

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

CRIAÇÃO DE MODELOS BIM PARA PROJETOS HIS,
COM VISTAS AO PROJETO DOS CUSTOS

Relatório Final do Programa Institucional CNPq / FAU
de Iniciação Científica Sem Bolsa (2021 – 2022)

Sarah Barbosa Martins Silva
Orientador: Prof. Dr. Marcelo Eduardo Giacaglia

São Paulo, SP
2022

Sumário

RESUMO.....	1
1. INTRODUÇÃO	2
2. OBJETIVOS	3
3. METODOLOGIA	3
4. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	4
4.1. BIM	4
4.2. Parametrização	6
4.3. Interoperabilidade	6
4.4. Sistema de Classificação.....	6
4.5. Níveis de Desenvolvimento (LOD)	8
4.6. Projeto dos Custos	10
4.7. Aplicação do Projeto dos Custos ao BIM	10
5. CONJUNTO HABITACIONAL JARDIM EDITE	11
6. DESENVOLVIMENTO	12
6.1. Aprendizado do Software	12
6.2. Modelagem do pavimento tipo da Torre 3	12
6.3. Exercício 01.....	21
6.4. Exercício 02.....	27
7. RESULTADO DA PESQUISA.....	35
7.1. MODELAGEM DO PAVIMENTO TIPO JARDIM EDITE.....	35
7.2. PLANILHA DE QUANTITATIVOS DE ELEMENTOS E ESPAÇOS DA CONSTRUÇÃO	35
7.3. RESOLUÇÃO DOS EXERCÍCIOS	35
7.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS ALUNOS	36
8. CONSIDERAÇÕES FINAIS	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

APÊNDICE A – PLANILHAS COM DADOS EXTRAÍDOS DO SOFTWARE PQTO..	46
Anexo I - Exercício de cálculo de indicadores da economia do edifício a partir de modelos BIM em IFC.....	48
Anexo II – Exercício de inserção do BIM no Projeto dos Custos.....	51
Anexo III – Parte do enunciado do exercício de cálculo de indicadores com a pesquisa para os grupos	64

RESUMO

Na etapa inicial da pesquisa, foi selecionado um dentre os projetos de Habitação de Interesse Social (HIS) indicados por um dos docentes da matéria AUT0518 – Projeto dos Custos da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo e foi escolhido um software autoral BIM a ser usado, para criar um modelo virtual arquitetônico do edifício. A pesquisa começa pela revisão bibliográfica sobre Modelagem da Informação da Construção (BIM), pelos relatórios das pesquisas anteriores e também pela consulta à bibliografia e documentos do projeto do edifício a modelar.

A partir da elaboração de um modelo BIM do edifício escolhido, geram-se métricas do planejamento dos custos para o edifício, ao longo das etapas de sua definição. Na área da construção, essas métricas orientam e permitem aferir se o projeto está ocorrendo de acordo com o orçamento previsto. E, caso seja necessário propostas alternativas, dado um mesmo programa, ou programas equiparáveis, permite a sua comparação em termos de eficiência, pelo cálculo de indicadores da economia da construção e da estimativa de custos e composição de insumos, mão de obra e uso de equipamentos. Almeja, assim, aproximar duas disciplinas distintas, a Modelagem da Informação da Construção sob a lente da Arquitetura (AUT 0587) e o Projeto dos Custos (AUT 0518) e suscitar também outros estudos sobre o BIM.

1. INTRODUÇÃO

O processo de produção arquitetônica passou por diversas modificações nas últimas décadas, principalmente em relação na forma de elaboração de projetos na Construção Civil. Com o advento do CAD (do inglês, *Computer-Aided Drafting/Design*, ou desenho/projeto assistido por computador), o desenho manual passou para o digital, substituindo, assim, a prancheta eletrônica. Entretanto, apesar de ser uma grande mudança, diversas atividades continuaram a mesma. Um exemplo é a extração de quantitativos, a partir de desenhos bidimensionais, feitos à mão ou em CAD, para o projeto dos custos. Tal forma de calcular induz ao erro de inconsistência, devido a necessidade de refazer a extração de todas as partes modificadas do projeto, estando sujeito também ao erro de medidas e transcrição de valores.

Com o surgimento das ferramentas BIM (*Building Information Modelling*), a modelagem é feita em um único modelo tridimensional paramétrico e com atributos, resultando em modelos de informação da construção. Esta metodologia ocasionou em uma grande transformação nas áreas de Arquitetura e Engenharia Civil, em virtude da possibilidade de extrair diretamente do modelo dados como preço, quantidade e materiais, dependendo do grau de detalhamento dos modelos produzidos, além disso é possível verificar as interferências entre os elementos do projeto, conhecido como *clash detection*. Tendo em vista isso, a adoção do BIM proporciona ganhos como a redução de tempo e de retrabalho, além de melhorar o fluxo do projeto, proporcionando um desenvolvimento mais integrado e otimizado. Tal fato foi possível graças a interoperabilidade entre os diversos softwares, ou seja, a escolha do software é feita de forma livre por cada projetista, podendo ter a troca de informações feitas das seguintes maneiras, em ordem de importância: por meio do uso de modelos neutros, o IFC, pela tradução entre os formatos proprietários de softwares diferentes, por programas especificamente desenvolvidos para isso e, por último, por meio do uso de uma única plataforma de software em todo o processo.

O uso do BIM desde das etapas iniciais do projeto pode trazer diversos benefícios. Um exemplo é a possibilidade de calcular indicadores de economia da construção a partir da extração de quantitativos que, em conjunto com outros como de segurança, conforto e eficiência energética, devem orientar todo o projeto. Tendo

em vista o objeto de estudo desse projeto, uma habitação social, a questão econômica é fundamental, dado o financiamento público e a capacidade de pagamento dos mutuários. Dessa maneira, a extração de quantitativos, de forma eficiente, e a sua correlação com tabelas de composição de insumos e custos é de extrema importância para analisar a viabilidade econômica da construção, possibilitando uma melhor orientação para as decisões acerca do projeto.

2. OBJETIVOS

Esta pesquisa tem por objetivo estudar o processo de modelagem, em software BIM autoral de um projeto de Habitação de Interesse Social – HIS, orientado ao projeto dos custos. Busca entender os aspectos da modelagem necessários à correta extração de indicadores de economia do edifício e quantitativos, associados a espaços e elementos da construção, em diferentes etapas do desenvolvimento do projeto.

Além disso, a partir deste trabalho, busca-se desenvolver um modelo digital de um edifício para contribuir para o aprimoramento da disciplina AUT0518 – Projeto dos Custos da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.

3. METODOLOGIA

A metodologia proposta inicia-se pelas referências bibliográficas sobre a Modelagem de Informação da Construção BIM (GSA, 2007; SUCCAR, 2009; ANDERY ET AL. 2010; EASTMAN ET AL. 2011; GIACAGLIA e MOURA, 2015) e da bibliografia da disciplina AUT0518 – Projeto dos Custos (CERON, 2011). Além disso, utiliza-se como ponto de partida a Revisão Sistemática da Literatura (RSL) feita por Rappl e Medrano (2017) sobre o estudo da avaliação de projetos de habitações de interesse social, como também a análise de indicadores, segundo o método I+D+VS e outros, abordada por Nagle, Rappl e Medrano (2013).

O edifício escolhido para ser modelado foi a Torre 3 do Conjunto Habitacional do Jardim Edite, projetada pelos escritórios MMBB Arquitetos e H+F Arquitetos. As técnicas de modelagem em software BIM aplicadas no estudo atual têm por base a experiência acumulada em pesquisas de Iniciação Científica anteriores (VIANNA, 2018, SALMAZO, 2020 e CORREIA, 2021). Essas pesquisas possuíam um

maior enfoque na análise do comportamento do software BIM autoral no processo de projeto, enquanto a presente pesquisa tem como principal objetivo analisar o processo, orientado para os projetos dos custos, realizadas a cada etapa, da obtenção de indicadores da economia do edifício, à quantificação de insumos, mão de obra, uso de equipamentos etc. Dessa maneira, busca-se a obtenção de modelos BIM que contenham e dos quais se possa extrair, com eficiência, as informações necessárias para os cálculos do projeto dos custos.

Para o estudo do Projeto dos Custos, utilizou-se um software em desenvolvimento pelo docente orientador. Tal programa, chamado PQTO, é capaz de extrair os quantitativos do modelo arquitetônico BIM a partir de seu formato neutro IFC. O software foi essencial para testar os modelos produzidos nas pesquisas de Iniciação Científica, uma vez que auxilia encontrar eventuais erros de modelagem, que poderiam comprometer uma futura leitura dos arquivos ao serem compartilhados.

4. PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

4.1. BIM

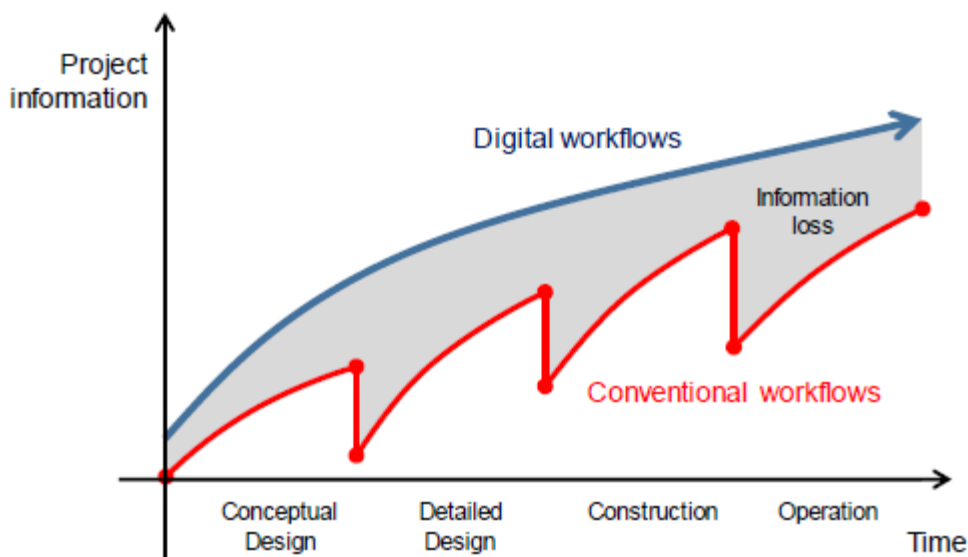
Um dos primeiros assuntos a serem aprofundados no início da pesquisa foi a mudança do processo manual para o processo digital até chegar nos conceitos relacionados ao BIM, de maneira a compreender a sua lógica e sua funcionalidade.

A partir da década de 80, a representação dos projetos arquitetônicos começa a ser auxiliada pelo CAD (do inglês, Computer-Aided Drafting/Design, ou desenho/projeto assistido por computador). O uso desse software é de maneira similar ao método manual, uma vez que os elementos da construção são representados essencialmente por linhas. Apesar de ter uma execução mais rápida, é um processo parecido com o manual, podendo apresentar redundância de informação, acarretando em erros de inconsistência, devido ao fato de ter que alterar todos os desenhos, sejam plantas, elevações e/ou cortes. Esse processo pode ocasionar na perda de informações em diversas etapas do projeto devido ao retrabalho para recuperar dados que não estão integrados a um único modelo, mas em diversos desenhos e outros documentos (Figura 01). Tal fato mudou com os primeiros CAD paramétricos, o desenho passa a ser feito em um único modelo tridimensional.

É nesse contexto que o BIM (Building Information Model ou Modelagem da Informação da Construção) se torna importante. Segundo a definição do US National Building Information Modeling Standard (NIBS, 2015) o BIM é a:

“...representação digital das características físicas e funcionais de uma instalação, criando um recurso de conhecimento compartilhado para a informação sobre ela, formando uma base confiável para decisões durante o seu ciclo de vida, desde a sua primeira concepção até a demolição.” (tradução nossa)¹

Figura 01: Perda de informação devido ao retrabalho.



Fonte: Eastman et al. (apud BORRMANN ET AL., 2019, p. 3).

Com base nisso, compreende-se que com a tecnologia BIM é possível relacionar informações do projeto dentro de um modelo 3D, possibilitando o planejamento da construção (projeto dos custos, mão de obra, materiais, cronograma), a detecção de problemas e também a compatibilização de projetos de diferentes disciplinas (arquitetura, estrutura, instalações etc.) (SALMAZO, 2020).

Um outro benefício do BIM é possibilitar a preparação e execução da própria construção. Ao fornecer o modelo digital do edifício como parte do processo é

¹ No original: “...digital representation of physical and functional characteristics of a facility creating a shared knowledge resource for information about it forming a reliable basis for decisions during its life cycle, from earliest conception to demolition.”

possível determinar, por exemplo, os serviços e custos necessário para a preparação da proposta (BORRMANN ET AL., 2019). Dessa maneira, pode-se associar o modelo com o cronograma da construção, o BIM 4D, e também com os custos e o fluxo de caixa do empreendimento.

4.2. Parametrização

Os modelos BIM são paramétricos, ou seja, utiliza-se dos parâmetros (números, textos ou formulas) para determinar seu comportamento definindo, assim, relações entre os componentes do modelo (NEW ZEALAND BIM HANDBOOK, 2014). Por meio desses parâmetros é possível modificar e adaptar todos os objetos, de maneira automática, sem a necessidade de modificar cada elemento individualmente, evitando o retrabalho e aumentando a eficiência do processo do projeto.

4.3. Interoperabilidade

O BIM entendido como processo colaborativo, por envolver profissionais de diversas disciplinas, requer que os modelos possam ser comunicados em uma linguagem comum, dado que cada um usa os softwares que considera os mais apropriados às suas atividades. Dessa maneira, a interoperabilidade é essencial para os modelos, visto que consiste na capacidade de um sistema utilizar e compartilhar componentes, elementos e informações de outro sistema, sem que haja perda no meio desse processo ou estas sejam mínimas.

Uma das principais formas de garantir a interoperabilidade no processo do projeto é a utilização do formato neutro padrão, o IFC (Industry Foundation Classes). Por tratar de um formato aberto e neutro, seu uso é independente de fabricante, contribuindo, assim, para uma troca contínua de informação.

4.4. Sistema de Classificação

Para que ocorra uma melhor interoperabilidade entre as áreas envolvidas nos projetos, é necessário um sistema normalizado de classificação dos elementos, espaços da construção, de produtos, de materiais, ou seja, de toda a construção. Esse sistema busca evitar ou diminuir ao máximo o número de incertezas ou dubiedade na

comunicação de modelos, em decorrência das trocas entre as áreas e evitar interpretações errôneas.

Atualmente, existem diversos sistemas de classificação de modo a estruturar e padronizar as informações a cerca à construção, por exemplo: a OmniClass (Estados Unidos) e a UniClass (Reino Unido). No Brasil, há a série das normas ABNT 15956 - Sistema de Classificação da Informação da Construção que apresenta a terminologia, os princípios do sistema de classificação e os grupos de classificação. Esses sistemas de classificação consistem de tabelas que permitem a classificação multifacetada dos objetos, representativos, da construção como um todo até os produtos e materiais, serviços e equipamentos usados na sua construção.

O sistema a ser utilizado neste estudo é o da série NBR 15965 da ABNT em conjunto com a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI). Tal correspondência foi feita pensando na finalidade do projeto. É possível associar um código da NBR 15965 a diversos conjuntos de códigos do SINAPI. Por exemplo, a tabela 3E da norma identifica o elemento da construção e ao associar os códigos SINAPI é possível indicar a forma pela qual esse elemento será realizado na obra, dadas as diferentes alternativas disponibilizadas. Já a tabela 3R, não utilizada neste estudo, indica qual a ação sobre o elemento será realizada, se será uma construção (qual a forma da construção, se moldada in loco ou montada), reparo, demolição, etc. Vale ressaltar que essa pesquisa foi desenvolvida inicialmente sem que a NBR15965 tivesse sido publicada na íntegra. Atualmente, apesar de já estar publicada, o seu acesso é restrito, ou seja, diferentemente de outros sistemas o acesso a ela não é livre.

Os sistemas de classificação são divididos em níveis que agrupam elementos físicos ou virtuais. A série NBR 15965 da ABNT é dividida na seguinte estrutura de classe:

Tabela 01: Estrutura das classes.

Grupo	Tema	Classificação
Grupo 0	Características dos objetos da construção	0M – Materiais da construção; 0P – Propriedades da construção.
Grupo 1	Processos da construção	1F – Fases da construção; 1S – Serviços da construção; 1D – Disciplinas da construção.
Grupo 2	Recursos da construção	2N – Funções da construção; 2Q – Equipamentos da construção; 2C – Produtos da construção.
Grupo 3	Resultados da construção	3E – Elementos da construção; 3R – Resultados de serviços da construção.
Grupo 4	Unidades e espaços da construção	4U – Unidades da construção; 4A – Espaços da construção.
Grupo 5	Informações da construção	5I – Informações da construção

Fonte: NBR 15965 -1.

Na atual pesquisa, faz-se uso das classificações 3E – Elementos da construção, 4U – Unidades da construção e a 4A – Espaços da construção.

4.5. Níveis de Desenvolvimento (LOD)

O desenvolvimento de um projeto é um processo contínuo de elaboração, podendo ter um maior ou menor grau de detalhamento, dependendo do nível do projeto. A escala dos desenhos define bem a fase do projeto, seu grau de elaboração, a maturidade e a confiabilidade das informações a serem fornecidas (BORRMANN ET AL, 2019). Entretanto, tal fato não ocorre com os modelos digitais, necessitando, assim, de um sistema de classificação que organiza o grau de confiabilidade das informações de um modelo BIM. Com base nisso, o LOD (Level of Development) (BIMForum, 2021) ou Nível de Desenvolvimento (ND) (MANZIONE, 2013) surge para classificar o nível de desenvolvimento de um projeto e dar maior clareza para as

equipes, de modo que entendam até que ponto o elemento foi desenvolvido. Vale ressaltar que é possível calcular os indicadores da economia a partir do LOD 200, o esperado para as etapas iniciais do projeto, o mesmo sendo válido para a extração de quantitativos para estimativas de insumos e custos. A precisão dessas estimativas está associada ao LOD dos elementos e espaços da construção.

O LOD é dividido em cinco níveis, cada um corresponde a um certo grau de definição dos elementos, componentes e materiais do projeto. São eles:

- **LOD 100** (Conceitual): Nesse nível a representação do elemento é feita por meio de símbolos ou ilustração genérica bidimensional. Não apresentam forma, tamanho e a localização é considerada aproximada.
- **LOD 200** (Geometria aproximada): O elemento é representado no modelo com quantidades, tamanho, forma, localização e orientação aproximadas. Nesta etapa já é possível ter algumas informações que não sejam gráficas relacionadas com o modelo.
- **LOD 300** (Geometria precisa): O elemento já é representado de uma maneira precisa, possuindo uma quantidade, tamanho, forma e orientação definida. Nesse momento, segundo o BIMForum (2021), não há a necessidade de verificar as anotações acerca do projeto, pois as informações podem ser retiradas direto do modelo.
- **LOD 350**: Nesse nível, o elemento já é representado graficamente como um sistema, objeto ou conjunto específico em termos de quantidade, tamanho, forma, localização, orientação e interfaces com outros sistemas de construção. É possível nesse momento fazer a modelagem de partes necessárias para a coordenação de elementos próximos ou juntos, como o uso de suportes e conexões.
- **LOD 400** (Execução): A representação é feita maneira precisa, possuindo uma quantidade, tamanho, forma e orientação definida. Tal fato contribui para uma modelagem com detalhes, precisão para a fabricação e informações sobre a instalações.

