Indústria 5.0: Oportunidades e Desafios para Arquitetura e Construção

13º Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção e 4º Simpósio Brasileiro de Tecnologia da Informação e Comunicação na Construção

ARACAJU-SE | 08 a 10 de Novembro

[1]INFORMATION DELIVERY SPECIFICATION PARA VERIFICAÇÃO DE MODELOS PADRÃO IFC EM UM FLUXO DE TRABALHO BIM-BEM

Information Delivery Specification to verify IFC standard models in the BIM-BEM workflow

Liége Garlet
Instituição | Cidade, Estado | Endereço de e-mail em Arial 9

Ana Paula Melo
Instituição | Cidade, Estado | Endereço de e-mail em Arial 9

Carlos Dias
Instituição | Cidade, Estado | Endereço de e-mail em Arial 9

RESUMO

A transferência de dados entre modelos de informação de construção (BIM) e modelos de energia da construção (BEM) pode ser facilitada com uso da estrutura de transferência de dados *Industry Foundation Classes* (IFC). No entanto, a interoperabilidade do padrão IFC ainda é um desafio significativo. Para contornar esse problema, o presente trabalho utilizou apresentou uma estrutura em XML, baseada na estrutura do *Information Delivery Specification* (IDS) como um verificador de modelos padrão IFC, identificando as propriedades térmicas dos materiais construtivos de modelos de análise de energia. Para avaliar a estrutura, foi modelada uma edificação nos programas de modelagem arquitetônica *Revit* e *Archicad* a fim de comparar os diferentes IFC gerados. A estrutura do IDS se mostrou eficaz na validação das propriedades solicitadas que originalmente são propriedades listadas na estrutura do padrão IFC. Estruturas não listadas não puderam ser verificadas, destacando a importância de criação de um dicionário de dados adequado a um determinado propósito, como a análise energética, a fim de garantir a verificação dos dados desejados.

Palavras-chave: *Information Delivery Specification*; *Industry Foundation Classes*; Modelagem de informação de construção; Modelagem de energia da construção.

ABSTRACT

Industry Foundation Classes (IFC) data transfer structure can simplify the exchange of data between Building Information Models (BIM) and Building Energy Models (BEM). However, IFC standard interoperability is still a significant challenge. In this sense, this research introduced an XML-based framework grounded on the Information Delivery Specification (IDS) to serve as a validator for IFC standard models and to identify the thermal characteristics of construction materials in energy analysis models. The building's structure was assessed by creating models in both Revit and Archicad, allowing for a comparison of the resulting IFCs. The IDS structure effectively validated the requested properties initially listed in the standard IFC structure. Unlisted structures could not be verified, highlighting the importance of creating an appropriate data dictionary for a specific purpose, such as energy analysis, to verify desired data.

Keywords: Information Delivery Specification; Industry Foundation Classes; Building Information Modeling; Building Energy Modeling.

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil é responsável por uma parcela significativa da demanda mundial de energia e pela emissão de CO_2 (UNEP, 2022), resultando em impactos ambientais significativos. A fim de minimizar os impactos ambientais causados, é importante considerar a inclusão de estratégias de eficiência energética em projetos de edificações, incluindo a seleção de materiais que permitam melhor desempenho para a edificação.

Para avaliar a eficácia dessas soluções em projeto, podem ser realizadas simulações computacionais de desempenho energético do edifício. As simulações exigem a criação de um modelo de energia do edifício (BEM) para previsão de sua carga térmica, o qual deve estar integrado ao projeto deste as primeiras etapas (GAO, KOCH e WU, 2019). Porém, nas decisões iniciais do projeto também são determinadas as preferências estéticas, o tipo de estrutura, os custos com a instalações e com a operação do edifício.

[1]GARLET,L.; MELO, A.P.; DIAS, C. A. *Information Delivery Specification* para verificação de modelos padrão IFC em um fluxo de trabalho BIM-BEM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 4., 2023, Aracaju. **Anais [...].** Porto Alegre: ANTAC, 2023.

Destacando-se a importância da comunicação entre as diversas áreas de especialização que envolvem o projeto.

