

CRMgeo: uma extensão do CIDOC CRM para representação de espaço e tempo de patrimônios culturais

CRMgeo: a CIDOC CRM extension for the representation of space and time of cultural heritages

Laís Barbudo Carrasco *

Silvana Aparecida BorsettiGregorio Vidotti **

Resumo: Tendo em vista a heterogeneidade e complexidade de patrimônios culturais e seus contextos, a descrição espacial e temporal é de suma importância para melhor descrever, identificar e interpretar acervos culturais. Sendo assim, a representação de atributos de espaço e tempo de patrimônios culturais permite um enriquecimento semântico da descrição dos objetos culturais e seus contextos. O modelo CRMgeo (*Spatiotemporal Model*) oferece uma extensão para descrição da dimensão espacial e temporal dos patrimônios culturais, isto é, o modelo faz associação entre domínios, neste caso entre o domínio do patrimônio cultural e o domínio geoespacial. Para tal, o CRMgeo conecta o CIDOC CRM ao GeoSPARQL para representação de informações espaciais e temporais. Diante do exposto, levanta-se o seguinte questionamento: que papel o modelo de descrição espacial e temporal (CRMgeo) desempenha na descrição de acervos heterogêneos e complexos de patrimônios culturais em ambientes digitais? Sendo assim, este artigo objetiva tecer uma discussão sobre as potencialidades e desafios da adoção do modelo CRMgeo na representação dos contextos espaciais e temporais de patrimônios culturais em museus mediante a contextualização teórica e análise da documentação do CRMgeo. A pesquisa é classificada como qualitativa e exploratória. Neste contexto, foi efetuado um levantamento bibliográfico, revisão de literatura e análise da documentação técnica fornecida pelo CIDOC-ICOM. Portanto, o emprego do modelo CRMgeo em museus possibilita o enriquecimento e ampliação dos conjuntos de dados de patrimônios culturais, o que leva a contextualização de objetos culturais e precisão de espaços no decorrer do tempo. Este artigo contribui para área da Ciência da Informação, especificamente para o estudo de Museologia e Patrimônio, ao abordar a questão do enriquecimento da dimensão espacial e temporal na descrição de acervos culturais em ambientes digitais preservando assim a memória de acontecimentos históricos ao possibilitar a contação de narrativas históricas.

Palavras-chave: patrimônio cultural; modelo conceitual; CRMgeo; CIDOC CRM.

Abstract: In view of the heterogeneity and complexity of cultural heritage and its contexts, the spatial and temporal description is of paramount importance to better describe, identify, and interpret cultural collections. Thus, the representation of space and time attributes of cultural heritage allows a semantic enrichment of the description of cultural objects and their contexts. The CRMgeo model (*Spatiotemporal Model*) offers an extension to describe the spatial and temporal dimension of cultural heritage, that is, the model makes an association between domains, in this case between the domain of cultural heritage and the geospatial domain. To this end, CRMgeo connects CIDOC CRM to GeoSPARQL to represent spatial and temporal

* Possui graduação em Ciência da Informação e Documentação pela Universidade de São Paulo (USP), mestrado em Patrimônio, Multimídia e Sociedade da Informação pela Universidade de Coimbra (UC – Portugal) e doutorado em Ciência da Informação pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP). Atualmente é estudante de mestrado em Ciência da Comunicação e Mídia na *Mid Sweden University* (MIUN – Suécia). laiscarrasco@hotmail.com

** Licenciada em Matemática pelo Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da UNESP; Especialista em Ciência da Computação pelo Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos da USP; Mestre em Ciências da Computação e Matemática Computacional pelo Instituto de Ciências Matemáticas de São Carlos da USP; Doutora em Educação pela Faculdade de Filosofia e Ciências da UNESP. É Professora Assistente da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Filosofia e Ciências - FFC - Campus de Marília, Departamento de Ciência da Informação. Docente dos cursos de graduação em Arquivologia e Biblioteconomia e dos cursos de mestrado acadêmico e doutorado em Ciência da Informação da Unesp. Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação da Unesp (2004-2011). Coordenadora do Doutorado Interinstitucional (DINTER) Unesp e Universidade Federal do Ceará (2010-2014). Bolsista em Produtividade em Pesquisa - CNPq/PQ no período de 2014 a 2020. vidotti@reitoria.unesp.br

information. Given the above, the following question arises: what role does the model of spatial and temporal description (CRMgeo) play in the description of heterogeneous and complex collections of cultural heritage in digital environments? In this regard, this article aims to discuss the potentialities and challenges of adopting the CRMgeo model in the representation of spatial and temporal contexts of cultural heritage in museums through the theoretical contextualization and analysis of CRMgeo documentation. The research is classified as qualitative and exploratory. In this context, a bibliographic survey, literature review and analysis of the technical documentation provided by CIDOC-ICOM were carried out. Therefore, the use of the CRMgeo model in museums enables the enrichment and expansion of cultural heritage datasets, which leads to the contextualization of cultural objects and precision of spaces over time. This article contributes to the area of Information Science, specifically to the study of Museology and Heritage, by addressing the issue of enriching the spatial and temporal dimension in the description of cultural collections in digital environments, thus preserving the memory of historical events by enabling the storytelling of historical narratives.

Keywords: cultural heritage; conceptual model; CRMgeo; CIDOC CRM.

Introdução

Tendo em vista a heterogeneidade e complexidade de patrimônios culturais e seus contextos, a descrição espacial e temporal é de suma importância para melhor descrever, identificar e interpretar acervos culturais. Sendo assim, a representação de atributos de espaço e tempo de patrimônios culturais permite um enriquecimento semântico da descrição dos objetos culturais e seus contextos.

É importante ressaltar que a descrição de uma dimensão temporal e espacial é limitada nos modelos de representação da informação da Ciência da Informação, os quais limitam-se a descrever data e local de maneira literal. Entretanto, a dimensão temporal e espacial está em constante transformação. Sendo assim, podemos considerar que um espaço pode aumentar ou diminuir, pode fundir ou separar e sua denominação pode ser alterada no decorrer do tempo.

Nesta perspectiva, tomemos como exemplo a Suméria, Sul da Mesopotâmia, onde atualmente se localiza o Iraque e o Kuwait. Considerando que sua fronteira se ampliou e retraiu no decorrer da História, em uma descrição museológica um objeto cultural do período sumério não deveria conter apenas o local Iraque. Essas descrições lineares de espaço e tempo são simplistas e não representam a complexidade e riqueza de informação que o contexto dos patrimônios revela.

É importante destacar que os modelos conceituais de descrição museológica e patrimônios culturais entram em cena com o intuito de melhor representar a complexidade que os patrimônios revelam. Além disso, tais modelos têm um papel fundamental na contação de histórias e narrativas que preservam a memória dos patrimônios culturais. Ao tecer uma trama de narrativas que relacionam os patrimônios e seus contextos possibilitam documentar a memória. Segundo Dodebei:

Modelos derivam da necessidade humana de entender a realidade, aparentemente complexa, e são, portanto, representações simplificadas e inteligíveis do mundo, permitindo vislumbrar as características essenciais de um domínio ou campo de estudo. (DODEBEI, 2002, p.19)

Os modelos possibilitam representar realidades e suas características. Consequentemente, os modelos conceituais permitem a representação de um domínio específico em termos de conceitos e relações entre os conceitos. Sendo assim, segundo Marcondes (2015, p.7), “modelos conceituais são representações formais de um domínio em termos das classes de entidade e suas relações aí existentes”. Neste artigo, o modelo conceitual estudado é o CRMgeo (*Spatiotemporal Model*)¹, cujo logo está ilustrado na Figura 1.



