

Processos sistemáticos de extração e de consolidação da informação de elementos em modelos BIM para parametrização de artigos ProNIC

<https://doi.org/10.21814/uminho.ed.142.49>

**Jorge Teixeira^{1,2}, Yanh Ribeiro^{1,2}, Luís Guardão³,
Pedro Mêda^{1,2}, Joaquim Moreira^{1,2},
Rui Sousa^{1,2}, Hipólito Sousa²**

¹ GEQUALTEC – Instituto para a Construção Sustentável (ICS), Porto

² CONSTRUCT-GEQUALTEC – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto

³ CESE – INESC TEC – Instituto de Engenharia de Sistemas e Computadores, Tecnologia e Ciência, Porto

Resumo

A interoperabilidade entre o ProNIC, uma plataforma pioneira na digitalização da informação na construção em Portugal, e as ferramentas BIM (*Building Information Modeling*) assenta na identificação e mapeamento de elementos de um modelo BIM para artigos normalizados da estrutura de desagregação de trabalhos do ProNIC.

Este mapeamento requer o conhecimento das estruturas de dados envolvidas e das características semânticas que possibilitam a relação entre elas, não sendo facilmente generalizáveis devido à sua distinta natureza (vista de elementos vs. vista de trabalhos) e multiplicidade de formas de especificação (elemento composto vs. lista de elementos simples).

Neste artigo, descreve-se o desenvolvimento de processos sistemáticos para analisar esses elementos, respetivas propriedades, e relações com outros elementos, com o objetivo de maximizar a informação fiável que é extraível do modelo, contemplando ainda os casos em que a informação disponível esteja incompleta ou omissa.

Esses processos foram implementados num protótipo capaz de analisar elementos construtivos de edifícios de diversos tipos, a partir de modelos no formato IFC4.3, e

extrair informações relevantes para os trabalhos de construção do ProNIC, de forma a simplificar e acelerar a criação do MQT (Mapa de Quantidades de Trabalhos) durante a fase de projeto de uma obra.

Por fim, identificam-se limitações desses processos sistemáticos e sugerem-se estratégias alternativas.

1. Introdução

Para promover a adoção da metodologia BIM (*Building Information Modeling*) e com o objetivo de agilizar a criação do Mapa de Quantidades de Trabalhos (MQT) de uma obra por parte da equipa de Projeto, foi desenvolvida recentemente, no contexto do Projeto Mobilizador REV@CONSTRUCTION, uma metodologia [1], [2] que permite extrair, analisar e converter informação contida num modelo BIM, em formato IFC (*Industry Foundation Class*) [3], [4], [5], para um MQT normalizado da plataforma ProNIC. Como prova de conceito dessa metodologia, foi também criado um protótipo [6] de um módulo informático, em linguagem Python, utilizando a biblioteca IFCOpenShell [7], de código aberto, gratuito.

Pretende-se agora melhorar essa metodologia, tornando-a mais sistemática e facilitando a sua aplicação a mais elementos IFC e mais trabalhos do ProNIC.

Ao fomentar a normalização da interoperabilidade BIM – MQT em Portugal, contribui-se para passar de uma situação em que apenas alguns projetistas a agilizaram, via soluções internas [8], para prática corrente.

O ProNIC – Protocolo para a Normalização da Informação Técnica na Construção [9], [10] – é uma plataforma para normalização de conteúdos técnicos em obras de edifícios e de estradas e para a sistematização e integração de informação durante o processo construtivo. Entre as suas funcionalidades, destacam-se a geração do MQT com artigos normalizados e padronizados, geração de condições técnicas “gerais”, geração de estimativas orçamentais, e agregação de elementos de informação (peças desenhadas e/ou peças escritas) internos ou externos.

Industry Foundation Classes (IFC) são uma norma aberta, ratificada internacionalmente [4], que se propõe a descrever digitalmente o ambiente construído num formato interoperável, que possibilite o acesso à informação por diversos intervenientes no processo construtivo através de diversas ferramentas [3], [5].

O formato IFC define diferentes classes de blocos de informação, cuja natureza é muito variável para permitir cobrir uma grande gama de aspetos ligados ao ambiente construído, tais como geometria dos elementos construtivos, grupos de propriedades, unidades de medição, relações entre classes, tipos de classificações, planeamento de tarefas, ou tipos de análise de sistemas.