- **LOD 500 (As-built):** Neste caso a representação é verificada em campo em termo de tamanho, forma, localização, quantidade e orientação.

4.6. Projeto dos Custos

O projeto dos custos consiste na determinação dos gastos necessários para a realização de um projeto, sendo esses gastos representados em termos quantitativos (LIMMER, 1997). Um de seus principais objetivos é definir o custo de execução de cada atividade ou serviço, nesse caso, de uma obra.

O planejamento dos custos apoia-se em um método que prevê atividades futuras que consomem recurso, acarretando, assim, em um determinado custo. Ou seja, é uma previsão de diversas atividades monetárias ao longo do processo de execução de um projeto. Sendo assim, a orçamentação pode ser aplicada em temas como: custo da obra, levantamento dos materiais e serviços, dimensionamento da equipe, realização de simulações, geração de cronogramas físicos e financeiro e análise de viabilidade econômico-financeira.

4.7. Aplicação do Projeto dos Custos ao BIM

Durante as aulas da matéria AUT0518 – Projeto dos Custos, os alunos são ensinados sobre a forma tradicional de orçar um projeto. Tal processo consiste no uso de planilhas de custos com dados quantitativos retirados manualmente de desenhos 2D. A partir disso é possível calcular, para todo empreendimento, desde indicadores de economia da construção (eficiência), até a quantificação e os custos de material, equipamento, mão-de-obra, etc. Na prática profissional, entretanto, tal método é passível de erros recorrentes, por ser manual, contribuindo, assim, para imprecisões e um alto consumo de tempo (ANDRADE, BIOTTO e SERRA, 2021).

Com a modelagem do edifício em BIM, a extração de quantitativos é feita de maneira automática, garantindo, assim, uma maior consistência, precisão, rastreabilidade e agilidade no acesso às informações (CADERNO BIM, 2018). Este pode ser desenvolvido de três maneiras: por meio de exportação de quantitativos do modelo BIM para um software de orçamentação, pela vinculação do software BIM com

o software de orçamentação e por meio de ferramenta BIM específica para levantamento de quantitativos e orçamentação.

Para que a modelagem, visando a orçamentação, seja eficiente e tenha um alto grau de precisão dos quantitativos e custos, necessita-se verificar, segundo Mattana e Librelotto (*apud* ANDRADE, BIOTTO, SERRA, 2021, p.2), a qualidade do modelo, o nível de detalhamento das informações do modelo, a forma como o modelo foi desenvolvido e a facilidade ou dificuldade de acompanhamento da quantidade obtida no modelo. Além disso, é de extrema importância averiguar todo o modelo para que não haja nenhum elemento duplicado e uniformizar as unidades de medidas do modelo e da orçamentação.

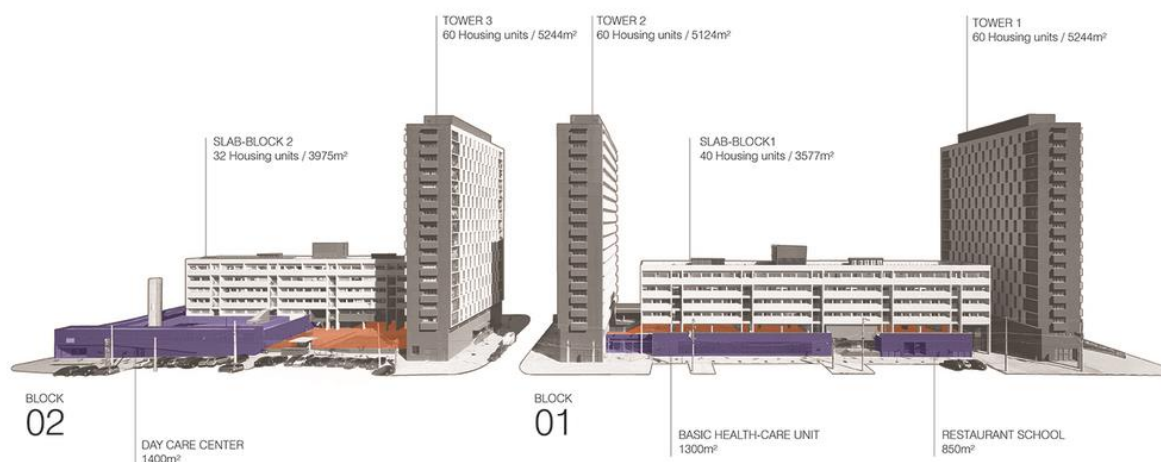
5. CONJUNTO HABITACIONAL JARDIM EDITE

O objeto de estudo dessa pesquisa é a Torre 3 do Conjunto Habitacional Jardim Edite projetada em 2010 pelos escritórios H+F Arquitetos e o MMBB Arquitetos. Tal projeto surge do intuito de ocupar o perímetro onde antes situava uma favela de mesmo nome, inserida em um local de grande valorização imobiliária e parte do novo centro financeiro e de serviços da cidade São Paulo.

O conjunto está localizado no bairro do Brooklin, zona Sul da Capital, organizando-se em duas quadras a partir do cruzamento de duas grandes avenidas: Engenheiro Luís Carlos Berrini e Jornalista Roberto Marinho, junto à ponte Octavio Frias de Oliveira. A Torre 3, a qual está sendo estudada, foi construída em conjunto com um edifício habitacional baixo articulado com uma creche (vide Figura 02). Essa combinação entre equipamentos públicos e as moradias foi feito de modo a integrá-los com a região, não somente ser voltado para a comunidade moradora.

A Torre 3 constitui-se de 17 pavimentos, sendo eles: o térreo, com a circulação vertical para os outros andares, a sala de estudo e os depósitos de lixo; o pavimento condominial, com o salão condominial; os pavimentos tipos, com quatro apartamentos por andar, sendo um andar com unidades do tipo PNE. Apesar de possuir duas tipologias de apartamentos em cada andar, ambos são apartamentos de dois quartos, um banheiro, sala, cozinha e lavanderia.

Figura 02: Conjunto Habitacional Jardim Edite.



Fonte: ArchDaily.²

6. DESENVOLVIMENTO

6.1. Aprendizado do Software

A aprendizagem do software iniciou pela consulta a tutoriais, disponíveis online, em formato de vídeos e também em materiais didáticos disponibilizados de pesquisas de Iniciação Científica anteriores (VIANA, 2018; SALMAZO, 2020; CORREIA, 2021), disponíveis na página da disciplina AUT0514 - Computação Gráfica.

6.2. Modelagem do pavimento tipo da Torre 3

A partir dos documentos cedidos pelo Prof. Dr. Milton Liebentritt de Almeida Braga, um dos arquitetos responsáveis pelo projeto, foi possível ter acesso ao projeto executivo do Conjunto Habitacional Jardim Edite. Observando os materiais disponíveis, percebeu-se que a Torre 3 era a que possuía mais informações que ajudariam na modelagem, optando por ela.

Inicialmente, antes de começar a modelagem do edifício, foi necessário configurar algumas informações no software ArchiCAD da empresa Graphisoft, como, por exemplo, a definição da localização do projeto, da unidade de medida e a

² Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/>. Acessado em: 15 abril 2022.

estruturação dos *layers* a serem utilizados. Nesse momento foi feito também a importação parcial das tabelas 3E e 4A da série NBR 15965 da ABNT para a classificação dos elementos e espaços da construção. Vale destacar que essa etapa foi refeita algumas vezes devido a modificação constante da norma, ainda em desenvolvimento. Após essas definições, anexou-se o arquivo em formato PDF, fornecido pelo Arquiteto, como referência externa do pavimento tipo para ser utilizada como base para modelagem, adequando a escala do arquivo, logo em seguida, uma vez que a escala da imagem não coincidia com a escala de modelagem do software.

