

Integração de Dados usando Ontologias e Regras Lógicas para Automação da Certificação LEED de Projetos da Construção Civil

Marcello Peixoto Bax, Cristiano Geraldo Teixeira Silva

ECI - PPGGOC - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG)

Av. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha - 31270-901

Belo Horizonte - Minas Gerais - Brazil

bax.ufmg@gmail.com, cgts.br@gmail.com

Abstract. *The evaluation of green constructions aims to measure the sustainability performance of buildings and is important for improving the environment that is suffering from increasing deterioration. However, most assessment tasks are still performed manually, consuming time and increasing the possibility of errors. New technologies can provide greater efficiency in the evaluation of constructions. The use of semantics technologies is an alternative for data integration and making inferences to support decision making. This work presents a proposal to integrate data and support the evaluation of a construction in terms of meeting the requirements for a "green" certification. Logical rules of the semantic web and queries on knowledge graphs will be used to generate inferences that help automate the evaluation process. The first version of this model is presented to demonstrate the application of the solution in projects, considering the integration of data and the insertion of the rules for the evaluation criteria for LEED certification. It is expected to apply other languages for inference according to the variety of evaluation criteria and the integration of these in a single solution.*

Resumo. *A avaliação de edifícios "verdes" (sustentáveis) objetiva mensurar o desempenho em sustentabilidade das edificações e é importante para melhorar o meio ambiente em crescente deterioração. No entanto, a maioria das tarefas de avaliação ainda é realizada manualmente, consumindo tempo e aumentando a possibilidade de erros. O emprego de tecnologias semânticas é uma alternativa para integrar dados e realizar inferências no processo de tomada de decisões. Este trabalho apresenta uma proposta para integrar dados e apoiar a avaliação de uma construção quanto ao atendimento dos requisitos de uma certificação "verde". Regras lógicas da web semântica e consultas em grafos serão empregadas para gerar inferências que auxiliem a automatização do processo de avaliação. A primeira versão deste modelo é apresentada como prova de conceito para uma solução que avalia a certificação LEED de projetos.*

1. Introdução

Ontologias representam um domínio de conhecimento, estabelecendo uma estrutura com regras e critérios que regulam a combinação entre conceitos e relações no domínio. O W3C LBD CG (*Linked Building Data Community Group*) propõe ontologias que descrevem produtos da construção civil como soluções para representar a semântica dos dados [Rasmussen et al. 2018]. Na construção civil tem-se a ontologia ifcOWL BIM (*Building Information Modeling*), usada para simular um empreendimento em seu ciclo de vida [Baracho et al. 2017; Sacks et al. 2018].

Diante do crescente uso da modelagem BIM, surge a oportunidade de utilizar seus dados e outros relacionados ao ciclo de vida, para analisar diferentes aspectos do empreendimento. Em um fluxo de trabalho integrado, mediado por ontologias, o mapeamento entre os elementos da construção e outros dados de observação podem auxiliar na análise de projetos. A preocupação com o uso de recursos e do meio ambiente em projetos levou ao conceito de “construção verde”, cada vez mais significativo na indústria da construção. Para obter o selo verde, a avaliação do projeto da construção é indispensável. A avaliação tradicional, realizada manualmente, é trabalhosa e propensa a erros [Jiang et al. 2018]. Portanto, avaliar uma construção para certificar sua sustentabilidade requer métodos mais inteligentes. A representação semântica da construção por ontologias pode permitir que os colaboradores de um projeto obtenham informações combinadas com outras fontes, enriquecendo as análises. Este método de representação é potencialmente vantajoso para auxiliar a certificação por permitir inferências, integrações e consultas usando a ifcOWL e outras ontologias integradas, um diferencial inovador diante das limitações do modelo IFC (*Industry Foundation Classes*), nativo do BIM [Niknam & Karshenas 2017].

Linguagens de regras como SWRL (*Semantic Web Rule Language*) e SPIN (*SPARQL Inferencing Notation*)¹ são usadas, em diferentes soluções, para representar o conhecimento e o raciocínio automático. Possuem alta expressividade e são de fácil entendimento, desempenhando papel relevante em muitas áreas, incluindo a construção civil [Ma et al. 2014]. Este trabalho visa contribuir para investigar a adoção de tecnologias semânticas para proporcionar maior eficiência na avaliação de projetos de edificações. Para tanto, pretende-se elaborar uma ontologia a ser aplicada na avaliação de uma construção com relação à sua certificação verde, LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). Aplicando-se regras lógicas e consultas em grafos espera-se apoiar a análise de especialistas neste contexto.