A versão atual em vigor é 4.0.2.1(IFC4 ADD2 TC1), usualmente designada por IFC4, mas o desenvolvimento tem continuado e já existe uma nova versão 4.3.0.1 (IFC4.3 TC1) em processo de ratificação, usualmente referida como IFC4.3 [11].

Os elementos construtivos presentes num modelo BIM são transformados em objetos construtivos reais através da execução de um ou mais trabalhos de construção. Cada trabalho de construção tem de ser especificado e quantificado de forma apropriada, e o conjunto global de todos os trabalhos de construção necessários para realizar uma obra constituem o Mapa de Quantidades de Trabalhos (MQT).

Não é expectável que um modelo BIM, mesmo com alto nível de detalhe, possua toda a informação necessária para especificar apropriadamente todos os trabalhos [12]. A informação (relevante) que efetivamente existe no modelo BIM tem de ser suplementada pelo conhecimento e experiência da equipa de projeto.

No ProNIC, os trabalhos de construção estão normalizados e organizados sob uma estrutura de desagregação (WBS-CW, *Work Breakdown Structure – Construction Works*), e a seleção de um trabalho pela equipa de projeto consiste em navegar a WBS-CW e tomar uma série de decisões até chegar a um nó folha que caracteriza o item (CWA, *Construction Work Article*) desejado, e que deverá ser compatível com a restante informação do projeto, incluindo o modelo BIM.

Este processo deverá evitar trabalho desnecessário (como reintroduzir informação já presente no modelo BIM) e auxiliar as decisões da equipa de projeto apresentando informação de contexto, sugestões, e facilitando a verificação de informação potencialmente em conflito.

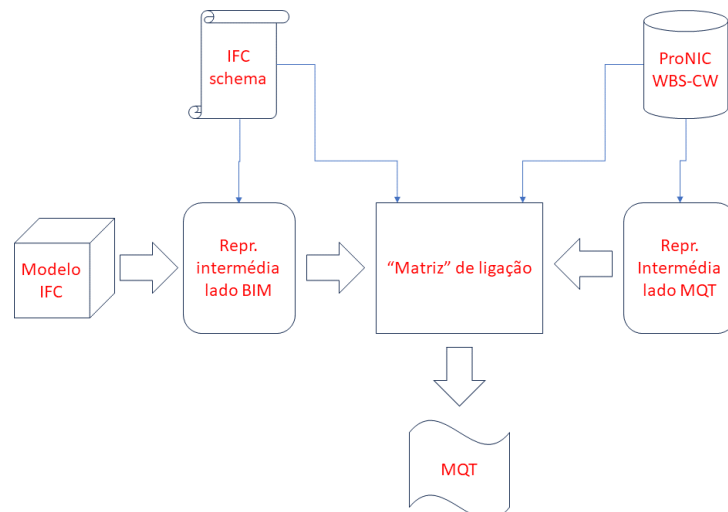
2. Objetivos

Tendo sido já apresentado um protótipo [1] que implementa a interligação entre modelos BIM e ProNIC, pretende-se agora desenvolver um refinamento da metodologia que permita melhor sistematizar as relações entre diferentes elementos de informação, e possibilite futuras atualizações ou adições sem impactar negativamente o trabalho já efetuado.

3. Metodologia

A ideia base subjacente à sistematização dos processos de ligação entre os elementos do modelo BIM e os artigos de trabalhos de construção do ProNIC é a definição de representações intermédias dos dados, de ambos os lados, que possibilitem utilizar uma “matriz” estruturada para os unir, como esquematizado na Figura 1.

Figura 1
Visão geral da sistematização necessária para a interligação BIM – ProNIC.



O esquema da Figura 1 deve ser entendido como uma concetualização, pois a “matriz” de ligação dificilmente poderia ser implementada como uma matriz tradicional. No entanto, o conceito de *switchboard* (quadro de distribuição) é útil para refletir sobre como decompor uma relação de muitos-para-muitos em múltiplas relações de um-para-um, com dependências entre elas minimizadas pela escolha judiciosa das representações intermédias.

3.1. Representação de elementos BIM

No caso dos modelos IFC, os elementos construtivos alvo de análise são derivados da classe *IfcBuildingElement* (IBE), que estão relacionados com elementos informativos de outras classes.

É então necessário estabelecer uma forma de, a partir de um IBE específico, listar toda a informação que lhe está relacionada, e fazê-lo de forma a conservar o contexto semântico quer dos elementos informativos quer da natureza do relacionamento.

