TPBCI | Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação

PADRÕES PARA DOCUMENTAÇÃO DE RÉPLICAS DIGITAIS EM 3D: o caso de esculturas modernistas no espaço público do rio de janeiro

STANDARDS FOR DOCUMENTATION OF DIGITAL REPLICAS IN 3D: the case of modernist sculptures in public space of Rio de Janeiro

Daniela Lucas da Silva Lemos [1]
Asla Medeiros e Sá [2]
Renato Rocha Souza [3]

Resumo: O artigo trata de instituições interessadas em tornar mais efetivo o acesso e a recuperação de informações por meio da aplicação das tecnologias digitais em 3D bem como das tecnologias para tratamento de dados na Web. Como estudo de caso, partiu-se da proposta de digitalização em 3D de esculturas públicas do período moderno situadas em espaços públicos na cidade do Rio de Janeiro, visando a criação de um repositório envolvendo as réplicas digitais produzidas a partir dessas obras digitalizadas. As réplicas digitais nesse contexto carecem de descrição em seus aspectos originais, de mídia e de conteúdo em 3D para a obtenção da documentação desses ativos. O artigo, assim, objetiva analisar potenciais vocabulários, incluindo padrões de metadados e ontologias, a fim de serem recomendados ao processo de documentação. Metodologicamente, a pesquisa foi classificada como sendo de natureza qualitativa, de caráter exploratório, descritivo e explicativo à luz de literatura científica já publicada e material empírico específico, o que a torna bibliográfica e documental. Apresenta os resultados da análise de padrões e vocabulários para documentação de patrimônio cultural e uma discussão sobre como se alinharam à natureza de metadados discutida na pesquisa. Conclui-se mostrando que a proposta para a documentação dos ativos apoiando-se no uso de padrões de metadados e ontologias bem fundamentadas e recomendadas por comunidades e entidades normativas se mostra diferenciada e estratégica na busca de soluções inteligentes para descrição de conteúdo multimídia no domínio de patrimônio cultural.

Palavras-Chave: Acervos em Rede. Digitalização 3D. Padrões de Metadados. Ontologias.

[1] Doutora em Ciência da Informação pela Universidade Federal de Minas Gerais. Professora do Departamento de Biblioteconomia da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES).
[2] Pós Doutora pelo *Cultural Informatics Research Group* da Universidade de Brighton na Inglaterra financiado pela CAPES. Doutora em Ciências, com ênfase em Computação Gráfica, pelo IMPA- Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada. Professora da Escola de Matemática Aplicada EMAp-FGV/RJ.
[3] Doutor em Ciência da Informação pela Universidade Federal de Minas Gerais e Pós-doutor em Tecnologias Semânticas para Recuperação de Informação - University of South Wales, UK. Professor e pesquisador da Escola de Matemática Aplicada (EMAp) da Fundação Getúlio Vargas.

PADRÕES PARA DOCUMENTAÇÃO DE RÉPLICAS DIGITAIS EM 3D: o caso de esculturas modernistas no espaço público do rio de janeiro

Daniela Lucas da Silva Lemos
Asla Medeiros e Sá
Renato Rocha Souza

Abstract: *Many heritage and cultural institutions aims at making information access and retrieval more effective, through the use of digital technologies as 3D modeling and web technologies. The paper describes a case study of 3D digitization of contemporary public sculptures located in the city of Rio de Janeiro squares and parks, aiming at the creation of a repository involving digital replicas produced from these digitized works. Those digital replicas require the modeling of their original aspects, media e 3D content, and this paper aims at analyzing potential vocabularies, including metadata standards and ontologies, that could be useful for the documentation process. Methodologically, the research is classified as qualitative, exploratory, descriptive and explanatory. Also, bibliographic and documentary, as a great effort was made to raise the published scientific literature and specific empirical material. It presents the results of the analysis of standards and vocabularies for the documentation of cultural heritage; and a discussion of how to align these standards with the metadata used in the research with 3D objects. As one of the conclusions, it was shown that the proposal for the documentation of assets based on the use of well-founded metadata standards and ontologies recommended by communities and regulatory entities is strategic as a solutions for multimedia content description in the domain of cultural heritage.*

Keywords*: Networked Heritage Documents; 3D Digitization; Metadata Standards; Ontologies.*

1 INTRODUÇÃO

A demanda por integração e compartilhamento de dados heterogêneos na Internet tem despertado interesse em várias comunidades na publicação de seus dados em formato padronizado utilizando as tecnologias da Web Semântica. O *Linked Open Data* (LOD) ou dados abertos interligados é uma iniciativa vinculada a Web semântica (BERNERS-LEE; HENDLER; LASSILA, 2001) que fundamenta este cenário, possibilitando ligações entre dados de diferentes fontes na proposição de que novos conhecimentos possam ser gerados através do cruzamento desses dados em vários tipos de consultas personalizadas (BERNERS-LEE, 2006; BIZER; HEATH; BERNERS-LEE, 2009; SCHANDL *et al*., 2011; DOMINGUE; FENSEL; HENDLER, 2011). Dentre as comunidades que fazem uso, destacam-se: patrimônio cultural, multimídia, biologia, medicina, genoma, na adoção de conceituações comuns por meio de vocabulários semânticos na Web (SHADBOLT; HALL; BERNERS-LEE, 2006; SCHANDL *et al*., 2011). Tais comunidades desenvolvem linguagens com padrões preconizados pelo *World Wide Web Consortium* (W3C) para representar e organizar semanticamente seus dados na rede.

O interesse deste artigo está nas instituições inseridas no contexto de patrimônio cultural, como bibliotecas, arquivos, museus, centros de documentação e memória, dentre outras, interessadas em tornar mais efetivo o acesso e a recuperação de informações por meio da aplicação das tecnologias. Nesse contexto, a presente pesquisa aproveitou-se da maturidade das tecnologias digitais em três dimensões (3D) bem como das de tratamento de dados na Web para possibilitar que as comunidades de patrimônio cultural tenham acesso aberto à documentação envolvendo objetos culturais.

Como estudo de caso, partiu-se da proposta de digitalização em 3D de esculturas públicas do período moderno situadas em espaços públicos na cidade do Rio de Janeiro, que visa à criação de um repositório digital em rede envolvendo as réplicas digitais produzidas a partir dessas obras digitalizadas. O projeto foi idealizado por iniciativa de duas escolas da Fundação Getúlio Vargas (FGV): a Escola de Ciências Sociais da Fundação Getúlio Vargas (FGV/CPDOC[4]) e a Escola de Matemática Aplicada (FGV/EMAp[5]), unidas a colaboradores externos à instituição. O cenário evidencia o caráter interdisciplinar do projeto, que une tecnologia de dados e computação gráfica à expertise de documentação histórica.

[4] FGV: Centro de Pesquisa e Documentação de História Contemporânea do Brasil. https://cpdoc.fgv.br/sobre
[5] FGV: Escola de Matemática Aplicada. https://emap.fgv.br/

O propósito desse repositório é disseminar um detalhado conjunto de informações para o público em geral, pesquisadores e gestores ligados à preservação do patrimônio, permitindo, assim, conhecer e potencializar o uso desse acervo de bens culturais. Para tal, a pesquisa em si investigou, propôs e validou um fluxo de trabalho necessário para a documentação das obras de arte modernistas envolvidas no âmbito do projeto, a saber: i) identificação de monumentos e esculturas em espaços abertos na cidade do Rio de Janeiro; ii) produção das réplicas digitais em 3D, incluindo o processo de digitalização das obras; e iii) formas de acesso às réplicas digitais. Nesse cenário, as réplicas digitais carecem de descrição em seus aspectos originais, de mídia e de conteúdo em 3D para a obtenção da documentação desses ativos de patrimônio cultural, pensando em acesso e recuperação de informações relevantes e de interesse aos provedores de conteúdo e seus usuários finais.

Constata-se, assim, que a criação de acervos em rede cresce em volume considerável com projetos de digitalização de coleções envolvendo objetos culturais (HILDEBRAND *et al*., 2010; PATTUELLI, 2011; WINER; ROCHA, 2013) que buscam ampliar a democratização do conhecimento cultural na Web, visando preservação, recuperação e conservação de patrimônios culturais (ARARIPE, 2004). Entretanto, ao que se percebe, o uso das tecnologias pela sociedade atual remete a questões da existência de múltiplos formatos, tópicos, línguas e linguagens, culturas e públicos-alvo (comunidades leigas e especialistas), o que promove desafios ao processo de produção, organização e disseminação de informação em função da descaracterização do formato de produção e consumo de informação associado a seus usuários. Para o campo de patrimônio cultural com interesse na publicização de seus acervos em rede, pode-se considerar como sendo um dos principais desafios (HYVÖNEN, 2012).

