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	8
Axiomas identificados na terminologia compatibilizada	Relacionado à existência de axiomas nos elementos da ontologia, garantindo, assim, restrições acerca de suas interpretações.	{desconhecido, baixo, médio, alto}	(+)	6

Fonte: elaborado pelos autores.

O processo de análise de conteúdo das ontologias consistiu de uma análise de compatibilidade (ou alinhamento semântico) entre os vocabulários das ontologias e os requisitos funcionais determinados na pesquisa. A análise de compatibilidade ocorreu especialmente nos elementos das declarações ontológicas, sob dois aspectos e em sequência: i) nível linguístico; e ii) nível de definição do conceito. No nível linguístico, a interpretação do significado da nomenclatura do termo é subjetiva, não sendo suficiente para assegurar uma correspondência de ordem conceitual. Desse modo, como segunda etapa foi realizada uma análise conceitual que refletiu no significado intencionado do elemento (termo) frente ao contexto pretendido. Para este último, as propriedades de anotação dos conceitos (por exemplo: comentários e definições) foram

verificadas e, quando existentes, analisadas para a obtenção de informações relevantes sobre a natureza dos mesmos.

O método proposto pelo guia *NeOn* para a obtenção da pontuação para cada ontologia avaliada é descrito em três etapas a seguir.

1- Transformar os diferentes valores (linguísticos e numéricos) para uma escala padrão determinada [0 a 3] da seguinte forma:

- Transformar os valores linguísticos para os critérios qualitativos:
- $Valor_T = 0$ para Valor = desconhecido (D)
- $Valor_T = 1$ para Valor = baixo (B)
- $Valor_T = 2$ para Valor = médio (M)
- $Valor_T = 3$ para Valor = alto (A)

Onde:

- $Valor_T$ é o valor transformado.
- *Valor* é o valor linguístico indicado pelo ontologista durante a análise de conteúdo da ontologia.
- Transformar o valor numérico fornecido pelo critério *Número de requisitos funcionais cobertos* por meio da seguinte fórmula:

$$\text{Número de requisitos funcionais cobertos: } Valor_T = (\text{Valor} / \text{TotaldeRequisitos}) \times (\text{MaiorValorLinguístico})$$

Onde:

- $Valor_T$ é o valor transformado.
- *Valor* é o número calculado para o critério a partir da análise de conteúdo da ontologia.
- *TotaldeRequisitos* é o número total de requisitos funcionais determinados na pesquisa (120 ao todo).
- *MaiorValorLinguístico* é o limite máximo dos valores linguísticos, que, neste caso, seria o valor 3 de acordo com a escala [0,3].

2- Calcular a pontuação das ontologias multimídia candidatas da seguinte forma:

- O critério ponderado com (+) e o critério ponderado com (-) são tratados de forma independente. Desse modo, a seguinte fórmula é proposta para se obter a média ponderada para cada tipo de critério:

$$\text{Pontuação}_{i(+)} = \sum j(+)\text{ Valor } \tau_{i,j} \times \text{Peso } j / \sum j \text{ Peso } j$$

$$\text{Pontuação}_{i(-)} = \sum j(-)\text{ Valor } \tau_{i,j} \times \text{Peso } j / \sum j \text{ Peso } j$$

Onde:

- "i" é uma ontologia candidata particular.
- "j" é um critério particular incluído no Quadro 13; j(+) significa critério com peso positivo, e j(-) critério com peso negativo.
- $\text{Pontuação}_{i(+)}$ é a pontuação para a ontologia candidata "i" para o conjunto de critérios ponderado com (+).
- $\text{Pontuação}_{i(-)}$ é a pontuação para a ontologia candidata "i" para o conjunto de critérios ponderado com (-).
- $\text{Valor } \tau_{i,j}$ é o valor transformado para o critério "j" na ontologia "i".
- $\text{Peso } j$ é o peso numérico associado ao critério "j".

3- Calcular a pontuação final para cada ontologia multimídia candidata com a seguinte fórmula:

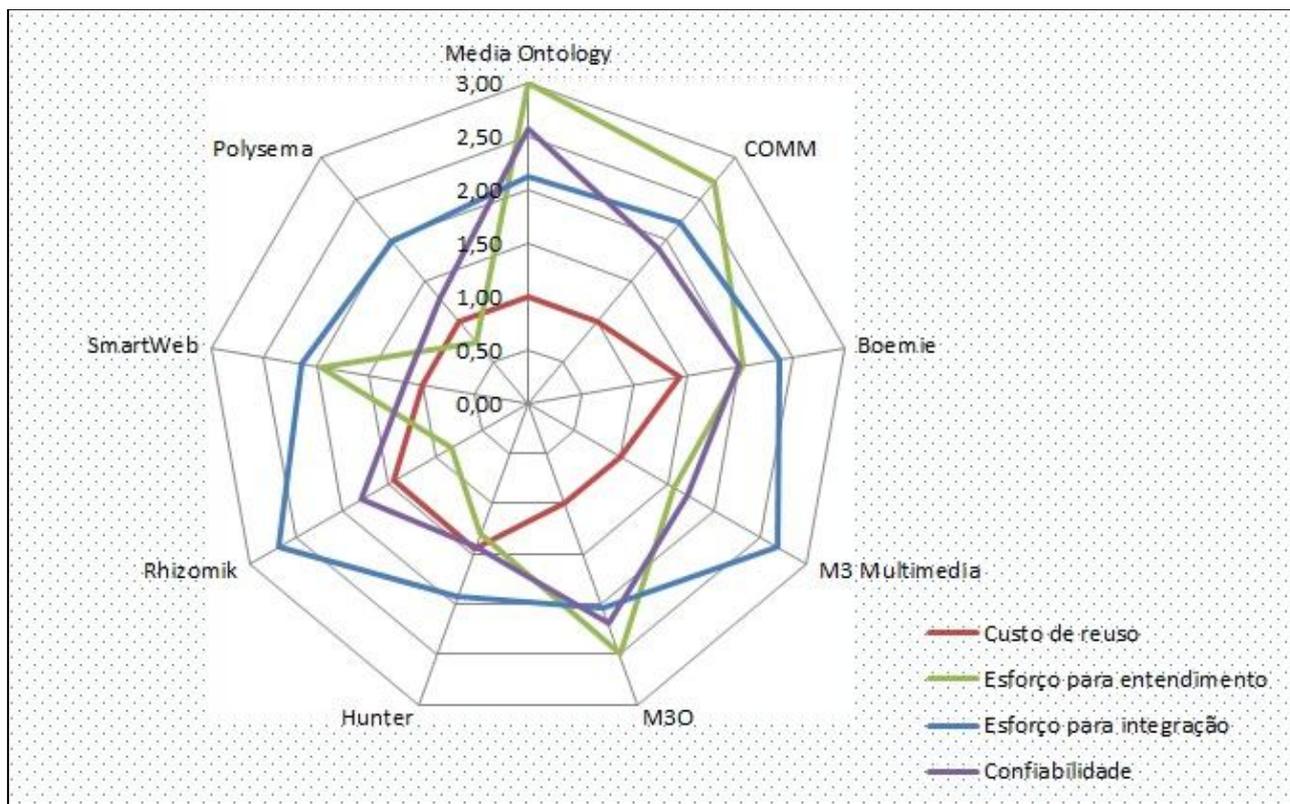
$$\text{Pontuação } i = \text{Pontuação } i(+)\text{ -Pontuação } i(-)$$

Após a aplicação da pontuação final para cada ontologia candidata a reuso, foi possível obter a informação de *ranking* sobre as mesmas, verificar as com a maior pontuação e extrair conclusões a respeito.

4 Resultados da análise comparativa das ontologias para descrição multimídia

A partir da análise comparativa realizada nos dezessete critérios foi possível delinear considerações relevantes sobre as quatro dimensões *custo de reuso*, *esforço para entendimento*, *esforço para integração* e *confiabilidade*; e sobre o *ranking* envolvendo as nove ontologias para descrição multimídia analisadas. As evidências são elucidadas nas seções subsequentes. O Gráfico 1 apresenta uma visão panorâmica e comparativa envolvendo tais dimensões. E o Quadro 2, ao final, apresenta a estratificação da avaliação dos critérios correspondentes em cada dimensão frente às nove ontologias. As pontuações inerentes a cada uma delas também são exibidas.

Gráfico 1 - Panorama comparativo das dimensões para reúso



Fonte: elaborado pelos autores.

A dimensão *custo de reúso* como dimensão que influencia negativamente o *ranking* para reúso se manteve estável para a maioria das ontologias (conforme indica o Gráfico 1) e, portanto, sem considerável influência na pontuação final destas. O aspecto custo econômico de uma forma geral foi avaliado como baixo pelo fato de o acesso as nove ontologias ter ocorrido de maneira gratuita por meio de repositórios indicados na literatura ou de *links* apontados por máquinas de busca da Web Semântica. Já o aspecto tempo requerido variou entre baixo e médio. As ontologias avaliadas com tempo baixo para acesso e abertura no Protégé foram prontamente analisadas. As ontologias do projeto Boemie, a MPEG-7 Hunter e a MPEG-7 Rhizomik foram avaliadas com valor médio em função de alguns impasses no acesso às suas bases de conhecimento.