Os modelos desenvolvidos pela metodologia de modelagem da informação da construção (BIM) já apresentam a maioria das informações necessárias para os modelos BEM (PINHEIRO et al., 2018), como a própria geometria, informações relacionadas aos materiais da envoltória do edifício, cargas internas, entre outras, facilitando o fluxo de trabalho BIM-BEM. Na metodologia BIM, o processo de projeto requer procedimentos claramente definidos para evitar falhas de comunicação e conflitos de interação entre as diferentes especializações dos modelos. Além disso, é fundamental assegurar que os modelos sejam compartilhados em uma estrutura comum de leitura e gravação, utilizando os mesmos formatos de arquivo e protocolos. O conceito de interoperabilidade refere-se à habilidade de sistemas computacionais diferentes trocarem dados entre si, simplificando o fluxo de trabalho e eliminando a necessidade de copiar manualmente informações geradas por outros programas (SACKS et al., 2018).

Existem diversas soluções tecnológicas para trabalhar com projetos em BIM (DI BICCARI et al., 2022), com arquiteturas de software variadas e a custos diversos. Além disso, é comum que haja uma certa afinidade entre os projetistas por determinadas ferramentas, o que pode dificultar o fluxo de trabalho entre as diferentes disciplinas envolvidas no projeto.

O *Industry Foudation Classes* - IFC é um padrão universal para a troca de dados entre modelos BIM, certificado pela *BuildingSmart*, amplamente utilizado e criado para garantir a interoperabilidade com a maioria dos programas BIM disponíveis no mercado (BUILDINGSMART, 2023a). No entanto, ainda existem muitos desafios associados ao uso do padrão IFC, tais como problemas de compatibilidade, já que nem todas as aplicações BIM suportam o IFC na mesma medida, o que pode resultar em falhas na troca de informações entre diferentes programas; problemas de interoperabilidade, uma vez que, não há garantias de que todos os softwares BIM possam interpretar e utilizar a informação da mesma maneira; além de desafios relacionados à própria complexidade do padrão e limitações semânticas na interpretação das informações contidas nos arquivos (MAILE, BAZJANAC e FISCHER, 2012).

Com o intuito de solucionar esses obstáculos, a *BuildingSmart* apresentou a estrutura *Information Delivery Specification (*IDS), uma especificação que utiliza a linguagem de marcação XML para definir os requisitos de troca entre modelos. O IDS estabelece como devem ocorrer as trocas entre objetos, classificações, propriedades, valores e unidades, e também define o nível de informação necessária para um fluxo de troca previsível e confiável no IFC (BUILDINGSMART, 2023b). A validação ocorre para requisitos de troca não geométricos, garantindo resultados consistentes. Além disso, o IDS permite o uso de propriedades adicionais e links, incluindo o dicionário de dados bSDD da *BuildingSmart*, que contém informações detalhadas e padronizadas sobre definições, unidades, materiais e objetos, permitindo sua classificação de acordo com padrões específicos (BUILDINGSMART, 2023c).

Embora tenha sido pouco testado pelos pesquisadores até o momento, a *BuildingSmart* considera o IDS como uma solução promissora que deve evoluir e acompanhar o desenvolvimento do padrão IFC (TOMCZAK et al., 2022). Nesse sentido, o objetivo deste trabalho é utilizar a estrutura do IDS como um verificador de modelos padrão IFC, a fim de identificar as propriedades térmicas dos materiais na modelagem de edificações, facilitando o fluxo de trabalho BIM-BEM para análise energética. Os testes são inicialmente propostos em estruturas de geometria simples e verificados para poucos modelos, demonstrando possibilidades de uso da especificação a partir de construções de modelos que sigam os requisitos da estrutura IFC definida pela *BuildingSmart.*

2 METODOLOGIA

No estudo, busca-se entender como o uso da estrutura IFC pode ser explorado para agilizar o processo de análise energética em projetos, verificando informações inseridas nos modelos e minimizando falhas na comunicação. Esta pesquisa se enquadra no contexto de pesquisa aplicada e possui um caráter exploratório, utilizando a abordagem metodológica da *Design Science Research*. A metodologia do *Design Science Research* tem como propósito gerar conhecimento prático e aplicável para resolver problemas, melhorar sistemas existentes e criar novas soluções ou artefatos (VENABLE et al., 2016). Dessa forma, ela contribui desenvolvendo uma solução para um problema prático e, por meio desse processo, colabora com o desenvolvimento da teoria. Esse processo segue etapas bem definidas, começando pela compreensão e motivação da pesquisa, seguida pela identificação de objetivos e possíveis soluções. Em seguida, ocorre a fase de projeto e desenvolvimento dos artefatos, que devem ser demonstrados em um contexto específico e

validados ou reavaliados antes de comunicar ou publicar os resultados para os interessados (GEERTS, 2011).