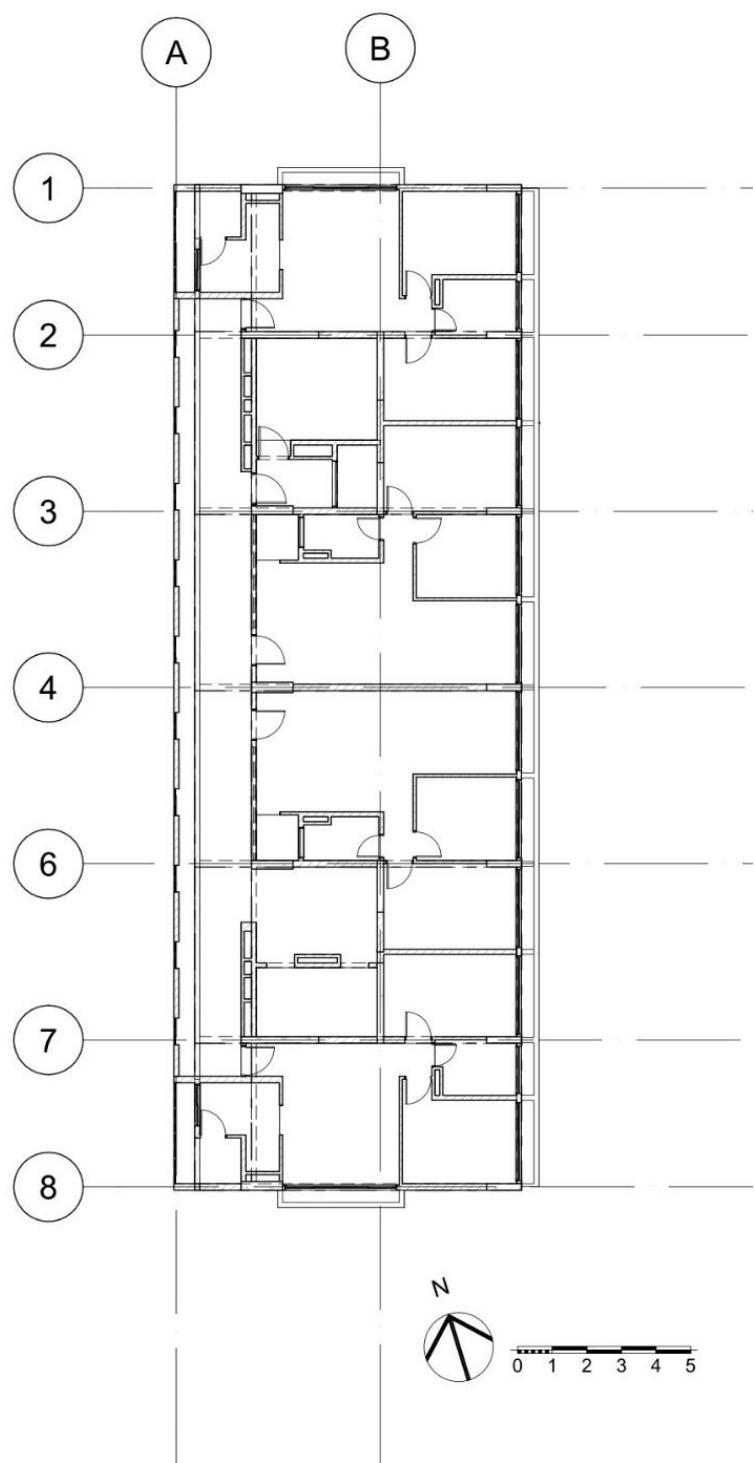
Observando a localização dos pilares existentes no projeto, definiu-se a locação dos eixos estruturais (Figura 03). E, antes de iniciar a parte estrutural, definiu-se os níveis (pavimentos). Para modelar o pavimento tipo, este foi dividido em dois níveis arbitrários: Apartamento A, nível dos apartamentos que terminam em 01 e 04 (figura 04), e o Apartamento B, nível dos apartamentos que terminam em 02 e 03. Essa divisão foi feita, pois no ArchiCAD há uma ferramenta, o Módulo Associado, que possibilita a gestão de partes repetidas ou padronizadas de uma única vez. Este recurso é importante, pois, se forem necessárias alterações em um desses módulos, a modificação é feita de maneira automática em todos os arquivos que possuem ligação com este, evitando, assim, um retrabalho e contribuindo na redução de redundância de informação do modelo, e as inconsistências que isso poderia gerar (de ocorrerem diferenças não existentes entre apartamentos do mesmo tipo nos diversos locais de sua ocorrência).

Após essa etapa, começou a modelagem dos elementos da estrutura, com as vigas, pilares e as lajes, tendo um cuidado maior com estes últimos por possuírem diferentes espessuras que afetam no cálculo dos custos (figura 05). Com a parte estrutural finalizada, iniciou uma segunda etapa de modelagem, com as vedações, as esquadrias e as portas, tomando como base a etapa anterior. Estes elementos foram modelados como Módulos Associados, visto que repetiam em outros apartamentos. E após a colocação desses componentes, delimitou-se os espaços da construção.

Vale ressaltar que para diferenciar os elementos e os espaços da construção estes foram identificados de maneira unívoca, como demonstrado na figura 06. Entretanto, ao utilizar o Módulo Associado, houve uma duplicidade na identificação, causando uma certa dificuldade para identificar o elemento ou o espaço

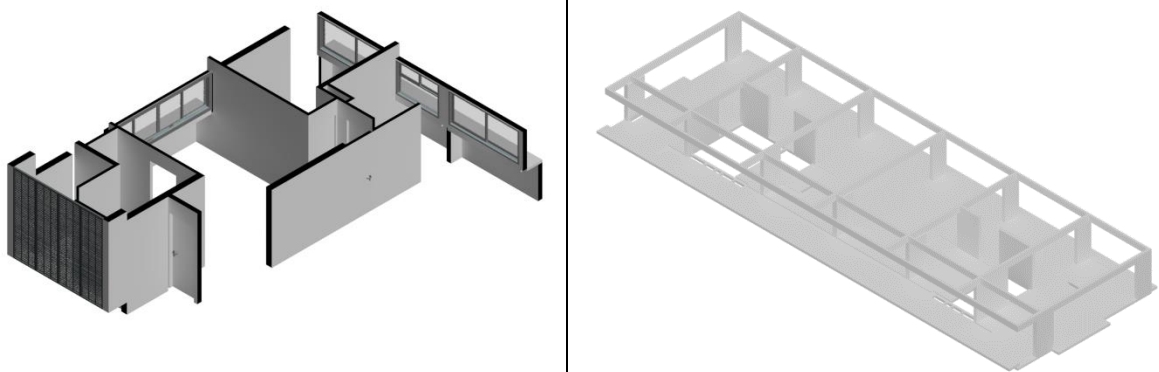
da construção que estava relacionado. Dessa maneira, para resolver esse problema, antes de associar o Modulo no arquivo, foi necessário adicionar uma identificação para todos os elementos daquele modulo (Figura 07, 08 e 09). Além disso, para ter uma maior precisão na identificação, há o uso de uma nomenclatura descritiva (Tabela 02).

Figura 03: Identificação dos elementos.



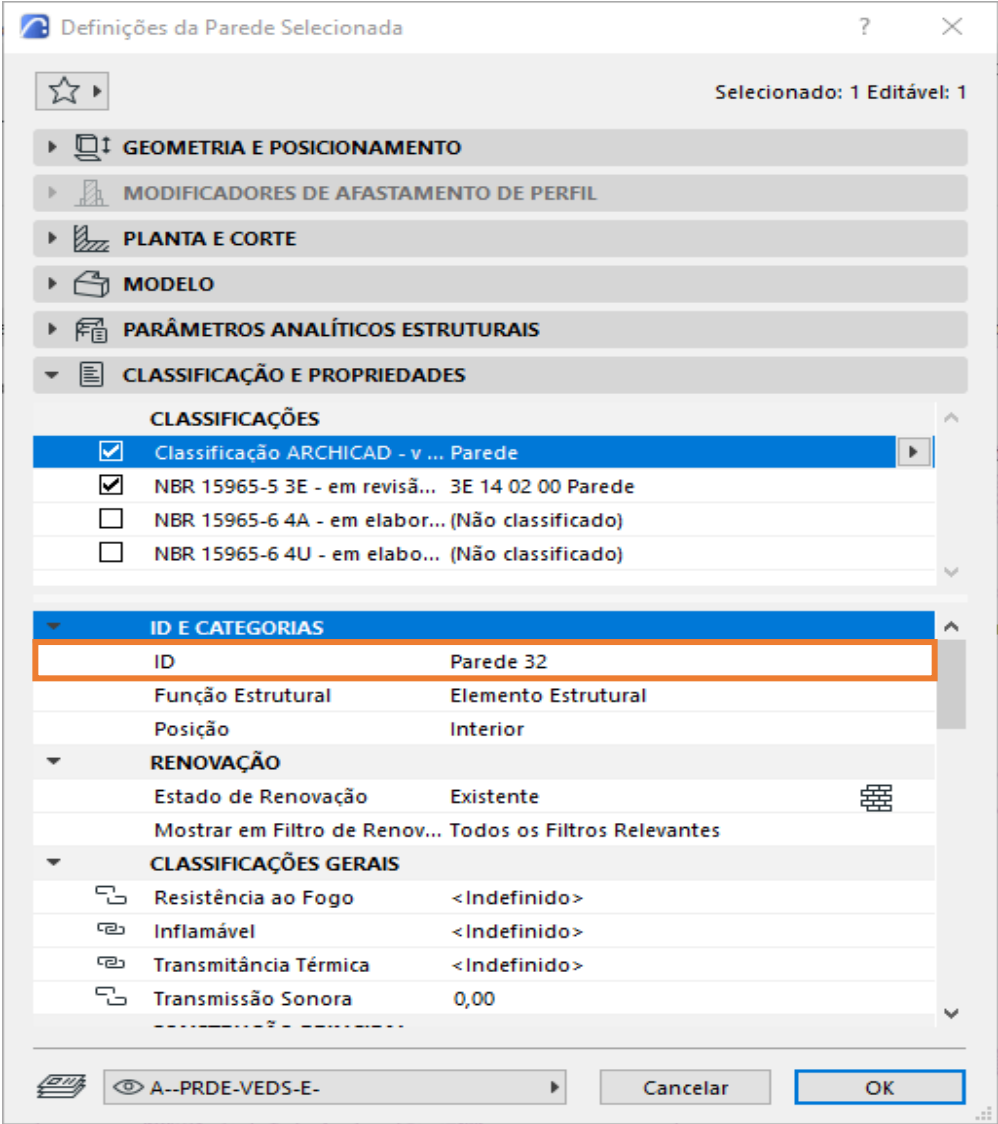
Fonte: Feito pela autora.