Na Seção 2 do artigo apresenta-se os trabalhos relacionados, a Seção 3 descreve o método usado e Seção 4 explicita a modelagem inicial experimental do protótipo de uma abordagem de integração de dados usando ontologias e inferências para automação da certificação LEED de projetos da construção civil. Finalmente, a Seção 5 sintetiza as conclusões.

¹ Disponível em: <http://spinrdf.org/>

2. Trabalhos Relacionados

É possível encontrar pesquisadores que investigaram interdependências multidisciplinares para o projeto de edifícios verdes com foco na otimização computacional e colaboração na elaboração do projeto [Azhar et al. 2011; Geyer 2012; Hong et al. 2019]. Identifica-se também estudos recentes relacionados ao uso de ontologias para identificar materiais e realizar análises automatizadas de características da construção para certificação verde. Zhang et al. (2019) abordam a utilização de ontologia com regras SWRL para inferir a pontuação em tempo real de projetos verdes, integrado a um ambiente informatizado de comunicação social. Nesta mesma linha de pesquisa, Jiang et al. (2018) apresentam uma ontologia com utilização de regras SRWL. Os resultados experimentais demonstraram que a base de conhecimento BIM pode servir para a sustentabilidade da construção, bem como o compartilhamento, manutenção e aquisição de conhecimento entre os diferentes participantes do projeto. Também pode-se observar em Xu et al. (2019) que a utilização da inferência ontológica para um item de avaliação permite pesquisar aspectos que necessitam de melhorias na edificação e ajuda os gerentes de projeto a usar os dados BIM.

As pesquisas acima não abordam a integração com dados abertos para análise do entorno, nem a aplicação de inferências para análises quantitativas, pontos-chave deste projeto. Nossa proposta busca modelar relações mais complexas para a análise de certificação verde.

3. Metodologia

Um modelo conceitual simplificado será desenvolvido, envolvendo as ontologias ifcOWL, SimpleBIM, BOT e BIMSO, para armazenar dados de um projeto construtivo em BIM. A certificação LEED proverá critérios para avaliar os projetos representados no modelo [Leed 2014].

Dicionários semânticos de dados [Rashid *et al.* 2020] produzirão grafos e integração, por meio de ontologias, dados externos sobre o entorno de uma edificação com os dados internos do projeto.

Os conjuntos de dados serão inseridos em um *triplestore* para realização das consultas e inferências em SPARQL². Consultas de dados espaciais, baseadas em GeoSPARQL³, fornecerão inferências para o critério de localização e transporte. Uma consulta final apresentará o resultado das inferências sobre as pontuações obtidas para a certificação.

De posse do modelo elaborado, esta proposta será validada com outros projetos construtivos em BIM e dados abertos tabulares sobre o entorno, obtidos no site da prefeitura de Belo Horizonte⁴.

² <https://www.w3.org/TR/sparql11-overview/>

³ <https://www.ogc.org/standards/geosparql>

⁴ Disponível em: <http://bhmap.pbh.gov.br/>

4. Modelagem inicial

Uma ontologia simplificada foi criada contemplando os dados necessários para a análise de critérios para certificação LEED. A Figura 1 exibe as classes utilizadas para organizar os materiais e as zonas de um projeto construtivo, bem como os critérios a serem pontuados.