O delineamento metodológico apresenta-se com as etapas que visam atender aos objetivos do trabalho, com foco na verificação do IFC para a checagem das informações necessárias aos modelos de energia de edifícios. Os modelos BIM do padrão IFC são verificados a partir do uso da estrutura da IDS, sendo necessário criar uma estrutura de código em linguagem XML que atenda aos requisitos dessa análise particular. A verificação foi realizada para modelos IFCs provenientes de dois softwares de modelagem arquitetônica distintos.

2.1 Modelagem para conferência de informações

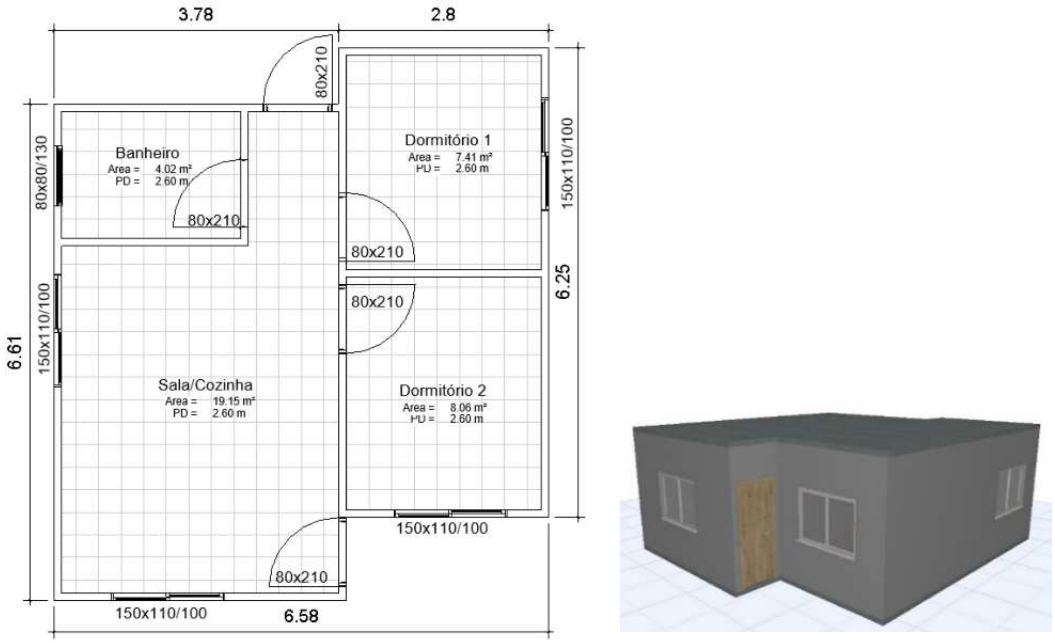
O modelo de testes escolhido para análise neste trabalho é de uma residência unifamiliar padrão popular, com paredes, piso e lajes em concreto, com suas propriedades descritas na Tabela 1. A modelagem BIM foi realizada nos programas Revit v.2023 (AUTODESK, 2022) e Archicad v.25 (GRAPHISOFT, 2022) e exportada para o padrão IFC para a estrutura do IFC4, pelo MVD coordenation view. A edificação utilizada como base para os modelos, tem sua planta baixa e volumetria apresentadas na Figura 1.

Tabela 1: Propriedades termofísicas do concreto e propriedades térmicas da parede

Condutividade térmica do concreto (W/m.K)	Calor específico do concreto (J/kg.K)	Densidade do concreto (kg/m³)	Absortância a radiação solar (concreto)	Transmitância Térmica da parede (W/m².K)
1,75	1000	2200	0,58	5,7

Fonte: Adaptado de ABNT (2021).

Figura 1: Modelo básico utilizado nos softwares de modelagem arquitetônica



(a) Planta baixa da residência (b) Volumetria da edificação

Fonte: autores.

Foi delimitada para esta análise, a conferência apenas de propriedades térmicas do material das paredes externas dos modelos, a qual representa uma estrutura de conferência de informações em código, que poderia ser facilmente adaptada para verificação em lajes, portas ou janelas, por exemplo, com a devida especificação do elemento desejado.