Figuras 04 (a esquerda) e 05 (a direita): Modulo dos apartamentos 01 e 04 e estrutura do pavimento tipo.



Fonte: da autora.

Figura 06: Identificação dos elementos.



Fonte: da autora.

Figura 07: Identificação do módulo.

Colocar Associação

Padrão

MÓDULO



☐ Pular Módulos Aninhados Selecionar Módulo...

DEFINIÇÕES ASSOCIAÇÃO

Vegetal:   Vegetal ARCHICAD

ID Principal:

☐ Alinhar Módulo pela Origem do Projeto 

Orientação:  ☐  

☐ Ajustar o ângulo dos elementos de ângulo fixo para refletir a rotação da Associação

Elevação dos Elementos:  ☒ Ajustar a Elevação para a Estrutura de Pisos do Projeto Hospedeiro

 ☐ Manter a Elevação como na Estrutura de Pisos da Origem da Associação

Afastamento Adicional: 

☒ Voltar a Vincular todas as Portas/Janelas à Parede Base

Elementos Vinculados no Topo:  ☐ Ajustar a Altura para a Estrutura de Pisos do Projeto Hospedeiro

 ☒ Manter a Altura como na Estrutura de Pisos da Origem da Associação

Cancelar Colocar Associação...

Fonte: da autora

Figura 08: Identificação dos elementos segundo o modulo.

Definições da Parede Seleccionada ? X

Selecionado: 1 Editável: 0

★

▶ GEOMETRIA E POSICIONAMENTO

▶ MODIFICADORES DE AFASTAMENTO DE PERFIL

▶ PLANTA E CORTE

▶ MODELO

▶ PARÂMETROS ANALÍTICOS ESTRUTURAIS

▼ CLASSIFICAÇÃO E PROPRIEDADES

CLASSIFICAÇÕES

☒ Classificação ARCHICAD - v ... Parede

▼ ID E CATEGORIAS

ID	Apt 01 - Parede 01
Função Estrutural	Elemento Estrutural
Posição	Exterior

▼ RENOVAÇÃO

Estado de Renovação	Existente	
Mostrar em Filtro de Renov...	Todos os Filtros Relevantes	

▼ CLASSIFICAÇÕES GERAIS

 Resistência ao Fogo	<Indefinido>
 Inflamável	<Indefinido>
 Transmitância Térmica	<Indefinido>
 Transmissão Sonora	0,00

▼ CONSTRUÇÃO PRINCIPAL

 Tipo de Construção	<Indefinido>
 Tecnologia	<Indefinido>

▼ MEIO AMBIENTE

  A--PRDE-VEDS-E- ▶

Cancelar OK

Fonte: da autora.

Figura 09: Identificação dos elementos segundo o modulo.

Definições da Parede Seleccionada ? X

Selecionado: 1 Editável: 0

★ ▶

- ▶ **GEOMETRIA E POSICIONAMENTO**
- ▶ **MODIFICADORES DE AFASTAMENTO DE PERFIL**
- ▶ **PLANTA E CORTE**
- ▶ **MODELO**
- ▶ **PARÂMETROS ANALÍTICOS ESTRUTURAIS**
- ▼ **CLASSIFICAÇÃO E PROPRIEDADES**
 - CLASSIFICAÇÕES**

☒ Classificação ARCHICAD - v ... Parede
 - ▼ **ID E CATEGORIAS**

ID	Apt 04 - Parede 01
Função Estrutural	Elemento Estrutural
Posição	Exterior
 - ▼ **RENOVAÇÃO**

Estado de Renovação	Existente	
Mostrar em Filtro de Renov... Todos os Filtros Relevantes		
 - ▼ **CLASSIFICAÇÕES GERAIS**

 Resistência ao Fogo	<Indefinido>
 Inflamável	<Indefinido>
 Transmissão Térmica	<Indefinido>
 Transmissão Sonora	0,00
 - ▼ **CONSTRUÇÃO PRINCIPAL**

 Tipo de Construção	<Indefinido>
 Tecnologia	<Indefinido>
 - ▼ **MEIO AMBIENTE**

 A--PRDE-VEDS-E- ▶ **Cancelar** **OK**

Fonte: da autora.

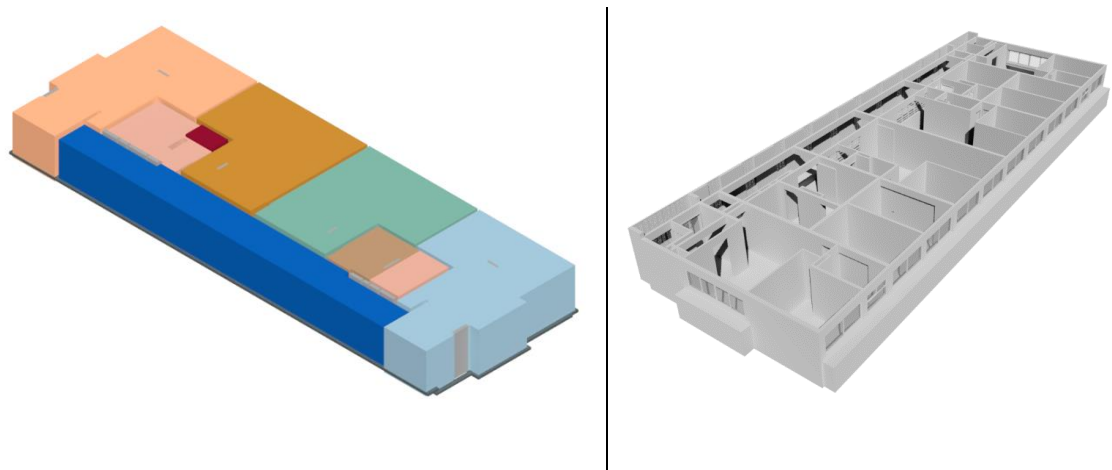
Tabela 02: Exemplo de nomenclatura descritiva dos elementos.

Elemento	Exemplo de descrição
Viga	Viga-interior-generico_in-loco-concreto_armado-140mm-360mm
Pilar	Pilar_retangular_seção_constante_1000mm_190mm
Laje	Laje_interior-generico_in-loco_concreto-armado_140mm
Parede	Parede-exterior-generico-in_loco-tijolo_maciço_sem_revestimento-140mm
Porta	Porta_abrir-interior-generico-generico-generico-88cm
Janela	Janela-dupla_correr-generico-generico-aluminio-226cm-925cm

Fonte: da autora.

Vale ressaltar também, após a modelagem dos itens anteriores, dividiu os espaços em zonas (figura 10). Esse processo é essencial para o cálculo de alguns indicadores no exercício a ser feito na matéria AUT0518. A modelagem final do pavimento tipo encontra-se como apresentado na figura 11.

Figuras 10 e 11: Modelo com zonas (a esquerda) e modelo final (à direita) do pavimento tipo da Torre 3, retirada do software Solibri.



Fonte: da autora.

6.3. Exercício 01

Após a modelagem do pavimento tipo do edifício do Jardim Edite, foi feita a extração dos quantitativos pelo professor orientador usando o software PQTO, gerando duas planilhas: uma para elementos da construção, nomeada como *_BldgElement_QTO*, e outra para os espaços da construção, *_Space_QTO* (Apêndice A). A partir dos dados obtidos nessa etapa, foi possível disponibilizá-los para os alunos da matéria AUT0518 – Projeto dos Custos para a realização do exercício “Cálculo de indicadores da economia do edifício a partir de modelos BIM em IFC” (Anexo I). A seguir, será demonstrado como foi feito os cálculos com o modelo BIM.

Indicador 01 – Área Privativa Média [m²]

O cálculo da área privativa média é feito considerando a área total do pavimento tipo, subtraindo as áreas de circulação vertical e horizontal dividida pelo número de unidades do pavimento. Seguindo essas instruções, em um primeiro momento, aplicou-se um filtro na coluna *TypeName* da planilha *_SPACE_PQTO* para selecionar somente as áreas privativas e após isso somou-se, usando a coluna *GrossFloorArea*, todas as áreas privativas, encontrando 205,08 m², dividindo pelo número de apartamentos, chegando, assim, no resultado de 51,27 m² de área privativa média (tabela 03).

Tabela 03: Cálculo da área privativa média a partir das planilhas disponibilizadas.

LongName	TypeName	GrossFloorArea
Apartamento 01	Área Privativa	52,16
Apartamento 02	Área Privativa	50,38
Apartamento 03	Área Privativa	50,38
Apartamento 04	Área Privativa	52,16
Área Total Privativa (m²)		205,08
Área Privativa Média (m²)		51,27

Fonte: da autora.

Indicador 02 – “Área De Vassoura” Privativa [m²]

A “área de vassoura” privativa consiste do total da área privativa sem as projeções de suas paredes. Esse indicador é utilizado para avaliar o uso dos ambientes das unidades habitacionais. Para calcular esse indicador, em um primeiro momento, subtraiu as projeções das paredes e depois dividiu a soma da área privativa total pelo número de apartamentos, encontrando o valor de “área de vassoura” média

privativa de cada apartamento. Vale evidenciar que, na modelagem, optou-se por não distinguir cada ambiente interno às unidades habitacionais, mas a sua totalidade, incluindo as paredes internas. Isso facilitou o cálculo do Indicador 01 (acima), por outro lado tornou o cálculo deste indicador mais complexo.

Na tabela a seguir (tabela 04), é possível observar os valores dessas projeções e o valor final da média da área privativa.

Tabela 04: Cálculo da área “de vassoura” privativa e da área privativa média final.