No campo da Ciência da Informação, em especial na área de Organização e Representação da Informação e do Conhecimento (DAHLBERG, 1993; HJØRLAND, 2003; ABBAS, 2010), as pesquisas se concentram na busca de melhorias aos sistemas de recuperação da informação, incluindo estudos sobre padrões de metadados, modelos conceituais e de referência, vocabulários controlados e ontologias para o tratamento descritivo e temático de

documentos em várias mídias visando à necessidade de integração semântica e disponibilização global de recursos de informação na rede (IFLA, 1998; LE BOEUF, 2018; EUROPEANA, 2017; LEMOS; SOUZA, 2018).

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. Assim, podem ser usadas, por exemplo, para organização e controle da terminologia usada em 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; DOMINGUE; FENSEL; HENDLER, 2011; SILVA; SOUZA, 2014), o que os tornam inteligentes no sentido de possibilitar conhecimento sobre o conteúdo, viabilizando processamento pela máquina.

Nessa perspectiva, este artigo objetiva analisar potenciais vocabulários, incluindo padrões de metadados e ontologias, a fim de serem recomendados ao processo de documentação das réplicas digitais em 3D, que são objeto de estudo do projeto FGV/CPDOC/EMAp elucidado anteriormente. Ressalta-se que a especificação de uso efetivo desses padrões e vocabulários é antes de tudo uma proposta de trabalhos futuros.

O artigo encontra-se organizado como se segue. A presente seção contextualiza o cenário da proposta de documentação das réplicas digitais em 3D, problematiza a pesquisa e traça o objetivo do artigo. As seções 2 e 3 se incubem de apresentar embasamentos conceituais e empíricos úteis ao entendimento da pesquisa. A seção 4 descreve os aspectos metodológicos

que fundamentaram o percurso da pesquisa, destacando as etapas do fluxo de trabalho proposto para documentar o processo de identificação, digitalização e acesso às réplicas digitais em 3D; além do método aplicado à identificação, à seleção e à análise de vocabulários adequados ao objetivo da pesquisa. A seção 5 apresenta os resultados, promovendo uma discussão sobre a natureza dos metadados frente a cada etapa do fluxo de trabalho aliada à indicação de potenciais vocabulários que poderiam se ajustar a cada uma dessas etapas. Finalmente, a seção 6 se encarrega de traçar as considerações finais e os direcionamentos futuros quanto à continuidade do projeto.

2 DIGITALIZAÇÃO DE PATRIMÔNIO CULTURAL E PRODUÇÃO DE RÉPLICAS DIGITAIS EM 3D

Um recurso digital de tipo multimídia contempla um documento composto que faz referência a vários tipos de objetos, tais como vídeo, texto, som, imagem, modelo em 3D, dentre outros, e que ainda pode ser dividido em partes que resultam em tipos de mídias específicos (SITARAM; DAN, 1999). Atualmente, objetos multimídia tornam-se onipresentes no lazer, no aprendizado, nas artes, na comunicação, no comércio, nas ciências, tomando formatos de arquivos digitais produzidos e disponibilizados geralmente em repositórios na Web. Um exemplo em patrimônio cultural seriam coleções digitais organizadas em bases de dados oriundas de museus e outras instituições responsáveis pela guarda e divulgação de obras de arte e documentos históricos.

Adjeroh e Nwosu (1997) acrescentam que alguns tipos de dados multimídia como vídeo, áudio e sequências de animação possuem requisitos temporais que implicam diretamente na representação, armazenamento, transmissão, manipulação e apresentação do dado. De forma similar, imagens, modelos em 3D e vídeos possuem restrições espaciais em seus conteúdos no que diz respeito a relações espaciais entre objetos individuais pertencentes a uma imagem, a uma réplica digital em 3D ou a um quadro de um vídeo. Desse modo, na representação de objetos multimídia devem-se levar em consideração: i) relações espaciais entre elementos de

interesse dentro do conteúdo; e ii) relações temporais na ocorrência de eventos dentro de um período de tempo.

No contexto da presente pesquisa, uma réplica digital em 3D pode ser considerada um recurso digital multimídia por envolver composição de imagens estáticas, gráficos, possíveis textos, ou até mesmo sons. A réplica reproduz da forma mais abrangente possível as informações de um objeto físico, incluindo informações de forma, cor e textura. Esses recursos são de grande utilidade para a comunidade de patrimônio cultural, pois podem facilitar o compartilhamento de informações que são críticas para a salvaguarda e disseminação de tais objetos. Para Scopigno *et al*. (2017), o progresso dos sistemas ópticos, da fotografia digital e da computação visual disponibilizou uma série de tecnologias maduras para a produção de réplicas digitais em 3D, desde scanners de alto custo até câmeras comuns. Além das tecnologias digitais em 3D, as abordagens baseadas na Web já revolucionaram o tipo de acesso ao resultado dos esforços de digitalização (POTENZIANI *et al*., 2015; SCOPIGNO, *et al*., 2017; POTENZIANI *et al*., 2018). Repositórios baseados na Web, como o Sketchfab[6] e o Scanthe World[7], facilitam o compartilhamento de informações em 3D com um público mais amplo, motivando, portanto, uma variedade de usuários a se engajarem em esforços de digitalização.

Na última década, uma grande quantidade de projetos tem focado na digitalização de ícones únicos ou um conjunto de artefatos associados a patrimônio cultural. Por exemplo, projetos como o 3DPetrie[8], STARC[9] e 3D-ICONS[10], entre outros, investigaram a aplicação de tecnologias em 3D para documentação de patrimônio cultural. Scopigno *et al*. (2017) resumem o estado da arte dos desafios para essas iniciativas atuais de digitalização. Uma observação importante é o fato de que, apesar da disponibilidade de plataformas de compartilhamento, ainda há lacunas em abordagens estruturadas para gerar e agregar os resultados de um número considerável de iniciativas de digitalização em 3D. Isso inclui as réplicas digitais em 3D

6 https://sketchfab.com/
7 https://www.myminifactory.com/scantheworld/
8 MUSEUM P.: 3d petrie museum. https://www.ucl.ac.uk/3dpetriemuseum/3dobjects
9 STARC: Starc. http://public.cyi.ac.cy/starcRepo/explore/objects
10 3D-ICONS: 3d-icons. http://3dicons-project.eu/

resultantes, bem como todo o conteúdo gerado durante o processo de digitalização. Informações sobre os metadados usados nesses projetos envolvendo tecnologias digitais em 3D também são importantes de serem compartilhadas entre as comunidades de prática, em função da troca de experiências sobre padrões de descrição para esse tipo de recurso. Isso inclui metadados sobre os tipos de arquivos de mídia digital em 3D, metadados que descrevem a réplica digital em si e metadados que descrevem os artefatos no mundo real, o que promove benefícios em aspectos de acessibilidade e disponibilidade desses recursos em rede.

O presente projeto de pesquisa focou em esculturas ao ar livre, colocadas em estradas, ruas, parques e outras áreas públicas do Rio de Janeiro, o que se denominou de ativos de patrimônio aberto. Estando em espaços públicos, os monumentos tornam-se abertos à sociedade desenvolvendo um senso comum de propriedade e responsabilidade de cuidar deles, o que remete à conservação do patrimônio. Os monumentos e esculturas pertencem ao contexto modernista brasileiro, movimento artístico que encontrou sua própria expressividade em arquitetura, paisagismo, arte, poesia e literatura. Por quase um século, a arquitetura moderna e pós-moderna brasileira além do paisagismo foram aclamados mundialmente. O foco na história moderna e contemporânea é assim justificado pela instituição alvo e o objetivo de longo prazo é a interpretação da escolha e colocação dos monumentos públicos em seu contexto histórico. A tecnologia surge como um meio para contar a história e não o objetivo em si.

