

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

PROJETO UNIFICADO DE BOLSAS/PUB 2022

RELATÓRIO PARCIAL

Criação de modelos BIM para projetos HIS, com vistas ao projeto
dos custos.

Orientador: Marcelo Eduardo Giacaglia

Bolsista: Paulo Tadashi Kitajima

SÃO PAULO/SP

2022

RESUMO

Os avanços tecnológicos da indústria nacional da AEC (Arquitetura, Engenharia e Construção Civil) possibilitam novas formas de documentação, compatibilização e gestão de projetos.

A partir de um projeto de habitação de interesse social, relevante, o "Conjunto Habitacional Zezinho Magalhães Prado", foi construído virtualmente um modelo arquitetônico didático de um dos edifícios em software autoral BIM, mas salvo em formato neutro, o IFC.

Tal modelo foi concebido para o uso em exercícios de Projeto dos Custos e como base para projetos de outras especialidades, nos cursos de Arquitetura e Urbanismo e de Engenharia Civil.

SUMÁRIO

| | | |
|------|---|----|
| 1. | INTRODUÇÃO | 4 |
| 2. | OBJETIVOS | 6 |
| 3. | METODOLOGIA | 7 |
| 4. | PESQUISA BIBLIOGRÁFICA | 8 |
| 4.1. | BIM - BUILDING INFORMATION MODELING | 8 |
| 4.2. | SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO | 10 |
| 5. | CONJUNTO HABITACIONAL ZEZINHO MAGALHÃES PRADO | 11 |
| 6. | CONSTRUÇÃO DO MODELO DA INFORMAÇÃO | 16 |
| 6.1. | FUNDAMENTOS E PRINCÍPIOS | 16 |
| 6.2. | MODELAGEM DO CECAP | 17 |
| 6.3. | MÓDULOS ASSOCIADOS | 18 |
| 6.4. | FORMAS DE CHECAGEM | 19 |
| 7. | RESULTADOS | 20 |
| 7.1 | MODELO | 20 |
| 7.2 | REVISÕES | 20 |
| 7.3 | EXERCÍCIOS DIDÁTICOS | 20 |
| 8. | CONSIDERAÇÕES FINAIS | 22 |
| 9. | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 23 |
| | APÊNDICE A | 26 |
| | APÊNDICE B | 32 |
| | APÊNDICE C | 35 |
| | ANEXO I | 39 |
| | ANEXO II | 46 |
| | ANEXO III | 50 |
| | ANEXO IV | 61 |

1. INTRODUÇÃO

A partir de novas demandas de eficiência nos processos e integração dentro da indústria da AEC - Arquitetura e Engenharia Civil, essa pesquisa visa estudar dentro de um grande campo de pesquisa a inserção do software BIM - Building Information Modeling, dentro do ambiente acadêmico e no ensino da arquitetura e urbanismo e engenharia civil, ao relacionar as múltiplas disciplinas que compõem o campo da AEC, em especial o projeto de custos.

A quantificação e qualidade dos dados dos espaços e elementos de construção extraídos de software autoral BIM, a partir de um projeto arquitetônico de habitação de interesse social, são exportados para a utilização em software de uso acadêmico gratuito, QTO (Quantity Take-Off) ainda em versão beta, pelo professor Marcelo E. Giacaglia, também orientador desta pesquisa, em que são traduzidos e interpretados, e então exportados em planilhas para serem analisados.

Nesse sentido, se faz necessário a compreensão de quais aspectos do processo de modelagem são relevantes para a extração correta e eficiente de quantitativos relacionados a elementos da construção e espaços.

Para o desenvolvimento da pesquisa, foi indicado para o estudo por docente da FAUUSP - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da USP, o importante projeto de habitação de interesse social modernista e da política pública habitacional dos arquitetos João Batista Vilanova Artigas (1915-1985), Paulo Mendes da Rocha (1928-2021) e Fábio Penteado (1929-2011), o "Conjunto Habitacional Zezinho Magalhães Prado" (1967-1973), posteriormente também conhecido como "Parque CECAP", bairro do município de Guarulhos, na RMSP - Região Metropolitana de São Paulo.

Este projeto de pesquisa foi desenvolvido no âmbito do projeto "A Modelagem da Informação da Construção (BIM) como suporte para a integração interdisciplinar e transdisciplinar no ensino de Arquitetura e da Engenharia Civil", do Edital 01/2021 – Laboratórios Didáticos da Pró-Reitoria de Graduação da Universidade de São Paulo, coordenado pelo Orientador.

Assim, esta pesquisa busca como produtos a produção de bases, material de apoio e exercícios que serão desenvolvidos dentro de disciplinas da FAUUSP e EP -

Escola Politécnica da USP, respectivamente, tratando da perspectiva orçamentária com inserção na disciplina AUT 0518 Projeto dos Custos, e PCC 5968 Captura, Análise e Visualização de Dados na Construção, que trata da inserção BIM dos sistemas complementares de instalações elétrica, hidráulica e de estruturas.

2. OBJETIVOS

Nesta pesquisa se objetiva o estudo da modelagem da informação e o desenvolvimento de exercícios didáticos de apoio para disciplinas da graduação.

A partir de um projeto de arquitetura de habitação de interesse social, que será construído virtualmente em software autoral BIM, serão extraídos dados quantitativos e qualitativos dos materiais de construção e ambientes do projeto que serão apresentados nos exercícios a serem propostos. Este é um dos objetivos subordinados ao principal.

O outro objetivo secundário, é o uso do modelo arquitetônico em formato neutro como referência para o projeto dos demais sistemas, o estrutural e as instalações.

3. METODOLOGIA

Inicialmente, com base na leitura de textos base indicados na proposta desta pesquisa e de demais bibliografias relacionadas busca-se apreender o aspecto teórico, lógica e processos da modelagem da informação, além do histórico da inserção do BIM dentro dos processos desta indústria, e a situação recente no cenário brasileiro com os avanços no desenvolvimento de normas técnicas e legislação.

Outra pesquisa com o mesmo tema, objetivo e orientação está sendo desenvolvida concomitantemente a esta, realizada pela estudante de graduação Sarah Barbosa, que estuda o projeto de habitação de interesse social Jd. Edite, especificamente a Torre 3, projetado pelo escritório MMBB e finalizado em 2010, e está localizado na região da Água Espraiada, próximo a ponte estaiada Otávio Frias.

Somado a isto, a primeira etapa se dedica a compreensão do desenvolvimento e metodologia de pesquisas anteriores. Sendo elas, a pesquisa pelo edital PUB 2019-20, chamada “Estudo de aplicabilidade de software BIM na prática e ensino da arquitetura no Brasil – Casa Olga Baeta – Projeto de Arquitetura – Graphisoft Archicad” (SALMAZO, 2020). Além disso, há uma pesquisa desta série, do edital PUB 2020-2021, intitulada “Estudo de aplicabilidade de software BIM na prática e ensino da arquitetura no Brasil – Casa Millan – Projeto de Arquitetura – Graphisoft Archicad”. E paralelamente, outra, na modalidade IC sem Bolsa, edital 2020, intitulada “Estudo de aplicabilidade de software BIM na prática e ensino da arquitetura no Brasil – Casa Olga Baeta – Projeto de Arquitetura – Autodesk Revit”.

Para a integração com a disciplina AUT0518 - Projeto dos custos, entretanto, foi revisto o método inicial, para que pudesse contemplar as novas necessidades do programa da disciplina, cujo objeto de estudo se orienta ao projeto de habitação de interesse social.

Posteriormente, com o software autoral BIM de preferência a ser estudado definido, se inicia uma etapa de aprendizagem do funcionamento do software, desde os comandos básicos de desenho e modelagem, até a interface e seus pormenores de utilização.

Na etapa seguinte, é modelado dentro da plataforma BIM o projeto escolhido para que seja feita a primeira emissão de arquivo .ifc para ser interpretado e traduzido pelo software de quantitativos, que foi desenvolvido especificamente para auxiliar na verificação da informação agregada ao modelo e a extração de quantitativos básicos (comprimentos, áreas e volumes) a partir dela em planilhas de dados, a serem revisadas pelo orientador.

Com o modelo revisado em etapa de desenvolvimento mais avançada, os exercícios são elaborados em conjunto pelos professores das disciplinas envolvidas e então aplicados, cujos resultados serão também analisados.

4. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

4.1. BIM - Building Information Modeling

Charles M. Eastman, professor do Instituto de Tecnologia da Georgia, em conjunto de uma equipe de estudiosos criou o conceito de BDS - Building Description System, em 1974, um sistema computacional de descrição da construção para auxiliar na elaboração do projeto, construção e operação (EASTMAN et al. 1974). Neste conceito já estava expresso o eminente processo de digitalização da construção e documentação que se daria nas décadas seguintes em substituição ao desenho no papel.

No artigo "Modelling Multiple Views on Buildings" (NEDERVEEN et al. 1992), é citado o termo BIM pela primeira vez, trata sobre as múltiplas visões do modelo da construção, a partir do papel dos diversos agentes envolvidos na AEC e suas decisões apoiadas e estruturadas em um modelo virtual computacional. Ocorre, então, a mudança de uma visão particular de cada projeto para um tratamento integrado projetual dos aspectos e informações da construção.

Em um artigo publicado no Brasil pela revista acadêmica GRAF&TEC da UFSC, "CAD in architecture: the story so far" (LAWSON, 1999), o autor aborda o desenvolvimento do software Gable CAD, precursor da aplicação BIM desenvolvido na Universidade de Sheffield, no início da década de 1980, que exigia um grande processamento de dados e tendo em vista as limitações tecnológicas da época seu uso era restrito a computadores de grande porte. Nos anos seguintes, durante a

década 90 houveram tentativas não sucedidas de transportar o software para os microcomputadores.

Em um artigo mais recente, "Building Information Modeling: Why? What? How?: Technology Foundations and Industry Practice" (BORNMANN et al, 2018) é tratado como o desenho técnico 2D é limitante, sob a ótica atual, e não contempla os avanços da digitalização recente da cadeia produtiva como um todo, ao permitir ainda erros de interpretação, inconsistências e ambiguidades, que só podem ser antecipados via verificação manual minuciosa de todos os agentes envolvidos.

O BIM permite utilizar extensivamente as tecnologias digitais para auxiliar o projeto, construção e operação do edifício. Ao invés das informações serem armazenadas em desenhos técnicos, são modeladas em software, e podem ser reutilizadas ao longo do processo, porque foram definidas virtualmente e armazenam suas especificações entre os agentes.

O gerenciamento e coordenação do projeto se beneficia do BIM, do ponto de vista da eficiência e da qualidade ao centralizar as informações e dados do projeto em um modelo, cujo processo substitui a troca constante de informações novas e revisadas a serem incorporadas manualmente entre as diversas partes (BORNMANN et al, 2008).

A interoperabilidade pode ocorrer essencialmente de três formas. O uso de uma plataforma de software única, com seus formatos proprietários. Pela tradução entre formatos proprietários, com softwares especificamente desenvolvidos para isso. Ou, a pela comunicação dos modelos com o uso de um formato neutro.

Desta forma, a troca entre os diversos projetistas BIM se dá através de arquivo de plataforma livre O IFC - Industry Foundation Classes, é um esquema de dados dedicado a descrever dados da arquitetura, obra e construção. Em alguns países do mundo é o arquivo exigido pelos departamentos de obras para licitação de projetos públicos, o mesmo já ocorre no Brasil, ainda em etapa de implementação das bases legais e normativas.

Segundo Giacaglia (2005), a interoperabilidade é a capacidade de um sistema utilizar componentes de um outro sistema. O processo de projeto depende de um processo multidisciplinar e colaborativo sendo que a eficiência deste processo está na interoperabilidade entre as diversas partes.

4.2. SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO

Para organizar e gerenciar as informações abastecidas no modelo BIM são necessárias classificações para os elementos e espaços da construção. Para tanto é exigido um sistema de classificação normalizado de forma a unificar os parâmetros de troca de informações. Nos Estados Unidos é utilizado o OmniClass, e no Reino Unido, o Uniclass.

A norma brasileira de classificação dos elementos da construção, a NBR 15965 publicada recentemente em 2022, foi utilizada em sua versão mais atual ao longo desta pesquisa. A NBR 15965 espelha a estrutura da estadunidense OmniClass (OCCS, 2006), ambas criadas com base na Norma ISO 12006-2:2001, esta revisada em 2015 e publicada em versão Nacional em 2018 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018).

Na tese de mestrado, "Classificação da informação da construção em BIM: panorama e normalização." (OLIVEIRA, 2020), é sintetizado as partes, grupos e classes que compõem a norma brasileira:

I. A Parte 1 - Terminologia e classificação, foi publicada em 2011;

II. A Parte 2, contém o grupo - Características dos objetos da construção, foi publicada em 2012 e apresenta as seguintes classificações:

- 0M - Materiais da construção
- 0P-Propriedades da construção

III. A Parte 3, contém o Grupo 1 - Processos da construção, foi publicada em 2013 e apresenta as seguintes classificações:

- 1F - Fases da construção
- 1S - Serviços da construção
- 1D - Disciplinas da construção

IV. Parte 4, não publicada, contém o grupo 2 - Recursos da construção, apresenta as seguintes classificações:

- 2N - Funções da construção
- 20 - Equipamentos da construção

- 2C - Produtos da construção

V. A Parte 5, não publicada, contém o grupo 3, referente aos resultados da construção, e apresenta as seguintes classificações:

- 3E - Elementos da construção

- 3R - Resultados de serviços da construção

VI. A Parte 6, não publicada, contém o grupo 4, referente às unidades e espaços da construção, e contém as tabelas:

- 40 - Unidades da construção

- 4A - Espaços da construção

VII. A Parte 7, publicada em 2015, contém o Grupo 5, referente às informações da construção, e contém a tabela:

- 5I - Informações da construção"

5. CONJUNTO HABITACIONAL ZEZINHO MAGALHÃES PRADO (1957-1973)

O projeto de habitação de interesse social escolhido para ser modelado nesta pesquisa foi o Conjunto Habitacional Zezinho Magalhães Prado (1957-1973), conhecido como Parque CECAP, é hoje um bairro do município de Guarulhos, que integra a RMSP. Importante projeto de habitação de interesse social modernista e da política pública habitacional dos arquitetos João Batista Vilanova Artigas (1915-1985), Paulo Mendes da Rocha (1928-2021) e Fábio Penteado (1929-2011). Está localizado entre o aeroporto internacional de Guarulhos e a Rodovia Presidente Dutra.

O programa que organizou e entregou as unidades foi o CECAP - Caixa Estadual de Casas para o Povo, e devido a isto o empreendimento social tornou-se conhecido pelo nome do programa habitacional. O conjunto habitacional é composto por 62 blocos residenciais, cada um destes é formado por dois blocos de três andares interligados por uma torre central de circulação, organizados em dez condomínios que têm os nomes de estados brasileiros.



Imagem 1. Vista aérea do Parque Cecap em construção.
Arquivo histórico municipal de Guarulhos, 1970.

No total o CECAP tem 3.720 unidades habitacionais de 64m², cujo diferencial é a planta livre que se adapta às necessidades dos moradores, que podem mudar a configuração interna da unidade. No térreo dos blocos residenciais foi previsto o vão livre para permitir a permeabilidade visual e de circulação, no entanto, o uso do espaço atual pelos moradores é como estacionamento.

A conclusão das obras se deu apenas em 1980, no entanto os primeiros moradores chegaram em 1973, ainda incompleta, e sem acesso a infraestrutura básica, como iluminação, comércio e transporte público, asfalto, lazer e comércio.