Os conjuntos de propriedades (*IfcPropertySet*) e quantidades (*IfcQuantitySet*) relacionados diretamente com o IBE são, normalmente, simples de obter e mapear.

Já outras características, como a localização (absoluta ou relativa) dos IBE depende da forma como o modelo foi construído e que informação sobre o edifício, pisos, ou zonas foi corretamente adicionada.

Outro desafio é a multiplicidade de possíveis representações, em que, por exemplo, uma escada pode ser modelada como *IfcStair* ou diretamente como uma sequência de *IfcSlab* (patamar) e *IfcStairFlight* (lanço).

3.2. Representação de artigos ProNIC

No ProNIC, além do texto normalizado (incluindo todos os parâmetros de especificação) que define um CWA, existe também informação de contexto, derivada da posição do artigo na WBS-CW. Muitas vezes essa informação também está explicitada no texto normalizado (por exemplo, a identificação do tipo de elemento estrutural: pilar, laje, etc.), mas existem casos em que isso não acontece (por exemplo, informação sobre a que rede de instalação um equipamento pertence).

Para a criação de um MQT no ProNIC, além da seleção do artigo, é necessário fornecer informações de caracterização dos materiais, elementos, trabalhos, ou outras informações que o projetista considere relevantes. Os campos que recebem essas informações, pré-definidas ou não, são designados parâmetros do artigo, e completam o texto padronizado, formando finalmente um artigo normalizado, mas único, caracterizando devidamente as condições específicas daquele projeto. Estes parâmetros foram detalhados e analisados em [12], [13], e exemplos da estrutura de capítulos do ProNIC podem ser encontrados em [14].

O próprio texto normalizado do CWA contém informação para além da que provém dos parâmetros de especificação, sendo necessário identificá-la, extraí-la, e classificá-la.

Por fim, mesmo os parâmetros de especificação do CWA, já classificados anteriormente [12] podem necessitar de uma análise adicional que permita inferir informação “presente”, mas não explícita, por exemplo, que os materiais alumínio e pinho são, respetivamente, tipos de metal e de madeira.

3.3. “Matriz” de ligação

A ligação entre a vista de elementos de construção e a vista de trabalhos de construção não é representável de forma sistemática por uma simples relação de um-para-um: podem ser necessários vários trabalhos para realizar um elemento, e cada trabalho pode, por vezes, ser especificado de formas diferentes e resultar num mesmo elemento.

A especificação completa de cada trabalho requer conhecimento específico que vai além das propriedades ou características do elemento, e tem de ser validada pela da equipa de projeto.

Assim, e para melhorar o processo de mapeamento ad hoc introduzido em [1], a interligação desejada entre um modelo BIM e o ProNIC deve assentar num processo dinâmico, que se adapte a cada elemento e permita, de forma sistemática, resultar num mapeamento predominantemente automático, mas sempre sob o controle do projetista.

O processo tem de ser robusto face a situações ambíguas, onde a informação do modelo não permite conclusivamente identificar o(s) trabalho(s) correspondente(s), permitindo ao projetista complementar a informação de forma simples, por exemplo, através da identificação dos filtros que mais rapidamente reduzem o número de alternativas.

4. Resultados

A Figura 2 apresenta o modelo de integração proposto entre um modelo BIM baseado em IFC e a plataforma ProNIC, de forma a sistematicamente se proceder à estruturação da informação que permita à equipa de projeto utilizar um processo semiautomático para elaborar o MQT.

Assim, o mapeamento entre cada IBE e respetivo(s) CWA(s) pode ser entendido como um processo de decisão assente em informação extraída do modelo BIM, organizada de forma paralela ao processo de especificação de um ou mais trabalhos de construção.

Para cada IBE, as decisões iniciais do mapeamento são baseadas em etiquetas (*tags*) textuais, que equivalem à informação de contexto presente na WBS-CW do ProNIC e que permite atingir o nível do CWA. Em seguida, os parâmetros de especificação têm

de ser validados de acordo com os valores admissíveis. Por fim, as quantidades têm de ser calculadas e enquadradas no MQT.