3 MODELOS PARA ANOTAÇÃO SEMÂNTICA DE RECURSOS EM REDE

Um recurso de informação em ambientes digitais pode ser descrito por meio de modelos de anotação expressos em *tags*, atributos, relações e ontologias dentre os quais se caracterizam por seus níveis de complexidade estrutural (BÜRGER, 2009). Um elemento de anotação baseado em *tag* caracteriza-se por uma palavra chave não hierárquica ou termo livre associado a um

recurso. Um elemento de anotação baseado em "atributo" é representado por um par <AN, AV>, em que AN é o nome do atributo e AV é o seu valor. Já o modelo de anotação de relação é uma extensão do modelo de atributos, permitindo o usuário interligar recursos através de *links*. Exemplos de aplicações seriam: a rede social *Flickr* e a base de conhecimento *Wikidata*.

Apesar de serem modelos comumente usados no contexto da Web, as anotações oriundas de *tags*, atributos e relações ficam sujeitas a problemas de heterogeneidade semântica devido à natureza ambígua da linguagem natural, resultando em questões como (i) polissemia, (ii) sinonímia e (iii) fatores hierárquicos. Em (i) os elementos de anotação podem ter interpretação ambígua, por exemplo, o termo "história" pode ser usado para associar uma "breve descrição histórica do monumento" ou para representar "um tipo de disciplina"; essa situação pode reduzir a precisão na busca em um sistema de recuperação da informação. Em (ii), os elementos de anotação podem ser sintaticamente diferentes, mas com o mesmo significado, por exemplo, os nomes de atributos "é fotografia de" e "é monumento de" podem ser usados alternativamente por usuários e, portanto, deveriam ser ligados como atributos sinônimos. E em (iii), os termos usados na anotação e na busca são diferentes em suas especificidades, por exemplo, quando o usuário executa a busca com o termo "história da arte", os recursos anotados com o termo "modernista", caso não sejam vinculados, não serão encontrados no sistema.

Os problemas supracitados geralmente são amenizados usando-se de instrumentos como vocabulários controlados (LANCASTER, 2004; ANSI, 2005) para identificar de forma unívoca e não ambíguos recursos ou documentos envolvidos em sistemas de recuperação de informação. Desse modo, no processo de anotação, o usuário utiliza elementos do vocabulário controlado (ex. termos, conceitos) para retirar ambiguidades dos termos destinados à descrição do recurso; já no processo de busca, o usuário produz uma consulta buscando o mesmo feito nos termos envolvidos a partir de elementos do vocabulário controlado e, em seguida, submete esta consulta a uma máquina de busca.

Ontologias como modelo de anotações podem ser usadas como vocabulários controlados, no entanto numa perspectiva de tratamento semântico, o que permite um usuário descrever e interligar recursos existentes por meio de qualificadores (que podem ser explicitados por meio de axiomas formais) como conceitos, instâncias, propriedades e restrições mantidas entre tais recursos. O modelo é endereçado à anotação semântica de documentos, o que Shadbolt, Hall e Berners-Lee (2006) esclarecem ser uma abordagem subjacente aos conceitos preconizados pela Web Semântica no que tange ao fornecimento de significado à organização da informação por meio de conexões lógicas entre os termos, o que promove interoperabilidade entre sistemas. Assim, padrões internacionais relacionados a marcações de dados, a primitivas de modelagem e a linguagens de representação baseadas em *eXtensible Markup Language* (XML) são promovidos e mantidos pelo W3C para desenvolvimento de ontologias como *Ontology Web Language* (OWL), além do esquema de anotação *Resource Description Framework* (RDF).

As ontologias podem ser 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. Por exemplo, 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.

Existem vários padrões de metadados, vocabulários controlados e ontologias existentes para a estruturação da informação utilizadas por instituições de patrimônio (SILVA; SOUZA, 2014). Como exemplos, têm-se o padrão de metadados VRA Core (*Visual Resources Association*

Core Categories) (ABBAS, 2010) voltado à descrição de obras de cultura visual, bem como das imagens que as representam; os vocabulários controlados sobre objetos culturais do Instituto *Getty*[11] mantidos através de contribuições de comunidades interessadas em suas temáticas; e o modelo CIDOC-CRM (*International Committee for Documentation/Conceptual Reference Model*) (LE BOEUF, 2018) representando uma ontologia formal que facilita a integração e intercâmbio de informações heterogêneas do patrimônio cultural.

Na perspectiva desta pesquisa, uma ontologia volta-se principalmente a um ramo científico que busca endereçar soluções tecnológicas para o provimento de melhorias nos sistemas de recuperação da informação. Trata-se de iniciativas e esforços interdisciplinares na busca de minimizar ambiguidades em linguagem de modo que seu uso (por humanos e máquinas) possa ser partilhado para representar e recuperar conhecimento entre comunidades afins, fornecendo maior nível semântico ao esclarecer o significado pretendido de entidades do mundo. Tal ramo é denominado na literatura de "Ontologia Aplicada" (GUARINO, 1998; ALMEIDA, 2013), o qual agrega princípios teóricos da Ontologia Formal com demandas emergentes de organização da informação na sociedade como, por exemplo, na promoção de melhorias em linguagens de modelagem e modelos conceituais voltados à representação e organização de conhecimento de um dado domínio. A Web Semântica pode ser considerada uma dessas iniciativas que aplica teorias e técnicas oriundas da Inteligência Artificial, da Lógica e da Ontologia Formal para a concepção de linguagens de representação de recursos (em mídias diversas) como, por exemplo, OWL que permite inferências automáticas na Web.

Embora pesquisas relacionadas com a apresentação de conteúdo em 3D na Web estejam em estágio maduro, conforme se pôde constatar nas elucidações exibidas na seção 2, a sua integração com tecnologias semânticas atuais ainda é uma área desafiadora e que carece de investigações. Ainda é tema de pesquisa o uso de ontologias que inclua a adição de anotações semânticas para as áreas de modelagem em 3D como, por exemplo, para descrever o que um tipo de geometria representa (exs.: número de vértices, número de faces, relações paramétricas).

[11]http://www.getty.edu/research/tools/vocabularies/

4 METODOLOGIA DE PESQUISA

A presente pesquisa pode ser classificada segundo seu problema, seus objetivos e seus procedimentos técnicos para coleta e análise dos dados. Com base na abordagem do problema, esta pesquisa pode ser classificada como qualitativa, pois houve a necessidade de entender o fenômeno investigado do qual pouco se conhecia. Sendo assim, a determinação, a análise e a descrição dos métodos e das técnicas adequadas aos processos envolvidos na pesquisa foram possíveis através de um maior entendimento do fenômeno presente no domínio, a saber: digitalização em 3D e sua documentação inerente aos ativos de patrimônio cultural aberto.

Com base em seus objetivos, esta pesquisa pode ser classificada em: i) exploratória, pois se investigou e aprimorou ideias sobre um assunto emergente envolvendo descrição semântica de documentos culturais e multimídia, incluindo modelos em 3D, em que se requereu uma investigação minuciosa na literatura e em casos específicos nessa perspectiva; ii) descritiva, pois se buscou levantar e descrever características do fenômeno investigado à luz da literatura e de material empírico específico; e iii) explicativa, pois a partir da natureza dos metadados identificada em cada etapa do fluxo de trabalho proposto para a documentação das réplicas digitais em 3D, foram indicados padrões e vocabulários potenciais ao processo de descrição desses ativos, e, por fim, explicada a razão pela qual foram recomendados.

E em relação aos procedimentos técnicos para coleta e análise dos dados, esta pesquisa pode ser classificada como bibliográfica e documental, pois usou como fonte de consulta materiais já publicados na literatura científica: artigos, anais de congressos, relatórios técnicos de pesquisa, teses, dissertações, normas e fontes documentais subjacentes aos vocabulários elencados.

Nas subseções que se seguem, são apresentados os passos metodológicos pelos quais a pesquisa foi organizada, tendo em vista a explicitação supracitada do fenômeno investigado. Assim, em 4.1 dá-se uma visão geral da metodologia proposta para identificação, digitalização

e acesso aos ativos de patrimônio cultural trabalhados na pesquisa; e em 4.2 são apresentados os métodos e as técnicas usados na identificação, na seleção e na análise de vocabulários recomendados a cada etapa do fluxo de trabalho proposto em 4.1.

