

Smart Campuses e Ontologias: Um Mapeamento Sistemático da Literatura e Caminhos para a Pesquisa

Vinícius Maran¹, Gabriel Machado Lunardi¹, Guilherme Medeiros Machado²,
Leonardo Nascimento³, Daniel Lichtnow¹, Nathália Locatelli Cezar⁴,
Isabela Gasparini⁴, Elaine Harada Teixeira de Oliveira⁵, José Palazzo M. de Oliveira⁶

¹Laboratório de Computação Ubíqua, Móvel e Aplicada (LUMAC)
Colégio Politécnico – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Av. Roraima, 1000 – Santa Maria – RS – Brasil

²Engineering School – Ecole d'ingénieurs (ECE)
Paris, Île-de-France, França

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio
Grande do Sul (IFRS) – Viamão, RS – Brasil

⁴Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC)
Joinville, Santa Catarina, Brasil

⁵Universidade Federal do Amazonas (UFAM) – Manaus, AM, Brasil

⁶Instituto de Informática – Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)
Caixa Postal 15.064 – 91.501-970 – Porto Alegre – RS – Brazil

vinicius.maran@ufsm.br, gmlunardi@gmail.com, gui.medeiros1@gmail.com

leonardo.nascimento@alvorada.ifrs.edu.br, daniel.lichtnow@ufsm.br

czr.nathalia@gmail.com, isabela.gasparini@udesc.br

elaine@icomp.ufam.edu.br, palazzo@inf.ufrgs.br

Abstract. *Ontologies have already been widely used as a semantic model in several applications. However, to what extent has this technology been explored and used to integrate data, characterizing and identifying the context in a Smart Campus is an open issue. This paper investigates the use of ontologies in smart campuses. A systematic mapping is performed to identify ontologies applied on smart campus. The results allow us to recognize some characteristics that are commonly considered in modeling ontologies, the lack of a widely accepted ontology, the non-reuse of ontologies in Smart Campuses.*

Resumo. *As ontologias têm sido utilizadas como modelo semântico em diversas aplicações. Entretanto, até que ponto as ontologias foram exploradas e utilizadas para integrar dados, caracterizar e identificar o contexto em um Smart Campus é uma questão em aberto. Assim, este artigo investiga a utilização de ontologias em Smart Campuses. Um mapeamento sistemático foi realizado para identificar ontologias aplicadas a Smart Campuses. Os resultados permitiram reconhecer características que são comumente consideradas na modelagem das ontologias, a falta de uma ontologia amplamente aceita e a não reutilização de ontologias em Smart Campuses.*

1. Introdução

As redes sem fio e as tecnologias associadas à Internet das Coisas - *Internet of Things* - *IoT* possibilitaram a criação de Ambientes Inteligentes. Seguindo Cook, Augusto e Jakula (2009), a ideia básica de um Ambiente Inteligente “*é relacionada ao fato de que ao dotar um ambiente com tecnologias como sensores e dispositivos interconectados por meio de uma rede, um sistema pode atuar como um “mordomo eletrônico”, que detecta características dos usuários e seu ambiente, então raciocina sobre os dados acumulados e, finalmente, seleciona as ações a serem tomadas que beneficiarão os usuários no ambiente*”. Ambientes Inteligentes podem estar limitados a uma sala, a um prédio ou mesmo a uma cidade. Quando relacionado a uma cidade, um ambiente inteligente pode ser referenciado como uma *Smart City*. Um *Smart Campus* possui proximidade com o conceito de uma *Smart City*, já que um campus universitário pode ser visto como uma pequena cidade. É possível considerar que em um *Smart Campus* tudo deve, de alguma forma, contribuir ainda que indiretamente, para o aprendizado, algo que normalmente não é esperado em uma *Smart City*.

Smart Campus é um termo carente de definições amplamente aceitas, até pelo fato de que diferentes abordagens são necessárias para realizar seu desenvolvimento. Muhammad et al. (2017) destacam que as diferentes abordagens usadas para o desenvolvimento de *Smart Campuses* são: (1) **Tecnológica** - envolve especialmente o uso das tecnologias relacionadas à *IoT* para transformar objetos presentes em um campus universitário em objetos inteligentes; (2) **Smart Cities** - trata o campus universitário como uma cidade, abordando questões similares àquelas das cidades; (3) **Baseada no Desenvolvimento da Organização ou Processos de Negócio** - lida com questões como o uso adequado de recursos dentro do campus visando tornar a vida melhor dentro desse ambiente. Segundo os autores, isto é feito “*usando vários sensores para automaticamente fornecer relatórios sobre todos aspectos da vida do campus, incluindo aprendizado, interação social para trabalho colaborativo, gerência inteligente de prédio e ambientes inteligentes*”.