Em um artigo da revista AU - Arquitetura e Urbanismo, "Cecap Zezinho Magalhães Prado: Um detalhe" (CARRANZA, et al. 2015) descrevem o contexto político do período em que o projeto habitacional modernista foi concebido:

"O projeto de 1967 sintetizou conceitos de funcionalidade, racionalidade e ideais sociais democráticos que moveram arquitetos e urbanistas modernos. Sintonizado com o ideário nacional-popular, motor da cena cultural dos anos de 1960, no sentido de suprir carências do povo por uma habitação digna na qual o usuário não seria entendido de forma abstrata, frente à nova política do setor habitacional de cunho tecnocrático e tendência à massificação. O projeto foi financiado pelo BNH, instituição criada para equacionar um déficit de 8 milhões de habitações. A década foi marcada por grandes discussões sobre os rumos da construção civil brasileira, pois havia um impasse político-ideológico entre a industrialização dos processos e a manutenção do sistema construtivo convencional

que garantiria emprego à uma mão-de-obra desqualificada migrante do meio rural ao urbano."

No artigo publicado no portal de arquitetura Vitruvius, "Habitações coletivas verticais de Paulo Mendes da Rocha (1962 a 2004)" (ÁVILA et al. 2016), as autoras agregam dados e informações relevantes sobre o projeto. Na fase inicial o projeto contemplava 10.000 unidades habitacionais para atender 55.000 moradores, e uma rede de equipamentos urbanos dentro da área. Ressaltam, no entanto, que o projeto executado tem diferenças significativas do originalmente publicado em revistas, sendo o número de unidades construídas menos da metade da previsão, e alterações no emprego de técnicas e materiais, além de dimensões do projeto.

O bloco das unidades habitacionais é composto por duas lâminas paralelas interligadas por blocos de escadas externas, separados por área verde, jardins e praças. Em cada bloco habitacional, o edifício é apoiado por pilotis no térreo com mais três pavimentos residenciais, dez unidades por pavimento, totalizando 30 unidades por bloco. Destaca-se a racionalização e flexibilidade espacial da planta e o detalhamento inclusive de mobiliários pré-fabricados.



Imagem 2. Foto atual do CECAP.

Ficha Técnica

Conjunto Habitacional Zezinho Magalhães Prado

Projeto: *João Batista Vilanova Artigas, Fábio Penteado e Paulo Mendes da Rocha*

Arquitetos colaboradores do escritório técnico CECAP: *Arnaldo Martino, Geraldo Vespasiano Puntoni, Giselda Viscondi, Renato Nunes e Ruy Gama.*

Concepção cromática das fachadas: *Fábio Penteado e Maria Giselda Viscondi*

Coordenação dos projetos de implantação: *Stipan Milicic*

Gerenciamento geral das obras: *L.A. Falcão Bauer e Alfredo Paesani*

Projeto estrutural: *J.C. de Figueiredo Ferraz*

Proprietário: *Caixa Estadual de Casas para o Povo – Cecap*

Financiamento: *Banco Nacional da Habitação – BNH*

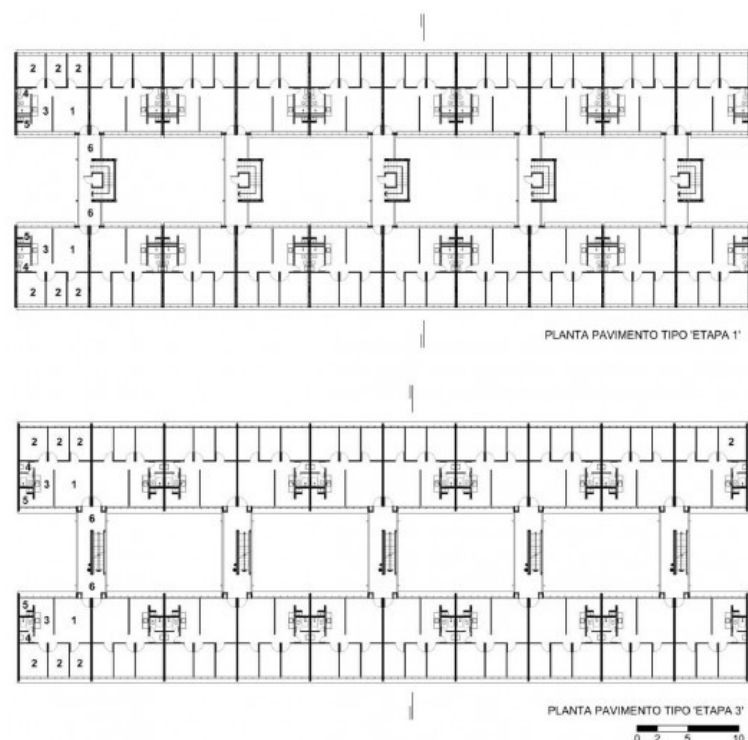


Imagem 3. Conjunto Zezinho Prado, plantas pavimento tipo, etapa 1ª e 3ª.

AVILA, Débora Saldanha de. *Habitações Coletivas Verticais de Paulo Mendes da Rocha.* 2016

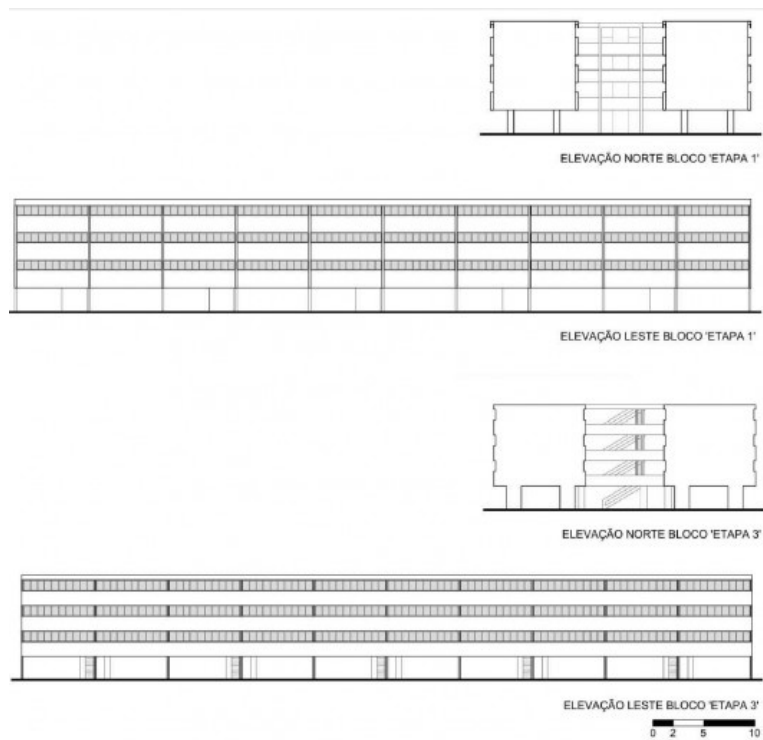


Imagem 4. Conjunto Zezinho Prado, elevações norte e leste, etapa 1^a e 3^a.

AVILA, Débora Saldanha de. Habitações Coletivas Verticais de Paulo Mendes da Rocha. 2016

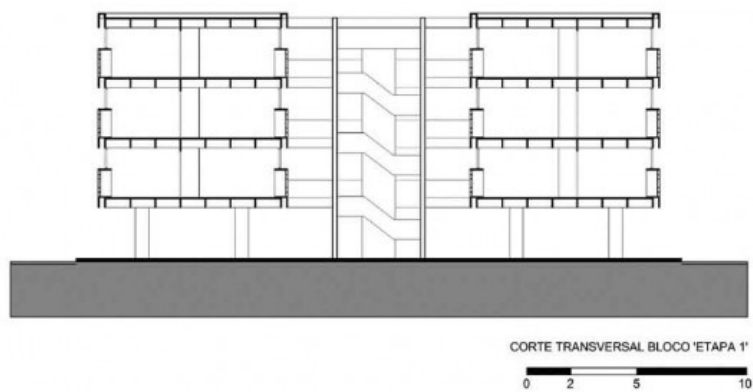


Imagem 5. Conjunto Zezinho Prado, plantas pavimento tipo, etapa 1^a e 3^a.

AVILA, Débora Saldanha de. Habitações Coletivas Verticais de Paulo Mendes da Rocha. 2016

6. CONSTRUÇÃO DO MODELO DA INFORMAÇÃO

6.1. FUNDAMENTOS E PRINCÍPIOS

Após a etapa de pesquisa bibliográfica, a pesquisa avançou no aprendizado de software BIM autoral, o Archicad da empresa húngara Graphisoft, para a construção do modelo do projeto a ser estudado.

Na plataforma BIM, a princípio e em síntese, é feita a definição dos parâmetros básicos de projeto, definição do norte, níveis do projeto, eixos, e em seguida a inserção dos elementos de construção e espaços em planta ou em ambiente 3D. Após introduzir os elementos básicos da modelagem, são incorporados os elementos de abertura e circulação vertical.

Cabe ressaltar que o desenvolvimento do modelo BIM não é um processo exatamente linear, porque envolve o detalhamento progressivo do modelo ao longo do processo, como a classificação dos elementos, ordenação dos identificadores e no caso, o desenvolvimento de módulos associados para a reprodução seriada das unidades de forma síncrona e, em certa medida, automática, em busca da redução dos inputs variados para uma mesma modelagem de elemento ou espaço.

6.2. MODELAGEM DO CECAP

No caso do conjunto habitacional estudado, o processo de modelagem se baseou nos arquivos fornecidos pelo orientador com base nas plantas e cortes redesenhados em formato .DWG, que agregam os dados básicos para o início da modelagem dentro do software BIM autoral.

Inicialmente, no pavimento térreo foram inseridos os pilares do piloti no eixo da estrutura do projeto, bem como as vigas que foram identificadas pelo corte fornecido. No pavimento tipo, foram modeladas a laje e as paredes externas das unidades, do hall de acesso e bloco de circulação vertical, em seguida foram modeladas as divisórias internas das unidades, dos quartos, lavanderia e cozinha.

Então, na etapa seguinte, foram inseridas as aberturas do projeto, portas de giro comum, no hall e nos quartos e banheiro. Cada unidade possui duas janelas em fita, uma nos quartos e a outra na sala. (ver Apêndice A)

Nesse primeiro momento foi desenhado as quatro unidades por pavimento, que posteriormente foram absorvidas e replicadas pelos módulos associados, bem como o bloco de circulação vertical. (ver Apêndice B)

Junto a construção dos módulos, foram inseridos os espaços da construção, bem como sua classificação de acordo com a NBR 15965, através da ferramenta zona, que apresenta um uso ambíguo ao delimitar espaços como zonas, e setorização como ambientes. Também foram classificados os elementos da construção de acordo com a NBR 15965.

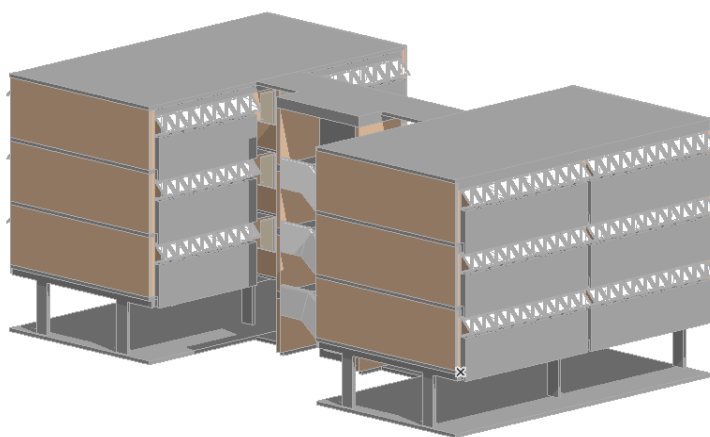


Imagem 6. Conjunto Zezinho Prado, perspectiva axonométrica do modelo BIM.

Autoria própria. 2022.

6.3. MÓDULOS ASSOCIADOS

No software autoral BIM, Archicad existe a possibilidade de replicação de um módulo definido por um grupo de elementos que se repetem pelo projeto. Este módulo pode ser editado e as alterações são feitas em todos os módulos associados a esta origem. Assim, para projetos cujos os espaços se repetem é possível automatizar e referenciar a uma modelagem "mãe".

O método utilizado para o uso dos módulos associados foi do tipo "Iceberg" em que são modelados em pavimentos não relevantes (abaixo dos níveis do projeto) o módulo "mãe" para então ser referenciado no pavimento correto.

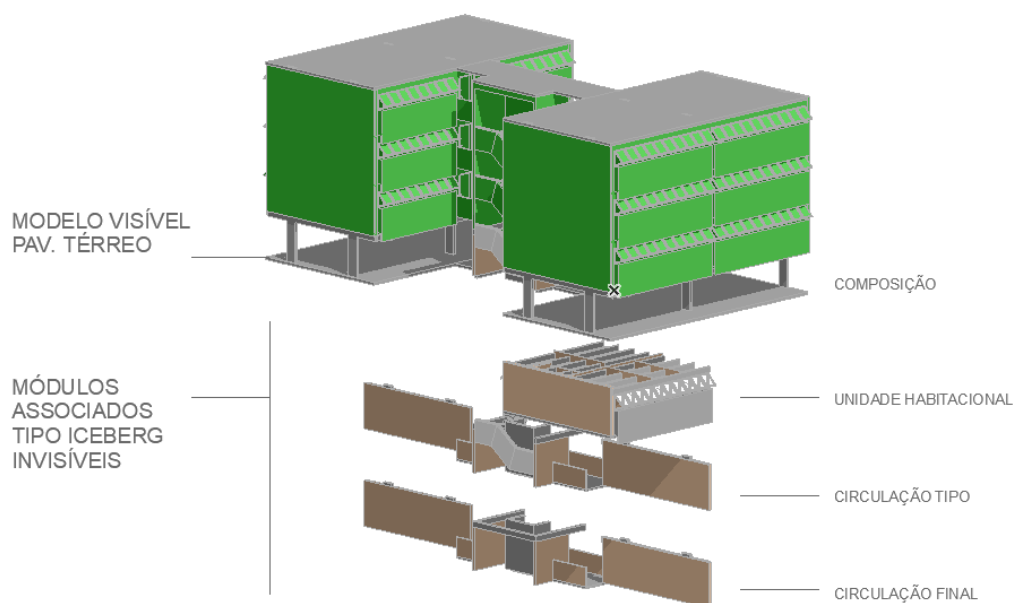


Imagem 7. Conjunto Zezinho Prado, perspectiva axonométrica do modelo BIM.

Em destaque na cor verde: módulos associados.

Autoria própria. 2022.

No entanto, foi verificado inicialmente que para utilização dos módulos poderiam decorrer problemas que afetariam na etapa seguinte de leitura dos dados pelo software de extração de quantitativos, que é a possibilidade de repetição de ID dos elementos da construção.

Para lidar com essa ambiguidade foram atribuídos ID sequenciais para cada tipo de elemento, e quando estiverem aplicados em um módulo associado, ou unidade habitacional, também recebem o sufixo de qual apartamento pertence aquele elemento, sendo possível alcançar a distinção necessária. (ver Apêndice C)

6.4. FORMAS DE CHECAGEM

A fim de auxiliar no processo de classificação do modelo, foi desenvolvido ao longo da pesquisa uma forma de checar graficamente através de filtros de "Sobreposição Gráfica", quais elementos ainda não foram classificados, ou quais elementos possuem a mesma classificação, ou também, quais estão com ID de elementos repetidos.