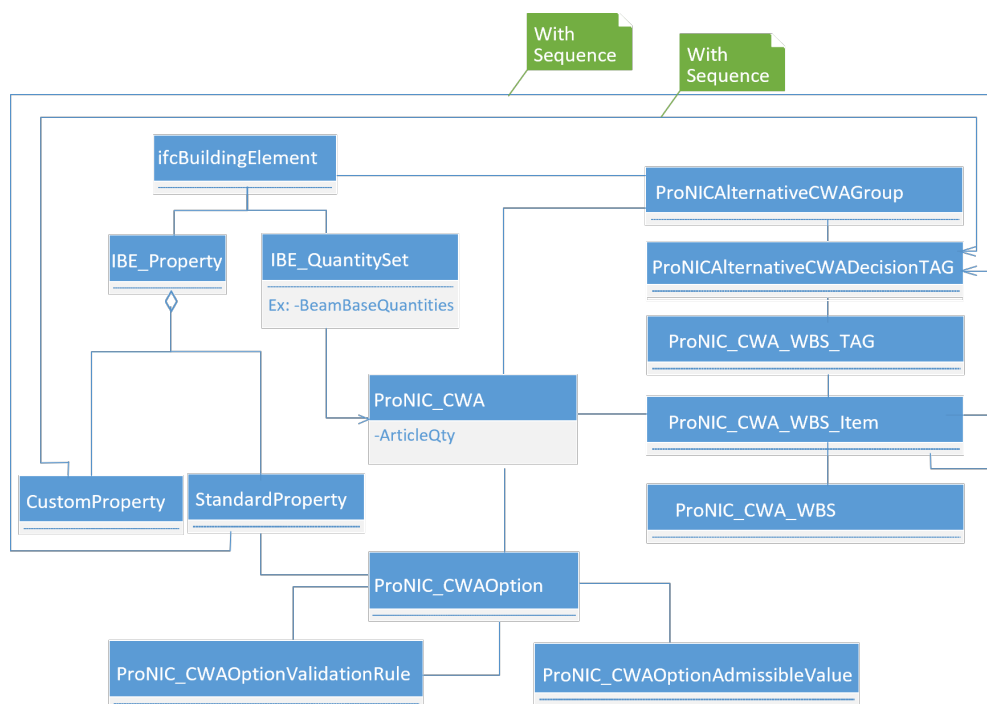


Figura 2
Modelo proposto para a
integração
BIM – ProNIC.

O processo global pode ser dividido em três partes, onde a primeira inicializa o conteúdo a mapear, a segunda prende-se com a identificação e desambiguação do trabalho, e a terceira com o preenchimento propriamente dito da informação recolhida:

1. A estrutura de mapeamento relaciona cada IBE com um conjunto de um ou mais CWAs, cada qual tendo uma ou mais alternativas (resultantes da análise da WBS-CW do ProNIC). Adicionalmente, a estrutura de mapeamento estabelece as relações entre as propriedades normalizadas (agrupadas em *IfcPropertySets*) ou outras características decorrentes da informação existente no IBE, e os parâmetros de especificação dos CWAs ou as etiquetas textuais do ProNIC.
2. Utilizando a estrutura de mapeamento, os IBEs importados do modelo BIM são mapeados em CWAs. Cada conjunto de CWAs alternativos pode ser reduzido a um subconjunto ou mesmo a um CWA único dependendo das relações identificadas entre propriedades ou características do IBE e etiquetas, CWAs, ou parâmetros de especificação. Reduzir cada conjunto a um só CWA pode requerer intervenção manual pelo projetista de forma a resolver eventuais ambiguidades (informação que não foi possível identificar no modelo). Ao projetista deve poder ser apresentada toda a informação recolhida até ao momento, e também deve ser indicada qual a informação em falta com maior poder de discernimento (aquela que, sendo fornecida, elimina o maior número de alternativas).

3. Havendo identificado as alternativas desejadas dos CWAs, eles vão ser parcialmente especificados a partir do mapeamento entre as propriedades do IBE e os parâmetros de especificação do ProNIC. As quantidades dos CWAs são também mapeadas a partir da extração de quantidades via `IfcQuantitySets` do IBE. O resto da especificação, se necessário, será completado já dentro do ProNIC pela equipa de projeto.

O protótipo existente [1] foi adaptado para o novo fluxo de trabalho, utilizando os critérios de classificação de artigos (tais como Material, Tipo, Localização, ou Elemento) como etiquetas do lado do ProNIC, e as funções da API da biblioteca `IfcOpenShell` para aceder a características do IBE existentes em elementos relacionados. Isto permitiu generalizar várias funções do programa em preparação para uma futura integração como módulo/serviço interno ao ProNIC.

Cada nova versão da WBS-CW do ProNIC terá associada uma nova versão da estrutura de mapeamento, que também será atualizada de acordo com novas versões IFC e novos IBEs.