A partir das três abordagens por eles definidas, Muhammad et al. (2017) consideram ainda que “*a ideia básica do Smart Campus é um esforço para integrar um conjunto de tecnologias avançadas inteligentes para universidades a fim de aprimorar a performance, a qualidade dos graduados [...], não apenas para atividades de aprendizado mas cobrindo um amplo espectro que inclui: interações sociais, ambiente, gestão de escritório, economia de energia, etc.*”. Além dos dados dos sensores existentes em um *Smart Campus*, parte dos dados úteis podem estar nos bancos de dados da instituição e parte dos dados de interesse podem ser provenientes inclusive de sistemas externos, mas que podem ser úteis para a vida dentro do campus como, por exemplo, dados provenientes de estações climáticas, que podem ajudar a definir ou redefinir atividades a serem realizadas no campus. Neste sentido, é observado em [Stavropoulos et al. 2012] que os Sistemas de Ambientes Inteligentes usam diferentes tipos de dispositivos interconectados ou serviços de software que precisam lidar com a não padronização e heterogeneidade no mercado, situação na qual ontologias podem ser úteis.

Em ciência da computação, uma ontologia engloba uma representação, formalização e definição das categorias, propriedades e relações entre as entidades que caracterizam o domínio de discurso. Como descrito por [Gruber 1995], uma ontologia, em computação, é uma especificação explícita de uma conceitualização.

A partir dessas considerações, o mapeamento sistemático apresentado nas próximas seções tem por objetivo principal buscar e analisar as diferentes propostas de criação de ontologias utilizadas em *Smart Campuses* encontradas na literatura. Uma das conclusões dessa análise é que o domínio de pesquisa em *Smart Campus* ainda não atingiu um nível de maturidade suficiente para responder várias das perguntas de pesquisa que guiaram a revisão. Uma das hipóteses para justificar essa falta de maturidade é que grande parte das pesquisas e investimentos foca em *Smart Cities/Environments* e principalmente setores da indústria outros que os *Smart Campuses*, tais como carros inteligentes, controle de tráfego, economia de energia, etc. Mesmo os projetos de *Smart Campuses* ainda estão somente começando a trabalhar com a melhora da performance da aprendizagem através do uso de tecnologias desenvolvidas no domínio de *Smart Cities/Environments*.

Este trabalho é estruturado conforme descrito a seguir. A Seção 2 apresenta alguns trabalhos que como o presente buscam identificar iniciativas de desenvolvimento de *Smart Campuses*. A Seção 3 descreve o processo de revisão sistemática realizado e, na Seção 4 é feita a discussão dos resultados desta revisão. Na Seção 5 são feitas considerações sobre trabalhos futuros relacionados a *Smart Campuses*, considerando os resultados da análise de revisão sistemática. A Seção 6 apresenta as considerações finais.

2. Trabalhos Relacionados

Esta seção tem por objetivo situar o trabalho realizado nesse artigo face aos outros mapeamentos e revisões encontrados na literatura. Para isso, foram verificados trabalhos do tipo *survey* relacionados a ontologias, dentro do contexto de *Smart Campuses*. Alguns dos artigos identificados possuem proposta similar ao presente trabalho, realizando inclusive uma revisão sistemática. Por isso, serão apresentados os objetivos de cada trabalho relacionado, destacando as diferenças da revisão desenvolvida neste trabalho.

Em [Nagowah et al. 2021] é feita uma revisão sistemática voltada principalmente para ontologias relacionadas a *IoT*. O artigo descreve 18 ontologias e busca responder 5 questões de pesquisa sobre: (1) a existência de ontologias para *Smart Campuses*, que proporciona interoperabilidade entre domínios, (2) a cobertura dessas ontologias, (3) os padrões adotados para implementação da ontologia (e.g. se é usado *OWL*), (4) o nível de expressividade variando de ontologias leves a ontologias pesadas, e por fim, (5) qual abordagem foi usada para o desenvolvimento (*top-down* ou *bottom-up*). No final as respostas às questões são apresentadas. Cabe ressaltar o fato da revisão ser voltada para especialmente questões de *IoT* não abordando aspectos relacionados à influência direta ou indireta dessas ontologias no processo de aprendizagem.