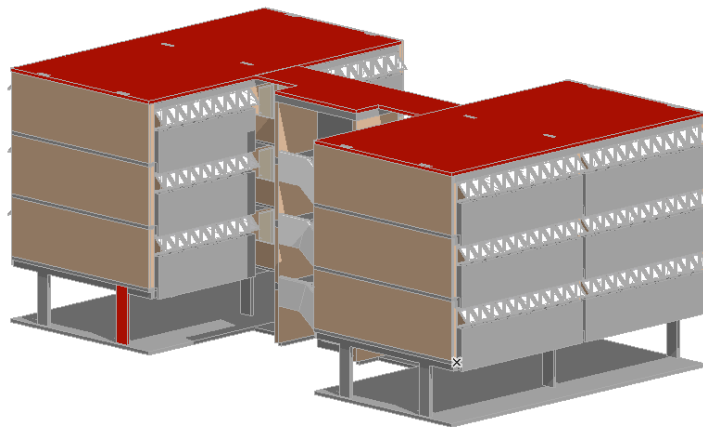


Imagem 8. Exemplo de utilização da sobreposição gráfica como forma de checagem de classificação.
Em destaque na cor vermelha: elementos não classificados.

Autoria própria. 2022.

É possível criar esses filtros nativamente no Archicad a partir de critérios e classificações que forem aplicados aos elementos, a partir de uma demanda delimitada por critérios incorporados nesse filtro. (ver Apêndice B)

Outra abordagem para a checagem é a criação de tabelas que utilizam os mesmo critérios para a "Sobreposição Gráfica", em que é possível elencar os elementos que apresentam problemas, no entanto fica restrito a visualização dos dados a uma tabela, em oposição a uma verificação gráfica em ambiente 2D e 3D.

7. RESULTADOS

7.1 PROCESSO

Para a modelagem inicial o orientador desta pesquisa obteve acesso aos desenhos através da Biblioteca da FAUUSP, e após digitalizá-los, em plataforma CAD desenhos na proporção e escala os desenhos no papel no meio digital, que serviram como base para a modelagem na plataforma BIM. Cabe salientar que o desenho utilizado é referente à etapa inicial do projeto, anterior às alterações executivas.

Foi decidido que para os fins didáticos dos exercícios seriam modeladas apenas parte de um bloco residencial, que compõem um núcleo de circulação vertical que dá acesso a quatro unidades habitacionais por pavimento.

7.2 REVISÕES

Os arquivos em formato neutro foram exportados em duas versões, o IFC2x3 e o IFC4, cujos parâmetros foram ajustados para a interpretação dentro do software QTO. A cada término de etapa, foi enviado ao orientador as duas versões de arquivo .ifc, com as correções de modelo e classificação apontadas em emissão anterior enviada para avaliação e interpretação.

Erros comuns ao longo do processo foram: a imprecisão de medidas de aberturas e elementos da construção, ausência de associação de elemento a um pavimento, classificação errônea dos elementos e espaços, elementos sem dimensão (comprimento, altura, perímetro) e modelagem com ferramenta não apropriada.

7.3 EXERCÍCIOS DIDÁTICOS

Foram desenvolvidos dois exercícios para a AUT 0518 Projeto de Custos, o primeiro foi dividido em três partes e poderia ter duas bases para aplicação, o CECAP Guarulhos ou a Torre 3 do Jardim Edite, em São Paulo. Entretanto, o

modelo do CECAP não foi utilizado neste exercício, porque os professores da disciplina optaram por usar apenas o modelo BIM do Jd. Edite.

A primeira parte diz respeito ao cálculo de indicadores de projeto, são explicados de forma sucinta e então é pedido para que sejam calculados com base nas planilhas geradas pelo QTO apoiado na visualização do modelo IFC em software visualizador gratuito, são trabalhados os indicadores de área privativa média, área "de vassoura" privativa, eficiência do projeto (%), área de circulação, densidade de paredes e compacidade. (ver Anexo I e II)

Na segunda parte, é feito um questionário com os estudantes para coleta de informação sobre o perfil de cada um, e a utilização de softwares dentro do processo de extração de dados e indicadores.

Na etapa seguinte, também foi aplicado um questionário que avalia a eficiência dos estudantes ao se apropriarem do método oferecido em comparação ao método convencional.

No segundo exercício proposto para a disciplina, há uma abordagem sistêmica da base de dados da SINAPI para estimativa dos custos da obra e utilização do modelo em formato neutro. Nesse exercício é descrito como são feitos os cálculos de forma semi-manual, haja vista ser necessário operar uma tabela externa que agregue os dados da SINAPI e dos elementos da construção relevantes para os cálculos de custo. Ressalta-se no exercício que poderia ser mais eficiente com a especificação dentro da plataforma BIM do código SINAPI atrelado a cada elemento. No entanto, este segundo exercício teve como base apenas a Torre 3 do Jardim Edite, em São Paulo, mas que poderia ser revisado para aplicação no modelo BIM do CECAP Guarulhos. (ver Anexo III)

Por decisão do Orientador, nos termos do proposto no Projeto maior, citado na Introdução deste trabalho, na disciplina da pós-graduação da Escola Politécnica de Engenharia Civil, a PCC 5968 Captura, Análise e Visualização de Dados na Construção, que aborda sistemas de instalações, o modelo do Conjunto Habitacional Zezinho Magalhães Prado foi a base do exercício aplicado, que pedia aos estudantes para projetar e modelar os sistemas de elétrica, hidráulica, gás e incêndio, nesses casos foi utilizado o software BIM autoral Revit, da empresa Autodesk, e para o projeto de estruturas, o software TQS. Verifica-se, dessa forma, a aplicação e uso do formato neutro para a interoperabilidade entre softwares proprietários. (ver Anexo IV)

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em suma, a inserção do BIM como ferramenta no processo de ensino no ambiente acadêmico apresenta desafios, devido a certa complexidade e lógica estruturante atrelada aos processos de modelagem e operação dos softwares utilizados.

Nesse sentido, o presente trabalho constrói pontes necessárias para a inserção gradual dessa discussão nas disciplinas e nos debates dentro de sala de aula, para além das disciplinas de computação gráfica e representação, tendo em vista o crescente uso e apropriação dos softwares pela indústria da AEC em suas multitudes. No caso, o uso para orçamentação com base em bases de dados para fins de orçamentação, e também, na integração dos sistemas complementares MEP (Mechanical, Engineering and Plumbing), processo essencial na compatibilização de projetos.

O redesenho de projetos relevantes em plataforma BIM, como o Conjunto Habitacional Zezinho Magalhães Prado, permite o entendimento da importância da racionalização dos processos industriais do canteiro de obras, e provoca questionamentos sobre como o desenvolvimento de projetos deve contemplar também a busca pela eficiência e precisão que as ferramentas dos dias atuais tem a oferecer, ao combater o retrabalho e as checagens manuais, naturalmente suscetíveis a erros.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

OLIVEIRA, Giovana Martin Giozet. Classificação da informação da construção em BIM: panorama e normalização. 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, University of São Paulo, São Paulo, 2020. doi:10.11606/D.16.2020.tde-09042021-113145. Acesso em: 2022-08-29.

CARRANZA, Edite. CARRANZA, Ricardo. Cecap: detalhe 1:1. Revista AU, n. 252, 2015.

LAWSON, Bryan. Cad na arquitetura: A história até agora. Graf&Tec, n. 6, p. 31-59, 1999.

OCCS DEVELOPMENT COMMITTEE. OmniClass - A Strategy for Classifying the Built Environment. Introduction and User's Guide. 2006. Disponível em: <<http://docplayer.net/29050544-Omniclass-introduction-and-user-s-guide-a-strategy-for-classifying-the-built-environment-edition-1-0-release.html>>. Acesso em: 29 de agosto de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 12006-2: construção de edificação: organização de informação da construção: parte 2: estrutura para classificação de informação. Rio de Janeiro, 2018.

ÁVILA, Débora Saldanha de; CANEZ, Anna Paula. Habitações coletivas verticais de Paulo Mendes da Rocha (1962 a 2004). Arqtextos, São Paulo, ano 17, n. 194.05, Vitruvius, jul. 2016 <<https://vitruvius.com.br/revistas/read/arqtextos/17.194/6127>>.

ABNT. NBR-6492 – Documentação técnica para projetos arquitetônicos e urbanísticos -requisitos. Rio de Janeiro, 2021. 40p. (substitui a versão anterior de 1994).

ABNT. NBR 15965 - Sistema de classificação da informação da construção - Parte 1: Terminologia e estrutura. Rio de Janeiro, 2011. 6p.

ABNT. NBR 15965 - Sistema de classificação da informação da construção - Parte 2: Características dos objetos da construção. Rio de Janeiro, 2012. 36p.

ABNT. NBR 15965 - Sistema de classificação da informação da construção - Parte 3: Processos da construção. Rio de Janeiro, 2014. 19p.

ABNT. NBR 15965 - Sistema de classificação da informação da construção - Parte 7: Informação da construção. Rio de Janeiro, 2015. 24p.

ABNT. NBR 15965 - Sistema de classificação da informação da construção - Parte 4: Recursos da Construção. Rio de Janeiro, 2022a. 222p.

ABNT. NBR 15965 - Sistema de classificação da informação da construção - Parte 5: Resultados da construção. Rio de Janeiro, 2022b. 42p.

ABNT. NBR 15965 - Sistema de classificação da informação da construção - Parte 6: Unidades e espaços da construção. Rio de Janeiro, 2022c. 88p.

ABNT. Projeto ABNT NBR 16636-1. Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos – Parte 1: Diretrizes e terminologia. Rio de Janeiro, 2017a. 22p (substitui as anteriores NBR 13531/1995 e NBR 13532/1995).

ABNT. Projeto ABNT NBR 16636-2. Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos – Parte 2: Projeto arquitetônico. Rio de Janeiro, 2017b. 22p (substitui as anteriores NBR 15531/1995 e NBR 15532/1995).

ANDERY, P. R. P.; MOTTA, S. R. F.; RUSCHEL, R. C.; VEIGA, A. C. N. R. Building Information Modeling para projetistas. In: FABRICIO, M. M.; ORNSTEIN, S. W. Qualidade no Projeto de Edifícios. São Carlos: RiMa Editora, 2010. p.137-162.

BUILDINGSMART. [Página Web]. Disponível em: (s/d). Acesso em: 18 de maio de 2019. CESAR, G. A. N. Estudo da aplicabilidade de CAD paramétricos na prática e ensino da arquitetura no Brasil - o programa Revit Architecture como Cad Paramétrico (Relatório Final de Pesquisa – PIC 2011), São Paulo: FUPAM, 2012. (orientador: Marcelo Eduardo Giacaglia).

CORREIA, L. D. Estudo de aplicabilidade de software BIM na prática e ensino da arquitetura no Brasil – Casa Millan – Projeto de Arquitetura – Graphisoft Archicad (Relatório Final de Pesquisa PUB), São Paulo: Pró-Reitoria de Pesquisa, 2012. (orientador: Marcelo Eduardo Giacaglia). 2021.

DE SANTANA, J. V. Estudo de aplicabilidade de software BIM na prática e ensino da arquitetura no Brasil – Casa Olga Baeta – Projeto de Arquitetura – Autodesk Revit (Relatório Final de Pesquisa – IC sem Bolsa CNPq 2020). São Paulo: CNPq, 2021. (orientador: Marcelo Eduardo Giacaglia).

EASTMAN, C. M.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. BIM handbook : a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors – 2nd ed. Hoboken, NJ, John Wiley & Sons, 2011. FRACALOSSO, I. Clássicos da arquitetura: segunda residência do arquiteto Vilanova Artigas. 2014.

Disponível em:

<<http://www.archdaily.com.br/br/01-172411/classicos-da-arquiteturasegunda-residencia-do-arquiteto-vilanova-artigas>>.

GSA. GSA BIM guide series. Washington, D.C.: U.S. General Services Administration, 2007. Disponível em: < <http://www.gsa.gov/portal/content/105075>>.

Acesso em 10 de abril de 2015. MORAES, F. I. Estudo da aplicabilidade de um sistema CAD paramétrico na prática e no ensino de projeto no Brasil - Bentley Architecture (Relatório Final de Pesquisa – PIC 2010), São Paulo: CNPq, 2011. (orientador: Marcelo Eduardo Giacaglia).

MOURA, N.C.S.; GIACAGLIA, M.E. Learning, teaching, researching and applying: a way into the theoretical and practical BIM framework. In: 2nd BIM International Conference - Challenges to Overcome. Lisboa, 9-10 outubro 2014. Proceedings... Lisboa: BIM Forum Portugal, 2015. p.120-122. NBS - National Building Specification. Uniclass – Unified construction classification [Página Web]. 2015. Disponível em: <https://www.thenbs.com/our-tools/uniclass#classificationtables>. Acesso em 3 de junho de 2022.

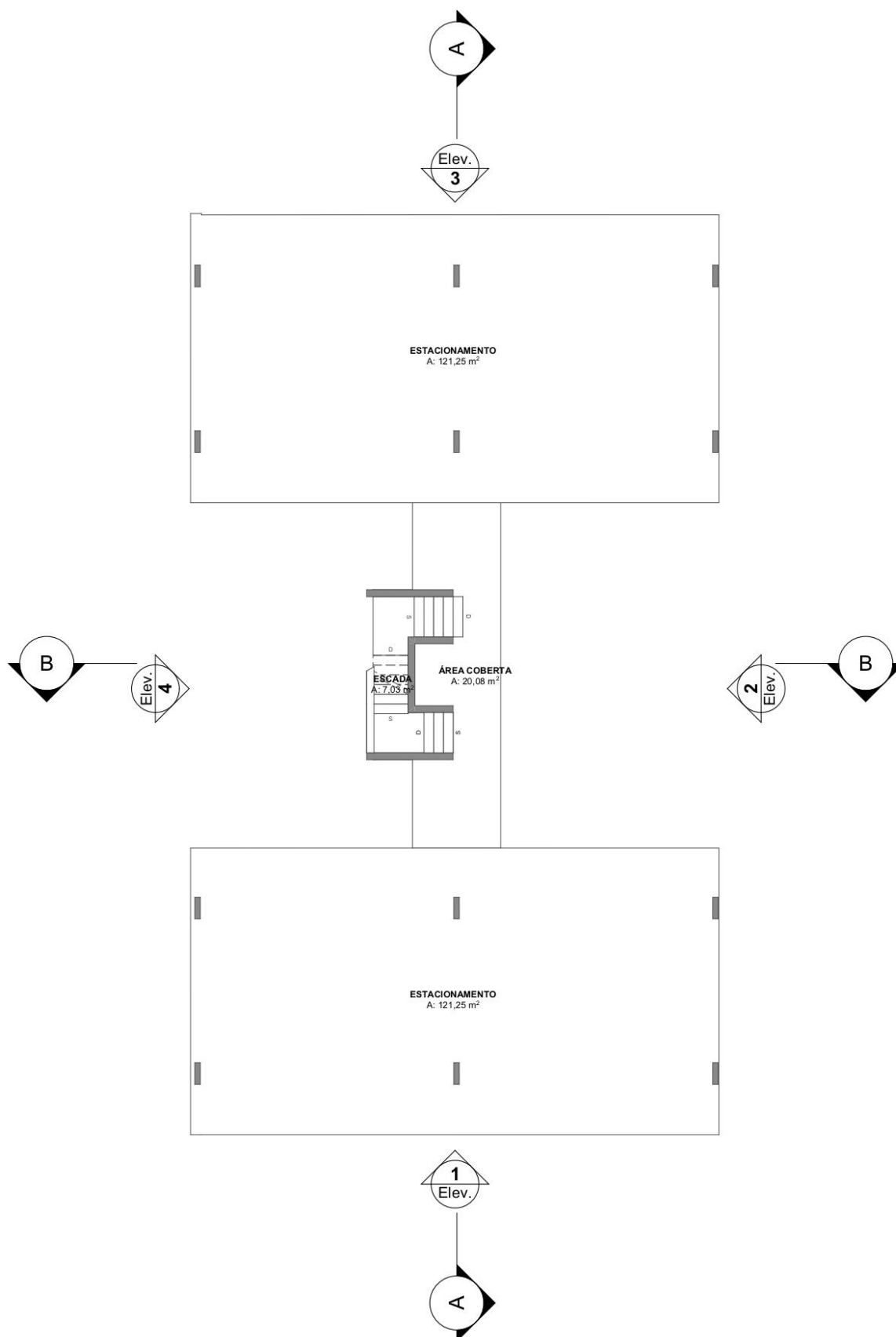
PAZIAN, L. J. Estudo de aplicabilidade de um CAD paramétrico na prática e ensino da arquitetura no Brasil – Graphisoft Archicad (Relatório Final de Pesquisa – PIC 2011), São Paulo: Pró-Reitoria de Pesquisa, 2012. (orientador: Marcelo Eduardo Giacaglia).