Figura 1 - Logo do CRMgeo
Fonte: CRMgeo

O Comitê Internacional de Documentação (CIDOC) do Conselho Internacional de Museus (ICOM) desenvolveu um modelo conceitual de descrição de patrimônios culturais denominado CIDOC CRM (Modelo de Referência Conceitual). Note que este modelo originou a norma ISO 21127:2014 – *Information and Documentation*, que contém recomendações para integração de patrimônios culturais. Sendo assim, por meio do CIDOC CRM, é possível integrar acervos de bibliotecas, arquivos e museus.



Figura 2 - CIDOC CRM - extensões e colaborações
Fonte: CIDOC CRM

¹ <https://www.cidoc-crm.org/crmgeo>

Os grupos de trabalho do CIDOC CRM², ilustrados via Figura 2, desenvolveram extensões do CIDOC CRM nos últimos anos, de modo a enriquecer o modelo. Em especial, o CRMgeo oferece uma extensão para descrição da dimensão espacial e temporal dos patrimônios culturais, isto é, o modelo faz associação entre domínios, neste caso entre o domínio do patrimônio cultural e o domínio geoespacial. Para tal, o CRMgeo conecta CIDOC CRM ao GeoSPARQL para representação de informações espaciais e temporais.

O CRMgeo Special Interest Group desenvolveu uma conexão entre o CIDOC CRM e GeoSPARQL denominado CRMgeo, um modelo conceitual para descrição de informação espaço-temporal com base nos princípios definidos pelo Open Geospatial Consortium (OGC). O CRMgeo permite o enriquecimento das representações de conteúdos culturais com contextualizações de espaço e tempo, ou seja, lugares e períodos de tempo. (CARRASCO, 2019, p.17)

É importante destacar que iniciativas internacionais utilizam e estudam o desenvolvimento de aplicações do CRMgeo. Neste contexto, segundo relatado por Hiebel, Doerr e Eide (2016), a integração de geoinformação detalhada com CIDOC CRM foi abordada em várias iniciativas no cenário europeu. O AnnoMAD System³, ilustrado via Figura 3, é um projeto do Chipre que adota padrões OGC para representar geoinformação dentro de estruturas de CRM enquanto utiliza o *Geography Markup Language* (GML) em informações que se referem a locais de objetos culturais, como locais de escavação arqueológica. CLAROS (*The world of art on the semantic web*)⁴, ilustrado via Figura 4, é uma colaboração internacional de pesquisa para permitir a busca simultânea de grandes coleções de material digital sobre arqueologia e arte em institutos de pesquisa universitários e museus, liderada pela Universidade de Oxford na Inglaterra. O GSTAR (*GeoSemantic Technologies for Archaeological Research*)⁵, ilustrado via Figura 5, é um projeto de pesquisa da Universidade de South Wales, baseado em *Hypermedia Research Unit* e *Geographic Information Systems Research Unit* que associa as descrições de escavações arqueológicas ao GEOSPARQL. Por fim, o Museu Nacional Alemão desenvolveu o projeto WissKI (*Wissenschaftliche Kommunikations infrastruktur - Scientific Communication Infrastructure*)⁶, ilustrado via Figura 6, que investiga as possibilidades de integração informações de coordenadas espaciais ao CIDOC CRM.

²<https://www.cidoc-crm.org/>

³ AnnoMAD System. (FELICETTI *et al.*, 2010)

⁴<https://clarosdata.wordpress.com/>

⁵<http://qstar.archaeogeomancy.net/>

⁶<https://wiss-ki.eu/>

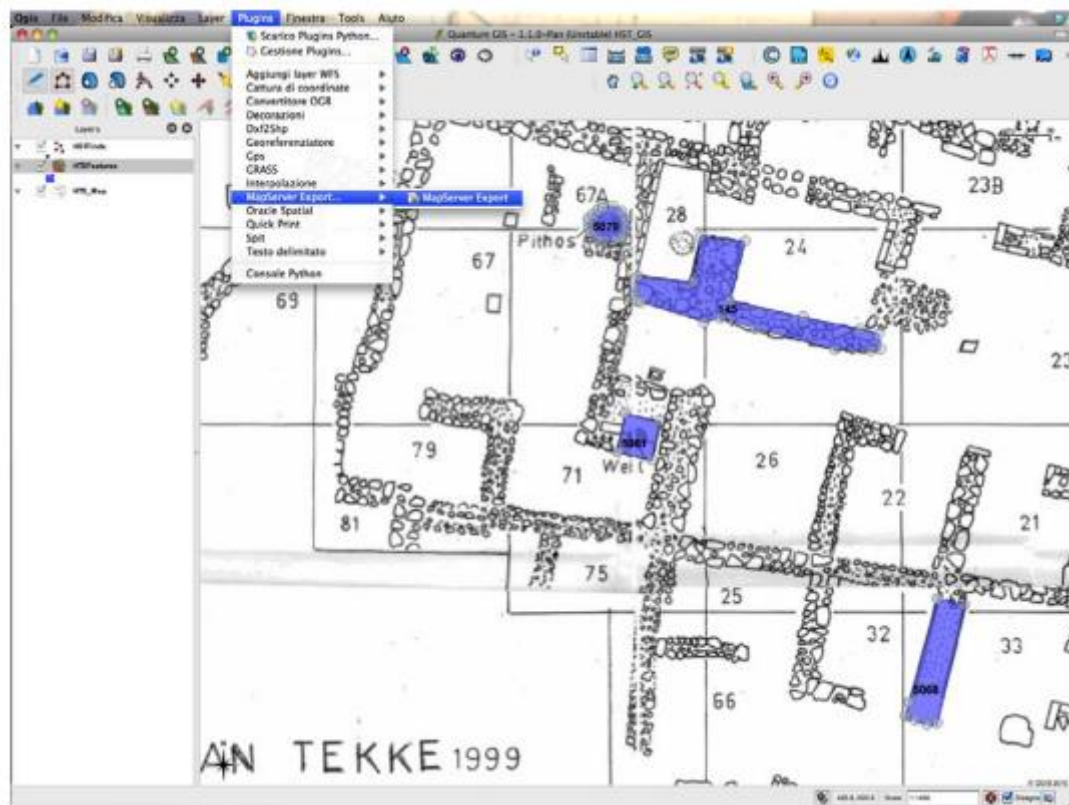


Figura 3 - AnnoMAD GIS Interface
Fonte: Felicetti *et al.*, 2010



Figura 4 - CLAROS
Fonte: CLAROS

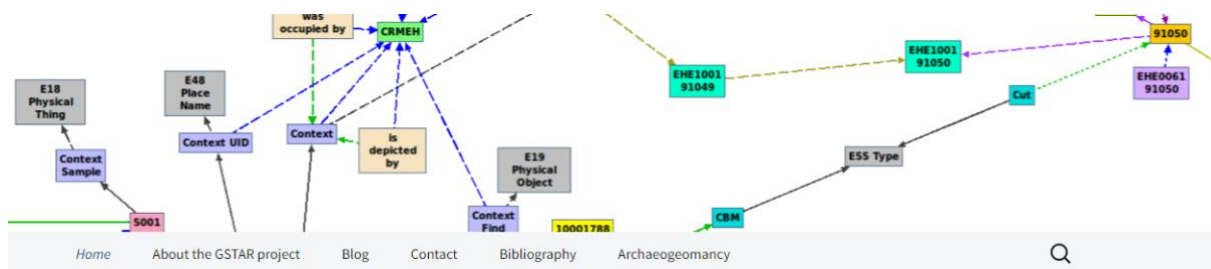


Figura 5 - GSTAR
Fonte: GSTAR



Figura 6 - Wisski
Fonte: Wisski

A Ciência da Informação utiliza os modelos conceituais na representação de informações. Nesse contexto, os modelos conceituais permitem descrever, documentar, organizar, disponibilizar, aceder e recuperar conteúdos em ambientes digitais por meio de uma arquitetura de estruturação semântica e vinculação dos dados dos patrimônios culturais e de seus contextos.