A dimensão *esforço para entendimento* foi a dimensão que se apresentou com pontuações mais baixas para as ontologias analisadas. Contribuíram para essa realidade a Polysema MPEG-7, a MPEG-7 Rhizomik, a MPEG-7 Hunter e a M3 Multimedia, em geral por motivos de escassez de fontes documentais e/ou ausência de anotações, ou mesmo sem contribuição semântica nos elementos de suas estruturas. Tal constatação as desfavorecem no aspecto consumo de tempo para se conseguir entender seus propósitos, escopos e conceituações visando alinhamentos consistentes. Por outro lado, a *Media Ontology* se destacou

com pontuação alta em todos os critérios (qualidade da documentação, disponibilidade de conhecimento externo, clareza no código e anotações na terminologia compatibilizada). Acredita-se que por ser uma proposta oriunda de um grupo de pesquisa do W3C (*Media Annotation Working Group*) especializado em questões de anotação semântica de mídias na Web, a equipe envolvida buscou empreender esforços na produção e na disponibilização de documentos concernentes ao conhecimento da ontologia. O mesmo procedimento ocorreu para a clarificação do código da ontologia, incluindo organização taxonômica favorável com conceitos delimitados e declarações conceituais adequadas para a maioria de seus elementos ontológicos, facilitando, assim, as possíveis interpretações semânticas por parte do ontologista envolvido na análise. Em decorrência à qualidade da proposta, comprovada nos resultados aqui presentes, informações relevantes a respeito da Media Ontology são encontradas também em outros projetos que praticaram alinhamentos com a sua estrutura, como foram os casos da M3 Multimedia e da M3O.

A dimensão *esforço para integração* foi a dimensão mais bem qualificada em comparação com as outras duas com influência positiva no *ranking* e também a que se manteve geometricamente mais estável. Isso reforça que o método aplicado na seleção de ontologias para descrição multimídia a compor o corpus da pesquisa foi bem sucedido para uma dimensão que contempla um aspecto importante relacionado à cobertura de requisitos funcionais. Em se tratando deste, algumas observações relevantes acerca da existência de lacunas podem ser endereçadas à proposição de recomendações para modelagem de metadados multimídia, conforme as explicações a seguir.

Metadados para classificação e uso da mídia, personalização de conteúdo e características de áudio, tanto de alto quanto de nível baixo, são pouco explorados no contexto das ontologias analisadas. Descritores MPEG-7 específicos para áudio são cobertos apenas pela ontologia MPEG-7 Rhizomiki. Algumas, como são os casos da MDO Boemie e SmartWeb MPEG-7, modelam classes de recursos de áudio, porém desprovidas de axiomas e anotações.

Metadados descritivos de conteúdo possuem estratégias diversificadas de modelagem multimídia nas ontologias analisadas. Algumas propagam ambiguidades semânticas presentes no padrão MPEG-7 buscando seguir a flexibilidade de seus esquemas; outras buscam restringir classes e propriedades relacionadas ao padrão por meio de axiomas, como ocorreu com a MCO Boemie. Há de se pensar na estratégia mais conveniente numa perspectiva de uso dessas ontologias na Web em que as possibilidades interpretativas dos agentes (humanos e computacionais) são diversas. E, por fim, ontologias para anotação semântica são concebidas como meio de a máquina interpretar os

metadados com semânticas bem definidas e necessárias para garantir que o anotador e o consumidor da anotação compartilhem o mesmo significado perante um recurso multimídia.

Finalmente, de acordo com o Gráfico 1, a dimensão *confiabilidade* pode ser considerada uma característica presente na maioria das ontologias analisadas pelas seguintes constatações: i) todas possuem uma equipe de desenvolvimento com boa reputação; ii) todas são assistidas por entidades importantes no cenário mundial, incluindo W3C, *European Commission*, *German Federal Ministry of Education and Research*, conceituadas universidades europeias e renomados centros de pesquisa; e iii) grande parte (M3O, COMM, Boemie, M3 Multimedia, Rhizomik) se propôs a disponibilizar ricas axiomatizações em suas conceituações, as quais são fundamentadas, na maioria dos casos, em ontologias de alto nível, em padrões de projeto multimídia, e no padrão MPEG-7. Destaca-se que ontologias de fundamentação e padrões de projeto multimídia são recursos de conhecimento usados efetivamente apenas pela COMM e M3O na organização semântica de seus elementos multimídia.