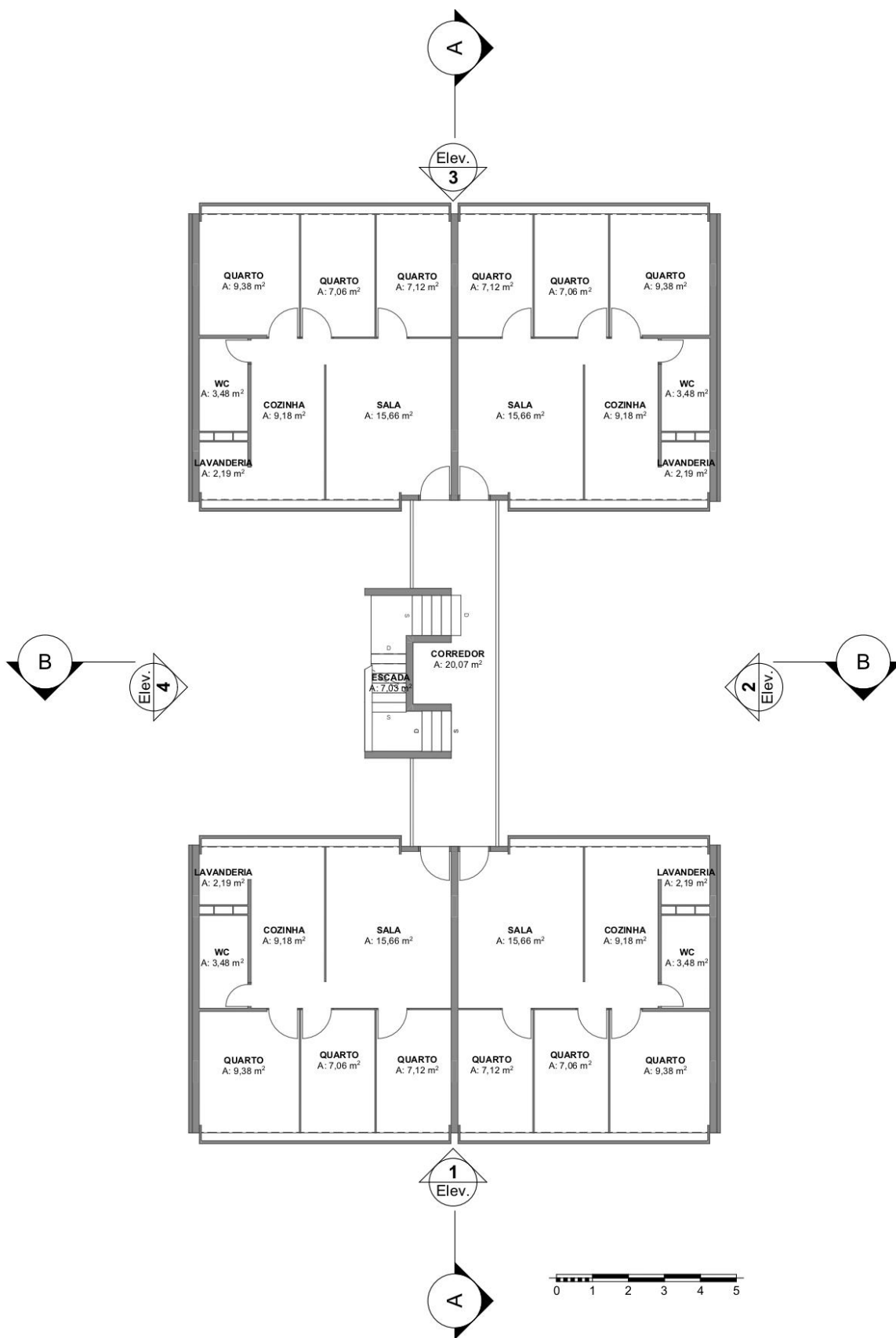
SALMAZO, V. C. Estudo de aplicabilidade de software BIM na prática e ensino da arquitetura no Brasil – Casa Olga Baeta – Projeto de Arquitetura – Graphisoft Archicad (Relatório Final de Pesquisa – PUB 2019-20). São Paulo: Pró-Reitoria de Pesquisa, 2020. (orientador: Marcelo Eduardo Giacaglia).

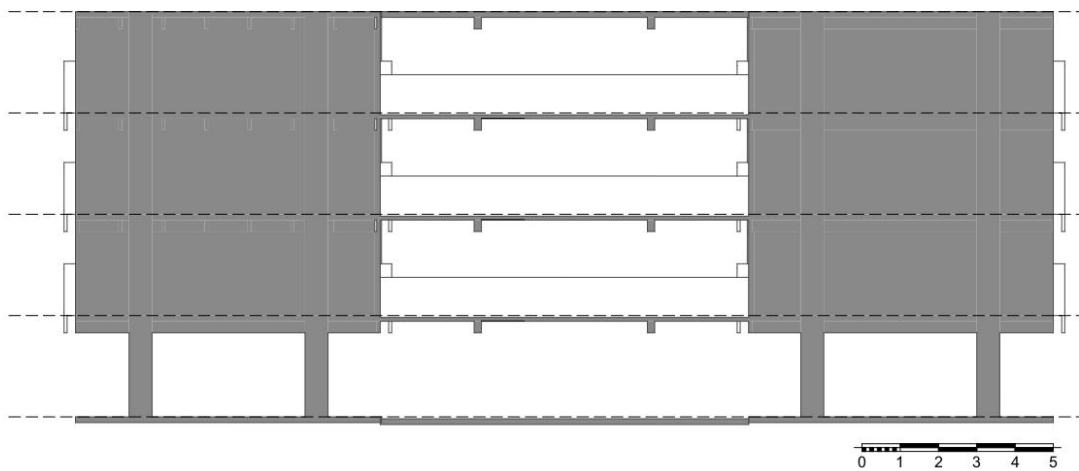
SUCCAR, B. Building information modeling framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders. Automation in Construction, v. 18, 2009. p.357–375.

VIANA, G. P. Estudo de aplicabilidade de software BIM na prática e ensino da arquitetura no brasil – Graphisoft Archicad: Casa Artigas II. (Relatório Final de Pesquisa – IC sem bolsa 2017), São Paulo: Pró-Reitoria de Pesquisa, 2018. (orientador: Marcelo Eduardo Giacaglia).

APÊNDICE A - PLANTA, CORTE, ELEVÇÃO E PERSPECTIVA DO MODELO







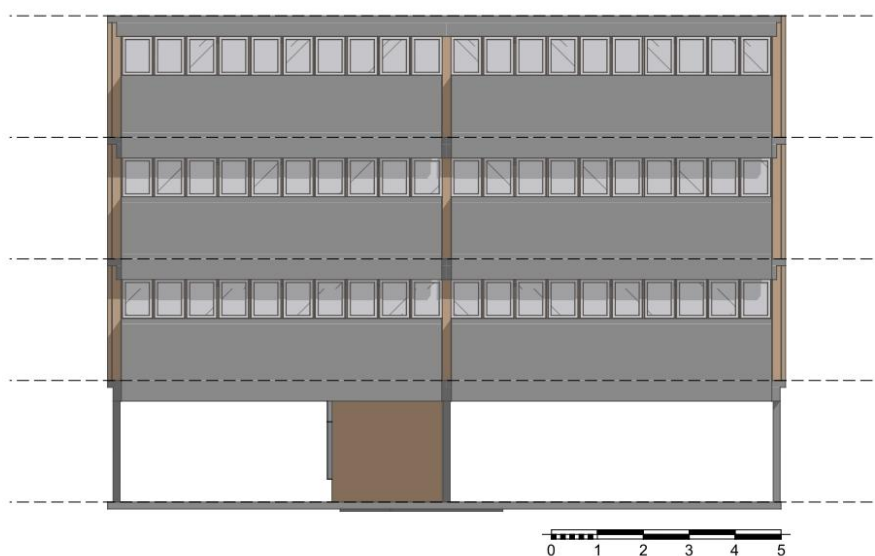
A

Corte
Escala: 1:150



B

Corte
Escala: 1:150



1

Elevação
Escala: 1:125



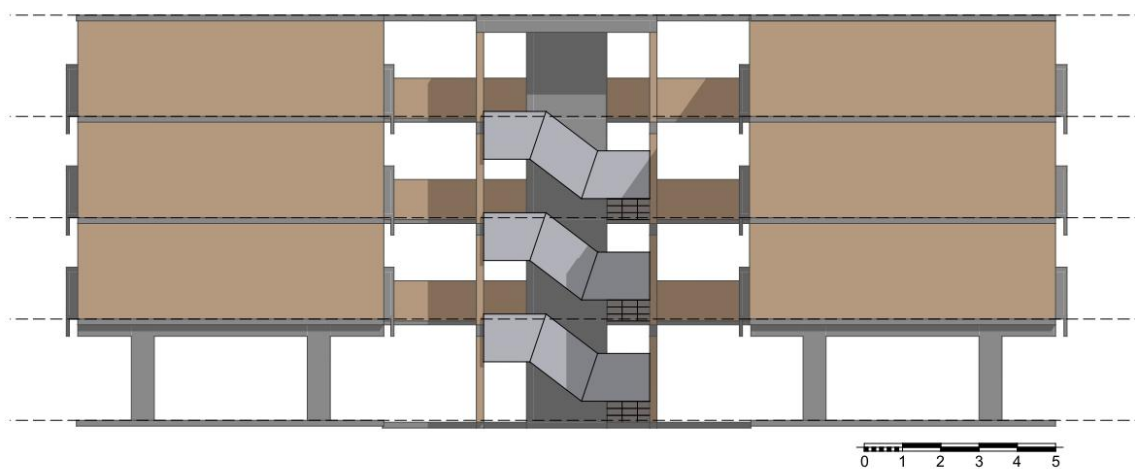
3

Elevação
Escala: 1:125



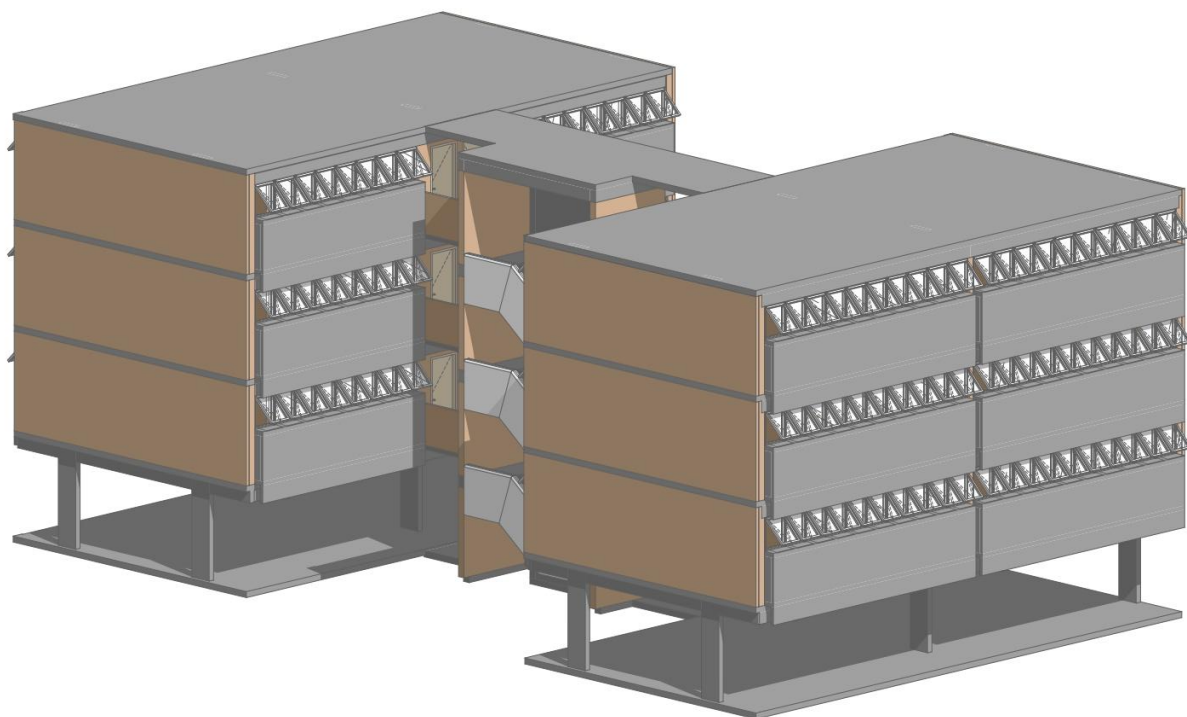
2

Elevação
Escala: 1:150



4

Elevação
Escala: 1:150



APÊNDICE B - CRIAÇÃO DO FILTRO DE SOBREPOSIÇÃO GRÁFICA

A fim de verificar visualmente os elementos a serem classificados, foi criado um filtro de sobreposição gráfica, ferramenta nativa do software Archicad que normalmente auxilia na representação do projeto, e que sendo fornecidos os critérios necessários, destaca os elementos que faltam classificação, ou possuem a mesma classificação, ou estão com ID desordenado. De forma geral, é uma ferramenta que auxilia o projetista a fazer as verificações necessárias, nesse caso, referente a NBR 15965.

Inicialmente, é preferível já ter os elementos modelados, então se deve acessar a paleta de sobreposição gráfica, e criar uma regra de sobreposição, que será chamada, para fins de identificação, CHECAGEM NBR 15965 3E.