Diante do exposto, levanta-se o seguinte questionamento: que papel o modelo de descrição espacial e temporal (CRMgeo) desempenha na descrição de acervos heterogêneos e complexos de patrimônios culturais em ambientes digitais?

Este artigo objetiva tecer uma discussão sobre as potencialidades e desafios da adoção do modelo CRMgeo na representação dos contextos espaciais e temporais dos patrimônios culturais em museus mediante a contextualização teórica e análise da documentação do CRMgeo.

A pesquisa é classificada como qualitativa e exploratória. Neste contexto, foi efetuado um levantamento bibliográfico, revisão de literatura e análise da documentação técnica fornecida pelo CIDOC-ICOM.

Sendo assim, este trabalho visa comprovar que o emprego do modelo CRMgeo em museus possibilita o enriquecimento e ampliação dos conjuntos de dados de patrimônios culturais, o que leva a contextualização de objetos culturais e precisão de espaços no decorrer do tempo.

Este artigo contribui para área da Ciência da Informação e, especificamente, para os estudos de Museologia e Patrimônio, ao abordar a questão do enriquecimento da dimensão espacial e temporal na descrição de acervos culturais em ambientes digitais.

Este artigo se inicia apresentando as características do modelo CRMgeo, suas entidades, relacionamentos e exemplos, e finaliza apresentando considerações sobre o estudo, suas limitações e pesquisas futuras.

2. Compreendendo o modelo CRMgeo

Esta seção apresenta o modelo de descrição de espaço e tempo denominado CRMgeo, suas entidades e propriedades e, por fim, uma exemplificação do modelo.

O modelo CRMgeo, de acordo com Doerr e colaboradores (2015), pode ser considerado uma ontologia formal destinada a ser adotada como um esquema global para integrar propriedades espaço-temporais de entidades temporais e itens persistentes. Nesta perspectiva, para os autores, o objetivo principal do CRMgeo é a integração de geoinformação disponível nos formatos GIS (*Geographic information system*) nas representações do CIDOC CRM. Sendo assim, o CRMgeo vincula o CIDOC CRM ao padrão *Open Geospatial Consortium* (OGC) do GEOSPARQL (*Geographic Query Language for RDF Data*) para fazer uso dos conceitos e definições formais da comunidade de informações geo-espaciais.

CRMgeo é uma ontologia formal destinada a ser usada como um esquema global para integrar propriedades espaço-temporais de entidades temporais e itens persistentes. Seu objetivo principal é integrar todos os tipos de geoinformação que estão disponíveis em formatos GIS nas representações do CIDOC CRM. Para isso, vincula o CIDOC CRM ao padrão OGC do GeoSPARQL para utilizar as conceituações e definições formais que foram desenvolvidas na

comunidade de Geoinformação. (DOERR *et al.*, 2015, p.4, tradução nossa).⁷

De acordo com Hiebel, Doerr e Eide (2017), a mesma metodologia de engenharia de ontologia do CIDOC CRM foi utilizada para construir o CRMgeo. No CRMgeo foi introduzido o conceito de volume de espaço-tempo que foi posteriormente incluído no CIDOC CRM e fornece uma diferenciação entre volume fenomênico e declarativo no espaço-tempo, local e tempo. As classes fenomênicas derivam sua identidade de fenômenos do mundo real, como eventos ou coisas e classes declarativas, derivam sua identidade de declarações humanas como datas ou coordenadas. Essa diferenciação é uma conceitualização essencial para vincular o CIDOC CRM às classes, relações topológicas e codificações fornecidas pelo GEOSPARQL e, assim, permitindo a análise espaço-temporal oferecida por sistemas de geoinformação com base nas distinções semânticas do CIDOC CRM. Segundo os autores, o CRMgeo apresenta as classes e relações necessárias para modelar as propriedades espaço-temporais dos fenômenos do mundo real e suas relações topológicas e semânticas com informações espaço-temporais sobre esses fenômenos derivados de fontes, mapas, observações ou medições históricas. O modelo foi desenvolvido com o intuito de representar e localizar novamente um local fenomênico, como o local real de um acidente de navio, por um lugar declarativo, como uma marca em um mapa de navegação marítimo.

Nesta perspectiva, a vinculação de CRMgeo ao GeoSPARQL permite uma representação de informação coordenada compatível com os padrões OGC (*Open Geospatial Consortium*) e a aplicação das elaboradas relações topológicas definidas pelo GeoSPARQL (HIEBEL; DOERR; EIDE, 2013). Dessa forma, segundo os autores, os conceitos do CRMgeo possibilitam a integração de informações em nível espaço-temporal com base na semântica definida no CIDOC CRM, fazendo uso das tecnologias e definições baseadas nos padrões OGC.

É importante ressaltar que as classes (entidades) e os relacionamentos (propriedades) declarados no CRMgeo recebem uma nomenclatura e um identificador construído de acordo com as convenções usadas no modelo CIDOC CRM.

⁷ CRMgeo is a formal ontology intended to be used as a global schema for integrating spatiotemporal properties of temporal entities and persistent items. Its primary purpose is integrating all kinds of geoinformation that is available in GIS formats into CIDOC CRM representations. In order to do this, it links the CIDOC CRM to the OGC standard of GeoSPARQL to make use of the conceptualizations and formal definitions that have been developed in the Geoinformation community (DOERR *et al.*, 2015, p. 4).

Segundo Doerr e colaboradores (2015), no CIDOC CRM as entidades são identificadas pela letra E, seguida por um número, enquanto no CRMgeo as entidades são identificadas pelas letras SP seguidas por um número. Na mesma lógica, no modelo CIDOC CRM as propriedades são identificadas pela letra P seguida de um número, enquanto no CRMgeo as propriedades são identificadas pela letra Q seguida de um número (DOERR *et al.*, 2015).

O Quadro 1, a seguir, apresenta a hierarquia das entidades do modelo CRMgeo extensão do CIDOC CRM.

Quadro 1 - Hierarquia das entidades do CRMgeo alinhadas com as entidades do CIDOC CRM.

E1	CRM Entity
E53	- Place
SP2	- - Phenomenal Place
SP6	- - Declarative Place
E92	- Spacetime Volume
SP1	- - Phenomenal Spacetime Volume
E4	- - - Period
E18	- - - Physical Thing
SP7	- - Declarative Spacetime Volume
E52	- Time-Span
SP13	- - Phenomenal Time-Span
SP10	- - Declarative Time-Span
E73	- Information Object
SP5	- Geometric Place Expression
SP12	- Spacetime Volume Expression
SP14	- Time Expression
E29	- Design or Procedure
SP4	- - - Spatial Coordinate Reference System
SP11	- - - Temporal Reference System
SP3	- Reference Space

Fonte: DOERR *et al.*, 2015, p.6.