Em [Muhamad et al. 2017] é apresentada uma revisão sistemática da literatura, buscando identificar: (1) tecnologias que dão suporte aos *Smart Campuses*; (2) domínios genéricos que podem ser adotados em *Smart Campuses*; (3) aplicações implementadas em *Smart Campuses* e (4) contribuições/motivações para desenvolvimento de *Smart Campuses*. Para o presente trabalho, interessam especialmente (2), (3) e (4). No que se refere a (2), os autores definem seis domínios importantes nas universidades, que optamos por identificar usando os termos em inglês usados pelos autores: *iLearning* (foca no processo de aprendizagem, onde professores e alunos são os principais atores), *iGovernance* (governança no contexto da universidade, secretarias, finanças, etc.), *iGreen* (envolve aspectos como gerenciamento de uso de energia nos prédios), *iHealth* (envolve serviços de

saúde para residentes no campus), *iSocial* (envolve identificar estudantes com interesses similares, eventos/locais de interesse a partir do perfil dos estudantes) e *iManagement* (envolve aspectos de infraestrutura como estacionamento, conforto ambiental, etc.). Ao considerar *iLearning*, somente 8 dos 29 artigos analisados estão associados a este domínio. Além disso, o trabalho não discute questões ligadas ao uso de ontologias ou representação de contexto em *Smart Campuses* mas indica a “*necessidade de desenvolvimento de tecnologias para fortalecer interação e interoperabilidade em toda aplicação através do domínio*”.

Resumindo, em [Nagowah et al. 2021], as ontologias tratam de aspectos relativos a *Smart Campuses* mas não abordam a aprendizagem. Já o trabalho de [Muhamad et al. 2017] não aborda questões sobre a modelagem de contexto. Neste sentido, a revisão aqui proposta engloba todas as características discutidas anteriormente para entender como as ontologias podem ser construídas para dar suporte à aprendizagem e a caracterização do contexto em um *Smart Campus*.

3. Metodologia

O mapeamento sistemático apresentado neste artigo segue as diretrizes sugeridas por [Kitchenham e Charters 2007] e [Petersen, Vakkalanka e Kuzniarz 2015]. A necessidade desse mapeamento justifica-se pois não foram identificados estudos secundários envolvendo *Smart Campuses*, aprendizado, representação do contexto e ontologias. Além disto, uma ontologia que procure englobar esses quatro aspectos pode colaborar com os processos de ensino e aprendizagem em sinergia com a infraestrutura oferecida pelo *Smart Campus*. Portanto, conforme recomendações dos autores supracitados, faz-se necessário um mapeamento sistemático para conhecer, categorizar e sugerir abordagens para estudos primários futuros envolvendo essas áreas. O processo de seleção dos trabalhos compreendeu quatro etapas: (1) Formulação das questões de pesquisa, derivação dos termos-chave e busca nas bibliotecas científicas selecionadas; (2) Filtragem para a remoção de trabalhos duplicados; (3) Definição dos critérios de inclusão e exclusão, e filtragem a partir deles; e (4) Leitura e análise na íntegra dos estudos primários restantes. Essas etapas são descritas em detalhes nas próximas subseções.

3.1. Processo inicial e Critérios de seleção

Na primeira etapa, foram definidas seis questões de pesquisa no intuito de obter um panorama geral sobre *Smart Campuses*, aprendizado, representação do contexto e ontologias. A partir dessas questões, foram identificadas as palavras-chave que formaram a consulta submetida as bibliotecas digitais selecionadas. Cada questão é explicitada e discutida na seção de resultados.

As buscas foram realizadas em cinco bibliotecas digitais: *Scopus*, *Web of Science*, *IEEE Xplore*, *Springer Link* e *ACM DL*. As bibliotecas *IEEE*, *ACM* e *Springer* foram incluídas pois os anais de várias conferências de computação são indexados por essas editoras e não pelas outras, como por exemplo, os anais da Conferência *ER (International Conference on Conceptual Modeling)* que publica trabalhos importantes sobre modelagem conceitual e ontologias.