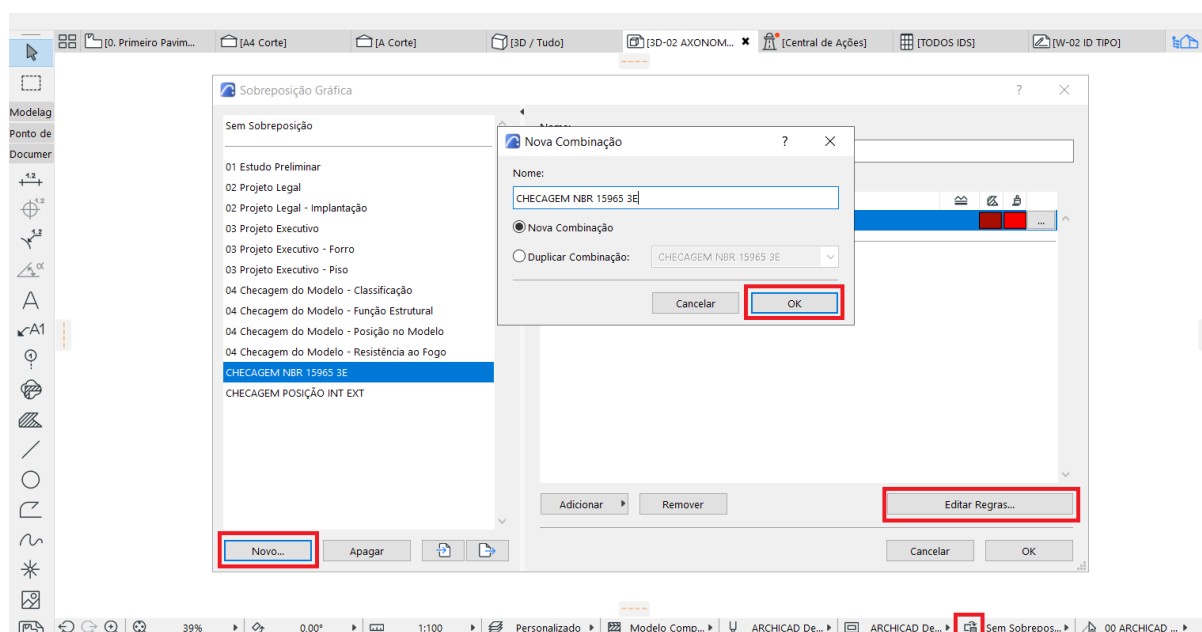


Imagem 9. Captura de tela do Archicad, janela de Sobreposição Gráfica.

Autoria própria. 2022.

Na janela de criação de regras de sobreposição iremos atribuir o critério de "Tipo de elemento" para "Tipos 3D", isto é, serão considerados todos os elementos do projeto, com exceção das zonas (espaços) que possuem uma classificação a partir de outra tabela (o mesmo processo pode ser feito para verificá-la também)

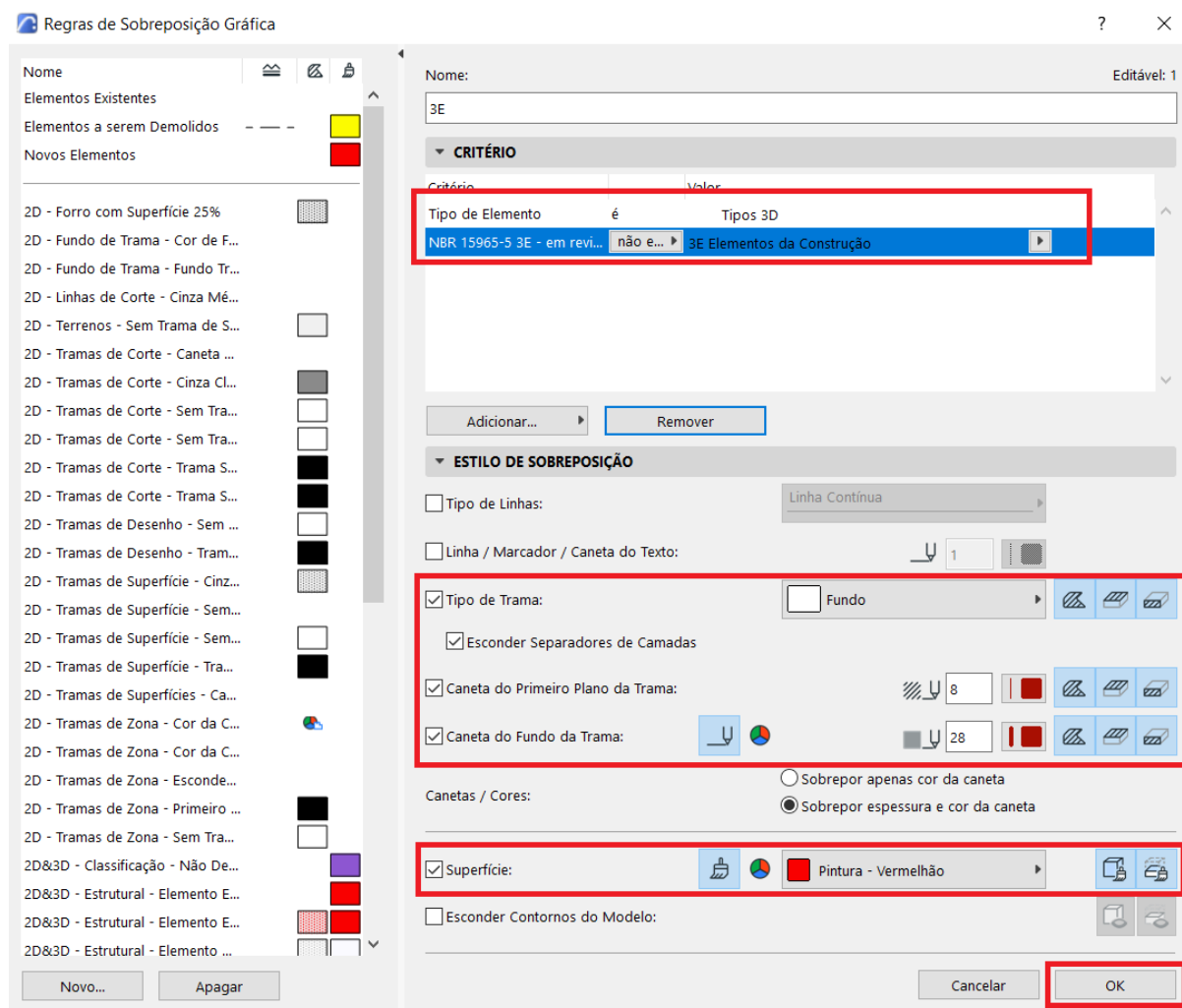


Imagem 10. Captura de tela do Archicad, janela de Sobreposição Gráfica.

Autoria própria. 2022.

Em seguida, será incluído o critério de classificação a partir da tabela, nela atribuímos a regra de "não está no ramo de" NBR 15965 Tabela 3E, isto é se o elemento não está classificado dentro desse ramo de classificação sofrerá as regras de sobreposição que serão definidas, no caso, será aplicado o filtro de caneta do primeiro plano da trama e do fundo da trama e de materialidade dos elementos para vermelho.

Dessa forma, quando retornar a planta ou ao ambiente 3D, será possível verificar que os elementos não classificados estão em vermelho, sendo visualmente distinguíveis por contraste e então poderão ser classificados corretamente. Essa forma de checagem pode ser adaptada para diversos critérios, como para elementos que estão flutuando (elevação ao piso de origem > 0).

APÊNDICE C - ORDENAÇÃO DE IDENTIFICADORES

Para evitar os ID de elementos duplicados na tabela de quantitativos se deve ordenar os elementos dentro da plataforma BIM. O Archicad permite através de uma ferramenta a ordenação da nomenclatura a partir de um critério por tipo de elemento, portanto, podemos atribuir nomes específicos para cada tipo de elemento, portas, paredes, lajes, pilares, etc.

Para tanto, é necessário acessar a paleta de gestão de ID 's localizada na barra superior em Documentação, depois Extras Listagem, e Gestor de ID do Elemento, e nela buscamos classificar um tipo de elemento, por exemplo as portas do projeto, que receberão o sufixo "PORTA-000". Deve-se preencher as caixas de acordo com o tipo de elemento, e no último espaço serão atribuídos a contagem numérica automática daquele elemento. O processo deve ser repetido toda vez que há inserção de elementos novos, tendo em vista que o ID dos elementos quando inseridos não são automatizados, em especial quando é atribuído um ID específico como este método propõe, dessa forma é indicado que seja feito por último antes de uma emissão de modelo ou pranchas.

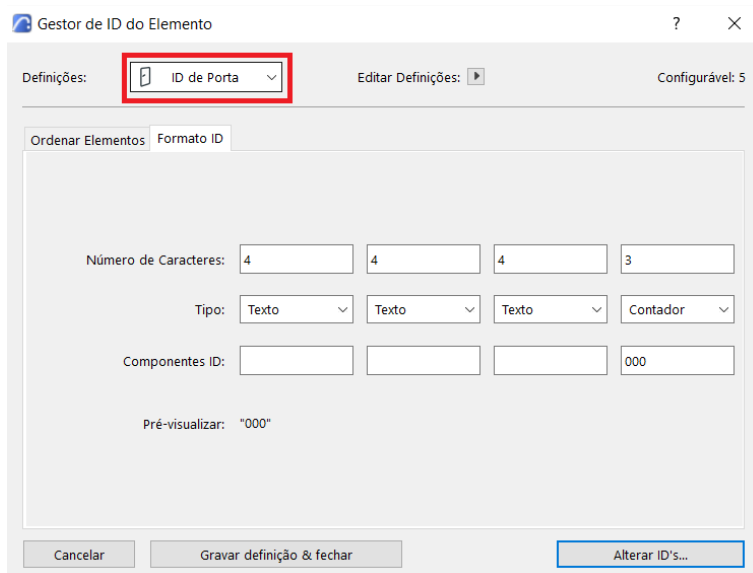


Imagem 11. Captura de tela do Archicad, janela de Gestor de ID de elementos.

Autoria própria. 2022.

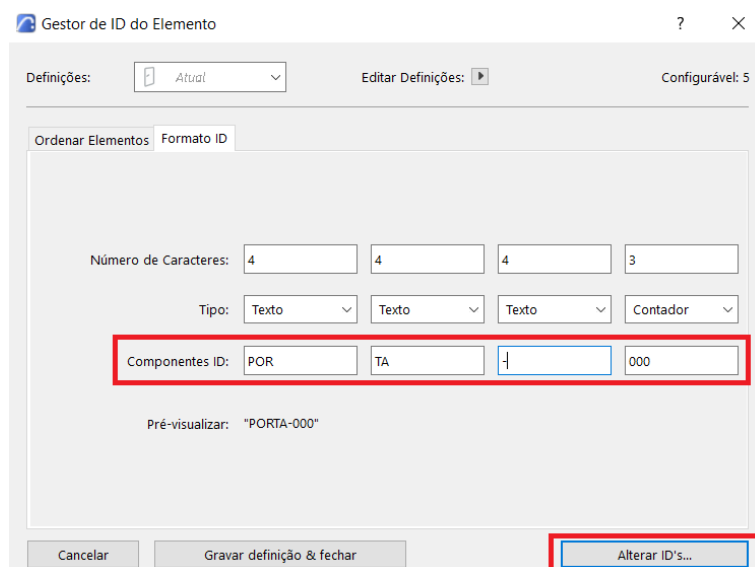


Imagem 12. Captura de tela do Archicad, janela de Gestor de ID de elementos.

Autoria própria. 2022.

No entanto, quando se utiliza os módulos associados ocorre o problema de repetição de ID's dos elementos contidos no módulo, e para tanto, se deve antes de inserir o módulo associado no pavimento, prestar atenção na janela de configurações do módulo, atribuir um sufixo de ID, que permitirá a identificação a posteriori do elemento.

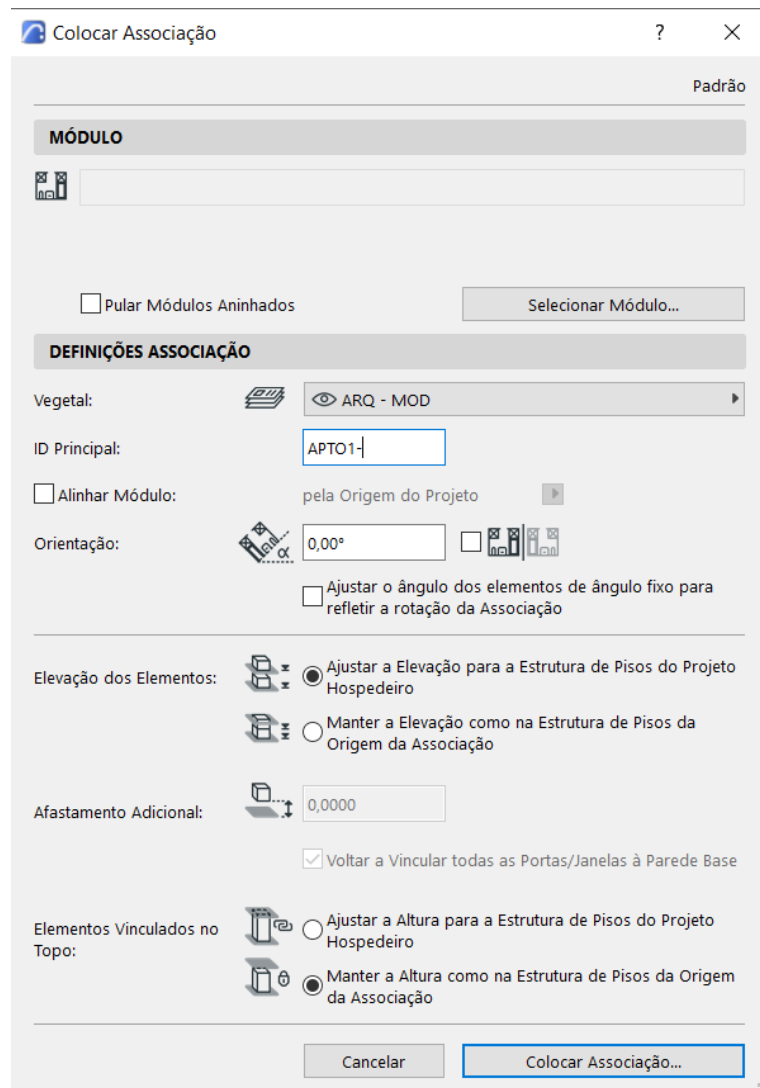


Imagem 12. Captura de tela do Archicad, janela de Colocar Associação.
 Autoria própria. 2022.

No caso, utilizamos a distinção por unidade habitacional. Isto é, por exemplo, as portas de acesso as unidades possuem o seguinte ID "APTO1-PORTA-XXX", e da outra unidade "APTO2-PORTA-XXX", e assim por diante. Assim, para evitar problemas de duplicidade deve-se indicar esse sufixo nos elementos contidos no módulo associado.

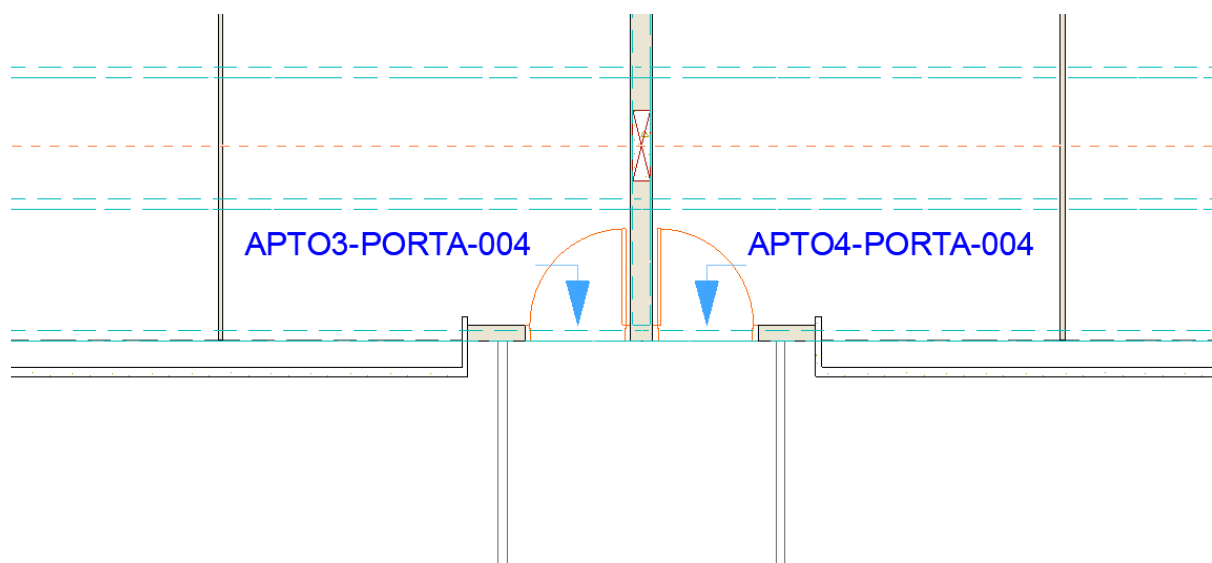


Imagem 13. Portas com texto indicando o ID do elemento para tutorial.