O Quadro 1 apresenta a hierarquia das entidades do modelo CIDOC CRM com a extensão de descrição de espaço e tempo. Sendo assim, as entidades do CRMgeo representam um refinamento da descrição dos contextos espaço-temporais que um objeto cultural pode estar associado. Em complemento, o Quadro 2 apresenta as descrições das entidades do modelo CRMgeo.

Quadro 2 - Descrição das entidades do modelo CRMgeo.

ENTIDADE	DESCRIÇÃO
SP1 PhenomenalSpacetime Volume	This class comprises the 4-dimensional point sets (volumes) (S) which material phenomena (I) occupy in Space-Time (S). An instance of S1 Space Time Volume represents the true (I) extent of an instance of E4 Period in spacetime or the true (I) extent of the trajectory of an instance of E18 Physical Thing during the course of its existence, from production to destruction. A fuzziness of the extent lies in the very nature of the phenomenon, and not in the shortcomings of observation (U). The degree of fuzziness with respect to the scale of the phenomenon may vary widely, but the extent is never exact in a mathematical sense. According to modern physics, points in space-time are absolute with respect to the physical phenomena happening at them, regardless the so-called Galilean relativity of spatial or temporal reference systems in terms of which an observer may describe them. Following the theory, points relative to different spatial or temporal reference systems can be related if common points of phenomena in space-time are known in different systems. Instances of SP1 Phenomenal Space-Time Volume are sets of such absolute space-time points of phenomena (I). The (Einstein) relativity of spatial and temporal distances is of no concern for the scales of things in the cultural-historical discourse, but does not alter the above principles. The temporal projection of an instance of SP1 Phenomenal Space-Time Volume defines an E52 Time-Span while its spatial projection defines an SP2 Phenomenal Place. The true location of an instance of E18 Physical Thing during some timespan can be regarded as the spatial projection of the restriction of its trajectory to the respective time-span.
SP2 PhenomenalPlace	This class comprises instances of E53 Place (S) whose extent (U) and position is defined by the spatial projection of the spatiotemporal extent of a real-world phenomenon that can be observed or measured. The spatial projection depends on the instance of S3 Reference Space onto which the extent of the phenomenon is projected. In general, there are no limitations to the number of Reference Spaces one could regard, but only few choices are relevant for the cultural-historical discourse. Typical for the archaeological discourse is to choose a reference space with respect to which the remains of some events would stay at the same place, for instance, relative to the bedrock of a continental plate. On the other side, for the citizenship of babies born in aeroplanes, the space in which the boundaries of the overflown state are defined may be relevant (I). Instances of SP2 Phenomenal Place exist as long as the respective reference space is defined. Note that we can talk in particular about what was at a place in a country before a city was built there, i.e., before the time the event occurred by which the place is defined, but we cannot talk about the place of earth before it came into existence due to lack of a reasonable reference space (E).
SP3 Reference Space	This class comprises the (typically Euclidian) Space (S) that is at rest (I) in relation to an instance of E18 Physical Thing and extends (U) infinitely beyond it. It is the space in which we typically expect things to stay in place if no particular natural or human distortion processes occur. This definition requires that at least essential parts of the respective physical thing have a stability of form. The degree of this stability (e.g., elastic deformation of a ship on sea, landslides, geological deformations) limits the precision to which an instance of SP3 Reference Space is defined. It is possible to

	construct types of (non-Euclidian) reference spaces which adapt to elastic deformations or have other geometric and dynamic properties to adapt to changes of form of the reference object, but they are of rare utility in the cultural-historical discourse. An instance of SP3 Reference Space begins to exist with the largest thing that is at rest in it and ceases to exist with its E6 Destruction. If other things are at rest in the same space and their time-span of existence falls within the one of the reference object, they share the same reference space (I). It has therefore the same temporal extent (time-span of existence) as the whole of the E18 Physical Things it is at rest with (E).
SP4 Spatial Coordinate Reference System	This class compromises systems that are used to describe locations in a SP3 Reference Space (S). An instance of SP4 Spatial Coordinate Reference System is composed of two parts: The first is a Coordinate System which is a set of coordinate axes with specified units of measurement and axis directions. The second part is a set of reference features at rest in the Reference Space it describes in the real world that relate the Coordinate System to real world locations (U) and fix it with respect to the reference object of its Reference Space. In surveying and geodesy, instance of SP4 Spatial Coordinate Reference System is called a datum. In the case of spatial coordinate reference systems for the earth the datum consists of the reference points and an ellipsoid that approximates the shape of the earth. National systems often use ellipsoids that approximate their territory best and shift them in an appropriate position relative to the earth while WGS84 is an ellipsoid for the whole earth and used in GPS receivers. In engineering a datum is a reference feature of an object used to create a reference system for measurement. The set of reference features in the real world are subset of E26 Physical Feature that are within the described reference space at rest and pertain to the E18 Physical Thing the reference space is at rest with. SP4 Spatial Coordinate Reference Systems have a validity for a certain spatial extent of the SP3 Reference Space and in addition a temporal validity. The combination of coordinate reference system and datum provides a unique identity (I). SP4 Spatial Coordinate Reference Systems may be defined for the earth, moving objects like planes or ships, linear features like boreholes or local systems. If there is a standardised identifier system available, such as EPSG codes, it should be used.
SP5 GeometricPlace Expression	This class comprises definitions of places by quantitative expressions. An instance of SP5 Geometric Place Expression can be seen as a prescription of how to find the location meant by this expression in the real world (S), which is based on measuring where the quantities referred to in the expression lead to, beginning from the reference points of the respective reference system. A form of expression may be geometries or map elements defined in a SP4 Spatial Coordinate Reference System that unambiguously identify locations in a SP3 Reference Space. Other forms may refer to areas confined by imaginary lines connecting Phenomenal Places such as trees, islands, cities, mountain tops. The identity of a SP5 Place Expression is based on its script or symbolic form (I). Several SP5 Place Expressions can denote the same SP6 Declarative Place. Instances of SP5 Geometric Place Expressions that exist in one SP4 Spatial Coordinate Reference System can be transformed to geometries in other SP4 Spatial Coordinate Reference System if there is a known and valid transformation. The product of the transformation in general defines a new instance of SP6 Declarative Place, albeit close to