Após a definição das bibliotecas, a questão de consulta de busca foi formulada a partir dos termos definidos nas questões de pesquisa gerando uma consulta com termos

e operadores. Esse processo foi cuidadosamente realizado de maneira que uma questão de consulta inicial foi definida e submetida às bibliotecas digitais. Se os resultados não refletissem os domínios de conhecimento alvos deste mapeamento, a questão de consulta era refinada. Vale observar que, em algumas bibliotecas, quando a consulta de busca continha muitos termos e esses eram combinados através de cláusulas do tipo “*OR*” muitos resultados irrelevantes eram retornados, e quando combinados com “*AND*” pouquíssimos resultados eram retornados, algo aliás esperado em mecanismos de consulta que usam operadores booleanos.

Por conta dessas características dos motores de busca, decisões foram tomadas para obter uma consulta adequada. Um exemplo desse tipo de decisão foi relacionado ao termo “contexto” que a princípio seria relevante, mas foi retirado da consulta por diminuir de maneira considerável o número de artigos retornados pelos motores de busca. Cabe ressaltar que esse pequeno número de artigos retornados forneceu indícios quanto a pouca quantidade de ontologias de *Smart Campuses* que tratem de aspectos de aprendizagem e de modelagem do contexto. Assim a consulta elaborada e usada acabou sendo mais genérica do que a formulada inicialmente, mas desta forma os resultados de busca não foram tão reduzidos. Se por um lado isso dificultou um pouco o processo de filtragem, já que o número de artigos aumentou, propiciou a recuperação dos artigos que pudessem ser de interesse para revisão. A consulta resultante que foca em ontologias e *Smart Campuses* é apresentada a seguir:

```
(ontolog* OR semantic) AND (‘smart campus’ OR ‘smart university’  
OR ‘intelligent university’)
```

Após a recuperação dos artigos, foi realizada uma primeira filtragem para a remoção de artigos duplicados e, em seguida, uma segunda filtragem para a aplicação dos critérios de inclusão (CI) e de exclusão (CE). Os critérios de inclusão são: **CI-1** - o artigo apresenta uma solução que envolva pelo menos dois dos temas de interesse (*Smart Campus*, aprendizado, representação do contexto e ontologias) e **CI-2** - o artigo foi publicado entre 2011 e 2022, inclusive. Já os critérios de exclusão são os seguintes: **CE-1** - o trabalho não está em inglês, **CE-2** - o trabalho é um resumo ou possui menos de quatro páginas e **CE-3** - o trabalho não é um estudo primário.

3.2. Leitura, análise e execução do mapeamento

A execução do mapeamento foi composta por quatro etapas ilustradas na Figura 1. Após cada etapa, é mostrada a quantidade de artigos excluídos (em vermelho) e dentro de cada círculo, a quantidade de artigos que passaram pelo processo de filtragem e foram incluídos.

Ao todo, foram retornados 302 trabalhos pela consulta de busca considerando todas as bibliotecas. Após a remoção de 90 artigos duplicados, os critérios de seleção (CI e CE) foram aplicados nos 212 trabalhos restantes, considerando a leitura do título, palavras-chave e resumo. Ao final, 22 trabalhos foram selecionados para leitura completa, porém durante essa etapa dois trabalhos foram desconsiderados por não atenderem o CI-1. Os resultados apresentados neste artigo são baseados na leitura dos 20 artigos listados na Tabela 1. Esses artigos são apresentados por meio de um identificador (ID), título e ano de publicação. A apresentação de resultados e discussão que seguem nas próximas seções fazem referências a esses estudos por meio do ID.