Conforme se apresenta no Quadro 2, o *ranking* de ontologias evidencia as ontologias mais proeminentes para o domínio em estudo, a saber, e nesta ordem: Media Ontology (**1,56**); M3O (**1,23**); COMM (**1,19**); e M3 Multimedia (**0,95**). A partir dessa classificação e das constatações alcançadas na análise comparativa tornar-se-ia possível selecionar e justificar recursos ontológicos apropriados a reuso de recursos de conhecimento voltados à organização semântica de metadados para descrição multimídia. Assim, a seguir, algumas observações são feitas nessas ontologias frente à natureza de metadados discutida na pesquisa.

A ontologia Media Ontology pode oferecer recursos de conhecimento concernentes a **metadados independentes de conteúdo** pela razão de possuir um índice de cobertura de 87.5% para esta categoria em relação a 59.4% da COMM. Além do fator cobertura, a Media Ontology se manteve como a ontologia de qualidade diferenciada em relação às nove analisadas, conforme se comprovou nos resultados.

A arquitetura da conceituação da M3O é fundamentada na ontologia de alto nível DOLCE+DnS Ultralight (DUL) e em três padrões de projeto referenciados por esta, a saber: *Description and Situation* (DnS), *Information and Realization Pattern* e *Data Value Pattern*. Os **metadados descritivos de conteúdo** voltados à semântica são geralmente ligados a instâncias de ontologias de domínio cujos rótulos semânticos são organizados na estrutura taxonômica de uma ontologia de fundamentação. Como a M3O se integra à ontologia de fundamentação DUL, esta consegue cumprir o papel de organizar rótulos semânticos advindos de ontologias de domínios específicos em entidades como

evento, objeto, tempo, lugar, etc, e, ainda, tratar de seus relacionamentos.

Os recursos de conhecimento associados a **metadados dependentes de conteúdo** podem ser selecionados das ontologias COMM e M3 Multimedia, tendo em vista que as ontologias Media Ontology e M3O não cobrem tal categoria. A COMM e a M3 apresentaram índices bem próximos de cobertura visual, isto é, 45.5% e 50%, respectivamente. Os recursos de conhecimento relacionados aos metadados de áudio podem ser selecionados da M3 Multimedia pelo fato de esta ter praticado reuso tanto dos metadados visuais quanto os de áudio da ontologia VDO Boemie.

Quadro 2 - Resultado dos critérios avaliados nas ontologias para descrição multimídia

Critérios	Valores																	
	Media Ontology		COMM		Boemie		M3 Multimedia		M3O		MPEG-7 Hunter		MPEG-7 Rhizomik		SmartWeb MPEG-7		Polysema MPEG-7	
Custo econômico	B	1	B	1	B	1	B	1	B	1	B	1	B	1	B	1	B	1
Tempo requerido	B	1	B	1	M	2	B	1	B	1	M	2	M	2	B	1	B	1
Qualidade da documentação	A	3	A	3	A	3	B	1	A	3	B	1	B	1	M	2	B	1
Disponibilidade conhecimento	A	3	A	3	B	1	B	1	B	1	B	1	B	1	D	0	D	0
Clareza no código	A	3	M	2	M	2	A	3	A	3	M	2	B	1	A	3	B	1
Anotações na terminologia	A	3	A	3	M	2	B	1	A	3	B	1	D	0	A	3	B	1
Número de requisitos	47	1.18	58	1.45	42	1.05	80	2.00	21	0.53	43	1.08	118	2.95	41	1.03	29	0.73
Adequação a extração	M	2	M	2	A	3	A	3	A	3	M	2	M	2	A	3	M	2
Adequação a nomes	A	3	A	3	A	3	A	3	M	2	M	2	A	3	A	3	A	3
Adequação a linguagem	A	3	A	3	A	3	A	3	A	3	A	3	A	3	M	2	A	3
Disponibilidade de testes	A	3	D	0	D	0	D	0	M	2	D	0	D	0	D	0	D	0
Avaliação de testes	A	3	D	0	D	0	D	0	B	1	D	0	D	0	D	0	D	0
Reputação do time	A	3	A	3	A	3	A	3	M	2	A	3	A	3	M	2	M	2
Confiabilidade no propósito	A	3	A	3	A	3	A	3	A	3	M	2	M	2	A	3	A	3
Suporte prático	A	3	A	3	A	3	B	1	M	2	M	2	M	2	B	1	B	1
Recursos de conhecimento	M	2	A	3	A	3	A	3	A	3	A	3	A	3	A	3	A	3
Axiomas na terminologia	B	1	M	2	A	3	A	3	A	3	D	0	A	3	D	0	B	1
Pontuação (+)	2.56		2.19		2.12		1.95		2.23		1.53		1.80		1.66		1.35	
Pontuação (-)	1.00		1.00		1.44		1.00		1.00		1.44		1.44		1.00		1.00	
Pontuação (=)	1.56		1.19		0.68		0.95		1.23		0.09		0.36		0.66		0.35	