	the source of the transformation. This can be due to distortions resulting from the transformation and the limited precision by which the relative position of the reference points differing between the respective reference systems are determined.
SP6 DeclarativePlace	This class comprises instances of E53 Place (S) whose extent (U) and position is defined by an E94 Space Primitive (S). There is one implicit or explicit SP3 Reference Space in which the SP5 Geometric Place Expression describes the intended place. Even though SP5 Geometric Place Expressions have an unlimited precision, measurement devices and the precision of the position of reference features relating the SP4 Spatial Coordinate Reference System to a SP3 Reference Space impose limitations to the determination of a SP6 Declarative Place in the real world (U). Several SP5 Geometric Place Expressions may denote the same SP6 Declarative Place if their precision falls within the same range (I). Instances of SP6 Declarative Places may be used to approximate instances of E53 Places or parts of them. They may as well be used to define the location and spatial extent of property rights or national borders.
SP7 DeclarativeSpacetime Volume	This class comprises instances of SP8 Spacetime Volumes (S) whose temporal and spatial extent (U) and position is defined by a SP12 Spacetime Volume Expression. There is one implicit or explicit SP3 Reference Space in which the SP12 Spacetime Volume Expression describes the intended Spacetime Volume. As we restrict the model to Galilean physics and explicitly exclude systems with velocities close to the speed of light, we do not model a “Reference Time” as it would be necessary for relativistic physics. This implies that there is only one Reference Time. Even though SP12 Spacetime Volume Expressions have an unlimited precision, measurement devices and the precision of the position of reference features relating the SP4 Spatial Coordinate Reference System to a SP3 Reference Space impose limitations to the determination of the spatial part of a SP7 Declarative Spacetime Volume in the real world (U). The same limitation to precision is true for the temporal part of a SP7 Declarative Spacetime Volume due to precision of time measurement devices and of the determination of the reference event of a SP11 Temporal Reference System. Several SP12 Spacetime Volume Expressions may denote the same SP7 Declarative Spacetime Volume if their precision falls within the same range (I). Instances of SP7 Declarative Spacetime Volumes may be used to approximate instances of SP8 Spacetime Volumes or parts of them. They may as well be used to define the spatial and temporal extent of property rights or national borders. This class comprises instances of SP8 Spacetime Volumes (S) whose temporal and spatial extent (U) and position is defined by a SP12 Spacetime Volume Expression. There is one implicit or explicit SP3 Reference Space in which the SP12 Spacetime Volume Expression describes the intended Spacetime Volume. As we restrict the model to Galilean physics and explicitly exclude systems with velocities close to the speed of light, we do not model a “Reference Time” as it would be necessary for relativistic physics. This implies that there is only one Reference Time. Even though SP12 Spacetime Volume Expressions have an unlimited precision, measurement devices and the precision of the position of reference features relating the SP4 Spatial Coordinate Reference System to a SP3 Reference Space impose limitations to the determination of the spatial part of a SP7 Declarative Spacetime Volume in the real world (U). The same limitation to

	precision is true for the temporal part of a SP7 Declarative Spacetime Volume due to precision of time measurement devices and of the determination of the reference event of a SP11 Temporal Reference System. Several SP12 Spacetime Volume Expressions may denote the same SP7 Declarative Spacetime Volume if their precision falls within the same range (I). Instances of SP7 Declarative Spacetime Volumes may be used to approximate instances of SP8 Spacetime Volumes or parts of them. They may as well be used to define the spatial and temporal extent of property rights or national borders. This class comprises instances of SP8 Spacetime Volumes (S) whose temporal and spatial extent (U) and position is defined by a SP12 Spacetime Volume Expression. There is one implicit or explicit SP3 Reference Space in which the SP12 Spacetime Volume Expression describes the intended Spacetime Volume. As we restrict the model to Galilean physics and explicitly exclude systems with velocities close to the speed of light, we do not model a “Reference Time” as it would be necessary for relativistic physics. This implies that there is only one Reference Time. Even though SP12 Spacetime Volume Expressions have an unlimited precision, measurement devices and the precision of the position of reference features relating the SP4 Spatial Coordinate Reference System to a SP3 Reference Space impose limitations to the determination of the spatial part of a SP7 Declarative Spacetime Volume in the real world (U). The same limitation to precision is true for the temporal part of a SP7 Declarative Spacetime Volume due to precision of time measurement devices and of the determination of the reference event of a SP11 Temporal Reference System. Several SP12 Spacetime Volume Expressions may denote the same SP7 Declarative Spacetime Volume if their precision falls within the same range (I). Instances of SP7 Declarative Spacetime Volumes may be used to approximate instances of SP8 Spacetime Volumes or parts of them. They may as well be used to define the spatial and temporal extent of property rights or national borders.
SP10 DeclarativeTime-Span	This class comprises instances of E52 Time-Spans that represent the Time Span defined by a SP 14 Time Expression. Thus they derive their identity through an expression defining an extent in time. Even though SP10 Declarative Time Spans have an unlimited precision, measurement devices and the possible precision within the SP11 Temporal Reference System impose limitations to the determination of a SP10 Declarative Time Span. The accuracy of a SP10 Declarative Time Spans depends upon the documentation and measurement method. SP10 Declarative Time Spans may be used to approximate actual (phenomenal) Time-Spans of temporal entities.
SP11 Temporal Reference System	This class compromises systems(S) that are used to describe positions and extents in a Reference Time. If relativistic effects are negligible in the wider spacetime area of interest and the speeds of associated things, then there is only one unique global reference time. The typical way to measure time is to count the cycles of a periodic process for which we have a hypothesis of constant frequency, such as oscillations of a crystal, molecular arrangement, rotation of earth around itself or around the sun. The origin for a Temporal Reference System is fixed on a reference event. As long as the number of cycles passed from that reference event until now are known, the temporal reference system exists (E) and expressions in this Reference System can be interpreted with respect to the Reference Time. A temporal reference system

	represents time as a continuous linear interpolation over the infinite series of cycles extended from the reference event to the past and the future, regardless of the temporal position of the mathematical point zero of an instance of SP14 Time Expression, such for instance the Gregorian calendar begins with the event an arbitrary positioning the point zero as being the date of the “Birth of Christ”. The actual date of birth of Christ is regarded to be unknown and therefore is not the reference event. The identity of a Temporal Reference System is defined through the type of periodic process it is based on, the reference event and through the distance of the reference event to the position of the mathematical point zero (I). A value in the Reference Time is a temporal position measured relative to a temporal reference system. ISO 8601 specifies the use of the Gregorian Calendar and 24 hours local or Coordinated Universal Time (UTC) for information interchange. In ISO 19108 three common types of temporal reference systems are explicitly stated: calendars (used with clocks for greater resolution), temporal coordinate systems, and ordinal temporal reference systems. Calendars and clocks are both based on interval scales. A calendar is a discrete temporal reference system that provides a basis for defining temporal position to a resolution of one day. A clock provides a basis for defining temporal position within a day. A clock must be used with a calendar in order to provide a complete description of a temporal position within a specific day. Every calendar provides a set of rules for composing a calendar date from a set of elements such as year, month, and day. In every calendar, years are numbered relative to the date of a reference event that defines a calendar era [ISO 19108]. Specifying temporal position in terms of calendar date and time of day complicates the computation of distances between points and the functional description of temporal operations. A temporal coordinate system may be used to support applications of this kind. [ISO 19108]. Ordinal temporal reference systems as specified in ISO 19108 are no instances of SP11 Temporal Reference Systems as they do not define cycles of a periodic process but define a system of time intervals based on reference periods related to certain natural or cultural phenomena.
SP12 Spacetime Volume Expression	This class comprises instances of E59 Primitive Value for spacetime volumes that should be implemented with appropriate validation, precision, interval logic and reference systems to express date ranges and geometries relevant to cultural documentation. A Spacetime Volume Expression may consist of one expression including temporal and spatial information like in GML or a different form of expressing spacetime in an integrated way like a formula containing all 4 dimensions. A Spacetime Volume Expression defines a SP7 Declarative Spacetime Volume, which means that the identity of the Spacetime Volume is derived from its geometric and temporal definition. This declarative Spacetime Volume allows for the application of all Spacetime Volume properties to relate phenomenal Spacetime Volumes of Periods and Physical Things to propositions about their spatial and temporal extents.
SP13 Phenomenal Time-Span	This class comprises instances of E52 Time-Spans whose extent (U) and position is defined by the temporal projection of the spatiotemporal extent that can be observed or measured. Thus, they derive their identity through the extent in time of a real world phenomenon (I).

