ENTAC 2024
XX ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO
Maceió, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2024

Automação de projetos preliminares com dados IFC: desafios e estratégias no BIM para gestão da informação

Automation of preliminary design with IFC data: challenges and strategies for information management in BIM

Juliana Gehlen
Universidade de Brasília | Brasília | Brasil | jugehlen@gmail.com
Aryanne Costa
Universidade de Brasília | Brasília | Brasil | engaryanne@gmail.com
Paulo Alberto Sampaio Santos
Universidade de Brasília | Brasília | Brasil | paulo.alberto@aluno.unb.br
Hellen de Araújo Costa Rodrigues
Universidade de Brasília | Brasília | Brasil | hellen_acr@hotmail.com
Daruick Fagundes da Silva Cunha
Universidade de Brasília | Brasília | Brasil | daruickcunha@gmail.com
Antônio Carlos de Oliveira Miranda
Universidade de Brasília | Brasília | Brasil | acmiranda@unb.br

Resumo

Este artigo aborda os desafios na gestão da informação em projetos BIM, com foco na interoperabilidade de softwares e na complexidade do processo de exportação e importação dos IFCs (Industry Foundation Classes). A pesquisa destaca a dificuldade de ter um modelo rico em dados nas fases preliminares, devido à falta de definições claras dos requisitos de informações do projeto. Um gerenciamento preciso de um modelo rico em dados permite a automação integrada com processos 4D e 5D, porém nas fases de estudos preliminares esse ainda é um desafio, tendo em vista que nessas etapas diversas definições dos requisitos de informações do projeto ainda não foram definidas pelos contratantes e equipes de coordenação. O trabalho apresenta uma solução para o problema, propondo uma lógica de automação na aplicação do modelo para a alteração de elementos no arquivo IFC baseada em programação orientada a objetos. Exemplo de aplicação é apresentado como exercício de como enriquecer um modelo que originalmente é pobre de informações.

Palavras-chave: Building Information Modelling. Automação. Cronogramas. IFC. Gestão da Informação.

Abstract

This paper examines the challenges of information management in BIM projects, with a focus on software interoperability and the complexity of the Industry Foundation Classes (IFC) export and import process. The research highlights the difficulty of achieving a data-rich model in the preliminary design stages due to the lack of clear definitions of project information

Como citar:
GEHLEN, J.; COSTA, A.; SANTOS, P.; RODRIGUES, H.; CUNHA, D.; MIRANDA, A. Automação de projetos preliminares com dados IFC: desafios e estratégias no BIM para gestão da informação. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 20., 2024, Maceió. **Anais**... Maceió: ANTAC, 2024.

requirements. Precise management of a data-rich model enables integrated automation with 4D and 5D processes. However, this remains a challenge in the preliminary design stages, considering that various project information requirements are yet to be defined by clients and coordination teams at these stages. The paper presents a solution to this problem by proposing an automation logic for applying the model to element changes in the IFC file based on object-oriented programming. An application example is presented as an exercise in enriching a model that is originally information poor.

Keywords: Building Information Modeling. Automation. Scheduling. IFC. Information Management.

INTRODUÇÃO

A ferramenta BIM na indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), é a fonte principal para a inovação, economia e sustentabilidade desde a concepção do projeto até o final do seu ciclo de vida. Segundo [1], BIM é a base de um sistema integrado que engloba a concepção, produção e utilização na construção. Representa uma via para o setor alcançar níveis superiores de produtividade e, consequentemente, de rentabilidade, equiparáveis a outros segmentos da economia.

Compreender as Industry Foundation Classes (IFC) em conjunto com o Building Information Modeling (BIM) é essencial para profissionais envolvidos em projetos de construção e infraestrutura. Os conhecimentos adquiridos durante a disciplina de Tópicos Especiais em Estrutura no Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade de Brasília (UNB), no 2º semestre de 2023, revelaram que essas ferramentas são fundamentais para promover a interoperabilidade entre softwares e aprimorar a gestão de projetos.

Por conseguinte, o objetivo geral deste trabalho é consolidar e integrar os conhecimentos adquiridos sobre BIM, IFC e Programação Orientada a Objetos (POO). O estudo abordará a aplicação prática desses conceitos em um contexto de modelagem estrutural para uma edificação, com o objetivo de estudar a estrutura IFC do modelo de forma a alimentá-la com informações para o uso BIM em planejamento e orçamentação, antigos 4D e 5D respectivamente.