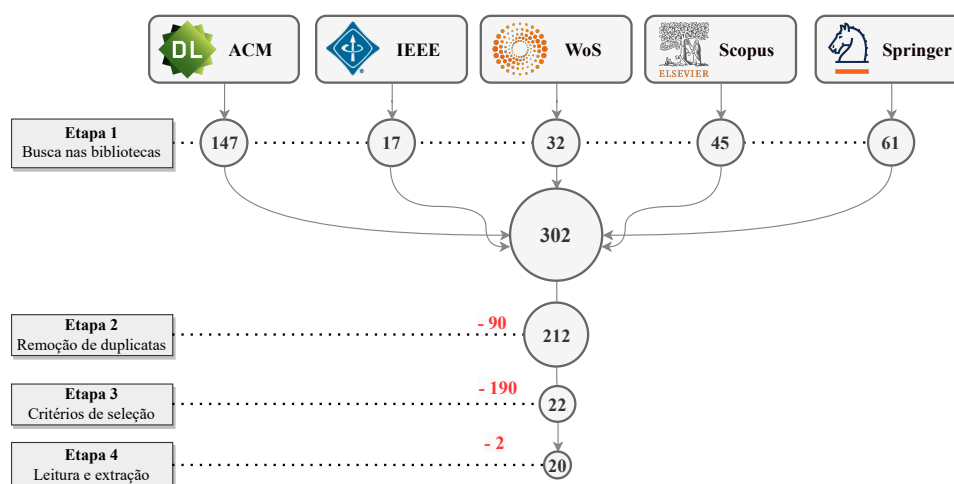


Figura 1. Etapas do mapeamento sistemático.

Tabela 1. Estudos primários selecionados no mapeamento.

ID	Título	Ano
E01	A Recommender of Transportation Planning in Campus Using Ontology	2018
E02	A Smart Campus Prototype for Demonstrating the Semantic Integration of Heterogeneous Data	2011
E03	A Smart University Platform for Building Energy Monitoring and Savings	2016
E04	An Approach to Domain-Based Scalable Context Management Architecture in Pervasive Environments	2012
E05	An Ontology Based Context-Aware Architecture for Smart Campus Applications	2018
E06	An Ontology for an IoT-enabled Smart Classroom in a University Campus	2019
E07	Building a smart campus to support ubiquitous learning	2015
E08	Building an AR-Based Smart Campus Platform	2022
E09	Designing and EXperiencing Smart Objects Based Learning Scenarios: An Approach Combining IMS LD, XAPI and IoT	2014
E10	ICROSS: Toward a Scalable Infrastructure for Cross-Domain Context Management	2013
E11	Inferring students' activity using RFID and ontology	2016
E12	Intelligent and adaptive services for a smart campus	2014
E13	Kids' Smart Campus Ontology to Retrieve Interest	2019
E14	Knowledge-Grid Modelling for Academic Purposes	2016
E15	Living campus: Towards a context-aware energy efficient campus using weighted case based reasoning	2015
E16	Multi-agent Based Flexible Deployment of Context Management in Ambient Intelligence Applications	2015
E17	Ontology-based context-aware model by applying Bayesian network	2015
E18	Resource Assignment in Intelligent Environments Based on Similarity, Trust and Reputation	2014
E19	Towards a Novel Architecture of Smart Campuses Based on Spatial Data Infrastructure and Distributed Ontology	2022
E20	Spatial-Temporal Data Association Based Ontology Alignment Research in High Education Context	2019

4. Resultados

A extração e análise dos dados foi realizada nos artigos da Tabela 1 a fim de responder as questões de pesquisa. Nas próximas subseções serão apresentados os resultados e as discussões para cada uma das questões de pesquisa.

4.1. Quais as características das ontologias de contexto para Campus Universitários e onde elas são utilizadas?

Nove artigos (E06, E07, E08, E09, E10, E11, E13, E14, E20) abordam de forma direta características de aprendizagem em suas ontologias. Entretanto, desses, E5, E14 e E20 apresentam características muito genéricas ou com pouca ênfase no aprendizado. Os demais 11 estudos não lidam diretamente com aprendizagem e remetem mais a uma abordagem que envolve tratar o campus universitário como uma *Smart City*. Assim, os trabalhos abordam questões de localização dentro do campus e de infraestrutura e pouco de aprendizado. De fato, seguindo o afirmado por Nagowah et al. (2021), um *Smart Cam-*

pus “pode ser considerado como uma *Smart City* que objetiva entregar serviços de alta qualidade em termos de *smart IoT-enabled classroom*, *smart parking*, *smart inventory*, *automated street light*, dentre outros”. Considerando isso, foram mantidos os trabalhos também pelo fato de que é sabido que infraestrutura afeta a aprendizagem de forma positiva ou negativa.

4.2. Como as ontologias de contexto são modeladas e utilizadas em ambientes inteligentes/Campus Universitários?

Dos 20 trabalhos selecionados, em 12 foram identificadas ontologias que utilizam recursos da Web Semântica para construção das ontologias (*OWL - Web Ontology Language* e *RDF - Resource Description Framework*), sendo eles: E01, E02, E03, E05, E06, E07, E09, E10, E11, E14, E15 e E16. Sobre o uso, além de apoiar a aprendizagem, 8 dos trabalhos são voltados para questões de infraestrutura (E01, E03, E05, E11, E15, E16, E17, E19) e em 6 dos trabalhos selecionados é destacada a questão da integração de dados (E02, E12, E13, E16, E19, E20). Importante observar que em alguns casos os trabalhos estão preocupados tanto com questões de infraestrutura como de integração dos dados, caso dos estudos E16 e E19.