Fonte: Doerr, Hiebel e Eide (2013)

Em decorrência, o Quadro 3 apresenta os relacionamentos entre as entidades e propriedades dos modelos CIDOC CRM e sua extensão CRMgeo. Nesta perspectiva, as associações entre entidades e propriedades tecem as narrativas que permitem a contação de histórias que preservam a memória da humanidade.

Quadro 2 - Propriedades do CRMgeo

P. id	Property Name	Entity – Domain	Entity - Range
Q1	occupied	E4 Period	SP1 Phenomenal Spacetime Volume
Q2	occupied	E18 Physical Thing	SP1 Phenomenal Spacetime Volume
Q3	has temporal projection	SP1 Phenomenal Spacetime Volume	SP13 Phenomenal Time-Span
Q4	has spatial projection	SP1 Phenomenal Spacetime Volume	SP2 Phenomenal Place
Q5	defined in	E53 Place	SP3 Reference Space
Q6	is at rest in relation to	SP3 Reference Space	E18 Physical Thing
Q7	describes	SP4 Spatial Coordinate Reference System	SP3 Reference Space
Q8	is fixed on	SP4 Spatial Coordinate Reference System	E26 Physical Feature
Q9	is expressed in terms of	E94 Space Primitive	SP4 Spatial Coordinate Reference System
Q10	defines place	E94 Space Primitive	SP6 Declarative Place
Q11	approximates	SP6 Declarative Place	E53 Place
Q12	approximates	SP7 Declarative Spacetime Volume	E92 Spacetime Volume
Q13	approximates	SP10 Declarative Time-Span	E52 Time-Span
Q14	defines time	SP14 Time Expression	SP10 Declarative Time-Span
Q15	is expressed in terms of	SP14 Time Expression	SP11 Temporal Reference System
Q16	defines spacetime volume	SP12 Spacetime Volume Expression	SP7 Declarative Spacetime Volume
Q17	is expressed in terms of	SP12 Spacetime Volume Expression	SP11 Temporal Reference System
Q18	is expressed in terms of	SP12 Spacetime Volume Expression	SP4 Spatial Coordinate Reference System
Q19	has reference event	SP11 Temporal Reference System	E5 Event

Fonte: DOERR *et al.*, p.7, 2015.

É importante ressaltar que, segundo Doerr e colaboradores (2015), os atributos não são declarados no modelo CIDOC CRM e suas extensões. Sendo assim, qualquer informação pode ser considerada como um relacionamento entre as entidades, ou seja, como uma propriedade da entidade.

Segundo Hiebel, Doerr e Eide (2016), a introdução da entidade de volume de espaço-tempo (*Spacetime Volume*), primeiro no CRMgeo e depois no CIDOC CRM, permitiu uma visão integrada do espaço e do tempo no contexto dos domínios do CIDOC CRM. Na versão atual do CIDOC CRM, a análise contínua da relação entre as entidades de CRM existentes e o novo conceito de volume de espaço-tempo (*Spacetime Volume*) estabeleceu a entidade Período (*E4 Period*) como subentidade da Entidade Temporal (*E2 Temporal Entity*) e do volume de espaço-tempo (*E92 Spacetime Volume*).

Para esses autores, o modelo combina dois tipos de instâncias distintas: uma instância de Período (*E4 Period*), que é um conjunto de fenômenos coerentes, enquanto um Volume de Espaço-Tempo (*E92 Spacetime Volume*) é uma agregação

de pontos no espaço-tempo. A verdadeira extensão espaço-temporal de uma instância do Período (E4) é a difusão e a esfera de influência dos fenômenos constituintes, como as ações dos cidadãos do Império Romano e as áreas que eles controlavam e efetivamente reivindicavam. Sua identidade e existência depende unicamente da identidade da instância do Período (*E4 Period*). É por isso que as extensões temporais ou espaço-temporais são denominadas fenomênicas. Elas são consideradas únicas, com todos os seus detalhes e complexidades, no entanto, distintas de todas as determinações ou aproximações geométricas que levariam sua identidade a partir de uma declaração humana, que, por conseguinte, é denominada declarativa (HIEBEL; DOERR; EIDE, 2016). Nesta perspectiva, a Figura 7 ilustra as novas classes *Spacetime Volume* (E92), *Presence* (E93) e *Space Primitive* (E94) e suas relações com as classes CRM existentes anteriormente.

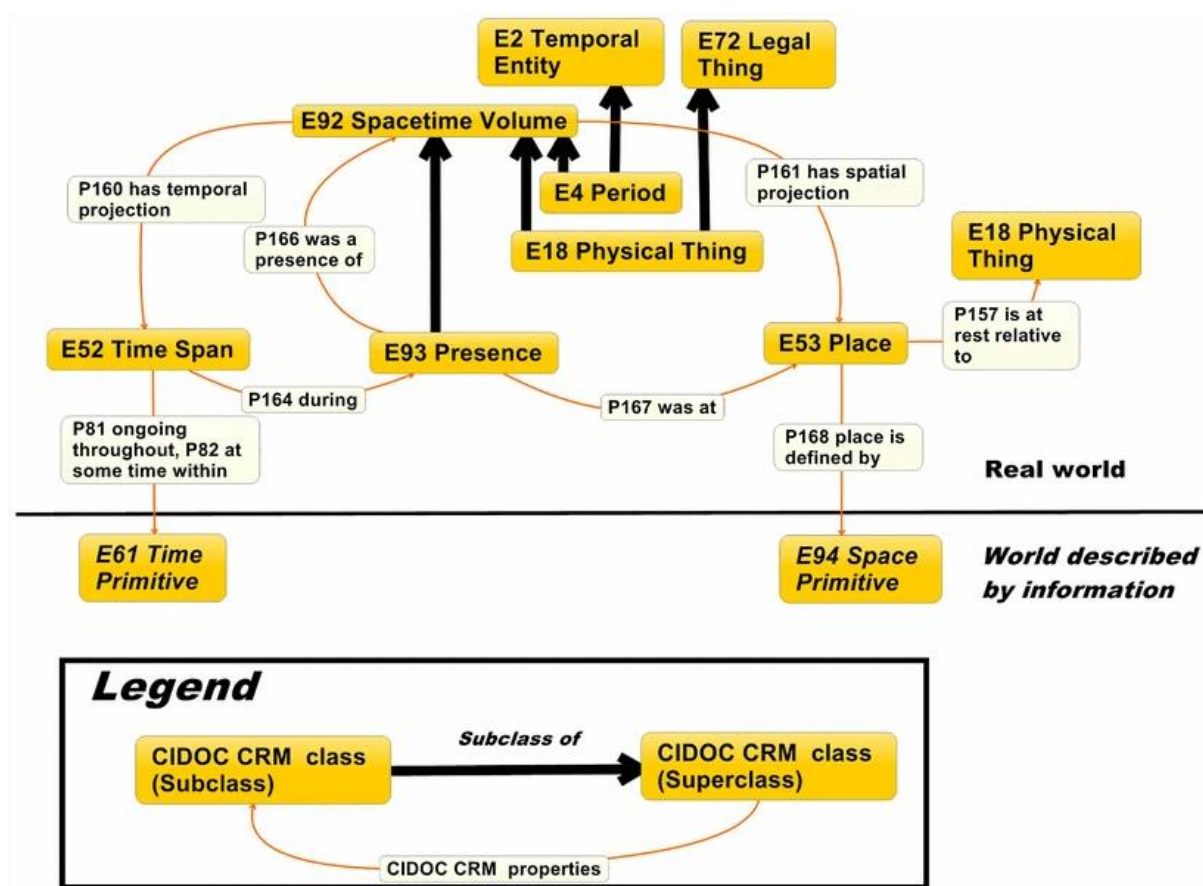


Figura 7 – Conceitos espaço-temporais do CRMgeo introduzidos no CIDOC CRM.
Fonte: Hiebel, Doerr e Eide (2017, p. 274).