Na modelagem arquitetônica, tanto no *Revit,* como no *Archicad,* foram inseridas as propriedades térmicas do concreto das paredes e mapeadas na forma de *Property sets* (P-sets) para o IFC, para que elas fossem extraídas igualmente pelos dois softwares e permitissem a verificação pelo IDS.

As paredes, que pertencem a estrutura do *IfcWall*, tiveram sua transmitância térmica inserida junto ao conjunto de propriedades gerais da parede, *PsetWallCommon* e as demais propriedades referentes ao seu material (concreto), foram especificadas para o *PsetMaterialThermal,* como *ThermalConductivity, SpecificHeatCapacity* e *Density*, conforme o esquema de dados do IFC4, e recomendação da *BuildingSmart* (BUILDINGSMART, 2023d).

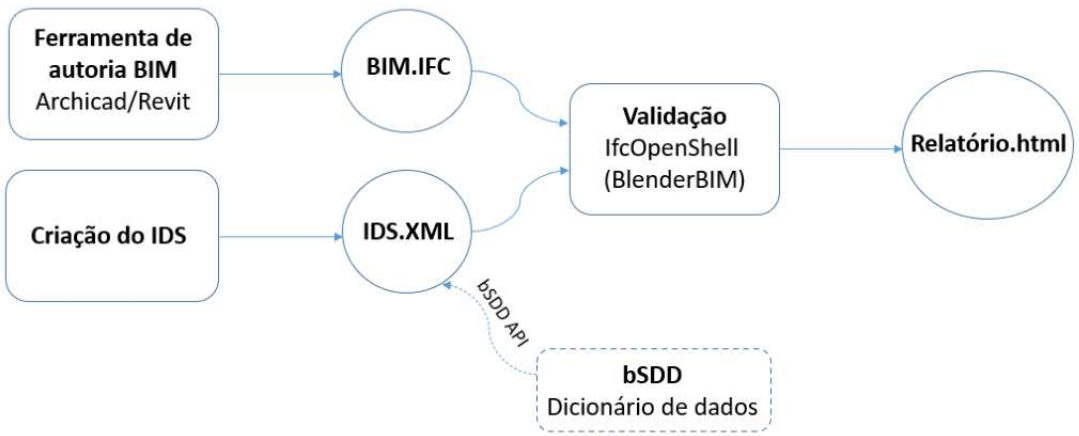
2.2 Estrutura de verificação do IFC com a especificação IDS

A especificação do IDS, criada pela *BuildingSmart,* conecta uma estrutura em linguagem XML ao dicionário de dados da *BuildingSmart*, ou seja, relaciona e verifica informações com base na estrutura padrão desenvolvida para o IFC. Por exemplo, os elementos paredes, encontram-se na estrutura do IFC, como *IfcWall*, a mesma especificação é a encontrada do dicionário de dados da *BuildingSmart* (bSDD), a qual deve ser utilizada para verificação dos modelos com o IDS.

Neste trabalho, foi construída uma estrutura IDS com auxílio do editor de código-fonte multiplataforma *Sublime text* (SUBLIME HQ, 2022), em sua versão gratuita, para verificação de informações do modelo que atendessem à especificação do dicionário de dados da *BuildingSmart.*

Após montagem da estrutura, ela é lida com o auxílio do software *Blender* v.3.4 (BLENDER, 2022a) e *o Add-on BlenderBIM* v. 220516-py310 (BLENDER, 2022b), que são plataformas *open-source* que permitem relacionar modelos IFC à especificação IDS com auxílio da biblioteca *IfcOpenShell* (2022), que incorpora a estrutura IDS e permite a verificação dos modelos, gerando um relatório HTML sobre a análise. O fluxo de trabalho de uso da estrutura é apresentado na Figura 2.

Figura 2: Fluxo de trabalho para o uso do IDS



Fonte: autores.

Em relação aos critérios elencados na estrutura do IDS, considerou-se:

- Verificar se todas as paredes externas da edificação atendiam ao critério de estarem especificadas na estrutura do IFC como externas;
- Verificação do atendimento ao requisito de transmitância térmica das paredes externas;
- Verificação do atendimento ao requisito de condutividade térmica do material (concreto) nas paredes externas;

- Verificação do atendimento ao requisito de calor específico do material (concreto) nas paredes externas;
- Verificação do atendimento ao requisito de densidade do material (concreto) nas paredes externas.
- Verificação do atendimento ao requisito de absortância solar do material (concreto) nas paredes externas.