4.1 Documentação dos ativos de patrimônio cultural

A metodologia proposta para documentação dos ativos de patrimônio cultural aberto baseia-se na combinação de esforços especializados e liderados pela comunidade para a identificação, digitalização e acesso às réplicas digitais em 3D resultantes. A abordagem do projeto é baseada nas premissas de que os objetos e seus metadados de contexto são identificados usando-se uma abordagem, em parte, colaborativa. Pode-se fazer uso de abordagens participativas (RODRIGUEZ ECHAVARRIA; JANZON; WRIGHT, 2018), em que especialistas e membros da comunidade se reúnem para identificar o que é patrimônio, patrimônio histórico e do tempo presente e a relevância para as comunidades.

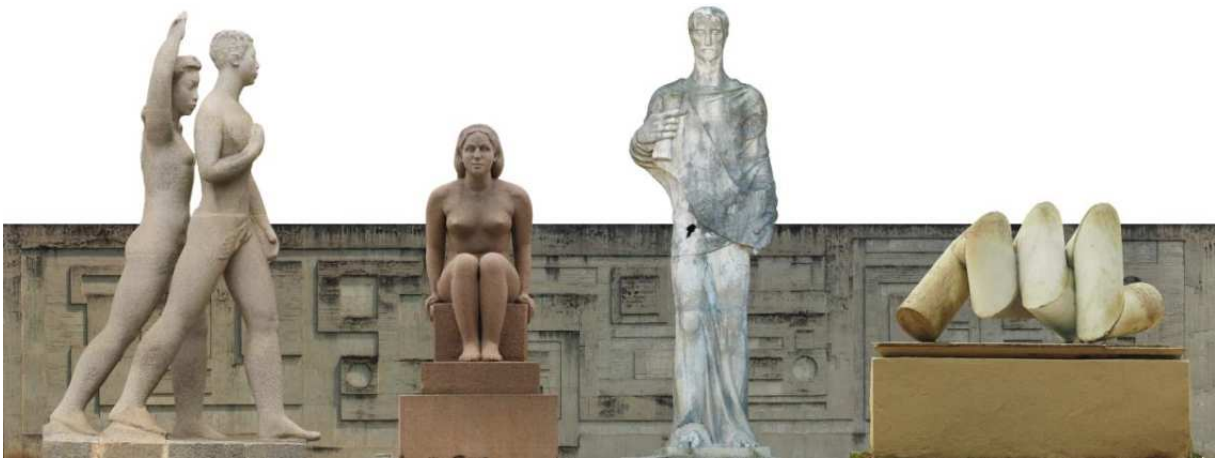
Nesse sentido, um fluxo de trabalho (*workflow*, em inglês) foi proposto baseado no estudo do estado da arte envolvendo experiências em projetos de digitalização em 3D de ativos de patrimônio cultural aberto, conforme foi visto na seção 2. Esse *workflow* foi constituído de três importantes etapas, a saber: i) identificação dos ativos de patrimônio; ii) produção da réplica digital em 3D; e iii) acesso aos resultados da digitalização. Dado que o propósito desse *workflow* é documentar todo o processo envolvendo a digitalização dos ativos de patrimônio cultural aberto, a seguir essas três etapas são brevemente descritas para fins de embasamento ao processo de identificação e descrição acerca da natureza dos metadados subjacentes a cada fase envolvida.

A primeira etapa “identificação dos ativos de patrimônio” teve como ponto de partida a identificação de um conjunto de monumentos que seria priorizado para a digitalização. Para tal, contou-se com o Inventário de Monumentos no Rio Janeiro[12], produzido e curado por Vera Dias, arquiteta que trabalha na fundação responsável pela conservação dos monumentos. Ela coletou

[12] Inventario dos monumentos RJ. http://inventariodosmonumentosrj.com.br/

e publicou um inventário das esculturas públicas, bem como curiosidades baseadas em fontes históricas de vários monumentos, em uma iniciativa voluntária, posteriormente o trabalho foi compilado em um livro publicado na ocasião dos 450 anos da cidade do Rio de Janeiro. A Figura 1 mostra as 5 (cinco) esculturas públicas selecionadas para o processo de digitalização.

Figura 1 – Conjunto de monumentos priorizado na digitalização



Fonte: Fundação Getúlio Vargas.

Os curadores priorizaram este conjunto de esculturas com base em vários critérios, incluindo restrições técnicas, relevância artística, contexto na cidade e considerações estéticas. O projeto em andamento está planejado para ter mais 17 (dezessete) réplicas digitalizadas até o final do presente ano.

De acordo com a Figura 1, da esquerda para a direita temos as seguintes obras com suas respectivas informações de autoria e localização geográfica, cujos detalhes podem ser consultados no Inventário de Monumentos:

- ✓ *Monumento à Juventude Brasileira*: Bruno Giorgi (1905-1993) foi um renomado escultor brasileiro de descendência italiana. Localizada no Palácio Capanema, no centro da cidade.
- ✓ *Mulher*: Adriana Janacópulos (1892-1978) foi uma escultora brasileira de descendência grega. Localizada no Palácio Capanema, no centro da cidade.

- ✓ *Evangelista Matheus:* Alfredo Ceschiatti (1918-1989) foi um escultor brasileiro de descendência italiana. Localizada no Parque da Catacumba, na zona sul da cidade.
- ✓ *Estrutura*: Sergio Camargo (1930-1990) foi o artista mais jovem dentro desse conjunto inicial. Localizada no Parque da Catacumba, na zona sul da cidade.

  E, por fim, a representação de fundo, de acordo com a Figura 1:
- ✓ *Painel UFRJ*: Roberto Burle Marx (1909-1994) foi um renomado arquiteto e paisagista brasileiro. Localizada no prédio da Faculdade de Arquitetura do campus principal da Universidade Federal do Rio de Janeiro, na Ilha do Fundão.

A segunda etapa do *workflow* "produção da réplica digital em 3D" é baseada em ferramentas computacionais livres e de código aberto, incluindo aquisição de dados, processamento de imagens, produção e avaliação da réplica digital em 3D. Na fase de aquisição de dados, usou-se a técnica de fotogrametria (GONIZZI; GUIDI, 2013) terrestre e aérea (para esta última, caso fosse necessário), baseada em câmeras digitais comuns cujo propósito foi obter a medição da forma e da textura, além de propriedades fotométricas para representar a forma e a aparência do artefato digitalizado. Na fase de processamento dos dados adquiridos, foi usado um *software* de fotogrametria capaz de processar automaticamente conjuntos de dados de fotografias para fins de produção da réplica digital em 3D da forma mais fiel à realidade do artefato codificado em modelo tridimensional. Uma vez que o modelo em 3D tenha sido produzido, torna-se importante avaliar a qualidade do resultado, bem como documentar todo o processo de digitalização. Isso garantirá que o processo e seu resultado sejam transparentes para os usuários especialistas que precisam trabalhar com a manipulação dos dados.

A terceira e última etapa do *workflow* "acesso aos resultados da digitalização" insere a possibilidade de se executar etapas de pós-processamento que podem ser usadas para transformar os dados em formatos específicos com o objetivo de fornecer acesso às réplicas digitais em 3D por meio de uma variedade de soluções (POTENZIANI *et al*., 2018), incluindo visualização baseada na Web, plataformas de Realidade Virtual, ortofotografias, e até mesmo produção de réplicas físicas com o uso de impressão em 3D. Além disso, do ponto de vista

técnico, é possível adotar soluções que combinem a informação digital e os elementos físicos do ambiente, levando a discussão ao contexto da Realidade Aumentada.

4.2 Identificação, seleção e análise de vocabulários para o processo de documentação

Os métodos e as técnicas voltados à identificação, à seleção e à elaboração das categorias de análise envolvendo um conjunto de vocabulários foram oriundos da *NeOn Methodology* (SUÁREZ-FIGUEROA; GÓMEZ-PÉREZ; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2012), um guia metodológico que orienta por meio de cenários, uma série de passos flexíveis para o desenvolvimento de vocabulários semânticos para a Web. A justificativa da escolha da *Neon Methodology* se deu em função de ser um guia metodológico atual, testado e validado em diferentes domínios, especialmente no domínio de anotação multimídia, além de ser oriundo de *frameworks* metodológicos amplamente aceitos em áreas maduras como Engenharia de Software e Engenharia do Conhecimento.