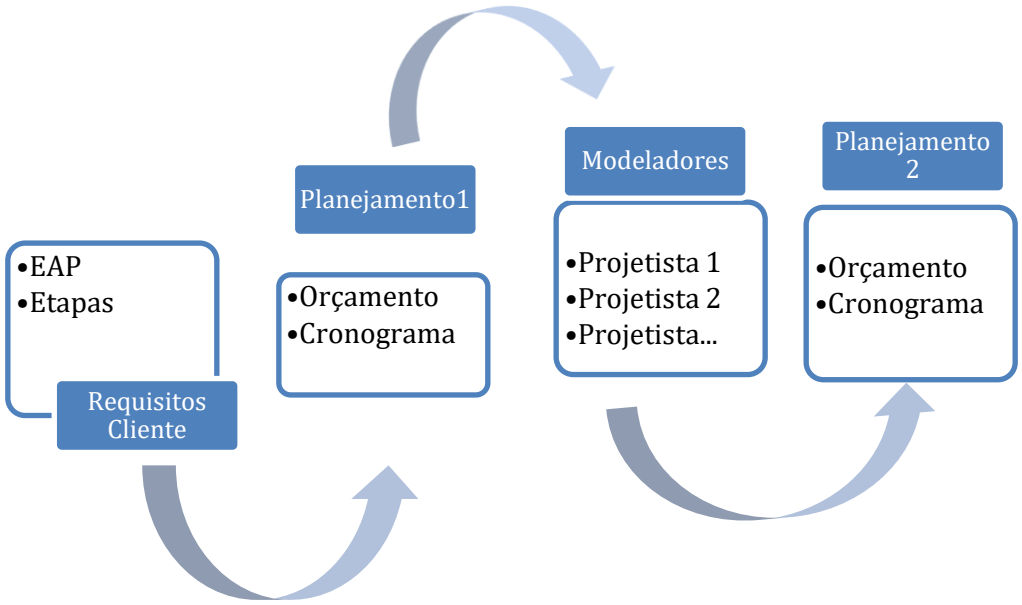
JUSTIFICATIVA

Um modelo BIM desenvolvido para o orçamento e planejamento de obras precisa oferecer quantitativos que preencham a sua estrutura analítica de projeto (EAP) considerando critérios de medição solicitado pelo cliente como quantitativos e custos, seja por pavimento, por tipo de edificação ou por fase de execução de obra. A necessidade de planejar o modelo de acordo com o uso que ele deve atender é uma regra do BIM e deve ser parte do processo, conforme explicitado na Figura 1.

Aliado ao modelo 3D, o BIM trata de informação, contida num grande banco de dados, sendo a base do orçamento que alimenta vários outros setores dentro de uma empresa construtora (engenharia, suprimento, RH, financeiro, etc)[1]. Assim, a estratégia de modelagem é fundamental para o uso BIM de extração de quantitativos,

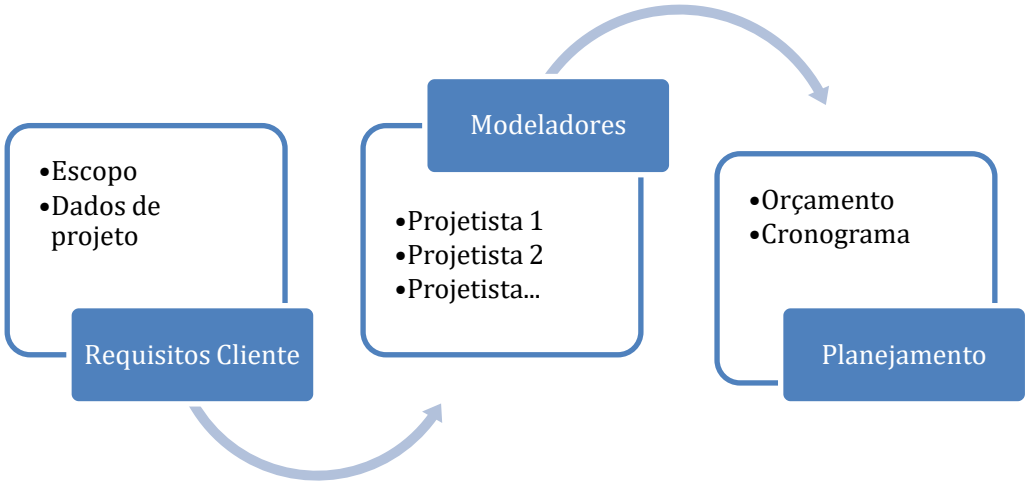
uma vez que nem sempre esses quantitativos são adequados para serem usados no orçamento ou planejamento de obras [2][3], pois não foram considerados critérios de medição e etapas de execução pelos projetistas, conforme o fluxo de processo tradicional em 2D, representado na Figura 2.

Figura 1 -Fluxo BIM com a integração entre os profissionais de planejamento e projetistas



Fonte: Autores

Figura 2 - Fluxo BIM tradicional sem a integração de profissionais

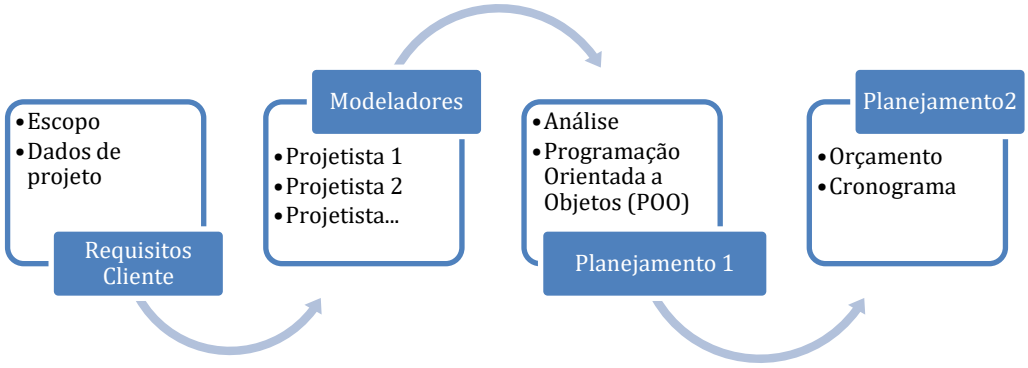


Fonte: Autores

Ressalta-se a necessidade do trabalho colaborativo entre profissionais de projeto, modelagem, orçamento e planejamento nas etapas iniciais dos trabalhos, porém é importante o alerta quanto a orientação de modelagem e o excesso de regras e

critérios [4][5], bem como de demasiadas revisões solicitadas nos modelos que podem desencorajar o trabalho conjunto dos profissionais.
Assim, o presente estudo busca trazer uma opção de fluxo de trabalho com a utilização da Programação Orientada a Objetos (POO) em Python para permitir inclusões de parâmetros sem alterar o modelo, e assim otimizar a extração de quantitativos e adequações de etapas de execução das obras, conforme a Figura 3.