3 RESULTADOS

Os resultados serão apresentados por seções, correspondentes a cada critério verificado em ambos os modelos IFC gerados pelos programas de modelagem de arquitetura *Revit e Archicad*. A especificação desenvolvida para o IDS em linguagem XML encontra-se disponível no *GitHub* do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LABEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina, com repositório de nome IDS_BimBem.

3.1 Verificação das paredes externas

O requisito de verificação da existência de paredes externas confere se estas foram especificadas na estrutura com a designação correta. Na modelagem arquitetônica, é importante informar ao programa computacional se as paredes que fazem o fechamento de uma edificação e as que são apenas divisórias são externas ou internas, pois as paredes externas realizam trocas térmicas com o meio ambiente.

Ambas as modelagens do projeto arquitetônico realizadas nos programas *Revit* e no *Archicad* consideraram essa configuração e quando verificadas pela estrutura do IDS conferiram sua veracidade.

3.2 Verificação do requisito de transmitância térmica

O requisito de transmitância térmica está presente na estrutura do IFC junto às propriedades comuns do elemento parede. Na modelagem arquitetônica com o *Revit,* depois de configurar o material da parede, o programa correlaciona automaticamente as propriedades térmicas e analíticas para calcular a transmitância térmica do componente com base nos dados inseridos. Embora esse cálculo não leve em consideração a resistência superficial interna e externa do material, a propriedade de transmitância térmica calculada é aplicada ao conjunto de paredes que utilizam esses materiais previamente configurados. Quando verificada, em um intervalo numérico entre 0 e 20, a propriedade foi encontrada no *PsetWallCommon.*

No *Archicad,* a propriedade de transmitância térmica das paredes externas pode ser inserida diretamente, em seu valor conhecido, no conjunto de propriedades *PsetWallCommon* que é mapeado para o IFC. Quando verificado com o IDS, para um intervalo numérico entre 0 e 20, a estrutura reconheceu a propriedade nas paredes do modelo padrão IFC.

Também foi testada a verificação do número equivalente à transmitância térmica das paredes externas da edificação objeto de estudo, a qual foi reconhecida para ambos os modelos do padrão IFC testados.

3.3 Verificação dos requisitos de Calor específico, condutividade térmica e densidade do material

Durante a modelagem arquitetônica nos programas *Archicad* e *Revit,* foi configurado o material das paredes, incluindo suas propriedades termofísicas como, calor específico, condutividade térmica e densidade, bem como sua unidade de medida correspondente. Essa configuração permitiu que as informações fossem verificadas pelo IDS, dentro de um intervalo numérico proposto para cada propriedade e de acordo com as especificações necessárias. Além disso, o conjunto de propriedades com nome de *PsetMaterialThermal*, criado em ambos os programas de modelagem de arquitetura, permitiu mapear as propriedades para o IFC.

A estrutura do IDS conseguiu verificar todo o conjunto de propriedades em ambos os modelos do padrão IFC testados.

3.4 Verificação dos requisitos de absortância solar

Na estrutura do IFC, não foi possível identificar a propriedade de absortância solar em elementos opacos. Ela pode ser inserida e especificada em ambos os programas, *Revit* e *Archicad,* porém, sua verificação não é possível com a estrutura de IDS apresentada pela *BuildingSmart*, que segue os requisitos do dicionário de dados também da *BuildingSmart* (BuildingSmart, 2023c).

Porém, é possível adaptar ou criar dicionários de dados específicos para certos domínios a partir do bsDD (BuildingSmart, 2023c), adicionando as informações necessárias para um uso particular.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho analisou o uso da especificação IDS como verificador de modelos padrão IFC, facilitando o fluxo de trabalho entre BIM-BEM para análise energética de edifícios. Algumas propriedades termofísicas do material concreto foram verificadas nas paredes dos modelos testados, assim como critérios relacionados à configuração das paredes no desenho e propriedades térmicas de paredes.

Apesar de ser um trabalho inicial, em que são aferidas poucas propriedades, a mesma estrutura de código pode ser utilizada para revisão de outros materiais, outras propriedades ou ainda outros elementos da edificação, com a devida substituição da nomenclatura de cada item. O IDS construído também ser empregado para verificação de qualquer modelo padrão IFC, cuja modelagem tenha considerado as mesmas propriedades térmicas para os materiais de parede e utilizando o mesmo nome para os conjuntos de propriedades *P-sets*.