Desse modo, os cinco procedimentos metodológicos descritos a seguir foram seguidos na condução desta pesquisa a partir da composição de alguns cenários propostos no guia: i) encontrar recursos de conhecimento, incluindo padrões de metadados e ontologias em fontes confiáveis e relacionadas ao domínio; ii) avaliar tais recursos seguindo critérios recomendados, como cobertura, precisão e consenso sobre o conhecimento e a terminologia usada no recurso; iii) selecionar os vocabulários mais apropriados frente aos recursos candidatos avaliados; iv) analisar minunciosamente os recursos de conhecimento obtidos e identificar seus elementos subjacentes de modo a criar representações em diferentes níveis de abstração (requisitos funcionais, esquemas conceituais, dentre outros); e v) representar os recursos em esquemas para fins de organização do conhecimento adquirido na etapa de análise.

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 de metadados voltados especialmente para descrição multimídia, modelos tridimensionais em

especial, que refletem obras de arte, isto é, documentos oriundos de patrimônio cultural. Os padrões de metadados **ISO MPEG-7**, **Dublin Core** e **VRA Core** foram selecionados como material de referência para aquisição de conhecimento sobre tais contextos. Evidenciou-se em revisão recente na literatura que grande parte das anotações envolvendo documentos multimídia e de patrimônio cultural se orienta por tais padrões (SILVA; SOUZA, 2014).

O MPEG-7[13] 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 busca prover um vocabulário rico e comum para multimídia, incluindo descritores primitivos, extraídos da própria mídia e, de alto nível, destinados à descrição semântica do conteúdo da mídia. Tal capacidade de abstração é que o diferencia de outros padrões de metadados (MARTÍNEZ; KOENEN; PEREIRA, 2002). Contudo, 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).

O padrão de metadado Dublin Core[14] teve sua origem na década de 90 quando a Web encontrava-se em sua fase de amadurecimento. Em uma discussão ocorrida em outubro de 1994 na Conferência *2nd Annual World Wide Web* em Chicago vislumbrou-se a necessidade de uma infraestrutura para habilitar descoberta de recursos na Web. O *The Dublin Core Metadata Element Set* (DCMES) tornou-se um padrão nacional em 2001 (ANSI/NISO Z39. 85) e um padrão internacional em 2003 (ISO 15386). Atualmente, esforços relacionados à integração do Dublin Core com a linguagem RDF é uma realidade. As comunidades *Dublin Core Metadata Iniciative* (DCMI) e Web Semântica focam na conversão de formato de metadado para vocabulário de metadado, isto é, uma coleção de propriedades definidas cuidadosamente para fins de uso na concepção de sentenças descritivas sobre recursos (também denominada *namespaces*). Tais mudanças refletiram na introdução da noção de Qualificadores Dublin Core (*Qualified Dublin Core*) com a finalidade de refinamento acerca dos recursos descritos.

[13] http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-7
[14] http://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/dcq-rdf-xml/

O padrão VRA Core[15] foi desenvolvido pela primeira vez em 1996. A atual versão 4.0, lançada em 2007, é expressa como um esquema XML para suportar a interoperabilidade e a troca de registros do VRA Core. É um padrão de metadados reconhecido internacionalmente, usado tanto como um formato independente quanto como um esquema de extensão aprovado para o METS[16] (*Metadata Encoding and Transmission Standard*) para objetos de patrimônio cultural, incluindo pinturas, desenhos, esculturas, arquitetura, fotografias, dentre outros. Atualmente, há uma iniciativa do *VRA Core Oversight Committee*[17] (Core OC) em produzir uma ontologia em RDF baseada na versão XML *Schema* para que as descrições possam ser compartilhadas e interagir com outros recursos de *linked data* na Web, permitindo que os usuários encontrem mais facilmente imagens relevantes de objetos, locais e assuntos de patrimônio cultural.

Os recursos ontológicos foram selecionados a partir de um estudo minucioso desenvolvido em Silva (2014) em que comparou nove propostas de ontologias para anotação multimídia fundamentadas em padrões de metadados ISO como o MPEG-7 e o Dublin Core. Tal estudo evidenciou características relevantes que poderiam (e deveriam) compor a conceituação dessas ontologias visando interoperabilidade e recuperação de recursos em rede semântica. O resultado do *ranking* de ontologias candidatas a reúso, produto dessa análise comparativa, evidenciou as ontologias mais proeminentes para o domínio de anotação multimídia, a saber: **Media Ontology**, **COMM** e **M3 Multimedia**.

A Media Ontology é uma ontologia sobre mídia proposta no ano de 2009 por membros do W3C *Media Annotation Working Group* (STEGMAIER *et al.*, 2009). O grupo busca melhorar a interoperabilidade entre esquemas de metadados para recursos de mídia na Web, tais como vídeo, áudio e imagem. A ontologia foi construída utilizando-se padrões metodológicos de engenharia de ontologias com propósito de definir um conjunto de propriedades de anotação

[15] https://www.loc.gov/standards/vracore/schemas.html
[16] http://www.loc.gov/standards/mets/
[17] http://vraweb.org/vra-core-rdf-ontology-available-for-review/

centrais para descrever conteúdo multimídia, juntamente com um conjunto de mapeamentos entre os principais formatos de metadados em uso atualmente.

A COMM ou *Core Ontology for Multimedia* foi desenvolvida no ano de 2007 por um grupo de renomados pesquisadores nas áreas Multimídia, Bibliotecas Digitais e Web Semântica (ARNDT *et al.*, 2009). O propósito principal da COMM é fornecer uma conceituação fundamental para descrição multimídia cobrindo de maneira genérica um domínio em específico que lida com conteúdo desta natureza. A sua equipe de desenvolvimento reconhecendo as limitações semânticas do MPEG-7, mas levando em consideração que tal padrão é uma base de conhecimento multimídia consolidada na comunidade, realizou uma reengenharia buscando uma representação formal de descritores MPEG-7 com a mesma convenção terminológica.

A M3 Multimedia foi desenvolvida no ano de 2012 como parte de uma ontologia abrangente (endereçada a vários domínios e idiomas) denominada M3 *Ontology Network*[18], resultado de um projeto de pesquisa espanhol envolvendo entidades como *Ontology Engineering Group* (OEG[19]). O projeto denominado Buscamedia objetivou criar um mecanismo de busca semântica de recursos multimídia visando progressos nas áreas de semântica, produção audiovisual e distribuição de mídia. A equipe de desenvolvimento da M3 contou com renomados pesquisadores da *Facultad de Informática da Universidad Politecnica de Madrid* e do W3C *Media Annotations Working Group*.

A organização da análise e dos resultados acerca dos vocabulários contou com a determinação de categorias (apresentadas no Quadro 1) elaboradas a partir de casos de uso em diversas experiências de projeto envolvendo critérios para o desenvolvimento de vocabulários semânticos, descritos no guia metodológico *NeOn*, além de categorias específicas para o propósito da pesquisa envolvendo tipologias de metadados.

Quadro 1 - Categorias de análise aplicadas aos vocabulários

Análise de conteúdo (estrutura dos vocabulários)

[18]http://mayor2.dia.fi.upm.es/oeg-upm/index.php/en/completedprojects/66-buscamedia/index.html
[19] http://www.oeg-upm.net/

Natureza dos metadados multimídia e da Obra em si	Relacionado a características da Obra em si e do contexto multimídia cobertas pelos vocabulários analisados, apoiando, assim, o processo de uso e reúso.
Linguagem de representação	Relacionado à verificação da linguagem que representa os componentes (classes, propriedades, instâncias, axiomas, etc) dos vocabulários analisados.
Claridade no código	Relacionado à facilidade no entendimento do código; se as entidades contidas na estrutura seguem um padrão, se são claras e coerentes; se existem comentários; e se o código é documentado.
Adequação a extração de conhecimento	Relacionado à facilidade de identificação e extração de partes do conhecimento dos vocabulários analisados.
Adequação a convenção de nomes	Relacionado à verificação de regras associadas à determinação de nomes (terminologia) dos componentes.
Anotações existentes na terminologia	Relacionado à existência e à qualidade das anotações realizadas nos elementos da terminologia dos vocabulários analisados.
Axiomas existentes na terminologia	Relacionado à existência de axiomas nos elementos das ontologias analisadas, garantindo, assim, restrições acerca de suas interpretações.