4.3. Em relação ao contexto, o que é representado em ontologias usadas dentro de campus universitários?

Dos 20 trabalhos selecionados, em 17 o contexto é representado, especialmente, por questões de localização de prédios, salas e pessoas. Alguns trabalhos (E09 e E11) elencam os diferentes tipos de atividades que podem ser realizadas no campus. Aspectos temporais são também representados. Por fim, cabe salientar que os trabalhos apresentam mais propostas e casos de uso iniciais das ontologias propostas. Isto parece ser fruto da dificuldade e dos custos envolvidos na criação de *Smart Campuses* que envolvem, em muitas propostas o uso de sensores em diversos pontos de um campus e a dificuldade e complexidade de construção de uma ontologia.

5. Discussão e Oportunidades em Aberto para Trabalhos Futuros

A revisão sistemática indicou possibilidades a serem exploradas dentro da proposta de construção de *Smart Campuses*. Trabalhos futuros podem considerar algumas das constatações feitas a partir do levantamento sistemático, como: **(1)** a quase ausência de ontologias compartilhadas entre os trabalhos, especialmente quando a abordagem envolve aprendizagem; **(2)** a necessidade de interoperabilidade entre aplicações, algo que envolve compartilhamento de dados; **(3)** a ainda incipiente presença de uso de recursos da *IoT*, como sensores, dentro de campus universitários; **(4)** os custos para adoção de algumas propostas. A partir destas constatações, podem ser identificados possíveis trabalhos futuros, explanados nas próximas subseções, envolvendo *Smart Campus* que não impliquem em altos investimentos em estruturas de *IoT*.

5.1. Integração/Reuso de Ontologias

Pelo fato de vários dos trabalhos sobre *Smart Campuses* estarem voltados para questões similares às das *Smart Cities*, muitas das ontologias estão relacionadas à representação de equipamentos como sensores e os dados por estes coletados. O trabalho de [Nagowah et al. 2021] enfoca justamente questões de *IoT* dentro de *Smart Campuses*. Nesse sentido,

trabalhos usam ontologias como a *SSN*, que é um padrão proposto pela *W3C*, visando a definição de vocabulários para sensores, propriedades, observações e sistemas. Alguns artigos, como os estudos E02 e E06 da Tabela 1, usam ontologias como a *FOAF*¹ que, segundo [Graves, Constabaris e Brickley 2007], é bastante conhecida dentro da Web Semântica para representação de pessoas.

Existem trabalhos que discutem ontologias voltadas para aprendizagem, sem terem foco em *Smart Campuses*. Em [Heiyanthuduwege 2022], por exemplo, é apresentado um processo de revisão sistemática onde são identificados tipos de ontologias usadas em ensino não presencial (*e-learning*). Os autores identificam que um grande número de artigos dentre os selecionados pelos autores aborda ontologias definidas para superar problemas em *e-learning*, sendo quatro principais tipos de ontologias identificados: ontologia de domínio, de disciplinas, de recursos educacionais e de usuários. Este tipo de trabalho pode ser útil na concepção de ontologias para *Smart Campuses*. Pode-se considerar que não existem ontologias voltadas especificamente para *Smart Campuses* que sejam reutilizadas. Também é possível afirmar que as ontologias identificadas não cobrem questões de representação do contexto e de representação de recursos de aprendizagem de forma a auxiliar efetivamente na aprendizagem. Nesse sentido, uma definição de uma ontologia que atente para representação do contexto considerando aspectos de aprendizagem apresenta-se como um possível trabalho futuro.

5.2. *Yellow Pages* Georeferenciadas e *Points of Interest* - *POIs*

Um problema recorrente em muitas organizações é como representar, armazenar e recuperar o conhecimento existente dentro da própria organização. O enfrentamento deste problema é associado ao termo Gestão do Conhecimento [Davenport e Prusak 2000], sendo reconhecido que documentar todo conhecimento existente dentro de uma organização não é algo simples, existindo propostas alternativas como indicar especialistas dentro de uma organização que possuem algum conhecimento que seja de interesse.