O mecanismo de extração de informação de outras propriedades (características) associadas a um IBE deverá registar a sua utilização pela equipa de Projeto para desambiguar entre as alternativas de CWAs, de forma a permitir a posterior análise e criação de guias de boas práticas relativamente à modelação. Isto é ilustrado na Figura 3, onde o elemento laje em análise não possui informação estruturada suficiente para distinguir entre múltiplos artigos ProNIC (nem associar os respetivos parâmetros), mas a informação existente continua a ser recolhida.

Figura 3
Exemplo de execução do protótipo.

```
{'type': 'IfcSlab',
'GlobalId': '3K04wr$IH78uLZzjnLtBC2',
'Name': 'Piso: Laje - 15 cm:273379',
'ObjectType': 'Laje: 15 cm',
'Tag': '273379',
'PredefinedType': 'FLOOR'}
@ {'cont. type': 'IfcBuildingStorey', 'cont. name': 'Cobertura', 'parent': 'Edifício A1'}
|
+-> Artigo(s) ProNIC:
7.1.1.1.12
7.1.1.1.13
7.1.1.2.12
7.1.1.2.13
7.1.2.1.3
7.1.2.1.4
7.1.2.2.3
7.1.2.2.4
(Tipo): {'type': '#118480=IfcSlabType('3K04wr$IH78uLZzjnLtBCP',#42,'Piso: Laje - 15 cm',,$,,$,(#
118521,#118524,#118527),$, '273400',$, .FLOOR.), 'predefined type': 'FLOOR'}
(Material): [{'mat. name': 'Betão - Betão moldado in situ', 'mat. category': 'Betão'}]
(Ângulo): 0.0
(Localização): {'external': False, 'aggregate': None, 'agg. type': None}
(Elemento): None
Qtd.: 21.7728225000923 m3

Pset_EnvironmentalImpactIndicators: {'Reference': 'Laje 15 cm', 'id': 118491}
Pset_ReinforcementBarPitchOfSlab: {'Reference': 'Laje 15 cm', 'id': 118495}
Pset_SlabCommon: {'IsExternal': False, 'Reference': 'Laje 15 cm', 'id': 118498, 'LoadBearing'
: True, 'PitchAngle': 0.0}
Qto_SlabBaseQuantities: {'GrossArea': 145.152150000615, 'NetArea': 297.916800001237, 'GrossVo
lume': 21.7728225000923, 'NetVolume': 21.7728225000923, 'Perimeter': 50.750000000486, 'Width': 0.150
00000000001, 'id': 118516}
```


5. Conclusões

A metodologia apresentada exprime uma estrutura de mapeamento entre elementos IFC de um modelo BIM e trabalhos de construção normalizados na WBS-CW do ProNIC que é sistemática e permite melhoramentos de forma progressiva, quer ao nível da representação da informação para cada elemento ou trabalho, quer ao nível das interdependências dos diferentes critérios que regulam quais as propriedades ou características que condicionam a escolha de trabalhos alternativos que possam realizar o elemento.

Apesar de ser um avanço face à solução ad hoc anterior, ainda existem algumas limitações, a solucionar em trabalho futuro:

A análise do contexto e do texto de cada CWA e posterior identificação e classificação das etiquetas é um processo manual e moroso. As inovações recentes a nível de processamento de linguagem natural (NLP, *Natural Language Processing*) podem auxiliar este processo.

Alguma informação que não é tipicamente modelada (por exemplo, se a especificação de estruturas de betão é para 50 ou 100 anos) obriga à intervenção manual pelo projetista em muitos elementos. A possibilidade de, após a primeira intervenção manual, guardar essa informação no modelo e aplicá-la a todos os outros elementos “semelhantes”, ainda que de forma provisória, reduziria consideravelmente o esforço do projetista.

Informação mal organizada no modelo (por exemplo, propriedades definidas no nome ou descrição do mesmo, em vez de definidas no `IfcPropertySet` adequado) pode ajudar o projetista, desde que identificada como tal. Novamente, a utilização de técnicas NLP possibilitariam o resgate de alguns dados que de outra forma seriam assumidos como omissos no modelo.

Agradecimentos

Este trabalho foi financiado por: Financiamento Base - UIDB/04708/2020 e DOI 10.54499/UIDB/04708/2020 (<https://doi.org/10.54499/UIDB/04708/2020>) da Unidade de Investigação CONSTRUCT – Instituto de I&D em Estruturas e Construções – financiada por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).