Fonte: elaborado pelos autores

A primeira categoria "Natureza dos metadados multimídia e da Obra em si" carece de ser especificada por envolver características acerca de metadados usados na descrição de uma Obra e de seus desdobramentos digitais. Isso inclui metadados sobre os tipos de arquivos de mídia e seus objetos 3D, metadados que descrevem o objeto digital 3D em si e metadados que descrevem os artefatos no mundo real. Assim sendo, a organização dos elementos dos vocabulários analisados 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 é endereçada ao gerenciamento e a administração de recursos de informação e foi organizada em quatro subcategorias, a saber: i) criação e produção do recurso; ii) classificação do recurso; iii) informação sobre o recurso; e iv) uso do recurso. Em (i) têm-se características envolvendo a criação da Obra ou do conteúdo da mídia e de recursos a eles associados; em (ii) têm-se características destinadas à classificação da Obra ou de materiais audiovisuais, tais como gênero, assunto, propósito, idioma, além de

classificação etária, orientação para pais e avaliação subjetiva; em (iii) as características são voltadas à Obra ou aos meios de armazenamento da mídia, 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 da Obra ou do conteúdo audiovisual.

A categoria metadados dependentes de conteúdo foi organizada na subcategoria metadados visuais, em que seus conteúdos geralmente são extraídos automaticamente por algoritmos computacionais. Os metadados visuais cobrem características como cor, textura, forma, movimento, localização de regiões espaço temporais e reconhecimento de face (ou objetos) no conteúdo da mídia.

A categoria metadados descritivos de conteúdo se caracteriza por associar entidades da Obra ou do conteúdo da mídia com entidades do mundo real e foi organizada nas seguintes subcategorias: i) segmentos de mídia; ii) semântica de conteúdo; e iii) personalização de conteúdo. Em (i) têm-se características relacionadas à estrutura de conteúdo em termos de segmentos de vídeo, imagem, modelo em 3D e áudio; em (ii) encontram-se características envolvendo objetos, eventos e noções do mundo real que podem ser abstraídos da Obra ou do conteúdo multimídia; e 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.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A presente seção apresenta os resultados da análise de vocabulários para documentação de patrimônio cultural em rede semântica e uma discussão sobre como se alinharam à natureza de metadados discutida na pesquisa. Os vocabulários foram selecionados a fim de serem usados ou reusados em projetos envolvendo a organização de informação no domínio de patrimônio cultural, em especial envolvendo réplicas digitais em formatos 3D. Nesse sentido, tornou-se

possível justificar a proposição de uso a cada etapa do *workflow* delineado no âmbito do projeto FGV/CPDOC/EMAp.

A partir das etapas de documentação, três diferentes grupos de metadados foram identificados e associados à natureza de metadados multimídia e da Obra em si, conforme é demonstrado no Quadro 2.

Quadro 2 – Natureza de metadados *vrs*. etapas do *workflow*

Natureza de metadados	Etapa 1: o Objeto Mundo Real	Etapa 2: a Réplica Digital em 3D	Etapa 3: o Objeto em 3D
Independentes de conteúdo	Criação, produção, classificação, informação e uso da **Obra**.	Criação, produção, informação e uso da **Réplica Digital em 3D.**	Criação, produção, classificação, informação e uso do **Objeto em 3D**.
Dependentes de conteúdo	-	Características visuais primitivas extraídas por algoritmos computacionais como cor, textura, forma, movimento de câmera, localização de regiões e reconhecimento de objetos.	-
Descritivos de conteúdo	Aspetos semânticos da Obra (objeto como um todo ou em partes, evento, lugar, tempo em mundos narrativos)	-	Segmentação visual, semântica de conteúdo, personalização de conteúdo, incluindo organização, navegação, acesso e interação de usuários em relação ao consumo.

Fonte: elaborado pelos autores

A etapa 1 "identificação dos ativos de patrimônio" demanda a descrição do artefato em si, representado pelo modelo em 3D, denominado aqui de **Objeto Mundo Real** (OMR). Em geral, esse objeto será a escultura pública ou o monumento localizado na cidade do Rio de Janeiro, mas também poderia ser uma pintura exibida num catálogo de museu. Desse modo, informações de classificação seriam úteis aos aspectos semânticos envolvidos (metadados descritivos de conteúdo). Metadados independentes de conteúdo também são necessários para descrever a autoria da Obra, o contexto cultural, a localização geográfica, a data da criação, as fontes de informações, o título, o período histórico, o material e as técnicas usadas na produção, os direitos autorais da Obra, dentre outros.

A etapa 2 "produção da réplica digital em 3D" demanda metadados sobre o objeto de mídia, denominado aqui de **Réplica Digital em 3D** (RD3), contendo informações sobre arquivo, formato, tamanho, localização e *software* necessário. O conjunto de metadados nesse caso é dependente da técnica adotada para geração do modelo em 3D, que no caso dessa pesquisa foi a de fotogrametria. Mídia e objetos em 3D são arquivos digitais, que representam uma escultura, um edifício, um design, etc. Assim, o objeto de mídia genérico em conjunto com os objetos em 3D exige informações como formato, quantidade de objetos geométricos e escala para fins de composição e visualização do modelo. Em adição, um conjunto de metadados visuais dependentes de conteúdo (cor, textura, forma, dentre outros) também pode ser obtido automaticamente por meio de processamento de dados das fotografias envolvidas no processo de produção da réplica digital.

Finalmente, a etapa 3 "acesso aos resultados da digitalização" demanda metadados para descrever o **Objeto em 3D** (O3D) pós processado para finalidades diversas, que vai desde informação sobre gestão e personalização desse tipo de recurso (título, descrição, assuntos chave, autoria do modelo em 3D, organização de coleções, etc.) até informação que retrata aspectos semânticos, como anotações de regiões de interesse, objetos, lugares, eventos e períodos envolvidos no contexto da réplica. Tais aspectos podem ser ligados a vocabulários

semânticos (ou ontologias) específicos que retratam as entidades envolvidas, conforme poderá ser visto a seguir na análise dos vocabulários.

Os padrões de metadados Dublin Core e VRA Core cobrem de maneira satisfatória a categoria metadados independentes de conteúdo, podendo ser usados nas três etapas do *workflow* na descrição do OMR, da RD3 e do O3D. Contudo, não foi verificado na análise de suas estruturas nenhum aspecto para cobertura de tipos de metadados dependentes de conteúdo. É válido destacar que ambos os padrões possuem qualificadores que ampliam a cobertura de seus elementos, o que agrega positivamente na estensibilidade de seus modelos. Possuem também extensões para linguagens de representação do W3C, como RDF, no intuito de estarem mais inseridos no contexto e na demanda de interoperabilidade da Web Semântica. No caso do Dublin Core, pelo fato de já existir uma versão consolidada em RDFS, o que parece, ainda, não ser uma realidade consolidada para o VRA, há condições de ligar entidades reais representadas nos conteúdos da mídia com vocabulários semânticos de domínios específicos disponíveis na rede. Assim, no que diz respeito aos metadados descritivos de conteúdo demandados nas etapas 1 e 3 do processo de *workflow*, uma parte envolvendo semântica de conteúdo pode ser coberta pelo Dublin Core.

O padrão de metadados VRA Core parece ser o mais indicado para o processo de anotação das esculturas modernistas (etapa 1 do *workflow*). O conjunto de elementos constituinte de seu esquema fornece uma organização de categorias para a descrição da Obra (a escultura em si), da Imagem que a representa (fotografias das esculturas) e também da Coleção (conjunto de esculturas) da qual faz parte. O elemento relação também permite associar as três entidades conforme a necessidade. Contudo, acredita-se que num processo de anotação subsidiado por este padrão, a complementação com outros vocabulários (elencados nesta pesquisa) precisará ser feita no sentido de cobrir aspectos específicos envolvendo objetos retratados com técnicas tridimensionais, especialmente para os tipos de metadados envolvidos na documentação da etapa 2.