Neste sentido, os chamados Mapas do Conhecimento procuram indicar dentro da organização pessoas que possuem determinado conhecimento. Um mapa é um guia, não um repositório de conhecimento. Pelo fato de indicarem especialistas, os Mapas de Conhecimento são também referenciados como Páginas Amarelas (*Yellow Pages*), em alusão à cor das páginas das listas telefônicas impressas que continham os telefones de serviços, empresas e profissionais que tinham a possibilidade de atender a alguma necessidade [Davenport e Prusak 2000]. *Yellow Pages* não representam uma novidade, sendo propostas já há algum tempo em diferentes organizações, como destacado em [Becerra-Fernandez 2000]. Existem inclusive propostas de ontologias que visam construir (*Yellow Pages*) como em [Villela et al. 2005]. Dentro de uma universidade, as informações sobre as pessoas são por vezes disponibilizadas a partir de seus currículos e estes podem inclusive servir para construção de *Yellow Pages* [Lichtnow et al. 2008].

Ainda sobre as *Yellow Pages*, além do nome e dados de contato, uma possibilidade é indicar onde as pessoas costumam ficar no Campus, isto é, em quais locais (prédios, salas, laboratórios) especialistas podem ser encontrados. Neste sentido, 16 dos 20 trabalhos selecionados no processo de revisão sistemática representam locais de um Campus Universitário ou para caracterizar o contexto ou como ponto de interesse (*Points of Interest*

¹<http://xmlns.com/foaf/0.1/>

- *POI*) que possam ser recomendados aos frequentadores de um Campus Universitário como em [Carvalho et al. 2020]. Neste caso, os pontos de interesse são representados por *tags* obtidas a partir de um questionário aplicado aos estudantes de um Campus Universitário. Uma possibilidade de trabalho futuro é associar *tags* que caracterizam *POIs* em um Campus a partir do currículo dos especialistas que exercem ali suas atividades.

5.3. Recursos de Aprendizagem Inteligentes

O trabalhos retornados pelo mapeamento pouco discutem como representar objetos físicos existentes no campus que possam ser usados como recursos de aprendizagem. A representação se limita normalmente a locais como prédios e salas. Ainda assim, em 7 dos 20 artigos é empregada a representação de objetos físicos que podem ser úteis para a aprendizagem.

Indicar a proximidade e/ou disponibilidade desses recursos pode resultar em um melhor aproveitamento tanto deles como do processo de aprendizagem. Assim, critérios como proximidade do recurso, facilidade de uso, possibilidade de contar com auxílio e utilização de tutores, existência de manuais, eventuais riscos de uso de materiais (para o usuário e para o equipamento) podem apoiar o processo educacional [Lichtnow et al. 2014].

Sobre o uso de objetos físicos como recursos de aprendizagem, o estudo E08 propõe o uso de realidade aumentada com *IoT* de forma a apresentar informações sobre recursos que podem ser úteis para alunos de um campus. Os recursos são representados como conceitos de uma ontologia e consistem em obras de arte, plantas e equipamentos que são identificados a partir de *GPS* (prédios são também representados) ou sensores (*beacons*) e tem informações apresentadas em um *smartphone*. Já no estudo E07 a ênfase está na representação de recursos de aprendizagem que podem ser livros, painéis, equipamentos, dentre outros. Estes recursos estão em laboratórios que são tratados como *Ambient Learning Spaces* e estão associados a pessoas que sabem como fazer uso deles. Os autores ainda estendem o padrão *LOM (Learning Object Metadata)* [IEEE 2002] criando o que denominam *PLOM (Pervasive LOM)* que permite representar recursos físicos como equipamentos, indicando sua localização (*PLOM-Location*), por exemplo. Para descrever os recursos é utilizado a *OWL*. O trabalho não aborda ontologias para representação de contexto, mas enfatiza o fato de que o contexto define a utilidade/adequação de um objeto, fazendo referência a um aspecto do contexto (acústica do ambiente). Discussões sobre quais elementos do *LOM* podem servir para caracterizar o contexto podem ser vistas em [Lichtnow et al. 2014].