Autoria própria. 2022.

ANEXO I - EXERCÍCIO 1

Exercício de cálculo de indicadores da economia do edifício a partir de modelos BIM em IFC

Parte I

Os dados para o cálculo de indicadores da economia do edifício, feito da forma convencional, requerem serem extraídos pela medição de distâncias sobre os desenhos em papel ou pelo uso de comandos análogos quando em software CAD 2D. Tais dados são transcritos em papel ou para planilhas eletrônicas, para o cálculo dos indicadores.

Na prática profissional a tarefa é árdua e sujeita a erros, seja de medição ou de transcrição dos dados. Durante o processo de projeto, quaisquer alterações comumente trazem a necessidade de revisão desses cálculos. Alterações essas decorrentes da revisão do projeto consequência da própria avaliação dos indicadores.

Dentre as motivações para a modelagem dos edifícios em software BIM nos escritórios de Arquitetura e Engenharia no Brasil, destacam-se a verificação de interferências físicas entre os diferentes sistemas prediais e a facilidade na extração de quantitativos a partir dos modelos.

Os softwares BIM autorais, como por exemplo o ArchiCad (da Graphisoft) e o Revit (da Autodesk), dentre outros, possuem recursos para a extração de quantitativos básicos, a partir de seus modelos em seus formatos proprietários. Em se tratando de BIM, um conceito importante é o OpenBIM, ou seja, o livre uso do software que cada participante de um projeto entender ser o mais adequado para as suas atividades. A comunicação dos modelos entre esses softwares requer um formato comum, por exemplo o IFC – *Industry Foundation Classes*.

O exercício aqui proposto visa o cálculo dos indicadores da economia do edifício extraídos a partir de modelos em formato IFC de edifícios. Para sua realização são fornecidos o modelo em IFC de um pavimento tipo de um edifício e duas planilhas com dados, extraídos desse modelo: uma para os espaços da construção e a outra para os principais elementos da construção.

As planilhas não foram preenchidas manualmente, mas geradas automaticamente com o uso de dois softwares, o NIST IFC File Analyzer, desenvolvido por Robert Lipmann e disponível gratuitamente na Internet; e o PQTO (Project Quantity Takeoff) desenvolvido pelo Prof. Dr. Marcelo E. Giacaglia. O uso desses softwares automatiza a árdua tarefa de medição e transcrição dos dados medidos a serem utilizados nos cálculos. O software PQTO pode ser requisitado ao prof. Marcelo, por quem se interessar em se aprofundar no tema.

A seleção dos dados em cada planilha e o cálculo de cada indicador são passíveis de automação, mas isso ainda não foi realizado. Dessa forma, eles serão executados manualmente pelos alunos.

A forma como o edifício é modelado e como os atributos dos espaços e elementos da construção são alimentados varia e conseqüentemente os dados que deles se extrai, ainda que se tenha buscado na modelagem do edifício fazê-la orientada ao projeto dos custos. Dispõe-se de dois modelos, de edifícios distintos, cada um realizado por um aluno, por meio de projeto de Iniciação Científica. Os dados extraídos possuem diferenças, principalmente no que tange a classificação dos espaços da construção. E esta é a primeira vez que tal exercício é proposto aos alunos da AUT0518.

O modelo em IFC pode e deve ser visualizado com o uso de softwares como o Solibri Anywhere, Trimble Connect e/ou DDS CAD Viewer (da Nemetschek), em suas versões gratuitas, e serve para auxiliar no processo de seleção dos dados para o cálculo.

Os indicadores a calcular são indicados a seguir, com sugestões para a seleção dos dados e a forma de cálculo. Para cada um, além descrever os procedimentos adotados para seleção, filtragem e cálculo.

I1. Área privativa média [m2]

I2. Área “de vassoura” privativa [m2] e

I3. Eficiência do projeto [%]

Encontrar na planilha de extração dos dados dos espaços da construção, os ambientes privativos dos apartamentos. Usar filtros para isolar esses espaços dos demais. Somar as áreas desses ambientes e dividir pelo número de unidades habitacionais.

Em um dos modelos produzidos, a área privativa de cada unidade habitacional é composta pelos espaços dos seus diversos ambientes internos, enquanto que no outro a área privativa é a área total da unidade habitacional, o que inclui as projeções de suas paredes. No segundo caso, as áreas de projeção das paredes internas, selecionadas por filtragem, da planilha de extração dos elementos da construção, deverão ser subtraídas das áreas privativas correspondentes.

Observar que as paredes podem ser definidas de diferentes maneiras em cada modelo, por exemplo, como um único elemento em toda a sua elevação e extensão, ou como elementos distintos, separados ou não verticalmente por vãos.

No segundo caso, ter cuidado para não contabilizar as áreas de projeção que estejam sobrepostas. Estabelecer critério de filtragem para isso (por exemplo a extensão vertical dos elementos, para que apenas o maior seja contabilizado).

Visualizar o modelo em IFC para antever tais questões, sem transcrever os dados de quantitativos do visualizador. Verificar o vínculo entre o que é mostrado no visualizador e os correspondentes elementos e espaços das planilhas.

I4. Área de circulação [%]

Da mesma forma como feito para o cálculo do indicador ‘Área privativa média’, deve-se encontrar os ambientes desejados, utilizar filtros e somar as áreas de circulação. Dividir a área de circulação pela área total do pavimento, para determinar seu percentual nele.

Há de se distinguir entre as áreas de circulação comuns e a circulação interna às unidades habitacionais. Num dos modelos não há como discretizar os ambientes internos às unidades habitacionais.

Observar também que podem estar definidos espaços (*shafts*) para ventilação, exaustão e passagem vertical de instalações.

I5. Densidade de paredes [%]

Selecionar as paredes e somar suas áreas, tomando o cuidado de não selecionar paredes definidas com elementos distintos e sobrepostos (cujas projeções se sobreponham).

Verificar no modelo IFC e nas colunas de dados da planilha, de extração de dados dos elementos da construção, se as áreas de projeção das paredes devem incluir as áreas

dos seus vãos, para saber se há necessidade de adicionar as áreas de projeção das janelas e/ou descontar as áreas de projeção das portas.

I6. Compacidade [%]

Selecionar as paredes externas e eventuais outros elementos (pele de vidro, cobogós) do envelope do edifício e somar suas extensões. Tomar cuidado para não somar as extensões de elementos sobrepostos verticalmente.

Visualizar o modelo em IFC para orientar este e nos demais cálculos.

É razoável admitir que a soma das extensões dos elementos definidos como externos, observadas as questões acima indicadas, resulte no perímetro do andar tipo.

Parte II

Ano de ingresso no curso de A&U da FAU USP: _____

Realizou e/ou Faz atualmente estágio em A&U ? – marcar apenas uma das opções

- ☐ Não
- ☐ Sim, mas não neste semestre
- ☐ Sim, neste semestre apenas
- ☐ Sim, neste semestre e anteriores

Responder às questões abaixo, considerando o conhecimento anterior a ter/estar cursado a AUT0518 – Projeto dos Custos:

Q1. Uso de software de modelagem 3D (p.ex. Sketchup, Rhino) em projetos de A&U – marcar apenas uma das opções:

- ☐ Sem conhecimento algum
- ☐ Algum contato, mas não uso em projetos acadêmicos e/ou estágio – indicar qual(is): _____

- ☐ Uso regularmente em projetos acadêmicos e/ou estágio – indicar qual(is): _____

Q2. Uso de software BIM (p.ex. ArchiCad, Revit) – marcar apenas uma das opções:

- ☐ Sem conhecimento algum
- ☐ Algum contato, mas não uso em projetos acadêmicos e/ou estágio – indicar qual(is): _____

- ☐ Uso regularmente em projetos acadêmicos e/ou estágio – indicar qual(is): _____

Q3. Extração de quantitativos e cálculos de custos

- ☐ Não havia feito, nem no âmbito acadêmico, tampouco no estágio
- ☐ Já havia feito em projetos acadêmicos ou estágio, apenas da forma convencional (a partir de desenhos manuais ou CAD 2D) – descrever sucintamente:

- ☐ Já havia feito em projetos acadêmicos e/ou estágio, apenas da forma contemporânea (com o uso de software BIM) – descrever sucintamente:

- ☐ Já havia feito em projetos acadêmicos e/ou estágio, tanto da forma convencional como da contemporânea – descrever sucintamente:

Parte III

Responder às questões abaixo, somente após ter realizado os cálculos dos indicadores, considerando o conhecimento adquirido até o momento na disciplina AUT0518, inclusive este exercício:

Modelo IFC e dados do Edifício analisado neste exercício – marcar apenas um

- ☐ Bloco do Conjunto Zezinho Magalhães Prado, do CECAP, em Guarulhos
- ☐ Torre 3 do Complexo Jardim Edith, em São Paulo

Nas respostas que seguem, considerar que mesmo que os exercícios convencional e contemporâneo tenham sido realizados tendo como objetos edifícios distintos, eles se assemelhem em termos da tipologia e uso, portanto em tempo e dificuldade de execução.

Q4. Informar caso não tenha conseguido, por questão técnica, fazer o cálculo de cada indicador – marcar com **X** onde cabível.

| indicador | Não conseguiu/foi possível efetuar o cálculo no modo convencional | Não conseguiu/foi possível efetuar o cálculo no modo contemporâneo |
|-----------|---|--|
| I1 | | |
| I2 | | |
| I3 | | |
| I4 | | |
| I5 | | |
| I6 | | |

Q5. Informar quanto aos tempos dispendidos no cálculo de cada indicador, uma vez que os dados haviam sido extraídos e estavam disponíveis em papel ou meio eletrônico – em cada linha, marcar com **X** uma única coluna, ou nenhuma (veja observação abaixo).

| Indicador | tempo convencional significativamente menor que o contemporâneo | tempo convencional menor que o contemporâneo | tempos convencional e contemporâneo essencialmente iguais | tempo contemporâneo menor que o convencional | tempo contemporâneo significativamente menor que o convencional |
|-----------|---|--|---|--|---|
| I1 | | | | | |
| I2 | | | | | |
| I3 | | | | | |
| I4 | | | | | |
| I5 | | | | | |
| I6 | | | | | |

Obs: não marcar caso não tenha conseguido efetuar o cálculo nos modos convencional e/ou contemporâneo

Q6 Idem, mas levando em conta também os tempos de extração dos dados (medição e transcrição no caso convencional) – em cada linha, marcar com **X** uma única coluna, ou nenhuma (veja observação abaixo).

Nota: considere que o tempo de geração das planilhas com os dados dos espaços e ambiente da construção, inclusive a sua formatação (ajuste das larguras das colunas, criação dos filtros de dados) tenha sido de aproximadamente 10 (dez) minutos

| Indicador | tempo total convencional significativamente menor que o contemporâneo | tempo total convencional menor que o contemporâneo | tempos totais convencional e contemporâneo essencialmente iguais | tempo total contemporâneo menor que o convencional | tempo total contemporâneo significativamente menor que o convencional |
|-----------|---|--|--|--|---|
| I1 | | | | | |
| I2 | | | | | |
| I3 | | | | | |
| I4 | | | | | |
| I5 | | | | | |
| I6 | | | | | |

Obs: não marcar caso não tenha conseguido efetuar o cálculo nos modos convencional e/ou contemporâneo

Q7 Quanto à dificuldade (dúvidas, incertezas e obstáculos) em selecionar os dados adequados e realizar os cálculos – em cada linha, marcar com **X** uma única coluna, ou nenhuma (veja observação abaixo)

| Indicador | convencional significativamente menor que o contemporâneo | convencional menor que o contemporâneo | convencional e contemporâneo essencialmente iguais | contemporâneo menor que o convencional | contemporâneo significativamente menor que o convencional |
|-----------|---|--|--|--|---|
| I1 | | | | | |
| I2 | | | | | |
| I3 | | | | | |
| I4 | | | | | |
| I5 | | | | | |
| I6 | | | | | |

Obs: não marcar caso não tenha conseguido efetuar o cálculo nos modos convencional e/ou contemporâneo.

Obrigado! As suas respostas são importantes para o esforço de inserção do BIM no currículo da graduação.

ANEXO II - CÁLCULO DOS INDICADORES

Eficiência do projeto

relação entre a área privativa e a área total do pavimento.

ATP : área total do pavimento tipo

$EP = AP_r/ATP$

Abrir arquivo **_Space_QTO.xlsx**

Aplicar filtro na coluna StoreyName e selecionar “Segundo Pavimento”

A soma da coluna “GrossFloorArea” resulta ~243,39 m², mas há de se somar as áreas das paredes.

Abrir arquivo **_BldgElement_QTO.xlsx**

Aplicar filtro na coluna BldgElement e selecionar “IfcWallStandardCase”

Verificar na coluna Height que a altura das paredes varia de 1135 a 2650 mm, portanto há de se somar as áreas de projeção dos vãos das portas.

Criar coluna Area2 e instanciar com o cálculo Length * Width de cada parede, cuja soma = 25038999,65 mm², ou seja ~25,04 m²

AS projeções dos vãos das portas já foram calculadas em “Área Privativa Média”, em 1,19 m².

ATP = 243,39 + 25,04 + 1,19 m² = 269,62 m²

EP = 236,65 / 269,62 = ~87,8%

Percentual de Área de Circulação

relação entre a área de circulação e a área total do pavimento tipo.

ACP_HeV : área de circulação horizontal e vertical do pavimento tipo

$PAC = ACP_HeV/ATP$

projetos com 2 unidades/pavimento, entre 16 e 22%

4 unidades, entre 8 e 12%

8 unidades, entre 6 e 10%

Abrir arquivo **_Space_QTO.xlsx**

Aplicar filtro na coluna StoreyName e selecionar “Segundo Pavimento”

Aplicar filtro na coluna TypeName e selecionar “CIRCULAÇÃO”

ACP_HeV = ~27,10 m²

PAC = 27,10 / 269,62 = ~10%

com 4 unidades / meio pavimento (são simétricos), está dentro dos 8 a 12%

Densidade de Paredes

relação entre a área de piso ocupada pela projeção das paredes, incluídas as paredes sob as janelas (peitoris) e excluídas as paredes sobre as portas (bandeiras).

considerada boa, entre 15 e 18%

Abrir arquivo **_BldgElement_QTO.xlsx**

Aplicar filtro na coluna StoreyName e selecionar “Segundo Pavimento”

Aplicar filtro na coluna BldgElement e selecionar “IfcWallStandardCase”

Verificar na coluna Height que as alturas das paredes variam de 1050 a 2650 mm, ou seja, sem ocorrência de bandeiras.

Criar coluna Area2 e instanciar com o cálculo Length * Width de cada parede, cuja soma = 25038999,65 mm², ou seja, ~25,04 m²

DP = 25,04 / 269,62 = **~9,3%**

O que está abaixo limite inferior dos 15% a 18% do considerado bom.