A estrutura do IDS se mostrou eficiente na conferência das paredes externas e da transmitância térmica delas. Também foi possível verificar as propriedades termofísicas de condutividade térmica, calor específico e densidade do concreto das paredes. A propriedade de absortância solar não pode ser verificada, pois não consta na estrutura padrão do IFC, ressaltando a importância de trabalhar com estruturas de dicionários de dados adaptados a determinado propósito.

Em trabalhos futuros, pretende-se desenvolver uma estrutura de dicionário de dados baseada no bSDD, com requisitos específicos para a verificação de outras propriedades relacionadas aos elementos construtivos e cargas térmicas dos modelos de energia.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi desenvolvido com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – Brasil por meio da concessão de bolsa de estudo de doutorado.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1:** Edificações habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2021.

AUTODESK. **Revit Software BIM para projetistas, construtores e desenvolvedores.** Disponível em: https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription Acesso em: mai. 2022.

BLENDER.ORG. Blender. Disponível em: https://www.blender.org/ Acesso em: mai. 2022a.

BLENDER.ORG. **BenderBIM Add-on.** IfcOpenShell project. Disponível em: https://blenderbim.org/download.html Acesso em: mai. 2022b.

BUILDINGSMART. **BuildingSmart Data Dictionary.** Disponível em: https://www.buildingsmart.org/users/services/buildingsmart-data-dictionary/. Acesso em: fev. 2023c.

BUILDINGSMART. **BuildingSmart Information Delivery Specification.** Disponível em: https://technical.buildingsmart.org/projects/information-delivery-specification-ids/. Acesso em: fev. 2023b.

BUILDINGSMART. **Industry Foundation Classes (IFC).** Disponível em: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>. Acesso em: mai. 2023a.

BUILDINGSMART. **Industry Foundation Classes 4.0.2.1. Version 4.0 – Addendum 2 – Technical Corrigendum1.** Disponível em: https://standards.buildingsmart.org/IFC/RELEASE/IFC4/ADD2_TC1/HTML/. Acesso em: fev. 2023d.

DI BICCARI, C.; CALCERANO, F.; D'UFFIZI, F.; ESPOSITO, A; CAMPARI, M.; GIGLIARELLI, E. Building information modeling and building performance simulation interoperability: State-of-the-art and trends in current literature. **Advanced Engineering Informatics** 54 (2022).

GAO, H.; KOCH, C.; WU, Y. Building information modelling based building energy modelling: A review. **Applied Energy** 238 (2019) 320-343.

GEERTS, G. L. A design science research methodology and its application to accounting information systems research. **International Journal of Accounting Information Systems** 12 (2011) 142–151.

GRAPHISOFT. **Archicad.** Disponível em: https://graphisoft.com/br/solucoes/archicad. Acesso em: mai. 2022.

IFCOPENSHELL. **IfcOpenShell**. The open source IFC toolkit and geometry engine. Disponível em: https://ifcopenshell.org/. Acesso em: mai.2022.

MAILE, T., FISCHER, M., AND BAZJANAC, V. A method to compare measured and simulated data to assess building energy performance. **Building and Environment** 56 (2012) 241 – 251.

PINHEIRO, S.; WIMMER, R.; O'DONNELL, J.; MUHIC, S.; BAZJANAC, V.; MAILE, T.; FRISCH, J.; VAN TREECK, C. MVD based information exchange between BIM and building energy performance simulation. **Automation in Construction** 90 (2018) 91–103**.**

SACKS, R.; EASTMAN, C.; LEE, C.; TEICHOLZ, P. **BIM Handbook:** A Guide to building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors**.** 3. ed. Wiley, 2018. 688p.

SUBLIME HQ. **Sublime Text.** Disponível em: https://www.sublimetext.com/ . Acesso em: ago. 2022.

TOMCZAK, A., BERLO, L.V., KRIJNEN, T., BORRMANN, A., BOLPAGNI, M. A review of methods to specify information requirements in digital construction projects. ***In***: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 1101(9) 2022.

UNEP. UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **2022 Global Status Report for Buildings and Construction:** Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector. Nairobi. Disponível em: https://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction. Acesso em: fev. 2023.

VENABLE, J., PRIES-HEJE, J., BASKERVILLE, R. FEDS: A Framework for Evaluation in Design Science Research. **European Journal of Information Systems,** 25 (1) 2016. p. 77-89**.**