6. Conclusão

Este trabalho apresentou um mapeamento sistemático da literatura para identificar ontologias para *Smart Campuses*, procurando incluir aspectos de aprendizagem. A pesquisa consistiu na busca, seleção, classificação e sumarização dos trabalhos e oferece uma visão geral sobre o assunto com apontamentos para trabalhos futuros. Os resultados e as discussões destacam a falta do reuso de ontologias e a ausência de ontologias que modelem o contexto, especialmente em *Smart Campuses*, e a necessidade de criar soluções mais simples dado o cenário comumente descrito em vários artigos, como a ausência de sensores e equipamentos como *RFID*, *Beacons*, dentre outros. Como etapas futuras a partir

deste trabalho, prospecta-se o desenvolvimento de uma ontologia específica para *Smart Campus*, buscando reutilizar algumas das ontologias propostas nos artigos selecionados a partir do mapeamento sistemático realizado e também buscando ontologias que embora não estejam relacionadas diretamente a um *Smart Campus* possam ser utilizadas, bem como considerar algumas das propostas de trabalhos futuros indicados na Seção 5.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado pelo CNPq/MCTI/FNDCT n. 18/2021 projeto n. 405973/2021-7 (Edital Universal), projeto n. 306695/2022-7 (PQ-SR), projetos n. 306356/2020-1 (DT2), 308513/2020-7 (DT2) e 308395/2020-4 (DT2). Agradecemos o apoio da FAPESC edital Nº 48/2022 apoio à infraestrutura para grupos de pesquisa da UDESC - T.O. 2023TR000245.

Referências

- Becerra-Fernandez, I. (2000). Facilitating the online search of experts at nasa using expert seeker people-finder. In *Practical Aspects of Knowledge Management*.
- Carvalho, G. X., Gasparini, I., Machado, G. M., Wives, L. K., and de Oliveira, J. P. M. (2020). Poi-based recommender system for the support of academics in a smart campus. In *CSEdu (2)*, pages 398–405.
- Cook, D. J., Augusto, J. C., and Jakkula, V. R. (2009). Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities. *Pervasive and mobile computing*, 5(4):277–298.
- Davenport, T. and Prusak, L. (2000). *Working Knowledge: How Organizations Manage What They Know*. Harvard Business Review Press.
- Graves, M., Constabaris, A. J., and Brickley, D. (2007). Foaf: Connecting people on the semantic web. *Cataloging & Classification Quarterly*, 43:191 – 202.
- Gruber, T. R. (1995). Toward principles for the design of ontologies used for knowledge sharing? *International journal of human-computer studies*, 43(5-6):907–928.
- Heiyanthuduwage, S. R. (2022). A review: Status quo and current trends in e-learning ontologies. In *International Conference on Interactive Collaborative Learning*, pages 114–125. Springer.
- IEEE (2002). Draft standard for learning object metadata. *IEEE standard*, 1484(1).
- Kitchenham, B. and Charters, S. (2007). Guidelines for performing systematic literature reviews in software engineering.
- Lichtnow, D., Gasparini, I., Hinz, V. T., Pimenta, M. S., et al. (2014). Explorando o uso dos elementos do lom na determinação dos aspectos de qualidade dos objetos de aprendizagem a partir de critérios de qualidade de informação. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 25, page 496.
- Lichtnow, D., Loh, S., Carlos, L., Junior, R., and Piltcher, G. (2008). Using text mining on curricula vitae for building yellow pages. In *LSO 2006 - 8Th International Workshop on Learning Software Organizations*, pages 89–97.

- Muhamad, W., Kurniawan, N. B., Suhardi, and Yazid, S. (2017). Smart campus features, technologies, and applications: A systematic literature review. In *International Conference on Information Technology Systems and Innovation (ICITSI)*, pages 384–391.
- Nagowah, S. D., Ben Sta, H., and Gobin-Rahimbux, B. (2021). A systematic literature review on semantic models for iot-enabled smart campus. *Applied Ontology*, 16(1):27–53.
- Petersen, K., Vakkalanka, S., and Kuzniarz, L. (2015). Guidelines for conducting systematic mapping studies in software engineering: An update. *Information and software technology*, 64:1–18.
- Stavropoulos, T. G., Vrakas, D., Vlachava, D., and Bassiliades, N. (2012). Bonsai: a smart building ontology for ambient intelligence. In *Proceedings of the 2nd international conference on web intelligence, mining and semantics*, pages 1–12.
- Villela, K., Santos, G., Schnaider, L., da Rocha, A. R. C., and Travassos, G. H. (2005). The use of an enterprise ontology to support knowledge management in software development environments. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 11:45–59.