"Área de Vassoura" Privativa

área privativa, excluídas as áreas de projeção de paredes.

Abrir arquivo **_Space_QTO.xlsx**

Aplicar filtro na coluna StoreyName e selecionar “Segundo Pavimento”

Aplicar filtro na coluna TypeName e deselecionar “CIRCULAÇÃO”

AVP = soma da coluna GrossFloorArea = **~216,29 m²**

Compacidade

relação entre o perímetro de um círculo com a mesma área do projeto e o perímetro efetivamente medido em projeto, considerado os eixos das paredes

externas do edifício, excluídas as varandas e passarelas.

círculo : $ATP = \pi * R^2$

$perímetroC = 2 * \pi * R$

$R^2 = ATP/\pi$

$R = (ATP/\pi)^{1/2}$

Cálculo dos indicadores de economia do projeto – Jardim Edith Torre 3 pavimento tipo

Área Privativa Média

total da área do pavimento tipo, excluídas as áreas de circulação vertical e horizontal e dividida pelo número de unidades do pavimento.

UHP : unidades habitacionais do pavimento tipo

APr : área privativa

$APM = AP/UHP$

Ver cálculo da “Área de Vassoura” Privativa

$AVP = \sim 216,29 \text{ m}^2$

Abrir arquivo **_BldgElement_QTO.xlsx**

Aplicar filtro na coluna StoreyName e selecionar “Segundo Pavimento”

Criar coluna Area2 e instanciar com o cálculo Length * Width de cada parede, cuja soma = 9658598,361 mm², ou seja, = $\sim 9,66 \text{ m}^2$

Criar coluna Name2 ao lado da coluna Name e instanciar com os três primeiros caracteres da coluna Name, ou seja, com a fórmula “=ESQUERDA(B2;3)” – para discriminar os elementos atrelados aos apartamentos.

Aplicar filtro na coluna Name2 e selecionar “APT”

Aplicar filtro na coluna BldgElement e selecionar “IfcWallStandardCase”

Verificar na coluna Height que a altura das paredes varia de 1135 a 2650 mm, portanto há de se somar as áreas de projeção dos vãos das portas.

Criar coluna Area2 e instanciar com o cálculo Length * Width de cada parede, cuja soma = 19177199,65 mm², ou seja, = $\sim 19,17 \text{ m}^2$

Excluir a coluna Name2

Alterar o filtro na coluna BldgElement para “IfcDoor”

Observar na coluna Name que todas as portas estão associadas a apartamentos.

Refazer o cálculo na coluna Area2, para as portas, como Width * Depth, cuja soma = 1191600,001 mm², ou seja $\sim 1,19 \text{ m}^2$

$APr = AVP + 19,17 + 1,19 \text{ m}^2 = \sim 236,65 \text{ m}^2$

$APM = 236,65 / 4 = \sim 59,16 \text{ m}^2$

$$\text{perímetroC} = 2 * \pi * (\text{ATP}/\pi)^{(1/2)} = 2 * \pi^{(1/2)} * (\text{ATP})^{(1/2)}$$

quadrado : $\text{perímetroQ} = 4 * (\text{ATP})^{(1/2)}$

$$C = \text{perímetroC} / \text{perímetroQ} =$$

$$[2 * \pi^{(1/2)} * (\text{ATP})^{(1/2)}] / [4 * (\text{ATP})^{(1/2)}] =$$

$$\pi^{(1/2)} / 2 = \sim 88,6\%$$

$$\text{projeto : } C = [2 * \pi^{(1/2)} * (\text{ATP})^{(1/2)}] / \text{perímetroP}$$

projetos econômicos entre 60 e 75%

observar que podem existir outros elementos externos sendo p.ex. cobogós e peles de vidro, daí a importância de conhecer o projeto.

Abrir arquivo **_BldgElement_QTO.xlsx**

Aplicar filtro na coluna StoreyName e selecionar “Segundo Pavimento”

Verificar na lista de filtros da coluna IsExternal que existem elementos indefinidos (vazio) com relação a pertencerem à envoltória do edifício ou da sua estrutura que esteja no meio exterior. Há de se corrigir isso no modelo, mas esses elementos não entram no presente cálculo.

Aplicar filtro “1” (True) na coluna IsExternal para os elementos da envoltória do edifício e outros da estrutura no meio exterior.

Aplicar filtro na coluna BldgElement e selecionar “IfcWindow” e verificar na coluna Height não haver janelas do tipo ‘curtain wall’ pelas suas alturas serem bem inferiores ao pé direito do Pavimento.

Aplicar filtro na coluna BldgElement e selecionar “IfcWallStandardCase”

Verificar na coluna Height que a altura das paredes varia de 1030 a 2660 mm.

Somar a coluna Length para se ter o perímetro externo dos trechos em parede, que resulta 152360 mm, ou seja, ~152,36 m.

$$C = [2 * \pi^{(1/2)} * 269,62^{(1/2)}] / 152,36 = 58,21 / 152,36 = \sim 38\%$$

significativamente Abaixo dos 60%.

ANEXO III - EXERCÍCIO 2

Exercício 2 - de inserção do BIM no Projeto dos Custos

Este exercício tem por finalidade a geração de quantitativos de insumos, mão de obra, uso de equipamentos, etc., a partir de quantitativos de volume, área e ou comprimentos de elementos da construção selecionados, pelo sistema SINAPI - Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil da Caixa Econômica Federal¹.

Assim como no exercício anterior, esses quantitativos básicos estão na forma de planilha, gerada a partir de um modelo BIM em formato IFC, pelos softwares IFC File Analyser (desenvolvido por Robert Lipmann, da NIST – National Institute of Standards and Technology²) e PQTO (em versão Beta, desenvolvido pelo Prof. Marcelo E. Giacaglia, da FAU USP).

2.1 Considerações sobre o modelo do andar tipo

Por questão de simplicidade didática, propõe-se que sejam gerados apenas os quantitativos de elementos estruturais em concreto armado do mesmo andar tipo do edifício do exercício anterior, ou seja, de pilares, vigas e lajes.

A seleção dos elementos pode ser feita aplicando se filtros na coluna 'BldgElement' com os valores 'IfcBeam' (vigas), 'IfcColumn' (pilares) e/ou 'IfcSlab' (lajes). Observar na coluna 'LoadBearing' se todos os elementos são estruturais, ou seja, valor 1 (Verdadeiro). Caso haja algum valor 0 (Falso), deve-se aplicar também o filtro correspondente.

Especificamente, no caso das lajes, há de se verificar o valor indicado na coluna 'PredefinedType' que pode conter os valores:

- FLOOR – laje de piso
- ROOF – laje de cobertura
- LANDING – patamar de escada
- BASESLAB – laje de fundação, em contato com o solo, inclusive radier

As lajes esperadas e a considerar para o andar tipo são as do tipo 'FLOOR'. Note que IfcSlab serve tanto para representar a estrutura de pisos, as lajes, como o revestimento dos pisos em si. Daí a importância de verificar o valor correspondente a cada elemento na coluna 'LoadBearing', assim como a sua descrição (colunas 'Description', 'NBR_15965-5 3E Name' e/ou 'TypeName') e espessura (coluna 'Width').

Os pilares também requerem uma análise mais cuidadosa, pois podem terem sido modelados individualmente a cada pavimento ou passando por múltiplos pavimentos (trechos de mesma seção). A altura do pilar está indicada na coluna 'Length'.

Em se tratando de elementos estruturais em concreto armado, moldados *in loco*, interessa ao cálculo de quantitativos de insumos, tanto o volume quanto a área superficial desses elementos, esses últimos relacionados à montagem e desmontagem de formas. Os volumes são aproximados, pois na etapa do projeto que o modelo foi concebido, as suas dimensões exatas não foram definidas, assim como a armadura em aço.

¹ <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx>

² <https://www.nist.gov/>

2.2 Sistema SINAPI

São publicadas mensalmente diversas tabelas de composição do sistema SINAPI, com diferenciação por Estado.

Também há diferenciação, considerando a desoneração (ou não) dos encargos previdenciários ao INSS, da folha de pagamento, correspondentes a 20% dos salários. Caso a opção seja pela desoneração, conforme a Lei 12.546/2011 e a Lei 12.844/2013³, há contrapartida de recolhimento de 1-4,5% da renda bruta da empresa, conforme o setor (2% no caso da Construção Civil (atividades 412, 432, 433 e 439 do CNAE 2.0).

Em cada caso são publicadas três tabelas, uma de custo sintético, uma de custo analítico e uma de preços de insumos, esquematizadas na Figura 1.

A chave de acesso à tabela de custo sintético é o código da composição.

A chave de acesso à tabela de custo analítico é o código do item. Cada item possui uma chave para o código da composição do qual ele é parte integrante. A composição analítica é a hierarquia de itens e subitens dada por um código de composição das tabelas de composição de custo analítico e de seus itens, da tabela de composição de custo sintético. Também da lista de insumos de cada item, da tabela de preços de insumos.

Há uma grande redundância de informação nessas tabelas e elas podem ser reorganizadas conforme esquematizado na Figura 2, principalmente no caso de se constituir um banco de dados e criação de software de automação desses cálculos.

2.3 O cálculo: uso das tabelas originais do SINAPI para cálculos de elementos do modelo

Utilizando as informações abaixo indicadas, pede-se calcular o custo estimado de execução das lajes, pilares e vigas de um pavimento tipo (sem considerar a armadura, pois essa ainda não foi especificada).

Abrir a tabela **SINAPI_Custo_Ref_Composicoes_Sintetico_SP_202201_NaoDesonerado.xlsx**, de custos de custo sintético, para SP em janeiro de 2022, ou a que for indicada pelos docentes da disciplina para este exercício.

Criar filtros das linhas 5 até a última linha com dados de modo a facilitar as operações.

Na coluna 'DESCRICAO DA CLASSE' selecionar apenas 'FUNDACOES E ESTRUTURAS'.

2.3.1 concreto

Na coluna 'DESCRICAO DO TIPO' selecionar 'CONCRETOS'.

Na coluna 'DESCRICAO DA COMPOSICAO' observar as alternativas de execução de concretagem de pilares e também de Vigas e Lajes. A concretagem se dará por bombeamento ou por grua, a depender da altura do pavimento e condição do canteiro.

³ https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/Lei/L12546.htm
https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2013/lei/l12844.htm

2.3.1.1 concreto dos pilares

Os códigos prováveis para a concretagem⁴ dos pilares, e respectivos custos por metro cúbico (m^3) são dados pelas Tabela 1. Observar na coluna 'CrossSectionArea' dos pilares, da planilha de quantitativos extraídos para o modelo do pavimento tipo, que suas seções variam entre $0,19 m^2$ (menor do que $0,25 m^2$) e $0,4427 m^2$ (maior que $0,25 m^2$).

Tabela 1 – composições prováveis para concretagem de pilares (lançamento, adensamento e acabamento)

| Composição | Forma | Seção | Custo (R\$/ m^3) |
|------------|-------|-----------------|---------------------|
| 92719 | Grua* | $\leq 0,25 m^2$ | 446,51 |
| 92720 | Bomba | $\leq 0,25 m^2$ | 474,81 |
| 92721 | Grua* | $> 0,25 m^2$ | 435,14 |
| 92722 | Bomba | $> 0,25 m^2$ | 470,00 |

* ver item 2.5.1

2.3.1.2 concreto das vigas e lajes

Da mesma forma, os códigos prováveis para a concretagem⁵ das vigas e lajes, e respectivos custos por metro cúbico (m^3) são dados pelas Tabela 2. Observar na coluna 'GrossArea' as áreas das lajes. Tais valores resultam de como essas lajes foram modeladas e não como serão executadas. Neste caso, considerar para efeito de estimativa os maiores valores de custo. Observar que os valores são dados para edifícios de até 16 pavimentos. Não foram encontrados na tabela SINAPI utilizada, valores para edifícios de mais de 16 pavimentos, caso em que se supõe o uso de grua.

Tabela 2 – composições prováveis para concretagem de vigas e lajes maciças ou nervuradas (lançamento, adensamento e acabamento)

| Composição | Forma | Área média das lajes | Custo (R\$/ m^3) |
|------------|-------|----------------------|---------------------|
| 92725 | Bomba | $\leq 20 m^2$ | 455,45 |
| 92726 | Bomba | $> 20 m^2$ | 452,46 |
| 92739 | Grua* | $\leq 20 m^2$ | 440,21 |
| 92740 | Grua* | $> 20 m^2$ | 432,69 |

* ver item 2.5.1

As descrições não indicam explicitamente se esses preços incluem o fornecimento de concreto usinado, o que pode ser inferido da análise das demais composições de 'FUNDACOES E ESTRUTURAS' da tabela e verificado na tabela de custos analíticos (veja item 2.5, em especial a Tabela 11).

⁴ "CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA," ... "- LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO."

⁵ "CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS" ... "- LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO."

2.3.2 formas e escoras

A execução da estrutura de concreto moldada in loco requer o uso de formas, dentro das quais estará inserida a armadura e lançado o concreto. Os custos de execução incluem, portanto, a fabricação e a montagem e desmontagem dessas formas.

Na coluna 'DESCRICAO DA CLASSE' selecionar agora apenas 'FORMAS/CIMBRAMENTOS/ESCORAMENTOS'.

2.3.2.1 formas dos pilares

As tabelas 3 e 4 indicam, respectivamente, os códigos prováveis para a fabricação e a montagem e desmontagem⁶ de formas para pilares. Observar na Tabela 4 que parte dos custos são rateados pelo número de pavimentos nos casos de reaproveitamento das formas. O reaproveitamento não será absoluto se as seções dos pilares variarem a cada pavimento (improvável) ou por trechos de vários pavimentos (mais comum). Também depende da qualidade dos materiais, da sua construção, do grau de organização da produção e da capacitação da mão de obra disponível.

Tabela 3 – composições prováveis para a fabricação de formas para pilares em chapa de madeira compensada

| Composição | Acabamento | Espessura | Custo (R\$/m ²) |
|------------|--------------|-----------|-----------------------------|
| 92263 | Resinada | 17 mm | 160,49 |
| 92264 | Plastificada | 18 mm | 207,29 |

Tabela 4 – composições prováveis para a montagem e desmontagem de formas para pilares

| Composição | Acabamento | Utilizações | Custo (R\$/m ²) |
|------------|--------------|-------------|-----------------------------|
| 92415 | Resinada | 2 | 133,62 |
| 92419 | Resinada | 4 | 83,63 |
| 92423 | Resinada | 6 | 68,09 |
| 92427 | Resinada | 8 | 60,23 |
| 92431 | Plastificada | 10 | 56,84 |
| 92435 | Plastificada | 12 | 53,86 |
| 92439 | Plastificada | 14 | 51,70 |
| 92443 | Plastificada | 18 | 47,07 |

A estimativa da área de forma de cada pilar se faz pela multiplicação do seu perímetro pela sua altura. Na planilha de quantitativos verificar os valores das colunas 'Length', 'Width' e 'Depth' (observar que a unidade de medida pode variar de coluna para coluna, de modelo para modelo).

⁶ "MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA" ... "UTILIZAÇÕES."

2.3.2.2 formas e escoras das vigas

As tabelas 5 a 7 indicam, os códigos prováveis para a fabricação⁷ e a montagem e desmontagem⁸ de escoras e formas para vigas.