Fonte: elaborado pelos autores

5 Conclusões

Os resultados alcançados com esta pesquisa refletem contribuições ao campo das Ciências da Informação, especialmente para a área de Representação da Informação, quando se propõe um estudo analítico e criterioso sobre sistemas de organização do conhecimento, incluindo padrões de metadados, modelos e ontologias envolvidos na organização e enriquecimento semântico de metadados para descrição de recursos multimídia na Web. Apesar do conceito abrangente e comumente empregado para metadado, a saber, "dado sobre dado" (GILLILAND, 2016), os usos, as sintaxes e as apropriações são diferentes em escala, complexidade e custo (OSSENBRUGGEN; NACK; HARDMAN, 2004). Nesse sentido, a questão central pode ser posta da seguinte forma: *como indexar, catalogar e recuperar eficazmente conteúdos multimídia para as inúmeras tipologias de metadados existentes a variadas necessidades e conjunturas?* Os resultados desta pesquisa contribuem na perspectiva de possíveis soluções para o tratamento dos variados tipos de metadados existentes para descrição de acervos multimídia, conforme pode ser conferido nas ponderações que seguem.

Um problema comumente verificado nas instituições que fazem uso de acervos em rede das mais variadas naturezas (fotografias, cartas, modelos 3D, periódicos, entrevistas em áudio e vídeo, gravações de rádio, de vídeo, dentre outros) está no tratamento integrado das bases de dados heterogêneas e na ausência de padronização nos formatos de descrição. A descrição de inúmeros itens geralmente é realizada de maneira independente, com padrões idiossincráticos de descrição, ressaltando diferentes características a serem descritas e diferentes terminologias para descrevê-las. Tal prática culmina em situações problemáticas para os sistemas de recuperação da informação como, por exemplo: i) busca feita por palavras isoladas e descontextualizadas, o que dificulta maior visibilidade do acervo sob a ótica dos usuários e, conseqüentemente, dos mecanismos de busca; ii) falta de contexto nos itens midiáticos descritos (por exemplo, como fotos e vídeos se relacionam com o texto?); iii) ambigüidade conceitual (de qual conceito precisamente está se falando?); e iv) pouca relevância para o recurso recuperado.

A comparação de várias propostas de ontologias multimídia frente a padrões de metadados ISO como o MPEG-7 e o Dublin Core evidenciou características relevantes que podem e devem ser descritas para melhor recuperação de recursos multimídia, principalmente no contexto da Web. A necessidade de integração semântica e disponibilização global de recursos multimídia na rede é um propósito comum entre as propostas de ontologias pesquisadas. O *ranking* de ontologias, produto da análise comparativa frente a quatro dimensões concernentes a reuso, evidenciou as ontologias mais proeminentes para o domínio em estudo. A partir das

constatações de características multimídia concernentes a cada uma delas, tornar-se-ia possível selecionar os recursos de conhecimento provenientes de suas estruturas e propor um modelo conceitual de referência para a organização e representação desse tipo de domínio. O sentido de "referência" é o que caracteriza o modelo como um artefato subjacente a esforços multidisciplinares de pesquisas voltados a modelos e tecnologias para processamento de metadados multimídia envolvendo comunidades como a Ciência da Informação e a Ciência da Computação.

Um modelo de referência para organização de metadados multimídia seria uma solução abrangente de representação por ser fruto de uma avaliação metódica, bem fundamentada e criteriosa realizada em ontologias para descrição multimídia. A análise comparativa promoveu as condições necessárias para a seleção e o reuso de recursos de conhecimento apropriados a representar uma estrutura taxonômica abrangente capaz de comportar conceitos genéricos advindos de padrões de projeto multimídia juntamente com classes de tipos de metadados (independentes, dependentes e descritivos de conteúdo) que preveem uma clara separação de interesses em relação à mídia, a saber: semântica de conteúdo, conhecimento relacionado à gestão de recursos informacionais, aspectos estruturais de conteúdo e características da realidade documental de tipo multimídia.

Problemas associados a aspectos de interoperabilidade semântica e sintática requeridos por aplicações multimídia na rede LOD podem ser amenizados pela natureza formal da ontologia de fundamentação DUL e seus padrões de projeto de conteúdo de ontologias advindos da ontologia M3O, por exemplo. Tais estruturas asseguram que o significado intencionado da semântica capturada no modelo de referência possa ser compartilhado entre diferentes aplicações no escopo da Web Semântica, além de transmitir uma sintaxe acordada por esta comunidade pelo uso da linguagem OWL.