LongName	GrossFloorArea	Área de projeção das paredes	Área dos apartamentos
Apartamento 01	52,16	2,32	49,84
Apartamento 02	50,38	1,84	48,54
Apartamento 03	50,38	1,84	48,54
Apartamento 04	52,16	2,32	49,84
Área “de Vassoura” Privativa Final (m²)			196,76
Área Privativa Média Final (m²)			49,19

Fonte: da autora.

Indicador 03 - Eficiência do Projeto [%]

A eficiência do projeto possui relação direta com a área privativa (encontrada anteriormente) e a área total do pavimento. Tal cálculo é feito para analisar a otimização das áreas de circulação vertical e horizontal, que são áreas construídas, porém consideradas como não “úteis”. Com base nisso, foi possível calcular a eficiência, dividindo a área privativa pela área total do pavimento, encontrada pela soma de todas as áreas existentes na planilha ‘_Space_QTO’ (Tabela 05). Nessa etapa ficou evidente a importância das informações vinculadas em modelos BIM. A definição de um zoneamento para os espaços da construção, aqui expresso como TypeName, permite uma maior eficiência na seleção (por filtragem) dos dados nas planilhas a serem utilizados nos cálculos.

Tabela 05: Cálculo da eficiência do projeto a partir das planilhas disponibilizadas.

LongName	TypeName	GrossFloorArea
Apartamento 01	Área Privativa	52,16
Apartamento 02	Área Privativa	50,38
Apartamento 03	Área Privativa	50,38
Apartamento 04	Área Privativa	52,16
Corredor	Circulação Comum	44,39
Escada	Circulação Comum	14,74
Elevadores	Circulação Comum	6,99
Área Técnica	Área Técnica	0,19
Área Técnica	Área Técnica	0,10
Prumada Força	Área Técnica	0,21
Área Técnica	Área Técnica	0,11
Área Técnica	Área Técnica	0,11
Área Técnica	Área Técnica	0,10
Área Técnica	Área Técnica	0,19
Área Técnica	Área Técnica	2,10
Hall dos Elevadores	Circulação Comum	10,14
Telefone / Tv	Área Técnica	0,13
Interfone	Área Técnica	0,26
Gás / Água	Área Técnica	0,14
Gás / Água	Área Técnica	0,16
Interfone	Área Técnica	0,08
Telefone / Tv	Área Técnica	0,13
Prumada Força	Área Técnica	0,21
Prumada Adm.	Área Técnica	0,17
Área Total do Pavimento		282,84
Área de Total Privativa		205,08
Eficiência (%)		72,51

Fonte: da autora.

Indicador 04 – Percentual de Área de Circulação [%]

Este indicador possibilita a análise da eficiência do projeto em relação a área de circulação. Para este cálculo, é necessário a área total de circulação e a área total do pavimento. É possível obter ambos os dados da planilha “_Space_QTO”. Vale ressaltar que as áreas de shaft não entram no cálculo, sendo subtraída do valor total do pavimento. Observando o resultado, conclui-se, considerando-se esse indicador isoladamente, o projeto seria pouco eficiente, pois, segundo as notas de aula da AUT0518, um projeto eficiente de 4 unidades habitacionais por pavimento possui um percentual de circulação que varia entre 8 e 12%, enquanto o Jardim Edite possui 27% (tabela 06).

Tabela 06: Cálculo do percentual da área de circulação a partir das planilhas disponibilizadas.

LongName	TypeName	GrossFloorArea
Telefone / Tv	Área Técnica	0,13
Prumada Adm.	Área Técnica	0,17
Interfone	Área Técnica	0,26
Gás / Água	Área Técnica	0,16
Prumada Força	Área Técnica	0,21
Interfone	Área Técnica	0,08
Área Técnica	Área Técnica	0,10
Telefone / Tv	Área Técnica	0,13
Área Técnica	Área Técnica	2,10
Área Técnica	Área Técnica	0,11
Área Técnica	Área Técnica	0,19
Área Técnica	Área Técnica	0,19
Área Técnica	Área Técnica	0,11
Prumada Força	Área Técnica	0,21
Gás / Água	Área Técnica	0,14
Área Técnica	Área Técnica	0,10
Escada	Circulação Comum	14,74
Elevadores	Circulação Comum	6,99
Corredor	Circulação Comum	44,39
Hall dos Elevadores	Circulação Comum	10,14
Área de circulação (m²)		76,26
Área de shaft (m²)		4,40
Área total do pavimento (m²)		285,75
Área de circulação (%)		27,11%

Fonte: da autora.

Indicador 05 - Densidade de Paredes [%]

A densidade de paredes é a relação entre a área do piso ocupada pelas projeções das paredes, incluindo as paredes sob as janelas (peitoris) e retirando as sobre as portas (bandeiras). Por esse indicador, avalia-se o uso dos ambientes nas unidades habitacionais. O resultado é considerado bom quando encontra valores entre 15% e 18%, conforme as notas de aula da AUT0518.

Para calcular esse indicador, em um primeiro momento, foi necessário calcular as áreas de todas as paredes e janelas considerando-se as colunas “width” e “depth”. Após essa etapa, soma-se todos os resultados obtidos e divide pela área total do pavimento, obtendo, assim, a densidade de paredes desse projeto. Ao analisar o resultado obtido (tabela 07), pode-se afirmar que o valor está um no limite da faixa indicada.

Tabela 07: Cálculo da densidade de paredes (%) a partir das planilhas disponibilizadas.³

Name	Width	Depth	Área
Apt 01 - J01	0,73	0,19	0,14
Apt 01 - J02	0,73	0,19	0,14
Apt 01 - J03	0,73	0,19	0,14
Apt 01 - J04	0,73	0,19	0,14
Apt 01 - Parede 01	0,65	0,19	0,12
Apt 01 - Parede 02	1,20	0,19	0,23
Apt 01 - Parede 03	3,37	0,14	0,47
Apt 01 - Parede 04	2,53	0,19	0,48
Apt 01 - Parede 05	0,97	0,09	0,09
...	...	...	...
Parede 75	1,82	0,14	0,25
Parede 76	0,40	0,09	0,04
Parede 77	2,46	0,14	0,34
Parede 78	2,20	0,09	0,20
Parede 79	0,98	0,14	0,14
Área de Projeção de paredes, janelas e cobogós (m²)			53,04
Área Total do pavimento (m²)			285,75
Densidade da parede (%)			18,6

Fonte: da autora.

Indicador 06 - Compacidade [%]

Este indicador analisa o quão “compacto” é um projeto pela relação entre o perímetro de um círculo com a mesma área do projeto e o perímetro efetivamente medido em projeto. Este processo é de extrema importância logo nas etapas iniciais da concepção do projeto, visto que a forma geral de um projeto antecede as decisões sobre os detalhes dos espaços e elementos construtivos. Para um cálculo efetivo desse indicador, deve-se desconsiderar as varandas e passarelas e considerar, somente, os eixos das paredes externas.

Conforme os dados disponibilizados, o projeto é considerado econômico quando apresenta uma compacidade entre 60% e 75%. Com base nisso, quanto menor o valor desse indicador, menos eficiente o projeto é. A partir das informações

³ A tabela aqui inserida é um extrato parcial. A tabela completa será disponibilizada no link: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/15dvXQLNPV2oQIXScuNXeP9jLnSUPHCZ8/edit?usp=sharing&ouid=109983323806652927190&rtpof=true&sd=true>

anteriores, calculou-se a compactidade do projeto, alcançando um valor de 76,83% (tabela 08), ultrapassando um pouco do limite adotado.

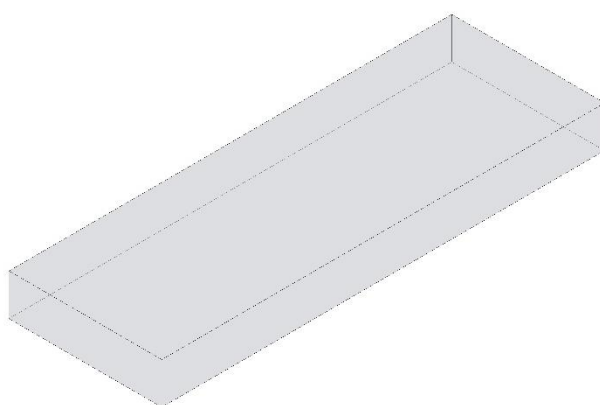
Ao calcular esse indicador, pode-se perceber que este, mesmo utilizando uma base em modelo BIM, é um tanto complexo. Seu resultado depende bastante da forma de modelagem. Por exemplo, se as paredes foram modeladas como inteiras, do piso ao teto, ou por partes, separando o peitoril da bandeira. O cálculo seria menos complexo e mais apropriado se fosse realizado tendo por base o plano de massas da construção. Não necessitando, assim, um grau de detalhamento que incluía paredes e demais elementos, o que pouco acrescenta à sua definição. Dessa maneira, o ideal teria sido reproduzir um plano geral de massas logo na primeira etapa antes da efetiva modelagem do pavimento tipo, algo feito habitualmente nos inícios dos projetos. Diante disso, foi produzido um modelo de massa (figura 12).

Tabela 08: Cálculo da compactidade (%).

Perímetro Círculo	59,92
Perímetro das paredes e das janelas externas (m)	78
Compactidade - $\frac{\text{PerímetroC}}{\text{Área do Pavimento Tipo}}$ (%)	76,83%

Fonte: da autora.

Figura 12: Modelo do pavimento tipo da Torre 3 com massa.



Fonte: da autora.