Figura 3 - Fluxo BIM com o uso de POO



Fonte: Autores

REVISÃO TEÓRICA

BIM

Building Information Modelling (BIM) ou Modelagem da Informação da Construção consiste em um conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, que sirva a todos os participantes do empreendimento, em qualquer etapa do ciclo de vida da construção [6].

Segundo definição da norma ISO 19.650-1 Parte 1, BIM faz uso de uma representação digital e compartilhada de um ativo construído para facilitar o projeto, construção e processos de operação para formar uma base confiável para tomada de decisões. Exemplos de ativos construídos incluem edifícios, pontes, estradas, plantas de processo [4] A modelagem paramétrica permite a criação de modelos flexíveis e adaptáveis que facilitam a combinação com outras ferramentas de análise, otimização e automação. A partir da integração de ferramentas de simulação com análises computacionais, acompanhadas de melhorias técnicas, a equipe de projeto consegue analisar critérios de desempenho de forma simultânea e avaliar as soluções propostas, ainda na fase preliminar do projeto [7].

Um conceito fundamental na implementação do BIM envolve a troca de informações entre sistemas, o que é conhecido como interoperabilidade. Conforme definido pela ISO/IEC 33001:2015 - Tecnologia da Informação - Avaliação de Processos - Conceitos e Terminologia, interoperabilidade refere-se à capacidade de dois ou mais sistemas ou

componentes trocarem informações e utilizarem essas informações no próprio sistema.

INDUSTRY FOUNDATION CLASSES (IFC)

O IFC é definido como uma coleção de definições que consiste em classes, atributos e relações entre elementos derivados da programação orientada a objetos (POO) [8]. Esse conjunto de definições corresponde ao modelo de dados utilizado na indústria da construção, possibilitando o compartilhamento de informações. Os IFC são padronizados pela ISO 16739:2013 para descrever e trocar modelos de informações de construção.

O IFC é usado na interoperabilidade dos dados no BIM, em que são especificados em um esquema de dados e uma estrutura de formato de arquivo de troca. O esquema de dados definido permite a colaboração entre as várias figuras envolvidas no processo de construção, permitindo intercâmbio de informações por meio do formato padrão. Quando bem estruturado, implica em maior qualidade, redução de erros, redução de custos e economia de tempo, com dados e informações coerentes em todas as fases do ciclo de vida da edificação [9][10].

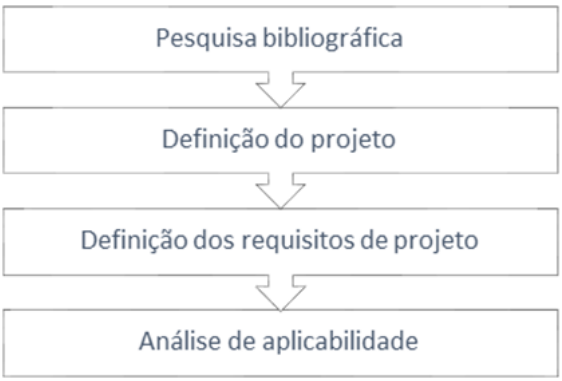
O IFC permite capturar não somente a geometria, mas também outras propriedades associadas aos objetos e suas relações dentro do modelo em BIM, como tipo de material, resistência física, propriedades antifogo, isolamento acústico, entre outras possibilidades como tipos de elementos se são edificações, vias, pontes ou partes destes, por exemplo. A versão mais recente do IFC é a versão 4.0 (inicialmente conhecida como IFC 2x4), de 2013, e que passou por alguns adendos, sendo o último deles em 2016. O IFC 4.0 trouxe novas formas de documentação, suporte para novas plataformas de construção, estruturas e serviços [11][12].

METODOLOGIA

Para a realização deste estudo, foram delineadas quatro etapas (Figura 4), sendo elas:

1. **Definição de projeto** comercial, em dois pavimentos e sistema estrutural em concreto armado proposto pela disciplina de Tópicos Especiais em Estruturas do programa de pós-graduação – PECC da Universidade de Brasília para matéria de projetos BIM, quanto à abordagem de compatibilização de informações;
2. **Definição dos requisitos de projeto**, baseado na proposição da ISO 16735, que atenderiam o mapeamento das entidades de forma adequada para processos 4D e 5D nos elementos modelados;
3. **Análise da aplicabilidade**. A etapa subsequente envolveu a criação de scripts para a manipulação dos requisitos de projetos definidos na etapa anterior, com o objetivo de avaliar a aplicação da ferramenta na elaboração de levantamentos quantitativos, estimativas de custos e planejamento.