Finalmente, mas sem esgotar as possibilidades, um modelo de referência multimídia poderia ser usado em sistemas de informação voltados a instituições de patrimônio cultural, como arquivos, bibliotecas, museus, centros de documentação e projetos de memória, cujos usuários consomem, interpretam, manipulam e geram conteúdos multimídia nos acervos que, atualmente, se encontram em repositórios com bases de dados relacionais. Assim, a proposição de uma camada semântica aos dados facilitaria a interoperabilidade entre acervos digitais de diferentes instituições de memória e cultura, a exemplo, hoje, da biblioteca digital *Europeana*.

Referências

ABBAS, J. *Structures for organizing knowledge: exploring taxonomies, ontologies, and other schema*. New York: Neal-Schuman Publishers, 2010.

ALLEMANG, D.; HENDLER, J. *Semantic web for the working ontologist: modeling in RDF, RDFS and OWL*. MA, USA: Elsevier, 2008.

ALMEIDA, M. B. Revisiting ontologies: a necessary clarification. *Journal of the American Society of Information Science and Technology*, v. 64, n. 8, p. 1682-1693, 2013.

ANSI/NISO Z39.19-2005 (R2010). *Guidelines for the construction, format, and management of monolingual controlled vocabularies*. Baltimore: NISO Press, 2005. 184 p.

ARARIPE, F. M. A. Do patrimônio cultural e seus significados. *Transinformação*, Campinas, v. 16, n. 2, p. 111-122, ago. 2004.

ARNDT, R. et al. Comm: A core ontology for multimedia annotation. In: *Handbook on Ontologies*. Springer, Berlin, Heidelberg, 2009. p. 403-421.

ATEMEZING, G. A. *Analyzing and ranking multimedia ontologies for their reuse*. 2011. Tesis (Master) - Facultad de Informática, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, 2011.

BERNERS-LEE, T; HENDLER, J.; LASSILA, O. The semantic web. *Scientific American*, v. 284, n. 5, p. 34-43, May 2001.

BERNERS-LEE, T. Linked Data. In: BERNERS-LEE, Tim. *Design Issues*. 2006. Disponível em: <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>. Acesso em: 09 fev. 2020.

BIZER, C.; HEATH, T.; BERNERS-LEE, T. Linked Data - the story so far. *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, v. 5, n. 3, p. 1-22, 2009.

BODOFF, D.; HUNG, P.C.K.; BEN-MENACHEM. M. Web metadata standards: observations and prescriptions. *IEEE Software*, v. 22, n. 1, p. 78-85. 2005.

BÜRGER, T. et al. *INSEMTIVES: deliverable 2.1.1, report on the state-of-the-art and requirements for annotation representation models*. 2009. Disponível em: <http://eprints.biblio.unitn.it/1808/1/007.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2020.

CHANG, S.F.; SIKORA, T.; PURL, A. Overview of the MPEG-7 standard. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, v. 11, n. 6, p. 688-695, 2001.

DASIOPOULOU, S. *Multimedia content and descriptor ontologies*: final version. 2008. Disponível em: https://www.academia.edu/2721370/Multimedia_content_and_descriptor_ontologies-final_version. Acesso em: 09 fev. 2020.

DOMINGUE, J.; FENSEL, D.; HENDLER, J. A. *Handbook of semantic web technologies*. Heidelberg: Springer-Verlag Berlin, 2011.

EUROPEANA. *Definition of the Europeana Data Model v5.2.8*. 2017. Disponível em: https://pro.europeana.eu/files/Europeana_Professional/Share_your_data/Technical_requirements/EDM_Documentation//EDM_Definition_v5.2.8_102017.pdf . Acesso em: 09 fev. 2020.

FINK, E. E. *American Art Collaborative (AAC) Linked Open Data (LOD) Initiative* Releases "Overview and Recommendations for Good Practices". 2018. 80 p. Disponível em: http://americanartcollaborative.org/wp-content/uploads/2018/03/AAC_LOD_Overview_Recommendations.pdf . Acesso em: 09 fev. 2020.

GARCÍA, R.; CELMA, O. Semantic integration and retrieval of multimedia metadata. In: INTERNATIONAL WORKSHOP ON KNOWLEDGE MARKUP AND SEMANTIC ANNOTATION, 5th, 2005, Galway. *Proceedings...* Galway, 2005, p. 69-80.