6.4. Exercício 02

Em outro momento da disciplina AUT 0518, os discentes iam realizar um exercício com a finalidade de gerar quantitativos de insumos, de mão de obra, de uso de equipamento, entre outros, a partir dos dados, visto nas planilhas anteriores, de volume, área e / ou comprimentos de elementos da construção, em conjunto com o sistema SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e com o Índices da Construção Civil da Caixa Econômica Federal. Entretanto, apesar de terem planejado esse trabalho, o mesmo não foi aplicado, mas fica aqui registrado para futuras pesquisas, caso seja necessário.

Assim como o exercício anterior, para uma melhor compreensão dos alunos, este trabalho foi dividido em duas etapas principais: cálculo da quantidade de concreto e o cálculo de formas e escoras. A seguir, será apresentado os cálculos realizados (enunciado em Anexo II).

1. Concreto

A primeira etapa do exercício, era necessário estimar a quantidade de concreto utilizado na obra. Dessa maneira, o cálculo foi dividido entre os seguintes elementos da construção: pilares, vigas e lajes.

1.1. Concreto dos Pilares

Para esse estudo, utilizou-se o volume disponível na planilha “_BldgElement_QTO” e multiplicou pelo custo de concretagem de pilares com o uso de grua. Entretanto, para que o cálculo seja feito de maneira adequada, foi preciso observar as áreas das seções dos pilares, visto que o custo varia segundo esse parâmetro (tabela 09).

Tabela 09: Cálculo do custo estimado da concretagem de pilares.

Name	CrossSectionArea (m ²)	Length (m)	Volume (m ³)	Custo Estimado (R\$)
Pilar 01	0,19	2200	0,42	186,64
Pilar 02	0,19	2200	0,42	186,64
Pilar 03	0,19	2200	0,42	186,64
Pilar 04	0,19	2200	0,42	186,64
Pilar 05	0,19	2200	0,42	186,64
Pilar 06	0,19	2200	0,42	186,64
Pilar 07	0,19	2200	0,42	186,64
Pilar 08	0,38	2560	0,96	419,07
Pilar 09	0,29	2560	0,73	317,48
Pilar 10	0,29	2560	0,73	317,48
Pilar 11	0,44	2560	1,13	493,15
Pilar 12	0,30	2230	0,67	291,11
Pilar 13	0,43	2200	0,94	407,43
Pilar 14	0,30	2200	0,66	287,19
Pilar 15	0,36	2200	0,79	344,63
Pilar 16	0,30	2200	0,66	287,19
Pilar 17	0,43	2200	0,94	407,43
Pilar 18	0,30	2230	0,67	291,11
TOTAL / ANDAR				5169,76

Fonte: da autora.

1.2. Concreto de vigas e lajes

Para realizar o cálculo das vigas e das lajes, primeiro selecionou os valores dos volumes e das áreas das vigas nas planilhas produzidas no software PQTO. Após, multiplicou os volumes pelo custo da concretagem com o uso de guias (tabela 10 e 11), observando a dimensão de suas áreas, assim como visto no cálculo anterior as áreas das vigas influenciam no custo.

Tabela 10: Custo estimado das vigas.

Name	GrossSurfaceArea	GrossVolume	Custo
V01	28,81	1,46	630,24
V02	27,74	1,44	623,48
V03	29,00	1,46	630,24
V04	10,37	0,64	280,03
V05	10,37	0,65	284,31
V06	10,21	0,65	284,24
V07	10,21	0,65	284,24
V08	10,21	0,65	284,24
V09	10,21	0,65	284,24
V10	10,37	0,64	280,03
TOTAL / ANDAR			3865,28

Tabela 11: Custo estimado das lajes.

Name	GrossArea	GrossVolume	Custo
Laje 01	205,21	28,73	12.430,89
Laje 02	7,45	0,82	360,66
Laje 03	3,52	0,39	170,58
Laje 04	2,57	0,28	124,58
Laje 05	1,61	0,18	77,81
Laje 06	2,57	0,28	124,57
Laje 07	1,60	0,18	77,70
Laje 08	3,52	0,39	170,53
Laje 09	7,45	0,82	360,66
Laje 10	37,50	5,25	2.271,82
Laje 11	21,53	3,01	1.304,01
Laje 15	10,31	1,24	544,86
Laje 16	4,81	0,58	253,90
TOTAL / ANDAR			18.975,38

2. Formas

2.1. Formas dos pilares

Primeiramente, para calcular o custo da fabricação das formas para pilares é necessário multiplicar o perímetro pela altura de cada elemento. Assim, é possível chegar em uma estimativa de área de cada forma. Após etapa, multiplica cada valor encontrado pelo seu custo e soma o resultado de todos os elementos, obtendo, assim, o custo por andar tipo (tabela 12). Além da fabricação das formas, estudou-se o custo da montagem e desmontagem das mesmas. Para tal, utilizou as áreas encontradas anteriormente e multiplicou pelos valores disponíveis na tabela no enunciado. O

resultado pode ser visto na tabela 13. É importante ressaltar que nesse custo já embutido os materiais que serão utilizados na montagem e desmontagem, diminuindo, assim, a cada reutilização

Vale ressaltar que, devido a possibilidade de reaproveitar as formas fabricadas, o custo apresentado não é feito por andar. A reaplicação dessas formas em outros pavimentos depende da velocidade que a estrutura será erguida e do tempo de cura do concreto. Dessa maneira, é necessário um estudo mais aprofundado da obra para saber o custo total da fabricação do edifício. Já o custo de montagem e desmontagem das formas é aplicado em todos os pavimentos, independentemente de seu reaproveitamento ou não. Esse tipo de raciocínio também pode ser utilizado nos próximos elementos a serem estudados, as vigas e as lajes, caso as suas dimensões sejam sempre iguais.

Tabela 12: Custo estimado para a fabricação de formas para pilares em chapa de madeira compensada.

Name	Length	Width	Depth	Área da forma	Resinada	Plastificada
Pilar 01	2,2	1	0,19	5,24	840,33	1085,37
Pilar 02	2,2	1	0,19	5,24	840,33	1085,37
Pilar 03	2,2	1	0,19	5,24	840,33	1085,37
Pilar 04	2,2	1	0,19	5,24	840,33	1085,37
Pilar 05	2,2	1	0,19	5,24	840,33	1085,37
Pilar 06	2,2	1	0,19	5,24	840,33	1085,37
Pilar 07	2,2	1	0,19	5,24	840,33	1085,37
Pilar 08	2,56	0,19	1,98	11,11	1783,11	2303,07
Pilar 09	2,56	0,19	1,5	8,65	1388,69	1793,64
Pilar 10	2,56	0,19	1,5	8,65	1388,69	1793,64
Pilar 11	2,56	0,19	2,33	12,90	2070,71	2674,54
Pilar 12	2,23	1,2	0,25	6,47	1037,89	1340,54
Pilar 13	2,2	2,24	0,19	10,69	1715,96	2216,34
Pilar 14	2,2	1,2	0,25	6,38	1023,93	1322,51
Pilar 15	2,2	1,2	0,3	6,60	1059,23	1368,11
Pilar 16	2,2	1,2	0,25	6,38	1023,93	1322,51
Pilar 17	2,2	2,24	0,19	10,69	1715,96	2216,34
Pilar 18	2,23	1,2	0,25	6,47	1037,89	1340,54
TOTAL					21128,25	27289,40

Tabela 13: Custo estimado para a montagem e desmontagem de formas para pilares.

Name	Resinada (2)	Resinada (4)	Resinada (6)	Resinada (8)	Plastificada (10)	Plastificada (12)	Plastificada (14)	Plastificada (18)
Pilar 01	699,63	437,89	356,52	315,36	297,61	282,01	270,70	246,46
Pilar 02	699,63	437,89	356,52	315,36	297,61	282,01	270,70	246,46
Pilar 03	699,63	437,89	356,52	315,36	297,61	282,01	270,70	246,46
Pilar 04	699,63	437,89	356,52	315,36	297,61	282,01	270,70	246,46
Pilar 05	699,63	437,89	356,52	315,36	297,61	282,01	270,70	246,46
Pilar 06	699,63	437,89	356,52	315,36	297,61	282,01	270,70	246,46
Pilar 07	699,63	437,89	356,52	315,36	297,61	282,01	270,70	246,46
Pilar 08	1484,57	929,16	756,51	669,18	631,52	598,41	574,41	522,97
Pilar 09	1156,19	723,63	589,17	521,16	491,83	466,04	447,35	407,29
Pilar 10	1156,19	723,63	589,17	521,16	491,83	466,04	447,35	407,29
Pilar 11	1724,02	1079,03	878,52	777,11	733,37	694,92	667,05	607,32
Pilar 12	864,12	540,84	440,34	389,51	367,58	348,31	334,34	304,40
Pilar 13	1428,67	894,17	728,02	643,98	607,73	575,87	552,78	503,27
Pilar 14	852,50	533,56	434,41	384,27	362,64	343,63	329,85	300,31
Pilar 15	881,89	551,96	449,39	397,52	375,14	355,48	341,22	310,66
Pilar 16	852,50	533,56	434,41	384,27	362,64	343,63	329,85	300,31
Pilar 17	1428,67	894,17	728,02	643,98	607,73	575,87	552,78	503,27
Pilar 18	864,12	540,84	440,34	389,51	367,58	348,31	334,34	304,40
TOTAL	17590,86	11009,76	8963,94	7929,18	7482,90	7090,58	6806,22	6196,69

Fonte: da autora.