Tabela 5 – composições prováveis para a fabricação de formas para vigas em chapa de madeira compensada

| Composição | Acabamento | Espessura | Custo (R\$/m ²) |
|------------|--------------|-----------|-----------------------------|
| 92265 | Resinada | 17 mm | 118,30 |
| 92266 | Plastificada | 18 mm | 158,44 |

A estimativa da área de forma de cada viga se faz pela soma dobro de sua altura e sua largura, multiplicados pelo seu comprimento. Na planilha de quantitativos verificar os valores das colunas 'Length', 'Width' e 'Depth' (observar que a unidade de medida pode variar de coluna para coluna, de modelo para modelo).

Tabela 6 – composição provável para a fabricação de escoras para vigas

| Composição | Tipo | Custo (R\$/m) |
|------------|-------|---------------|
| 92272 | Garfo | 36,04 |

Uma estimativa do número de garfos se faz pelo comprimento de cada viga, dividido pelo comprimento do vão adotado entre os garfos, menos um (os pilares funcionam como escoras). O comprimento de cada garfo resulta do pé direito menos a altura da viga correspondente.

Tabela 7 – composições prováveis para a montagem e desmontagem de escoras (garfos de madeira) e formas para vigas

| Composição | Tipo escora | Acabamento forma | Utilizações | Custo (R\$/m ²) |
|------------|-------------|------------------|-------------|-----------------------------|
| 92451 | Garfo | Resinada | 2 | 183,87 |
| 92455 | Garfo | Resinada | 4 | 150,76 |
| 92459 | Garfo | Resinada | 6 | 128,09 |
| 92463 | Garfo | Resinada | 8 | 116,16 |
| 92467 | Garfo | Plastificada | 10 | 98,28 |
| 92471 | Garfo | Plastificada | 12 | 87,83 |
| 92475 | Garfo | Plastificada | 14 | 80,98 |
| 92479 | Garfo | Plastificada | 18 | 66,32 |

⁷ "FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA...".
"FABRICAÇÃO DE ESCORAS DE VIGA DO TIPO GARFO, EM MADEIRA."

⁸ "MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA "... "UTILIZAÇÕES."

2.3.2.3 formas e escoras das lajes

As tabelas 8 a 10 indicam, os códigos prováveis para a fabricação⁹ e a montagem e desmontagem¹⁰ de escoras e formas para lajes.

Tabela 8 – composições prováveis para a fabricação de formas para lajes em chapa de madeira compensada

| Composição | Acabamento | Espessura | Custo (R\$/m ²) |
|------------|--------------|-----------|-----------------------------|
| 92267 | Resinada | 17 mm | 54,00 |
| 92268 | Plastificada | 18 mm | 90,78 |

A extração de quantitativos não obteve as medidas dos lados das lajes. Para lajes retangulares os valores de seus lados podem ser calculados a partir da sua área e perímetro.

$$L_1 = \frac{P + \sqrt{P^2 - 16A}}{4}$$

e

$$L_2 = \frac{P - \sqrt{P^2 - 16A}}{4}$$

Ver na planilha de quantitativos de elementos da construção, as colunas 'GrossArea' e 'Perimeter'. (observar que a unidade pode variar de coluna para coluna, de modelo para modelo).

Tabela 9 – composição provável para a fabricação de escoras para lajes

| Composição | Tipo | Custo (R\$/m) |
|------------|-----------|---------------|
| 92273 | Pontalete | 14,54 |

A estimativa do número de pontaletes para escorar cada laje é similar ao do número de garfos para escorar cada viga. Pode-se dividir cada um dos dois vãos pela distância entre pontaletes; subtrair um de cada valor e multiplicar os resultados. O comprimento de cada pontalete é o próprio pé-direito.

⁹ "FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA...".
"FABRICAÇÃO DE ESCORAS DO TIPO PONTLETE, EM MADEIRA, PARA PÉ-DIREITO SIMPLES"

¹⁰ "MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA," ... "UTILIZAÇÕES."

Tabela 10 –composições prováveis para a montagem e desmontagem de formas para lajes em chapa de madeira compensada

| Composição | Acabamento | Utilizações | Custo (R\$/m ²) |
|------------|--------------|-------------|-----------------------------|
| 92510 | Resinada | 2 | 58,82 |
| 92514 | Resinada | 4 | 41,20 |
| 92518 | Resinada | 6 | 33,89 |
| 92522 | Resinada | 8 | 30,12 |
| 92526 | Plastificada | 10 | 31,24 |
| 92530 | Plastificada | 12 | 29,54 |
| 92534 | Plastificada | 14 | 28,27 |
| 92538 | Plastificada | 18 | 25,66 |

2.4 Automação do cálculo dos custos

O grau de automação do procedimento acima não é o ideal, pois, apesar de se poder extrair quantitativos a partir do modelo em IFC ou mesmo do modelo nativo no âmbito de um software BIM, boa parte dos cálculos depende da busca de códigos em tabelas do SINAPI e transcrição de valores.

Há várias formas de melhoria do processo, em termos de sua eficiência e redução do risco de erros de transcrição de dados.

Um primeiro passo é a inclusão direta do código SINAPI em cada instância de um elemento da construção incluída no modelo. Isso pode ser feito de forma eficiente pela definição de tipos distintos para cada variante. Por exemplo, no software BIM ArchiCad (da Graphisoft) os códigos de composição SINAPI podem ser incorporados em *favorites* e *modules*. No software BIM Revit (da Autodesk) os códigos de composição SINAPI podem ser incorporados em *families* ou *types*.

Dessa forma, a extração de dados já indicaria os códigos SINAPI correspondentes a cada elemento da planilha de quantitativos básicos gerada.

O passo seguinte é o uso de sistema gerenciador de bancos de dados, que pode ser até o Open (Libre) Office Base ou o Microsoft Access. Nele seriam carregadas as tabelas do SINAPI e as planilhas de quantitativos básicos dos elementos da construção.

O banco de dados pode armazenar queries (consultas de banco de dados) escritas para:

- a filtragem do que se deseja quantificar em cada caso;
- o cálculo de valores de colunas, com base em valores de outras colunas;
- o cruzamento de linhas selecionadas da planilha de quantitativos básicos com a(s) tabela(s) SINAPI, indicado pelos seus códigos SINAPI;
- e o cálculo final dos custos e quantitativos de insumos, mão de obra, uso de equipamentos, etc.;

Uma vez criadas e testadas, as queries podem ser executadas sempre que se fizer necessário, por exemplo:

- quando forem feitas alterações no modelo, e a nova a planilha de quantidades básicas substituir a que estava carregada no banco de dados;

- quando for necessário o uso de outro conjunto de tabelas do SINAPI;

Um passo além é o desenvolvimento de software que automatize a execução das queries numa interface amigável ao usuário final.

2.5 Nota sobre o SINAPI

Cabe observar que da forma como está, o SINAPI é orientado ao cálculo dos custos, em metodologia desenvolvida aos propósitos da Caixa Econômica Federal. Porém, estão em curso iniciativas para que possa ser usada em obras públicas em geral e até em contratações privadas. Há vários sistemas concorrentes ao SINAPI, considerando-se a expansão de seu uso, tanto na área pública como na privada.

Um dos sistemas mais conhecidos na área privada foi o TCPO – Tabela de Composição de Preços de Obras, da Editora Pini, informatizado como software Volare. A Editora Pini encerrou suas atividades em 2018, mas o software passou ser comercializado pela empresa Expert System, também nas versões SINAPI, SICRO2 do DNIT – Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes, SIURB – Secretaria de Infraestrutura Urbana do Município de São Paulo, e CDHU – Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano de SP, dentre outras.

Na forma atual é possível desdobrar um código de composição da tabela de custo sintético nos seus itens e insumos das tabelas de custo analítico e de preços de insumos. A tabela de custos sintéticos agrega os custos de seus itens (e subitens desses itens), enquanto que no TCPO, por exemplo, essa agregação deve ser calculada a partir de cada item, subitem e assim por diante.

Já os quantitativos físicos, em termos de insumos, mão de obra, uso de equipamentos, etc., requer acessar cada item e seus eventuais subitens.

Por exemplo, à composição de código 92719, intitulada 'CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE GRUA EM EDIFICAÇÃO COM SEÇÃO MÉDIA DE PILARES MENOR OU IGUAL A 0,25 M² - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_12/2015' da tabela de custo sintético, possui desdobramentos na tabela de custo analítico do SINAPI, indicado na Tabela 11.

Nota-se que a composição é formada pelo insumo de código 34493, intitulado 'CONCRETO USINADO BOMBEÁVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953).' e de cinco outras composições, e de insumos e/ou composições dessas composições.

A automação da quantificação final, ao nível dos insumos, após percorrer toda a hierarquia de níveis de uma composição é possível com o uso de software específico, como o caso do Volare.

2.5.1 inclusão do custo horário da grua, se utilizada na obra

No caso do uso de grua para transporte de materiais durante a construção, os custos de montagem, operação (aluguel e demais despesas operacionais) e desmontagem, devem ser rateados nas atividades que farão uso desse equipamento.

Na tabela de custo sintético, indique novo filtro para a coluna 'DESCRICAO DA CLASSE', com o valor 'CUSTOS HORÁRIOS DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS'.

Na coluna 'DESCRICAO DA COMPOSICAO', pesquise o termo 'GRUA' e observe os resultados nas colunas 'DESCRICAO DO TIPO 1' e 'DESCRICAO DA COMPOSICAO'.

O lançamento de concreto via grua, ao contrário do bombeado, não inclui o custo de uso desse equipamento. Trata-se de cálculo de maior complexidade, pois há de se determinar o tempo de permanência da grua para toda a obra, ou, por etapa da obra, o tempo de operação e o tempo ocioso (presente, mas não operando) e, se for o caso, ratear esses custos por atividade, por exemplo o transporte de concreto para a concretagem dos pilares, vigas e lajes.

Pode-se extrair da tabela de custos analíticos o tempo de concretagem, estimado como o tempo de pedreiro e lançar como tempo de uso da grua. Mas, ao final há de se ratear o tempo total ocioso da grua (tempo de permanência da grua na obra menos o tempo de uso) proporcionalmente pelo tempo de cada atividade que dela fizer uso.

2.6 Levantamento dos quantitativos físicos

Como extensão do exercício proposto, pede-se determinar os quantitativos físicos correspondentes a um dos elementos da construção, pelo desdobramento de sua composição, com o uso da tabela de custo analítico correspondente à de custo sintético usada, do arquivo **SINAPI_Custo_Ref_Composicoes_Analitico_SP_202201_NaoDesonerado.xlsx**.

Tabela 11 – ilustração dos desdobramentos de uma composição na tabela de custos analíticos

| TIPO ITEM | CODIGO ITEM | DESCRIÇÃO ITEM | UNIDADE ITEM | ORIGEM DE PREÇO ITEM | COEFICIENTE |
|------------|-------------|--|--------------|-----------------------------------|-------------|
| INSUMO | 34493 | CONCRETO USINADO BOMBEAVEL, CLASSE DE RESISTENCIA C25, COM BRITA 0 E 1, SLUMP = 100 +/- 20 MM, EXCLUI SERVICO DE BOMBEAMENTO (NBR 8953)* | M3 | COEFICIENTE DE REPRESENTATIVIDADE | 1,1030000 |
| COMPOSICAO | 88262 | CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES | H | COLETADO | 0,3530000 |
| COMPOSICAO | 88309 | PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES | H | COLETADO | 0,3530000 |
| COMPOSICAO | 88316 | SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES | H | COLETADO | 1,0590000 |
| COMPOSICAO | 90586 | VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHP DIURNO. AF_06/2015 | CHP | COEFICIENTE DE REPRESENTATIVIDADE | 0,1430000 |
| COMPOSICAO | 90587 | VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHI DIURNO. AF_06/2015 | CHI | COEFICIENTE DE REPRESENTATIVIDADE | 0,2100000 |

* ver item 2.5.1

**ANEXO IV - CAPA DOS TRABALHOS FINAIS APRESENTADOS NA DISCIPLINA
PCC5968**

**MEMORIAL DESCRITIVO, DIMENSIONAMENTO E MODELAGEM
BIM DO SISTEMA HIDRÁULICO DE UM EDIFÍCIO DO CONJUNTO
HABITACIONAL ZEZINHO MAGALHAES PRADO – CECAP – EM
GUARULHOS-SP.**

Trabalho apresentado à disciplina: PCC 5968
Prof. Fabiano R. Correa

Alunos:
Anderson Garcia
Murilo Bruza
Thiago Osawa

São Paulo
Junho de 2022



Giovanni Bruno Molitor Schiffini
Jonathan Chefaly Mochon Zappile
Larissa Rodrigues Mendes
Rafael Lima Teixeira

Projeto de Combate e Segurança Contra Incêndio

PCC5968 – Captura, Análise e Visualização de dados na Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Rogerio Correa

PCC5968 - CAPTURA, ANÁLISE E VISUALIZAÇÃO DE DADOS NA CONSTRUÇÃO
ENTREGA FINAL

Prof. Fabiano Rogério Corrêa

Déborah Paiva NUSP: 3192182
Mario Guilherme Batista NUSP: 9373521

SÃO PAULO

2022

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Departamento de Engenharia de Construção Civil

GIOVANNI BRUNO MOLITOR SCHIFFINI
JONATHAN CHEFALY MOCHON ZAPPILE
LARISSA RODRIGUES MENDES
RAFAEL LIMA TEIXEIRA

MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO DE SEGURANÇA
CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO (PSCIP)
Residencial Parque CECAP - Guarulhos

PCC5968 – Captura de Dados na Construção – Prof. Dr. Fabiano Rogerio Correa

São Paulo
2022

Escola Politécnica da Universidade de São Paulo



**Memorial Descritivo e de Cálculo
do Sistema de Gás do Conjunto
Habitacional Vila Nova Artigas
(CECAP)**

Eric Aparecido Reis Silva

Luiz Fernando Cavalcante Silva

Wesley Castelo



PCC5968 - CAPTURA, ANÁLISE E VISUALIZAÇÃO DE DADOS NA CONSTRUÇÃO

TRABALHO FINAL – PROJETO ESTRUTURAS

**Gabriel Ribeiro Borges
Renan Martins Sacramento
Tais Cristina de Freitas**

Universidade de São Paulo – USP

INTRODUÇÃO

A disciplina traz uma visão das tecnologias utilizadas para a Modelagem da Informação da Construção (BIM), por meio do estudo e manipulação de modelos BIM segundo o esquema de dados IFC (Industry Foundation Classes).

O trabalho de conclusão trata especificamente da manipulação e visualização 3D de modelos BIM em formato IFC.

Para isso, foi disponibilizado um modelo de um conjunto habitacional localizado em São Paulo, entre o aeroporto internacional de Guarulhos / Rodovia Presidente Dutra. Um projeto emblemático, com importante contexto tanto em relação ao momento histórico quanto à necessidade de redução do déficit habitacional, através de projetos com soluções arquitetônicas diferenciadas que pudessem ser oferecidos à população, quanto ao estilo modernista e conceitual do projeto. O projeto foi concebido em 1967, sob responsabilidade dos arquitetos João Batista Vilanova Artigas, Fábio Pentead e Paulo Mendes da Rocha.

“O projeto consistia em 62 blocos, formados por dois prédios de três andares cada um, que totalizam 3.720 apartamentos. O bairro teria infraestrutura completa de educação, saúde, lazer e comércio.

A obra, no entanto, foi entregue incompleta pela Cecap (Caixa Estadual de Casas para o Povo). Os primeiros moradores, que chegaram ao bairro em 1972, não tinham sequer equipamentos básicos, como iluminação, asfalto, comércio e transporte público. No entorno, só mato.

A construção foi finalizada somente no início dos anos 1980. A previsão inicial, de 24 condomínios, não se confirmou. Foram erguidos dez, que têm nomes de Estados