Este trabalho expande o desenvolvimento previamente realizado pela mesma equipa de investigadores no âmbito das Atividades 1, 2, e 3 do Projeto Mobilizador REV@ CONSTRUCTION – Digital Construction Revolution, entre julho de 2020 e junho de 2023.

Referências

- [1] J. Teixeira, Y. Ribeiro, P. Mêda, J. Moreira, R. Sousa, e H. Sousa, «Interoperabilidade entre modelos BIM e ProNIC: vista de elementos vs. vista de trabalhos.», em *CIRMARE 2023 – VI Congresso Internacional na “Recuperação, Manutenção e Reabilitação de Edifícios”*, Covilhã, Portugal, dez. 2023.
- [2] Consórcio ProNIC, «Projeto Mobilizador Digital Construction Revolution Rev@ Construction – Entregável 3.3 Implementação de interfaces de comunicação / integração / interoperabilidade entre o ProNIC e outros sistemas», Entregável 3.3, jun. 2023.
- [3] BuildingSMART, «Industry Foundation Classes (IFC) – An Introduction», Industry Foundation Classes (IFC) – An Introduction. Acedido: 18 de abril de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc>
- [4] INTERNATIONAL STANDARDS ORGANIZATION, «ISO 16739-1:2018 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries – Part 1: Data schema». novembro de 2018.
- [5] M. Laakso e A. Kiviniemi, «The IFC Standard – A Review Of History, Development, and Standardization».
- [6] Consórcio ProNIC, «PROJETO MOBILIZADOR DIGITAL CONSTRUCTION REVOLUTION REV@CONSTRUCTION – Entregável 3.4 Demonstrador – Operacionalização e testes», Entregável 3.4, jun. 2023.
- [7] IFCOPENSHELL, «The open source IFC toolkit and geometry engine». Acedido: 18 de abril de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://ifcopenshell.org/>
- [8] L. Vieira, M. Campos, J. Granja, e M. Azenha, «Modelação da informação e ferramenta digital orientadas à produção automática do MQT no contexto da disciplina de Arquitetura», em *4.º Congresso Português de Building Information Modelling vol. 1 – ptBIM*, 1.ª ed., B. Figueiredo, M. Azenha, e J. C. Lino, Eds., UMinho Editora, 2022, pp. 204-215. doi: 10.21814/uminho.ed.32.17.
- [9] P. Mêda, J. Teixeira, D. Calvetti, Y. Ribeiro, J. Moreira, e H. Sousa, «Legacy practices supporting BIM adoption in Portugal – Reflections from a large use case», em *ECPPM 2022 – eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction 2022*, 1.ª ed., London: CRC Press, 2023, pp. 679-686. doi: 10.1201/9781003354222-86.
- [10] P. Mêda, H. Sousa, e F. Ferreira, «Economic Relevance of Building Elements – Studies, New Framework, Evolutions and Support for Refurbishment Operations», em *Sustainable Construction*, vol. 8, J. M. P. Q. Delgado, Ed., em *Building Pathology and Rehabilitation*, vol. 8, Singapore: Springer Singapore, 2016, pp. 93-127. doi: 10.1007/978-981-10-0651-7_5.

- [11] BuildingSMART, «IFC Specifications Database». Acedido: 18 de abril de 2023. [Em linha]. Disponível em: <https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications>
- [12] Y. Ribeiro, J. Teixeira, P. Mêda, J. Moreira, R. Sousa, e H. Sousa, «Information systems for construction 4.0: classification of contents for integration and interoperability – case study», apresentado na 2023 European Conference on Computing in Construction and the 40th International CIB W78 Conference, jul. 2023. doi: 10.35490/EC3.2023.289.
- [13] Y. Ribeiro, J. Teixeira, P. Mêda, J. Moreira, e H. Sousa, «Sistemas de informação para a Construção 4.0: Conteúdos, integração e interoperabilidade – Estudo de caso», em *CONSTRUÇÃO 2022*, Guimarães, Portugal: Universidade do Minho, dez. 2022. [Em linha]. Disponível em: https://civil.uminho.pt/construcao2022/files/Livros_Atas.zip
- [14] R. Giollo, «INTEROPERABILIDADE ENTRE MODELOS BIM E APLICAÇÃO PRO-NIC: Reabilitação de um edifício público», Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias, Lisboa, Portugal, 2016.