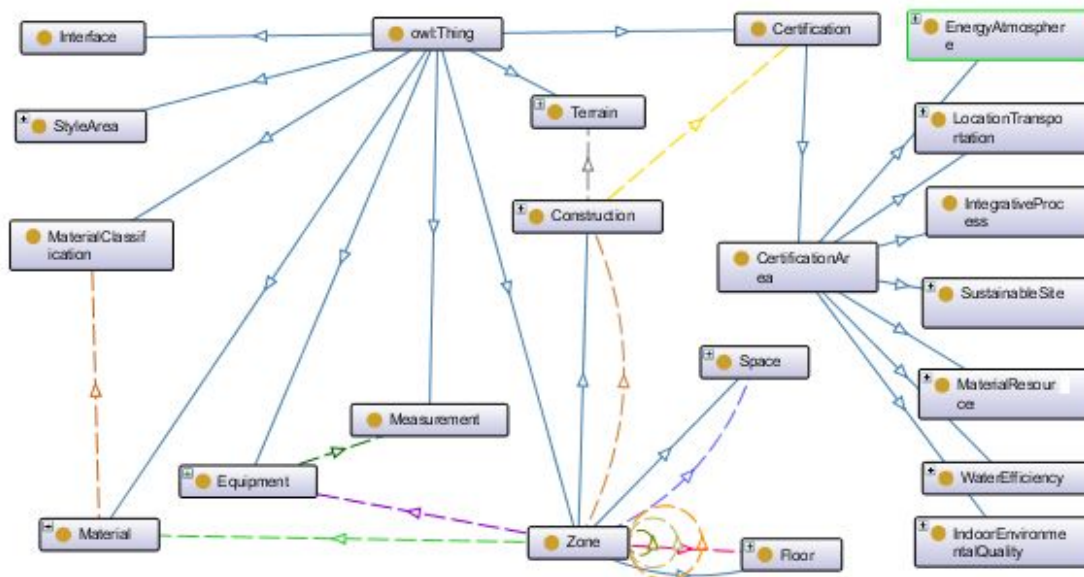


Figura 1. Ontologia simplificada

Dados abertos tabulares, com coordenadas geométricas padronizadas pela OGC⁵, de meios de transportes, trajetos e parques foram convertidos em RDF. Diante das opções para conversão de dados tabulares para RDF [Ding *et al.*, 2011; Jeremy *et al.*, 2015; Rashid *et al.*, 2020], optou-se pela ferramenta *sdd2rdf*⁶ que permite a inserção de conceitos implícitos e apresenta um nível abstrato para simplificar o mapeamento. O grafo RDF gerado contém a formalização dos dados e favorece a integração para consulta sobre locais da cidade por dados espaciais.

A utilização de regras lógicas é uma solução para automatizar a avaliação dos critérios LEED. Uma vez que os dados BIM são integrados a outros, optou-se pela linguagem SPARQL para centralizar as inferências. Como exemplo de conversão de regras lógicas SWRL para inferências em SPARQL, adota-se aqui o critério que avalia a instalação de uma área de bicicletas, calculada sobre a quantidade de unidades do edifício. A regra (1) foi criada no Protégé para esta avaliação.

```

sebin:BicycleFacility(?w) ^ sebin:Material(?m) ^ sebin:hasMaterialClassification(?m,
sebin:RackBike) ^ sebin:value(?m, ?n) ^ swrlb:greaterThanOrEqual(?n, 4) ->
sebin:score(?w, 1)
    
```

(1)

O INSERT (2) apresenta a conversão com a criação de uma tripla inferida no conjunto de dados, direcionando a pontuação à classe correspondente ao critério de instalação para bicicletas.

⁵ <https://www.ogc.org/standards/geosparql>

⁶ <https://github.com/tetherless-world/SemanticDataDictionary>

```

INSERT {?w <http://www.semanticweb.org/SEBIM#score> "1"^^xsd:decimal }
WHERE {
  ?m rdf:type sebin:Material.
  ?m sebin:hasMaterialClassification sebin:RackBike.
  ?m sebin:value ?n.
  ?w rdf:type sebin:BicycleFacility.
  FILTER (?n > 4).
}

```

As consultas para análises sobre o entorno, como a análise do acesso a pontos de ônibus (3), exigem a utilização de funções GeoSPARQL.

```

INSERT {?w <http://www.semanticweb.org/SEBIM#score> "1"^^xsd:decimal }
WHERE {
  ?build rdf:type sebin:Terrain.
  ?build geo:asWkt ?pb.
  ?build ?x ex:Busstation.
  ?bus ?y ex:Geometria.
  ?bus geo:asWKT ?pl.
  ?w rdf:type sebin:QualityTransport.
  FILTER (geof:distance(?pb, ?fpl, uom:metre) <= 800)
}

```

Este primeiro modelo ainda não contempla todos os critérios para avaliação de uma nova construção para certificação. O próximo passo é enriquecer a ontologia simplificada apresentada, anotar para ontologias outros dados abertos tabulares, realizar novas inferências e apresentar os resultados ao usuário final em um protótipo.