GILLILAND, A. J. Setting the Stage. In: BACA, M. (Ed.). *Introduction to metadata*. 3. ed. Los Angeles: Getty Research Institute, 2016.

GUARINO, N. *Formal ontology in information systems*. 1998. Disponível em: <http://citeseer.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=E88DA9B5B5A9797C83C1F2E3C907991F?doi=10.1.1.29.1776&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 09 fev. 2020.

GRUBER, T. R. *What is an ontology?* 1993. Disponível em: <http://www-ksl.stanford.edu/kst/what-is-an-ontology.html>. Acesso em: 09 fev. 2020.

HILDEBRAND, M. et al. *Searching in semantically rich linked data: a case study in cultural heritage*. 2010. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=179DEB9CD4388DE9FC4074CDE7FF1BCE?doi=10.1.1.154.3789&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 09 fev. 2020.

HJORLAND, B. Domain analysis in information science; eleven approaches. *Journal of documentation*, v.58, n.4, 2002.p.422-463.

HUNTER, J. Adding multimedia to the semantic web: Building an mpeg-7 ontology. In: *Proceedings of the First International Conference on Semantic Web Working*. CEUR-WS. org, 2001. p. 261-283.

HYVÖNEN, E. Publishing and Using Cultural Heritage Linked Data on the Semantic Web. *Synthesis Lectures on the Semantic Web: Theory and Technology*, v. 2, n. 1, p. 1-159, 17 out. 2012.

INTERNATIONAL FEDERATION OF LIBRARY ASSOCIATIONS AND INSTITUTIONS (IFLA). *Functional requirements for bibliographic records*. 2009. 142 p. Study Group on the Functional Requirements for Bibliographic Records. Disponível em: https://www.ifla.org/files/assets/cataloguing/frbr/frbr_2008.pdf. Acesso em: 09 fev. 2020.

JUNIOR, D. W. B. et al. Semiautomatização de relações em tesauros: uma proposta para o refinamento de relacionamentos semânticos a partir do tesauro Agrovoc. *Informação&Informação*, v. 22, n. 3, p. 377-404. 2017.

LE BOEUF, P. et al. (Ed.). *Definition of the CIDOC Conceptual Reference Model: version 6.2.3*: International Council of Museums (ICOM); International Committee for Documentation (CIDOC), 2018. Documentation Standards Group. Disponível em: <http://www.cidoc-crm.org/Version/version-6.2.3-0>. Acesso em: 09 fev. 2020.

LE MOS, D. L. da S.; SÁ, A. M. E.; SOUZA, R. R. Padrões para documentação de réplicas digitais em 3D: o caso de esculturas modernistas no espaço público do Rio de Janeiro. *Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação*, n. XX ENANCIB, 2019. Disponível em: <https://conferencias.ufsc.br/index.php/enancib/2019/paper/view/916/623>. Acesso em: 09 fev. 2020.

LE MOS, D.L. da S.; SOUZA, R. R.. Ontologias na representação de documentos: um panorama atual para descrição de conteúdo multimídia em rede. *Informacao& Sociedade-Estudos* , v. 29, n.4, p. 103-134, 2019.

MARTÍNEZ, J. M. *MPEG-7 overview (version 10)*.2004. Disponível em: <https://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-7>. Acesso em: 09 fev. 2020.

MARTÍNEZ, J.; KOENEN, R.; PEREIRA, F. MPEG-7: the generic multimedia content description standard - part 1. *IEEE Multimedia*, v. 9, n. 2, p. 78-87, 2002.

MASOLO, C. et al. *Ontology library: wonder web deliverable D18*. Trento, 2003. Disponível em: <http://www.loa.istc.cnr.it/old/Papers/D18.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2020.

MILLER, S. J. *Metadata For Digital Collection: a how-to-do-it manual*. New York; London: Neal-Schuman Publishers Inc., 2011.

NACK, F.; LINDSAY, A. T. Everything you wanted to know about MPEG-7: part 1. *IEEE Multimedia*, v. 6, n. 3, p. 65-77, 1999a.

NACK, F.; LINDSAY, A. T. Everything you wanted to know about MPEG-7: part 2. *IEEE Multimedia*, v. 6, n. 4, p. 64-73, 1999b.

NACK, F.; OSSENBRUGGEN, J.V.; HARDMAN, L.H. That obscure object of desire: multimedia metadata on the web -part 2. *IEEE MultiMedia*, v. 12, n. 1, p. 54-63, 2005.

OBERLE, D. et al. On foundational and domain models in the smartweb integrated ontology (SWIntO). *Journal of Web Semantics*, v. 5, n. 3, p. 156-174, 2007.