O padrão de metadados MPEG-7 parece ser uma referência para a descrição das etapas 2 e 3 do processo de *workflow*, perpassando pelos arquivos digitais até os conteúdos multimídia. Na análise da norma e de seus esquemas constatou-se a sua abrangência nos aspectos de cobertura para: conteúdo semântico da mídia (contemplando categorias como objeto, evento, agente, lugar e tempo); segmentos de mídia em seus aspectos espaço temporais; e características extraídas do próprio conteúdo visual da mídia, como cor, textura, forma, localização de regiões e reconhecimento de face. Dentre os padrões de metadados estudados, o MPEG-7 é o único que contempla descritores voltados à descrição de características tridimensionais de objetos, tais como simetria, circularidade, localização de eixos, tamanho e orientação de segmentos consecutivos de bordas, pontos de curvaturas e ângulos de curvas. O padrão ainda cobre características multimídia voltadas à personalização de conteúdo, tais como organização de coleções, navegação, acesso e interação de usuários em relação ao consumo de conteúdo.

O MPEG-7 ISO/IEC fornece um vocabulário rico de conteúdo geral para multimídia, entretanto a falta de semântica formal do padrão não garante que os metadados MPEG-7 gerados por diferentes aplicações sejam mutuamente interpretados, causando sérios problemas de interoperabilidade nos processos de processamento e intercâmbio multimídia. Assim, vocabulários semânticos ou ontologias têm sido propostos para cobrir tal lacuna do MPEG-7, utilizando-se de modelagens mais sofisticadas para o tratamento semântico e consequentemente para a interoperabilidade almejada em ambientes abertos, como é o caso da Web. As ontologias elencadas nesse estudo são comentadas a seguir.

A Media Ontology é a ontologia recomendada para os metadados independentes de conteúdo, úteis as três etapas do *workflow* envolvendo a documentação do OMR, da RD3 e do O3D. A recomendação se justifica pelo fato de esta ontologia possuir um índice de cobertura satisfatório em relação à ontologia COMM, conforme pode ser verificado no Quadro 3. Já a M3 Multimedia pratica reúso da Media Ontology para essa categoria de metadados.

As ontologias COMM e M3 Multimedia oferecem descritores que se alinham aos metadados dependentes de conteúdo, úteis em especial para a etapa 2 do *workflow* quando do processamento computacional dos dados para geração automática de metadados e consequentemente do modelo em 3D. Ambas apresentaram índices bem próximos para cobertura visual, em destaque para descritores envolvendo cor, textura, forma e localização de regiões. Metadados para descrever características em 3D podem ser encontrados nas duas ontologias, especialmente em aspectos visuais de forma.

A ontologia COMM, por oferecer descritores organizados a partir de uma ontologia de fundamentação bem como de padrões de projeto multimídia, e ainda tratar diferenças semânticas entre o conteúdo e a realização da mídia, é a ontologia recomendada para os metadados descritivos de conteúdo, úteis às etapas 1 e 3 do processo de documentação. A arquitetura da conceituação da COMM é fundamentada na ontologia de alto nível DOLCE e em três padrões de projeto referenciados por esta, a saber: *Description and Situation* (D&S), *Information and Realization Pattern* e *Data Value Pattern*. Os padrões multimídia da COMM são estendidos do padrão *D&S* contemplando *AnnotationPattern* (padrão de anotação) e *DecompositionPattern* (padrão de decomposição). Além disso, os padrões multimídia atuam sob a semântica especificada no padrão *Information and Realization* que representa a distinção entre objetos de informação e realizações de informação, cuja separação torna-se relevante no sentido de fornecer uma distinção clara entre a semântica (conteúdo da mensagem) e o dado (formato do arquivo de mídia). Assim, anotações e decomposições podem envolver objetos de informação e realizações de informação. Os metadados voltados à semântica de conteúdo são geralmente ligados a instâncias de ontologias de domínio cujos rótulos semânticos são organizados na estrutura taxonômica de uma ontologia de fundamentação. Como a COMM se integra à ontologia de fundamentação DOLCE, 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.

Finalmente, o Quadro 3 sintetiza o resultado das análises feitas nos padrões de metadados e nas ontologias multimídia com o propósito de orientar em decisões de uso e reúso envolvendo aspectos de suas estruturas.

Quadro 3- Quadro sinóptico da análise dos vocabulários elencados

Categorias de análise	Media Ontology	COMM	M3 Multimedia	MPEG-7	Dublin Core	VRA Core
Linguagem de representação	OWL DL	OWL DL	OWL DL	XML *Schema*	RDF/XML RDF *Schema*	XML *Schema*
Claridade no código	Nomenclaturas claras para os conceitos.	Estrutura taxonômica complexa advinda de uma ontologia de fundamentação.	Nomenclaturas claras para os conceitos.	Estrutura taxonômica complexa para os 1182 elementos, 417 atributos e 377 tipos complexos.	Nomenclaturas claras para as classes e propriedades do esquema.	Nomenclaturas claras para os elementos e atributos do esquema.
Adequação a extração de conhecimento	Taxonomia simplificada representando um conjunto de classes sobre mídias e classes específicas para elementos não midiáticos.	Ontologia particionada em módulos baseados em padrões multimídia.	Ontologia particionada em módulos representando características multimídia, multidomínio e multilingua.	Esquemas que contemplam diferentes áreas funcionais como gerenciamento de conteúdo; aspectos estruturais de conteúdo (componentes espacial, temporal ou espaço-temporal); aspectos semânticos de conteúdo;	Esquema simplificado e abrangente constituído de 15 elementos de metadados que podem ser organizados em classes e estendidos por	O esquema abrange 19 elementos de metadados para descrever as características sobre a coleção, a obra e a imagem. Além disso, existem 9 atributos globais que podem ser usados opcionalmente para qualificar qualquer

					características de nível baixo envolvendo conteúdo audiovisual; navegação e acesso; interação de usuário; e coleção de objetos.	meio de Qualificadores.	elemento ou subelemento.
Adequação a convenção de nomes		Padrões de metadados W3C.	Padrão MPEG-7.	Padrões de metadados W3C; Padrão MPEG-7.	Padrões de metadados W3C.	Padrão de metadados W3C.	Padrão de metadados reconhecido internacionalmente e aprovado pelo METS.
Natureza de metadados multimídia e da Obra em si	**Independentes de conteúdo**	Criação, produção, classificação, informação e uso da mídia.	Informação da mídia.	Criação, produção, classificação, informação e uso da mídia.	Criação, produção, classificação, informação e uso da mídia.	Criação, produção, classificação, informação e uso do recurso.	Criação, produção, classificação, informação e uso do recurso (Obra, Imagem ou Coleção).
	Dependentes de conteúdo	Ausente	Características visuais.	Características visuais.	Características visuais e de áudio.	Ausente	Ausente
	Descritivos de conteúdo	Segmentos de mídia.	Padrões multimídia para decomposição e anotação	Segmentação audiovisual, semântica de conteúdo e personalização.	Segmentação audiovisual, semântica de conteúdo (com restrições),	Semântica de conteúdo (pela especificação em RDFS, há possibilidade de	Ausente

			semântica de conteúdo.		personalização e conteúdo falado.	ligação com outros vocabulários semânticos)	
Características Semânticas	**Axiomas**	Presente *	Presente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente
	Anotações	Presente	Presente	Presente **	Presente	Presente	Presente

Fonte: elaborado pelos autores

*** -** Presença de axiomas com declarações lógicas simples.

**** -** Presença de anotações, porém sem declarações conceituais consistentes.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Projetos envolvendo digitalização em 3D e documentação de ativos de patrimônio cultural fertilizam um campo de pesquisa emergente e interdisciplinar capaz de realizar a junção entre as áreas de Tecnologia da Informação e Comunicação e as Ciências Humanas, conhecido como Humanidades Digitais (LIU, 2012; KOLTAY, 2016), que, inclusive, dialoga de forma satisfatória com a Ciência da Informação com temáticas que vislumbram pesquisas em divulgação, acesso, recuperação e uso de informações culturais.

Nessa perspectiva, este artigo traz contribuições significativas ao mapear e analisar potenciais vocabulários, incluindo padrões de metadados e ontologias, a fim de serem recomendados ao processo de documentação das réplicas digitais em 3D nessa primeira etapa do projeto FGV/CPDOC/EMAp. A utilização de metadados tanto para descrição das esculturas em si quanto para a descrição física e semântica de arquivos multimídia é a forma preconizada para ampliar a encontrabilidade e permitir a adequada inserção dos recursos informacionais em redes semânticas, tais como o LOD. Tanto atributos técnicos quanto características semânticas de alto nível podem constar dos metadados. A discussão sobre potenciais padrões que se ajustem à descrição de arquivos digitais envolvendo modelos em 3D e que enriquecem a documentação envolvendo obras de arte no espaço público do Rio do período modernista é inédita e de grande relevância histórica no contexto brasileiro, abrindo, assim, fronteiras que permitam levar as instituições de patrimônio cultural a se inserirem nas Humanidades Digitais.