Figura 4 – Etapas da pesquisa para análise de aplicabilidade

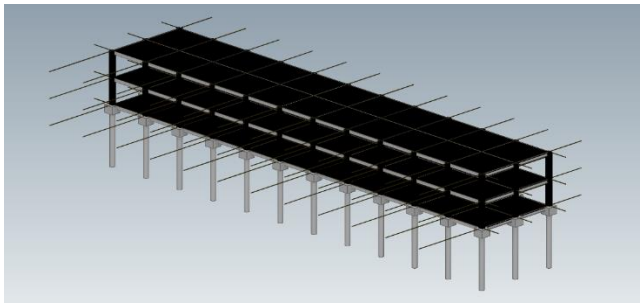


Fonte: Autores

DEFINIÇÃO DO PROJETO E MODELAGEM

O modelo para avaliação do estudo de caso consiste em um projeto estrutural de uma edificação de dois andares, constituída basicamente de lajes, vigas e pilares, como mostra a Figura 5. A edificação possui largura de 10 m e 60 m de comprimento, com um *grid* de 5 m entre os pilares. Além disso, foi convencionado um pé-direito de 3 metros e pilares de seção 30x30cm.

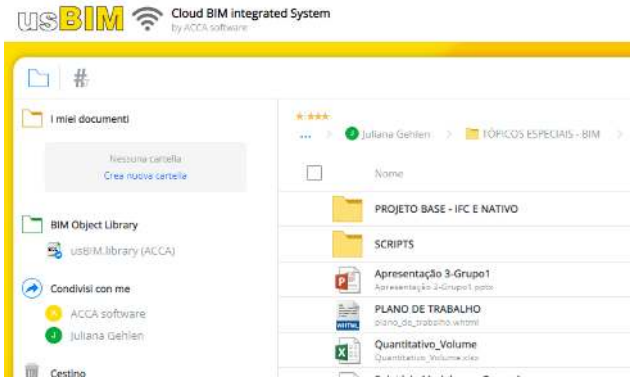
Figura 5 – Projeto estrutural modelado no Software ArchiCAD26.



Fonte: Autores

Para o desenvolvimento do trabalho, utilizou-se de um ambiente comum de dados (CDE) para participação colaborativa dos membros (Usbim.browser), representado na Figura 6.

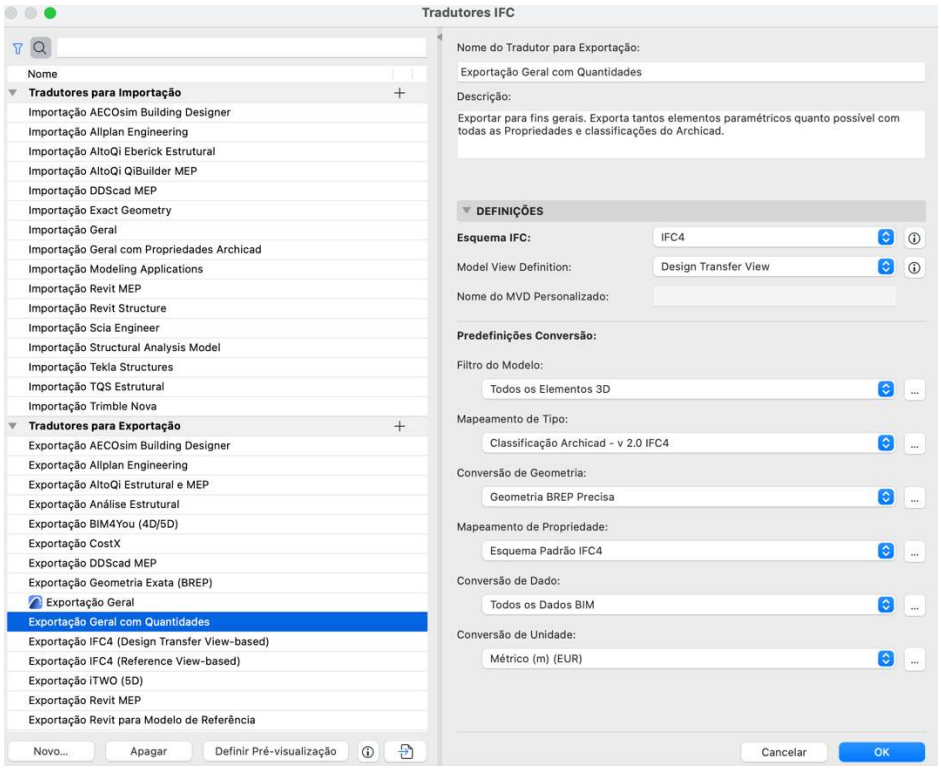
Figura 6 – Ambiente Comum de dados UsBIM.



Fonte: Autores.

O projeto foi modelado no Software ArchiCAD 26 e exportado no esquema IFC4. Todos os elementos 3D foram escolhidos, com seleção de exportação total de quantidades, unidade em metros (m) e propriedades genéricas dos elementos (Figura 7).

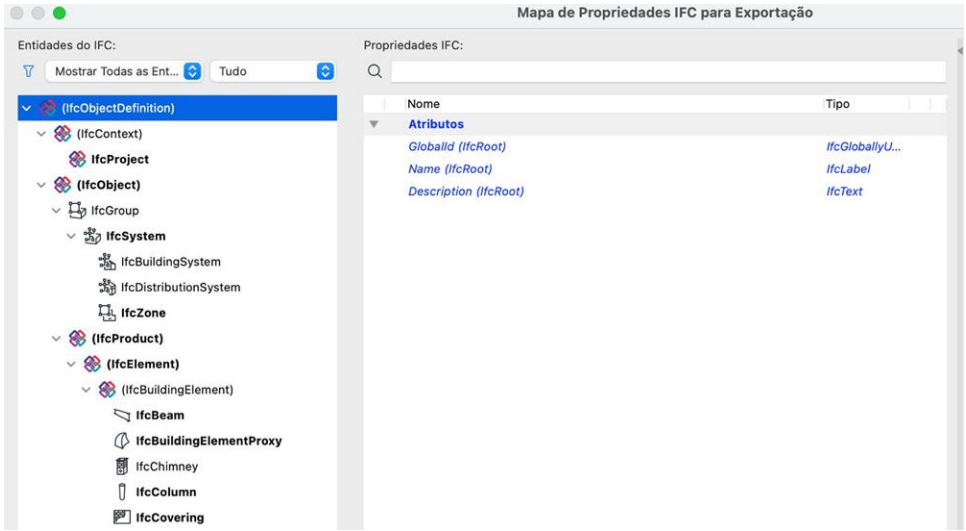
Figura 7 – Tradutores para exportação.