5. Considerações Finais

O modelo preliminar apresenta a viabilidade no emprego das tecnologias semânticas para automatizar a avaliação das construções para certificação LEED. Integrar dados BIM com outros dados abertos sobre o entorno, bem como aplicar consultas em grafos são tarefas em andamento na pesquisa atual. A abordagem de novas tecnologias para avaliação de construção verde visa compensar a inexperiência e a energia limitada dedicadas ao processo de análise, reduzindo o tempo e os erros.

Novas experimentações proporcionarão o refinamento das consultas para a implementação de um sistema eficiente para automação de certificação LEED. Além disso, espera-se que aplicações similares possam favorecer à automação na avaliação de projetos construtivos como autorização de construção nas prefeituras, entre outras avaliações que exigem análises complexas e a interoperabilidade de diferentes fontes de dados.

Referências

Azhar, S.; Carlton, W.A.; Olsen, D.; Ahmad, I. (2011), Building information modeling for sustainable design and LEED rating analysis. *Automation in Construction*, v. 20, p. 217–224.

- Baracho, R. M. A., Pereira Junior, M. L., Almeida M. B. (2017), Ontologia, Internet das Coisas e Modelagem da Informação da Construção (BIM): Estudo Exploratório e a Inter-relação entre as Tecnologias. *Ontobraz: Brazilian Ontology Research Seminar*.
- Ding, L.; Lebo, T.; Erickson, J.; Difranzo, D.; Williams, G; Li, X.; Michaelis, J.; Graves, A.; Zheng, J.; Shangguan, Z.; Flores, J. McGuinness, D.; Hendler, J. (2011), TWC LOGD: A portal for linked open government data ecosystems. *Journal of Web Semantics*, v. 9, n. 3, p. 325–333.
- Geyer, P. (2012), Systems modelling for sustainable building design. *Advanced Engineering Informatics*, v. 26, p. 656–668.
- Hong, S., Lee; S., Yu, J. (2019) Automated management of green building material information using web crawling and ontology. *Automation in Construction*, p. 230–244.
- Jeremy T.; Herman, I.; Kellogg, G. (2020), Generating RDF from Tabular Data on the Web. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/csv2rdf/>>. Acesso em: 15 abr. 2020.
- Jiang, S.; Wang N.; Wu, J. (2018), Combining BIM and Ontology to Facilitate Intelligent Green Building Evaluation, *Journal Comput. Civ. Eng.*, v. 32, n. 5, p. 1–15.
- Leed (2014), *Projeto e Construção de Edifícios. LEED USGBC*, 183 p.
- Ma, Z.; Zhang, F.; Yan, L.; Cheng, J. (2014), Fuzzy Knowledge Management for the Semantic Web Studies in Fuzziness and Soft Computing. *Springer*, v. 6, 282 p.
- Niknam, M.; Karshenas, S. (2017), A shared ontology approach to semantic representation of BIM data. *Automation in Construction*, p. 22–36.
- Rashid, S. M.; McCusker, J P.; Pinheiro, P.; Bax, M. P.; Santos, H.; Stingone, J. A.; Das, A. K.; McGuinness, D. L. (2020), The Semantic Data Dictionary – An Approach for Describing and Annotating Data. *Data Intelligence*, p. 443–486.
- Rasmussen M. H.; Frausing C. A.; Hviid C. A.; Karlshøj, J. (2018), Demo: Integrating Building Information Modeling and Sensor Observations using Semantic Web. In: *9th International Semantic Sensor Networks Workshop*.
- Sacks, R.; Eastman, C.; Lee, G.; Teicholz, P. (2018), *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. New Jersey: John Wiley & Sons Inc. 682 p.
- Xu, Z., Wang; Zhou, W.; Yuan, J. (2019), Study on the Evaluation Method of Green Construction Based on Ontology and BIM. *Advances in Civil Engineering*, v. 1, p. 1–20.
- Zhang, D.; Zhang, J.; Guo, J.; Xiong, H. (2019), A Semantic and Social Approach for Real-Time Green Building Rating in BIM-Based Design. *Sustainability*, v. 11, p. 1-16.