Para exemplificar a lógica e semântica do CRMgeo, Hiebel, Doerr e Eide (2016) utilizam a luta do navio inglês HMS Victory e do navio francês Redoubtable na Batalha de Trafalgar como uma ilustração do volume do Espaço-tempo (E92), Presença (E93) e como um volume do Espaço-tempo pode ser projetado para dois lugares (E53) que estão em repouso em relação a (P157) diferentes Coisas Físicas (E18). Por conseguinte, a Figura 8 apresenta a luta do HMS Victory e do Redoubtable na Batalha de Trafalgar ilustrando o volume do Espaço-tempo (E92) e Presença (E93) e sua projeção para diferentes Lugares (E53).

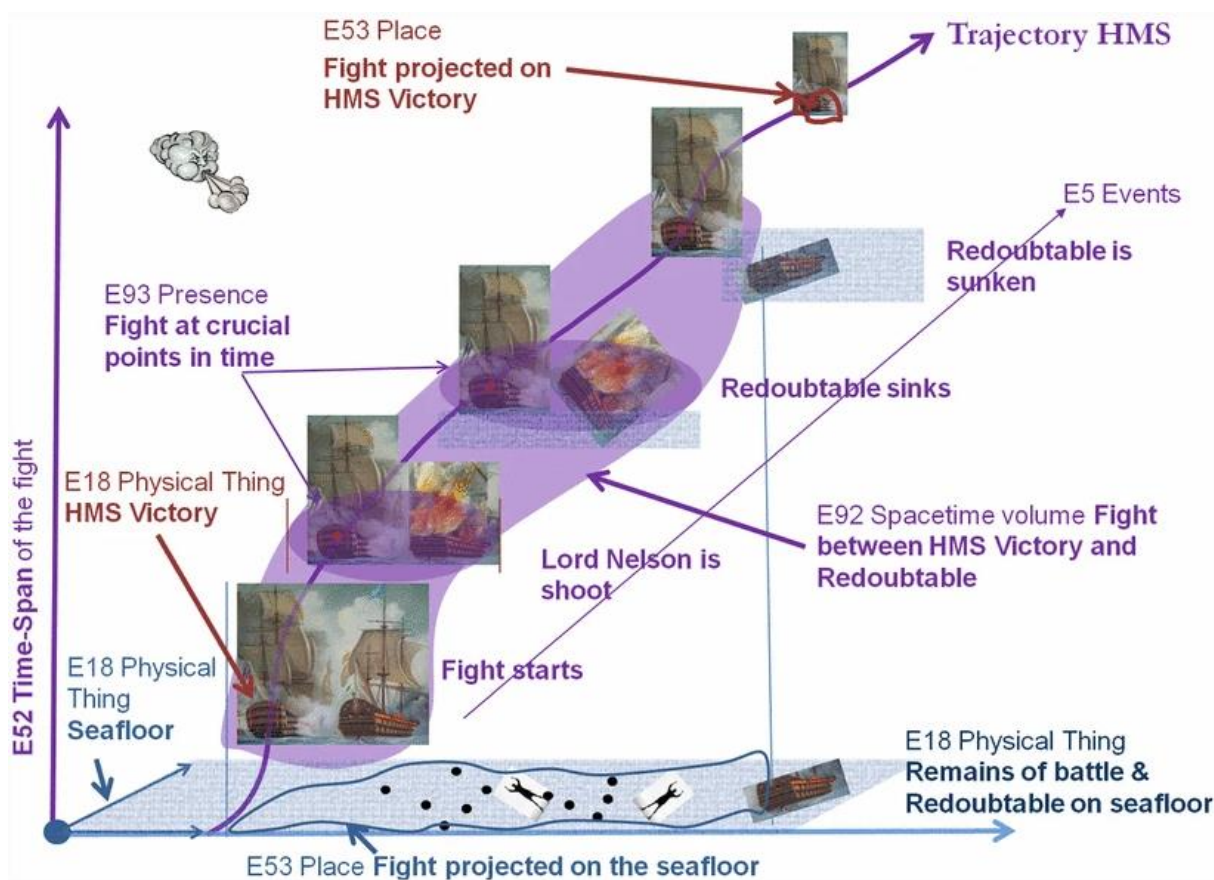


Figura 8 - Exemplo da Batalha de Trafalgar.
Fonte: Hiebel, Doerr e Eide (2017, p. 275).

Segundo os autores, o ponto de partida da modelagem é o próprio volume de espaço-tempo (*E92 Spacetime Volume*) da luta, começando no primeiro tiro disparado entre os dois navios e terminando com o afundamento do *Redoubtable*. A Figura 8 apresenta dois exemplos diferentes de presença (*E93 Presence*) em pontos cruciais no tempo durante a batalha. Um deles é o tiro que Lord Nelson levou de um atirador francês (HIEBEL; DOERR; EIDE, 2016).

Em termos de interpretações possíveis dos acontecimentos históricos, segundo os autores, para um historiador que deseja reconstruir a situação do tiro de Lord Nelson, das posições e movimentos de Lord Nelson, de outros membros da tripulação e do próprio atirador são importantes em relação ao navio. Portanto, o volume do espaço-tempo (*E92 Spacetime Volume*) da luta e da presença (*E93 Presence*) no momento do tiroteio pode ser projetado para um lugar que está em repouso em relação ao *HMS Victory* (HIEBEL; DOERR; EIDE, 2016). Em contrapartida, para um arqueólogo interessado nos restos do *Redoubtable* no fundo do mar, é importante formular hipóteses em relação ao solo marítimo, onde se esperaria encontrar restos da luta e do naufrágio do *Redoubtable*. O volume do espaço-tempo (*E92 Spacetime Volume*) da luta e da presença (*E93 Presence*) no momento do afundamento do *Redoubtable* pode ser projetado para um lugar que está em repouso em relação ao solo marítimo (HIEBEL; DOERR; EIDE, 2016).

Portanto, dependendo da questão e formulação da pesquisa, o mesmo evento, ou seja, o próprio volume de espaço-tempo, pode ser projetado para um lugar em repouso em relação ao *HMS Victory* ou projetado para um lugar em repouso em relação ao piso marítimo. Cada projeção cria um local diferente (*E53 Place*). O lugar do navio deixa de existir quando o *HMS Victory* deixa de existir. O local no fundo do mar deixa de existir quando o solo marítimo desaparece sob a placa continental - o qual poderia ser relevante em outros contextos acadêmicos, como na Paleontologia. O volume de espaço-tempo não deixaria de existir enquanto as dimensões temporal e espacial existirem. Consequentemente, segundo os autores, apenas um buraco negro iria acabar com essas dimensões (HIEBEL; DOERR; EIDE, 2016).