Fonte: Autores.

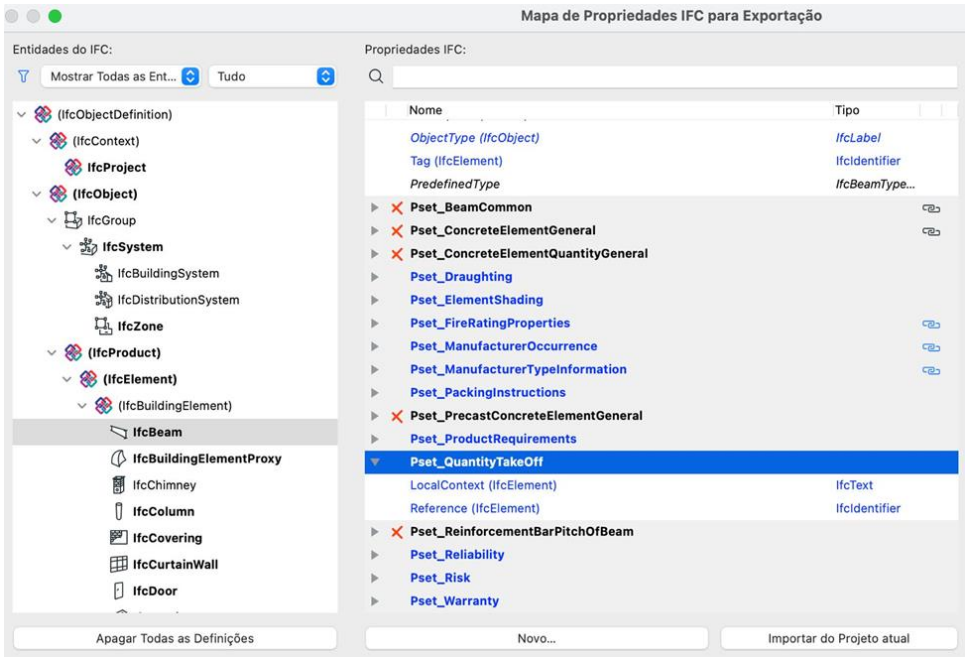
Realizou-se ainda, definições das propriedades IFC atribuídas aos elementos quando exportados do ARCHICAD. Os elementos (identificados pela entidade IFC) estão listados na árvore à esquerda das Figuras 8 e 9.

Figura 8 – Árvore de entidades do IFC.



Fonte: Autores.

Figura 9 – Mapeamento das propriedades do IFC.



Fonte: Autores.

Para os códigos seguintes, foi utilizada a linguagem de programação Python 3.10, com auxílio do software Blender 4.0 e o complemento BlenderBIM v0.0.23 para visualização e manuseio de arquivos em IFC 4.0.

O código como um todo, contou com as seguintes bibliotecas e Interfaces de Programação de Aplicação (API):

- **IfcOpenShell** na versão 0.7.0: para manipular principalmente as propriedades de instâncias IFC;
- **BlenderBIM**: API que permite acessar os complementos gráficos do Blender através de código, para analisar, criar e modificar IFC;
- **IfcOpenShell.api:** utilitários de localização, criação e edição de elementos, permitindo-os posteriormente relacionar a uma instância IFC.

Para cada estudo de caso, desenvolvemos scripts separados, de modo a simplificar os processos e analisar gradualmente a eficiência de cada função.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS E ESTIMATIVAS DE CUSTO

Conforme destacado [1], a precisão das estimativas evidencia as oportunidades do uso do BIM na tecnologia de quantificação e a sua subsequente orçamentação. Para alcançar isso, é crucial contar com um projeto adequadamente modelado, com o objetivo de identificar os serviços e suas respectivas quantidades. Isso se deve ao fato de que as maiores discrepâncias nos orçamentos não decorrem de erros de orçamentação, cálculos de valores ou pesquisa, mas, sim, da quantificação do projeto.

A tarefa de quantificar requer a integração do entendimento do projeto com o conhecimento de engenharia, demandando uma abordagem tridimensional.

É conveniente ressaltar que o detalhamento das quantificações dependerá do tipo de projeto, ou seja, as informações de quantidades serão proporcionais ao seu detalhamento e informações inseridas. Quando enfocado na utilização do BIM na obtenção de informações, é válido considerar que seus componentes sejam caracterizados por diferentes níveis de desenvolvimento (LOD) e estes níveis classificarão a precisão dos elementos a serem quantificados e precificados [1].

Para o modelo estrutural em estudo, foi desenvolvido um script para realização de extração de quantitativos (Figura 10). A justificativa para a elaboração desse conjunto de instruções em código vem da importância da EC para o mercado da construção, uma vez que, na ausência de um projeto e orçamento detalhado, ela auxilia na fase de negociação e concepção de um empreendimento, ela pode ser a base para tomada de decisão de engenheiros, gestores e clientes.