A proposta para documentação dos ativos de patrimônio cultural aberto apoiando-se no uso de padrões de metadados e ontologias multimídia bem fundamentadas e recomendadas por comunidades e entidades normativas como o W3C e a ISO/IEC se mostra diferenciada e estratégica na busca de soluções inteligentes para descrição de conteúdo multimídia processável por máquina e baseada em semântica. Assim, o primeiro conjunto de réplicas digitalizadas no projeto poderá ser descrito em seus aspectos de OMR, RD3 e O3D por meio dos vocabulários recomendados usando-se uma abordagem colaborativa envolvendo especialistas e membros da comunidade de patrimônio cultural.

O acesso e o consumo das réplicas digitais por meio de um repositório vislumbram a necessidade de integração semântica e disponibilização global desses recursos multimídia em

rede com o propósito de publicização de seus conceitos e relacionamentos no âmbito cultural, permitindo o compartilhamento e ligação entre vários acervos na Web. Nessa linha, o projeto FGV/CPDOC/Emap pretende disponibilizar para a comunidade um repositório digital que ofereça aos usuários acesso livre a coleções de monumentos e esculturas do período modernista provenientes do patrimônio público aberto localizado na cidade do Rio de Janeiro.

No que diz respeito aos desdobramentos de trabalhos futuros, trata-se de um projeto em andamento e há muito espaço para futuras direções. As esculturas são obrigatoriamente identificadas para o projeto que segue a metodologia proposta. Historiadores e curadores trabalham na informação contextual e nos elos com outras bases de documentação, com o objetivo de aprimorar a narrativa do patrimônio moderno e contemporâneo no Rio de Janeiro. Encontra-se também em andamento, o estudo de uma plataforma para acesso e manipulação de metadados e ontologias que possa integrar a visualização multimídia e a manipulação de descritores advindos de vocabulários semânticos. Em sua continuidade, pretende-se utilizar um modelo conceitual abrangente de dados que busque promover alinhamento semântico entre os padrões recomendados, como Dublin Core, MPEG-7, VRA Core, COMM e Media Ontology, na intenção de integrar informações sobre as réplicas digitalizadas em seus aspectos de mídia e de conteúdo em 3D com os diversos acervos de instituições culturais disponíveis na rede semântica LOD.

REFERÊNCIAS

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

ADJEROH, Donald A.; NWOSU, Kingsley C. Multimedia database management – requirements and Issues. **IEEE Multimedia**, [S.I.], v. 4, n. 3, p. 24-33, July/Sept. 1997.

ALMEIDA, M. B. Revisiting ontologies: a necessary clarification. **Journal of the American Society of Information Science and Technology***,* [S.I.], 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. 2009. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.154.5510>. Acesso em: 16 outubro 2018.

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

BERNERS-LEE, Tim. Linked Data. In: BERNERS-LEE, Tim. **Design Issues**. 2006. Disponível em: <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>. Acesso em: 20 setembro 2018.

BIZER, C.; HEATH, T.; BERNERS-LEE, T. Linked Data - the story so far. **International Journal on Semantic Web and Information Systems**, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 1-22, 2009.
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: 16 outubro 2018.

DAHLBERG, Ingetraut. Knowledge organization: its scope and possibilities. **Knowledge Organization**, [S.I.], v. 20, n. 4, p. 211-222, 1993.

DOMINGUE, John; FENSEL, Dieter; HENDLER, James 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: 17 maio 2019.

GONIZZI BARSANTI S., GUIDI G.: 3d digitization of museum content within the 3dicons project. ISPRS **Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences II-5/W1**. p. 151–156. 2013. Disponível em: <https://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/II-5-W1/151/2013/>. Acesso em: 10 julho 2019.

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: 16 outubro 2018.
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: 2 outubro 2018.

HJØRLAND, Birger. Fundamentals of knowledge organization. **Knowledge Organization**, [S.I.], v. 30, n. 2, p. 87-111, 2003.

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**.Munique: K.G. Sauer Verlag, 1998. 144 p. Study Group on the Functional Requirements for Bibliographic Records. Disponível em: <http://www.ifla.org/files/assets/cataloguing/frbr/frbr.pdf>. Acesso em: 16 outubro 2018.

KOLTAY, T. Library and information science and the digital humanities: perceived and real strengths and weaknesses. **Journal of documentation**, *online*, v. 72, n. 4, p. 781–792, 2016.
LANCASTER, F.W. **Indexação e resumos**: teoria e prática. Brasília: Briquet de Lemos, 2004.

LE BOEUF, Patrick *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: 16 outubro 2018.

LEMOS, Daniela L. da S.; SOUZA, R. R..Organização de Recursos Bibliográficos e Multimídia na Web: Contribuições Interdisciplinares. **Informação&Informação**, v.23, n.2, p.98-126, maio/agosto 2018 .

LIU, A. The state of the digital humanities: A report and a critique. **Arts and Humanities in Higher Education**, v. 11, n. 1–2, p. 8–41, 2012.

MARTÍNEZ, J.; KOENEN, R.; PEREIRA, F. MPEG-7: the generic multimedia content description standard - part 1. **IEEE Multimedia**, [S.I.], v. 9, n. 2, p. 78-87, Apr./June 2002.
PATTUELLI, Maria C. Modeling a domain ontology for cultural heritage resources: a user-centered approach. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, [S.l.], v. 62, n. 2, p. 314-342, 2011.

POTENZIANI M. *et al*. 3dhop: 3d heritage online presenter. **Computers & Graphics**, v. 52, p.129–141, novembro, 2015. Disponível em: <http: //vcg.isti.cnr.it/Publications/2015/PCDCPS15>. Acesso em: 10 julho 2018.

POTENZIANI M. *et al*. Publishing and Consuming 3D Content on the Web, A Survey. **Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision**, v. 10, n.4, p. 244-333. 2018. Disponível em: <http://vcg.isti.cnr.it/Publications/2018/PCDS18>. Acesso em: 10 julho 2018.

RODRIGUEZ ECHAVARRIA K., JANZON K., WRIGHT J.: Participatory Co-creation of a Public Sculpture Incorporating 3D Digital Technologies. In **Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage**, Sablatnig R., Wimmer M., (Eds.), The Eurographics Association. 2018.

SCHANDL, B. *et al*. **Linked Data and multimedia**: the state of affairs. *Multimedia Tools and Applications*, [S.l.], online first, p. 1-34, 2011.

SCOPIGNO R.*et al*. Delivering and using 3d models on the web: are we ready? **Virtual Archaeology Review**, v.8,n. 17, p. 1-9, julho 2017.Disponível em:< http: //vcg.isti.cnr.it/Publications/2017/SCDPP17>. Acesso em: 2 julho 2018.

SHADBOLT, N.; HALL, W.; BERNERS-LEE, T. The semantic web revisited. **IEEE Intelligent Systems**, [S.I.], v. 21, n. 3, p. 96-101, May/June 2006.

SILVA, Daniela L. da ; SOUZA, R. R . Representação de documentos multimídia: dos metadados às anotações semânticas. **Tendências da Pesquisa Brasileira em Ciência da Informação**, v. 9, n.2, p. 1-22, 2014.

SILVA, Daniela 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.

SOERGEL, Dagoberto (Org.) .Ontologias na ciência da informação: estado da arte no Brasil [Ontology in Information Science: State of theart in Brazil] . In: Special number - **Ciência da Informação**, Brasília, DF, v.46, n.1, p.1-227, jan./abr. 2017.

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

STEGMAIER, F. *et al*. How to align media metadata schemas? design and implementation of the media ontology. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SEMANTIC AND DIGITAL MEDIA TECHNOLOGIES, 4th, 2009, Graz. **Proceedings…** [S.l.]: CEUR-WS.org, 2009. Workshop on semantic multimedia database technologies (SeMuDaTe 2009).

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

VICKERY, B. C. Ontologies. **Journal of Information Science**, [S.l.], 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, janeiro-junho, 2013.