Por fim, a Figura 9 apresenta a batalha em termos de entidades e propriedades do CRMgeo. Sendo assim, a ilustração apresenta o volume do espaço-tempo fenomênico (SP1) do naufrágio do *Redoubtable*, suas projeções espaciais e temporais e lugares declarativos (SP6) e espaços temporais declarativos (SP10) aproximando-os aos fenômenos.

vincula o CIDOC CRM ao GeoSPARQL para representação de informações espaciais e temporais.

O modelo conceitual de descrição espaço-temporal CRMgeo desempenha o papel de viabilizar a representação das relações de conteúdos culturais, acontecimentos históricos e patrimônios e as suas realidades complexas de espaço e tempo. Dessa forma, o modelo conceitual contextualiza os patrimônios culturais ao contar as histórias que os rodeiam preservando assim sua memória, expressa por meio de uma teia de narrativas pavimentada pela estruturação de dados em ambientes digitais. É importante ressaltar que a adoção de refinamentos de espaço e temporais na representação da complexidade dos contextos dos patrimônios culturais em ambientes digitais permite a descoberta e ampliação de dados mediante uma arquitetura complexa de conceitos e relacionamentos. Sendo assim, o emprego do modelo CRMgeo em museus possibilita o enriquecimento e ampliação dos conjuntos de dados de patrimônios culturais, o que leva à contextualização de objetos culturais e precisão de espaços no decorrer do tempo. Por fim, possibilita a construção social da memória e ressignificação dos objetos culturais em ambientes digitais de patrimônios culturais.

O artigo apresentou iniciativas internacionais que desenvolvem aplicações do CRMgeo no cenário europeu, entre elas, destacam-se: AnnoMAD System (Chipre), CLAROS (Inglaterra), GSTAR (País de Gales) e WissKI (Alemanha). Por conseguinte, recomenda-se a adoção do CRMgeo pelas instituições brasileiras, no contexto de patrimônios culturais, tendo em vista que tal modelo permite o enriquecimento da representação dos contextos dos objetos culturais, exposições e patrimônios; é um modelo que permite a representação da complexidade de espaço e tempo que um patrimônio está relacionado ao seguir as recomendações da comunidade dos Sistemas de Informação Geográfica (GIS); enriquece a experiência do usuário; é um modelo difundido internacionalmente na área do patrimônio cultural; é uma extensão do CIDOC CRM, que é a norma ISO para a representação e integrações de conteúdo do Patrimônio Cultural homologada pelo Comitê Internacional de Documentação (CIDOC) do Conselho Internacional de Museus (ICOM) e, por fim, assegura sua sustentabilidade a longo prazo.

Este artigo contribui para área da Ciência da Informação, especificamente para o estudo de Museologia e Patrimônio, ao abordar a questão do enriquecimento da representação da dimensão espacial e temporal de patrimônios culturais em ambientes digitais.

Limitações da pesquisa

Apesar de consultar estudos empíricos sobre o uso do CRMgeo, a pesquisa foi realizada por meio de uma abordagem teórica da literatura científica e documentação técnica do CRMgeo. Consequentemente, há a necessidade de uma abordagem empírica, como um estudo de caso em organizações reais, para ilustrar a tese da pesquisa.

Pesquisa futura

A destinação final da pesquisa é construir um referencial teórico-empírico que aborde a representação da dimensão espacial e temporal e contextualização de patrimônios culturais na cibercultura dos museus e centros culturais.

Referências

CARRASCO, L. B. *Integração de conteúdos culturais heterogêneos em ambientes digitais do patrimônio cultural*: harmonização de modelos conceituais. Marília, 2018. 149 f. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Ciência da Informação – Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Campus de Marília, 2019.

CIDOC CRM. Disponível em: <<http://www.cidoc-crm.org/>>. Acesso em: 30 maio 2022.

CLAROS: the world of art on the semantic web. Disponível em: <<https://clarosdata.wordpress.com/>>. Acesso em: 30 maio 2022.

CRIPPS, P. *GSTAR: GeoSemantic Technologies for Archaeological Resources*. Disponível em: <<http://gstar.archaeogeomancy.net/>>. Acesso em: 30 maio 2022.

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

DOERR *et al.* *CRMgeo: a Spatiotemporal Model. An Extension of CIDOC-CRM to link the CIDOC CRM to GeoSPARQL through a Spatiotemporal Refinement. Version 1.2*, 2015.

DOERR *et al.* *CRMgeo: Linking the CIDOC CRM to GeoSPARQL through a Spatiotemporal Refinement. TECHNICALREPORT: ICS-FORTH*, 2015.

DOERR, M.; HIEBEL, G.; EIDE, Ø. *CRMgeo: Linking the CIDOC CRM to GeoSPARQL through a spatiotemporal refinement. TECHNICAL REPORT: ICS-FORTH/TR-435*, 2013. Disponível em: <https://projects.ics.forth.gr/tech-reports/2013/2013.TR435_CRMgeo_CIDOC_CRM_GeoSPARQL.pdf>. Acesso em: 19 jan. 2023.

FELICETTI, *et al.* *AnnoMAD: a semantic framework for the management and the integration of full-text excavation data and geographic information. VAST10: The 11th international symposium on virtual reality, archaeology and intelligent cultural heritage*, 2010. p. 123-130.

HIEBEL, G.; DOERR, M. *CRMgeo: Integration of CIDOC CRM with OGC Standards to model spatial information. Apresentação [PowerPoint]*. 30-05-2013. Disponível em: <<http://83.212.168.219/CIDOC-CRM/Resources/crmgeo-integration-of-cidoc-crm-with-ogc-standards-to-model-spatial-information-%0B>>. Acesso em: 19 jan. 2023.

HIEBEL, G.; DOERR, M.; EIDE, Ø. CRMgeo: A spatiotemporal extension of CIDOC-CRM. *International Journal on Digital Libraries*, v.18, p.271–279, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00799-016-0192-4>. Acesso em: 02 jun. 2023.

HIEBEL, G.; DOERR, M.; EIDE, Ø. CRMgeo: A spatiotemporal extension of CIDOC-CRM. *Int J. Digit Libr*, 2016.

HIEBEL, G.; DOERR, M. & EIDE, Ø.. Integration of CIDOC CRM with OGC standards to model spatial information. In: TRAVIGLIA, A.; KING, M.; JOHNSON, I. (eds.) 41st computer applications in archaeology and quantitative methods in archaeology conference CAA 2013 Perth across space and time 25–28 March 2013, p.303–310. Perth, Western Australia.

MARCONDES, Carlos H.. O papel dos modelos conceituais para interoperabilidade entre acervos digitais de arquivos, bibliotecas e museus. In: Desafíos y oportunidades de las Ciencias de la Información y la Documentación en la era digital. *Actas... VII Encuentro Ibérico EDICIC 2015* (Madrid, 16 y 17 de noviembre de 2015). Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

OGC GeoSPARQL - A Geographic Query Language for RDF Data. 2012. Disponível em: <<http://www.opengeospatial.org/standards/geosparql>>. Acesso em: 30 maio 2022.

University of Oxford. *CLAROS Project*. Disponível em: <<https://eng.ox.ac.uk/claros/>>. Acesso em: 30 maio 2022.

WissKI. *The WissKI Project*. Disponível em: <<http://wiss-ki.eu/>>. Acesso em: 30 maio 2022.

Data de recebimento: 01.03.2023

Data de aceite: 13.03.2023