Figura 10 – Quantitativo volumétrico dos elementos estruturais.

	A	C	D	E
1		**Nome**	**Quant**	**Unidade**
2	**0**	P01	0,54	m³
3	**1**	P01	0,54	m³
4	**2**	P01	0,54	m³
5	**3**	P01	0,54	m³
6	**4**	P01	0,54	m³
7	**5**	P01	0,54	m³
8	**6**	P01	0,54	m³
9	**7**	P01	0,54	m³
10	**8**	P01	0,54	m³
11	**9**	P01	0,54	m³
12	**10**	P01	0,54	m³

Fonte: Autores

Com os quantitativos volumétricos de vigas, pilares e lajes obtidos através do código-fonte, foi convencionado a taxa de aço variando entre 80 e 100kg/m^3, custos unitários médios de mão de obra pela tabela SINAPI e custo do aço de acordo com a experiência dos autores no mercado local de Brasília-DF. Os resultados dos cálculos estão representados na Figura 11.

Figura 11 - Quadro do custo total de cada elemento estrutural.

	Guid	Nome	Quant	Unidade	Taxa de aço	Valor Unit	Custo total aço	M.O Armação	Custo total M.O
33	009AwTtOhdI9bEBsPHI9I8	P01	0,54	m³	95	R$ 6,77	R$ 347,30	R$ 12,42	R$ 637,15
34	34bTgaVbD1GQb0KOcuuN26	P01	0,54	m³	95	R$ 6,77	R$ 347,30	R$ 12,42	R$ 637,15
35	0SERX9v6iQGwP_zQSvsQgd	P01	0,54	m³	95	R$ 6,77	R$ 347,30	R$ 12,42	R$ 637,15
36	2cMqYgsfWuGAs9kL82lvpg	P01	0,54	m³	95	R$ 6,77	R$ 347,30	R$ 12,42	R$ 637,15
37	2vLLrYEsLBGQRux1S4Xv8M	P01	0,54	m³	95	R$ 6,77	R$ 347,30	R$ 12,42	R$ 637,15
38	3Z59ehKeSZGPr2NaevK4SC	P01	0,54	m³	95	R$ 6,77	R$ 347,30	R$ 12,42	R$ 637,15
39	2mnuIQIQDMHuHWCVPD9eZh	L01	123,0525	m3	90	R$ 6,77	R$ 74.975,89	R$ 11,94	R$ 132.232,22
40	3kMZzU_rhVHRcRIXtXc7zG	V01	1,236	m³	85	R$ 6,77	R$ 711,26	R$ 12,42	R$ 1.304,85
41	2m2aRc7ccOHREJ25EWfepo	V02	7,236	m³	85	R$ 6,77	R$ 4.163,96	R$ 12,42	R$ 7.639,05
42	0MXgiSRAoyIxyJo$X_zY9e	V02	7,236	m³	85	R$ 6,77	R$ 4.163,96	R$ 12,42	R$ 7.639,05
43	2vb_GkdXsIIuoC4Fv0mivv	V02	7,236	m³	85	R$ 6,77	R$ 4.163,96	R$ 12,42	R$ 7.639,05

Fonte: Autores

[3] afirmam que o BIM fornece uma representação digital na forma de informações geométricas e semânticas que descrevem suas características físicas e funcionais. No entanto, o seu potencial não é plenamente aproveitado na monitorização e na elaboração de relatórios sobre o progresso da construção.

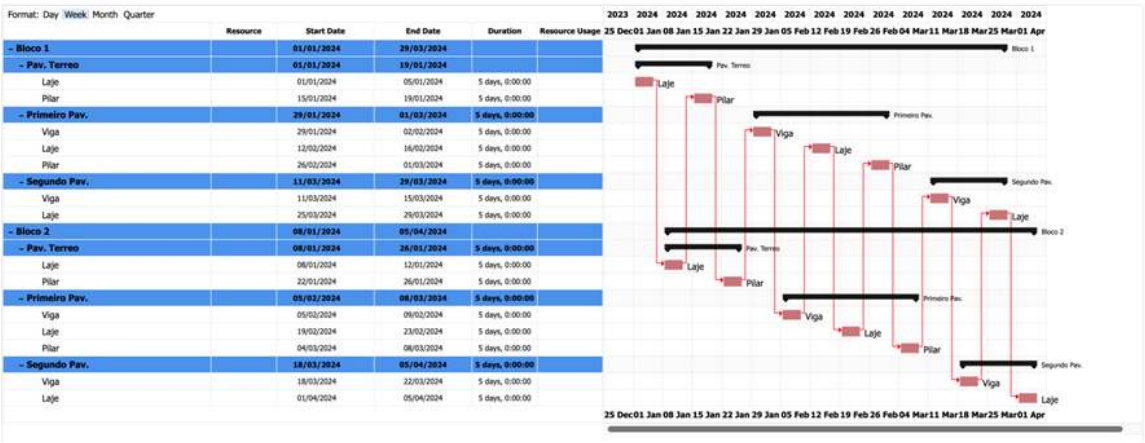
A ferramenta 4D BIM permite aos engenheiros e gerentes da construção um melhor monitoramento da construção [5]. As atividades críticas (que podem gerar gargalos) podem receber especial atenção para que ocorram conforme previstas e o planejamento pode ser revisto com maior facilidade, de acordo com o andamento das atividades, tornando-o mais realista e funcional [2].

O script objetivou a manipulação de um arquivo IFC para gerenciar um cronograma de construção. O código foi realizado para versões IFC 4.0 ou superior, pois permite a edição das classes IfcSchedule em cada entidade.