OSSENBRUGGEN, J. V.; NACK, F.; HARDMAN, L. H. That obscure object of desire: multimedia metadata on the web - part 1. *IEEE MultiMedia*, v. 11, n. 4, p. 38-48, 2004.

PATTUELLI, M. C. Modeling a domain ontology for cultural heritage resources: a user-centered approach. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, v. 62, n. 2, p. 314-342, 2011.

RADEMAKER, A. et al. A linked open data architecture for the historical archives of the Getulio Vargas Foundation. *International Journal on Digital Libraries (Print)*, v.15, n. 2-4, p. 153-167, 2015.

SAATHOFF, C.; SCHERP, A. Unlocking the semantics of multimedia presentations in the web with the multimedia metadata ontology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON WORLD WIDE WEB, 19th, 2010, Raleigh. *Proceedings...*New York: ACM, 2010. p. 831-840.

SALEMBIER, P. Overview of the MPEG-7 standard and of future challenges for visual information analysis. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, New York, v. 2002, n. 2, p. 343-353, 2002.

SALEMBIER, P.; SMITH, J. MPEG-7 multimedia description scheme. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Tecnology*, v. 11, n. 6, June 2001.

SANTARÉM SEGUNDO, J. E.; SILVA, M. F.; MARTINS, D. L. Revisitando a interoperabilidade no contexto dos acervos digitais. *Informação & Sociedade-Estudos*, João Pessoa, v.29, n.2, p. 61-84, 2019.

SCHANDL, B. et al. Linked Data and multimedia: the state of affairs. *Multimedia Tools and Applications*, v. 59, p. 523-556, 2012.

SILVA, D.L. da; SOUZA, R. R.; ALMEIDA, M. B. Ontologias e vocabulários controlados: comparação de metodologias para construção. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 37, n.3, p. 60-75, 2008.

SILVA, D.L. da; SOUZA, R. R. Representação de documentos multimídia: dos metadados às anotações semânticas. *Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação*, v. 7, n.1, 2014.

SILVA, D. L. da. *Ontologias para representação de documentos multimídia: análise e modelagem*. 2014. 441 f. Tese (Doutorado em Ciência da Informação) - Escola de Ciência da Informação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

SITARAM, D.; DAN, A. *Multimedia servers: applications, environments and design*. San Francisco: Morgan Kaufmann Publishers, 1999.

SMITH, B. *Ontology and Information Systems*. 2004. Disponível em: [http://ontology.buffalo.edu/ontology\(PIC\).pdf](http://ontology.buffalo.edu/ontology(PIC).pdf). Acesso em: 09 fev. 2020.

SMITH, B. *Introduction to the logic of definitions*. 2013. Disponível em: http://ceur-ws.org/Vol-1061/Paper5_DO2013.pdf. Acesso em: 09 fev. 2020.

SOERGEL, D. (Org.). Ontologias na ciência da informação: estado da arte no Brasil In: Special number - *Ciência da Informação*, Brasília, DF, v.46, n.1, p.1-227, 2017. Disponível em: <http://revista.ibict.br/ciinf/issue/view/237/showToc>. Acesso em: 09 fev. 2020.

STEGMAIER, F. et al. How to align media metadata schemas? design and implementation of the media ontology. In: *Proceedings of the 10th International Workshop of the Multimedia Community on Semantic Multimedia Database Technologies (SeMuDaTe 2009)*. 2009. p. 56-69.

SUÁREZ-FIGUEROA, M. C.; GÓMEZ-PÉREZ, A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, M. The NeOn methodology for ontology engineering. In: *Ontology Engineering in a Networked World*. Berlin: Springer, 2012. p. 9-34.

TAYLOR, A. G. *The organization of the information*. 2nd ed. Westport: Libraries Unlimited, 2004. 417 p.

UREN, V. et al. Semantic annotation for knowledge management: requirements and a survey of the state of the art. *Journal of Web Semantics*, v. 4, n. 1, p. 14-28, 2005.

VALKANAS, G.; TSETSOS, V.; HADJIEFTHYMIADES, S. The polysema MPEG-7 video annotator. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SEMANTICS AND DIGITAL MEDIA TECHNOLOGIES, 2nd, 2007, Genova. *Proceedings...* Berlin: Springer, 2007. *Demo*.

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

WINER, D.; ROCHA, I. E. Europeana: um projeto de digitalização e democratização do patrimônio cultural europeu. *Patrimônio e Memória*, São Paulo, Unesp, v. 9, n. 1, p. 113-127, 2013.

ZENG, M. L.; QIN, J. *Metadata*. New York: Neal-Schuman Publishers, 2008.