A partir do código criado, configurou-se subtarefas cadastradas automaticamente e que são replicadas em cada pavimento, pré-estabelecido na entidade IfcBuildingStorey. Automaticamente a função configurou a produtividade de cada serviço para 1 semana (5 dias úteis), a partir de primeiro de janeiro de 2024. Com as configurações da função python `sequence.assign_sequence`, o código definiu as atividades predecessoras e sucessoras seguindo a sequência numérica, conforme representado pelo gráfico de Gantt na Figura 12.

```
def add_task(model, name, predecessor, work_schedule):
    # Adiciona uma tarefa de construção
    task = run(
        "sequence.add_task",
        model,
        work_schedule=work_schedule,
        name=name,
        predefined_type="CONSTRUCTION"
    )

    # Configura a duração de produção
    task_time = run("sequence.add_task_time", model, task=task)

    # Caso não use a função de cima, automaticamente será configurado para 1
semana (1 w)
    run(
        "sequence.edit_task_time",
        model,
        task_time=task_time,
        attributes={
            "ScheduleStart": datetime.date(2024, 1, 1),
            "ScheduleDuration": "P1W"
        }
    )

    if predecessor:
        run(
            "sequence.assign_sequence",
            model,
            relating_process=predecessor,
            related_process=task
        )

    return task
```

Figura 12 – Gráfico de Gantt gerado automaticamente.



	Resource	Start Date	End Date	Duration	Resource Usage
- Bloco 1		01/01/2024	29/03/2024		
- Pav. Terreo		01/01/2024	19/01/2024		
Laje		01/01/2024	05/01/2024	5 days, 0:00:00	
Pilar		15/01/2024	19/01/2024	5 days, 0:00:00	
- Primeiro Pav.		29/01/2024	01/03/2024	5 days, 0:00:00	
Viga		29/01/2024	02/02/2024	5 days, 0:00:00	
Laje		12/02/2024	16/02/2024	5 days, 0:00:00	
Pilar		26/02/2024	01/03/2024	5 days, 0:00:00	
- Segundo Pav.		11/03/2024	29/03/2024	5 days, 0:00:00	
Viga		11/03/2024	15/03/2024	5 days, 0:00:00	
Laje		25/03/2024	29/03/2024	5 days, 0:00:00	
- Bloco 2		08/01/2024	05/04/2024		
- Pav. Terreo		08/01/2024	26/01/2024	5 days, 0:00:00	
Laje		08/01/2024	12/01/2024	5 days, 0:00:00	
Pilar		22/01/2024	26/01/2024	5 days, 0:00:00	
- Primeiro Pav.		05/02/2024	08/03/2024	5 days, 0:00:00	
Viga		05/02/2024	09/02/2024	5 days, 0:00:00	
Laje		19/02/2024	23/02/2024	5 days, 0:00:00	
Pilar		04/03/2024	08/03/2024	5 days, 0:00:00	
- Segundo Pav.		18/03/2024	05/04/2024	5 days, 0:00:00	
Viga		18/03/2024	22/03/2024	5 days, 0:00:00	
Laje		01/04/2024	05/04/2024	5 days, 0:00:00	

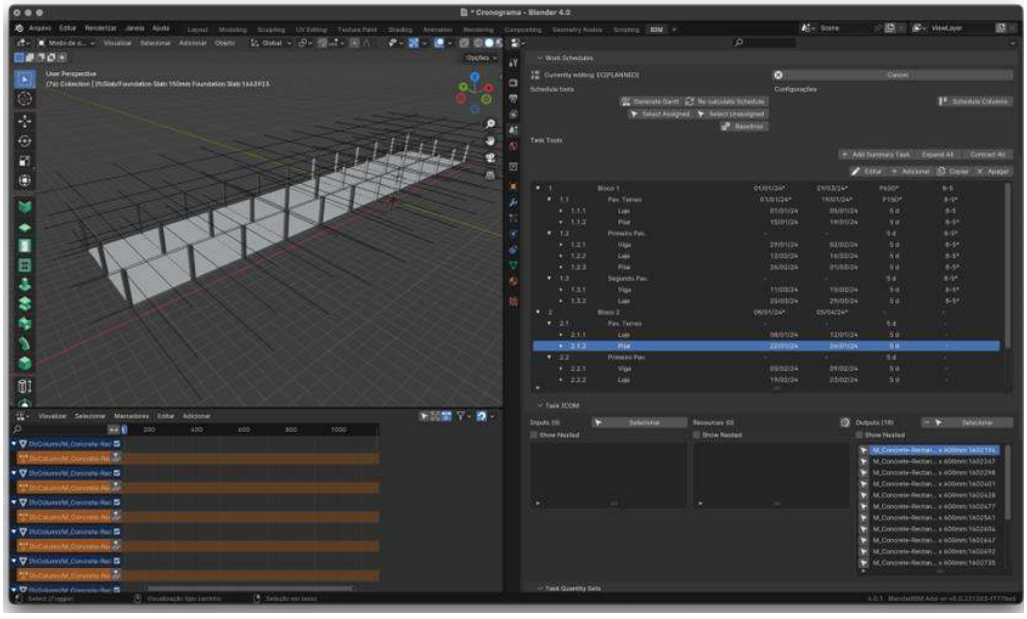
Fonte: Autores

O gráfico de Gantt só é possível se for importados as APIs ifcopenshell.api e Blender.BIM para o script. Estas bibliotecas permitem a criação do botão externo para exportação das tarefas em um formato html.

Na sequência, relacionou-se cada tarefa a um IfcStorey separado em 3 pavimentos (térreo, primeiro pavimento e segundo pavimento). Parte do código está resumida conforme segue:

```
for storey in storeys:
    task = add_task(model, f"Construct {storey.Name}", task, schedule)

    for product in get_decomposition(storey):
        run("sequence.assign_product", model, relating_product=product,
related_object=task)

run("sequence.cascade_schedule", model, task=start_task)
run("sequence.recalculate_schedule", model, work_schedule=schedule)
```

Figura 13 - Linha do tempo e estrutura analítica do projeto.



Fonte: Autores

Essencialmente, o código automatiza a criação de tarefas de construção para cada andar do edifício representado no arquivo IFC e associa os elementos construtivos correspondentes a essas tarefas no cronograma.

Assim como nos itens de secionamento de geometria, o Blender precisa assimilar uma geometria à uma entidade, esse modelo deve ser feito de forma manual selecionando cada elemento no modelo e configurando a tarefa que o corresponde. Ao final do processo, a tela deve seguir um esquema e linha do tempo semelhante à estrutura analítica de projeto apresentada na Figura 13.

CONCLUSÃO

A eficiência da modelagem e a interoperabilidade oferecidas pelo BIM facilitam a tomada de decisões informadas, fortalecem a colaboração entre equipes multidisciplinares e contribuem para a eficácia global dos projetos.

O desenvolvimento dos scripts apresentados neste trabalho para levantamentos quantitativos, estimativas de custos e planejamento com base em IFC, demonstra a importância da interoperabilidade do BIM, além de demonstrar os desafios práticos de programação e desenvolvimento de aplicações ao longo do ciclo de vida dos projetos. Destaca-se no atual cenário, o desenvolvimento da NBRISO16739-1 que institui o esquema de dados IFC para compartilhamento pelas indústrias da construção e da gestão de facilities, atualmente em uso na versão IFC 4.0. Além do contínuo desenvolvimento e recente aprovação pela buildingSmart International da versão 4.3 pela ISO 16739, que inclui entidades de elementos de infraestrutura.

Entretanto, enfrentar o desafio de desenvolver scripts para lidar com programação e IFC requer considerações específicas. A manipulação da informação por um arquivo IFC requer lógica de programação e conhecimento da semântica do mapeamento, baseado na versão do IFC. Dessa forma, a interoperabilidade no BIM, é baseada não apenas por uma troca de informações, e sim uma abrangente adesão a padrões e boas práticas de programação, obtenção de feedback contínuo dos usuários finais, criação de documentação clara, priorização da segurança dos dados e construção de scripts flexíveis e adaptáveis a diferentes cenários.

Por subsequência, outras etapas do ciclo de vida da construção poderão ser beneficiadas com a automação de atividades através do BIM, gerando cronogramas mais precisos na fase do gerenciamento de obras, garantindo um controle eficaz de entregas do ativo.

REFERÊNCIAS

[1] BADRA, Pedro; COZZA, Eric (coord.). **Orçamento de Obras em Tempos de BIM – Building Information Modeling**. 2018.

[2] SENA, Thiago Silva; FERREIRA, Emerson de Andrade Marques. **A aplicação da metodologia BIM para a compatibilização de projetos**. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2012.

[3] SHEIK, Noaman Akbar; VEELAERT, Peter; DERUYTER, Greet. **Exchanging Progress Information Using IFC-Based BIM for Automated Progress Monitoring**. Buildings, v. 13, n. 9, p. 2390, 2023.

[4] LEUSIN, Sergio R. **Gerenciamento e coordenação de projetos BIM: um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos.** Rio de Janeiro: Grupo GEN, 2018. E-book. ISBN 9788595153820. Disponível em: https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595153820/.

[5] SCHEER, S. et al. **On-site BIM model use to integrate 4D/5D activities and construction works: a case study on a Brazilian low income housing enterprise**. In: Computing in Civil and Building Engineering (2014). 2014. p. 455-462.

[6] BRASIL. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 3 abr. 2020.

[7] ISO 19.650-1: 2018 **Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including BIM — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles**, Geneva: ISO, 2018a.

[8] SANHUDO, L. P. N.; MARTINS, J. P. S. P.; ABRANTES, V.. **BIM na Avaliação da Sustentabilidade em Edifícios**. In: ELAGEC, 7. Anais. Bogotá, 2016.

[9] ANTUNES, Maria Luisa Ribeiro; FLORES, Denise Aurora Neves. **Modelo de sustentabilidade e análise energética (BIM 6D).** Building Information Modeling (BIM) Princípios e Tendências, p. 81.2023.

[10] PINHO, Sérgio M. F. de. **O modelo IFC como agente de interoperabilidade, Aplicação ao domínio das estruturas**, 2013. 155 f. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2012/2013. Acesso em: 22 jan. 2020.

[11] LATREILLE,D; SCHEER,S. **Análise de quantitativos provenientes de um modelo BIM para adequação ao processo orçamentário das empresas de construção civil.** Gestão e Tecnologia de Processos, São Carlos, v.16, n.1, p. 96-108, jan. 2021.

[12] ISO 16739:2013 – **Industry Foundation Classes (IFC) for Data Sharing in the Construction and Facility Management Industries**, Genebra, Suíça, 2013.

[13] ISO/IEC 33001: 2015 **Information technology - Process assessment - Concepts and terminology,** Geneva: ISO, 2015.