2.2. Formas das vigas

O cálculo do custo estimados para formas de vigas é similar com o cálculo para pilares. A estimativa da área das formas de vigas é feita de forma diferente, é necessário somar o dobro de sua altura e de sua largura, e depois multiplicar pelo seu comprimento. Após etapa, multiplica cada resultado pelo custo disponível na tabela de composição da SINAPI e, para obter o custo por andar tipo, é necessário somar todos os valores encontrados (tabela 14). Como visto anteriormente, para o cálculo da montagem e desmontagem das vigas basta multiplicar as áreas encontradas pelo custo estimado disponibilizado (tabela 15).

Tabela 14: Custo estimado para as formas das vigas em chapa de madeira compensada.

Name	Length	Width	Depth	Área da forma	Resinada	Plastificada
V01	28,90	0,14	0,36	28,90	3418,87	4578,92
V02	27,64	0,14	0,36	27,64	3269,81	4379,28
V03	29,09	0,14	0,36	29,09	3441,35	4609,02
V04	9,44	0,19	0,36	10,38	1228,43	1645,24
V05	9,30	0,19	0,36	10,23	1210,48	1621,21
V06	9,16	0,19	0,36	10,08	1191,99	1596,44
V07	9,16	0,19	0,36	10,08	1191,99	1596,44
V08	9,16	0,19	0,36	10,08	1191,99	1596,44
V09	9,16	0,19	0,36	10,08	1191,99	1596,44
V10	9,44	0,19	0,36	10,38	1228,43	1645,24
TOTAL POR ANDAR					18565,33	24864,67

Fonte: da autora.

Tabela 15 –composições prováveis para a montagem e desmontagem de formas para vigas-resinada.

Name	Resinada (2)	Resinada (4)	Resinada (6)	Resinada (8)
V01	5313,84	4356,96	3701,80	3357,02
V02	5082,17	4167,01	3540,41	3210,66
V03	5348,78	4385,61	3726,14	3379,09
V04	1909,31	1565,49	1330,09	1206,21
V05	1881,42	1542,62	1310,66	1188,59
V06	1852,67	1519,06	1290,63	1170,43
V07	1852,67	1519,06	1290,63	1170,43
V08	1852,67	1519,06	1290,63	1170,43
V09	1852,67	1519,06	1290,63	1170,43
V10	1909,31	1565,49	1330,09	1206,21

Fonte: da autora.

Tabela 16 –composições prováveis para a montagem e desmontagem de formas para vigas - plastificada.

Name	Plastificada (10)	Plastificada (12)	Plastificada (14)	Plastificada (18)
V01	2840,29	2538,29	2340,32	1916,65
V02	2716,46	2427,62	2238,29	1833,08
V03	2858,97	2554,97	2355,71	1929,25
V04	1020,54	912,03	840,90	688,67
V05	1005,63	898,70	828,61	678,61
V06	990,27	884,98	815,95	668,24
V07	990,27	884,98	815,95	668,24
V08	990,27	884,98	815,95	668,24
V09	990,27	884,98	815,95	668,24
V10	1020,54	912,03	840,90	688,67
TOTAL	15423,51	13783,54	12708,54	10407,88

Fonte: da autora.

2.3. Formas das lajes

Ao contrário dos elementos anteriores, não foi possível obter as medidas dos lados das lajes. Com base nisso, foi necessário calcular os valores dos lados de cada laje por meio de um formula disponibilizada no enunciado. Após obter esses valores, foi possível calcular as áreas e multiplicar por seus custos. Para analisar o custo por andar tipo, somou-se todos os valores obtidos (tabela 16). Após essa etapa, calculou-se a montagem e desmontagem das formas seguindo os mesmos passos anteriores, observando os valores disponibilizados de custo (tabela 17).

Tabela 17: Custo estimado para as formas das lajes em chapa de madeira compensada.

Name	L1	L2	Área	Resinada	Plastificada
Laje 01	41,73	4,92	205,21	11.081,31	18.628,91
Laje 02	5,18	1,44	7,45	402,19	676,13
Laje 03	2,63	1,34	3,52	190,23	319,79
Laje 04	2,35	1,09	2,57	138,92	233,55
Laje 05	1,32	1,22	1,61	86,77	145,88
Laje 06	2,36	1,09	2,57	138,92	233,54
Laje 07	1,32	1,22	1,60	86,65	145,67
Laje 08	2,63	1,34	3,52	190,17	319,70
Laje 09	5,18	1,44	7,45	402,20	676,14
Laje 10	24,24	1,55	37,50	2.025,17	3.404,54
Laje 11	29,09	0,74	21,53	1.162,44	1.954,19
Laje 15	3,89	2,65	10,31	556,98	936,35
Laje 16	4,53	1,06	4,81	259,55	436,32
TOTAL				16.721,51	28.110,71

Tabela 18 – Custo para a montagem e desmontagem de formas para lajes em chapa de madeira compensada.

Name	Resinada (2)	Resinada (4)	Resinada (6)	Resinada (8)	Plastificada (10)	Plastificada (12)	Plastificada (14)	Plastificada (18)
Laje 01	12.070,42	8.454,63	6.954,55	6.180,91	6.410,74	6.061,89	5.801,27	5.265,67
Laje 02	438,09	306,86	252,41	224,33	232,68	220,01	210,56	191,12
Laje 03	207,20	145,14	119,38	106,10	110,05	104,06	99,59	90,39
Laje 04	151,33	105,99	87,19	77,49	80,37	76,00	72,73	66,01
Laje 05	94,52	66,21	54,46	48,40	50,20	47,47	45,43	41,23
Laje 06	151,32	105,99	87,19	77,49	80,37	75,99	72,73	66,01
Laje 07	94,39	66,11	54,38	48,33	50,13	47,40	45,36	41,18
Laje 08	207,15	145,09	119,35	106,07	110,02	104,03	99,56	90,37
Laje 09	438,10	306,86	252,42	224,34	232,68	220,02	210,56	191,12
Laje 10	2.205,94	1.545,13	1.270,98	1.129,60	1.171,60	1.107,84	1.060,22	962,33
Laje 11	1.266,20	886,90	729,54	648,38	672,49	635,90	608,56	552,37
Laje 15	606,70	424,96	349,56	310,67	322,22	304,69	291,59	264,67
Laje 16	282,71	198,02	162,89	144,77	150,15	141,98	135,88	123,33
TOTAL	18.214,06	12.757,89	10.494,29	9.326,89	9.673,70	9.147,28	8.754,02	7.945,81

7. RESULTADO DA PESQUISA

7.1. MODELAGEM DO PAVIMENTO TIPO JARDIM EDITE

O processo de modelagem, desde seu princípio, tinha como objetivo a extração de quantitativos para a realização do projeto dos custos. Dessa maneira, buscou-se obter uma qualidade e nível de detalhamento das informações do modelo, de modo que este fosse eficiente e possuísse um alto grau de precisão, sem que houvesse algum tipo de dificuldade em sua compreensão.

A modelagem do pavimento tipo Jardim Edite é composta pelos elementos da construção como pilares, lajes, vigas, paredes, portas e janelas; e também por espaço da construção, divisões feitas para estudar as dimensões dos ambientes. Com essa divisão, há uma maior facilidade em selecionar somente as informações necessárias para a realização do estudo. Além disso, há também o modelo de massas, feito para compreender o cálculo da compacidade.

7.2. PLANILHA DE QUANTITATIVOS DE ELEMENTOS E ESPAÇOS DA CONSTRUÇÃO

Outro resultado da pesquisa foi a elaboração de duas tabelas com os elementos e com espaços da construção, extraídos pelo software PQTO, feito pelo professor orientador. Nelas é possível retirar e analisar dados referentes aos objetos que se deseja estudar, sem a necessidade de selecionar um por um no modelo 3D. A construção dessas planilhas foi essencial para a realização dos exercícios na disciplina AUT0518 – Projeto dos Custos.

7.3. RESOLUÇÃO DOS EXERCÍCIOS

Com base no processo de modelagem e de extração de quantitativos visto anteriormente, foi possível realizar os exercícios propostos na matéria AUT0518 – Projeto dos Custos. À vista disso, para a execução desse trabalho na disciplina nos anos seguintes, será disponibilizado o enunciado, escrito pelo orientador dessa pesquisa, com o passo a passo de como calcular os indicadores e os quantitativos, e também os arquivos com os cálculos já feitos.

O material a ser disponibilizado encontra-se em dois arquivos, uma para cada exercício. O primeiro, do exercício 01, é dividido entre os seis indicadores com as fórmulas e com os dados utilizados. Já a resolução do exercício 02 é separada nos seguintes tópicos: Concretagem de Pilares, Formas de Pilares, Concretagem das Vigas, Formas das Vigas, Concretagem de Lajes, Formas das Lajes em formato de planilha para facilitar a compreensão dos cálculos.

Todos os arquivos citados nesse tópico serão disponibilizados no link a seguir:

<https://drive.google.com/drive/folders/1Ds1AemAmlsmitY4oSh9ifufSGBUqTStl?usp=sharing>

7.4. ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS ALUNOS

Após a realização do exercício, foi feita uma pesquisa e uma análise com todas as respostas encontradas pelos alunos. Os grupos tinham que responder algumas questões comparando os dois métodos de calcular os indicadores de economia: convencional e contemporâneo (Anexo III). A partir disso, foi possível averiguar em qual parte os alunos tiveram uma maior dificuldade na realização do trabalho. É importante ressaltar que nem todas as questões foram respondidas pelos grupos.

Em um primeiro momento, antes de analisar a pesquisa, organizou todas as repostas em uma única tabela e comparou com os resultados da autora (tabela 18). Nesta tabela é possível analisar que a maioria dos valores encontrados para os indicadores possuem valores aproximados aos da autora. Percebe-se também que houve certa dificuldade na realização de alguns indicadores, o qual será relatado posteriormente.

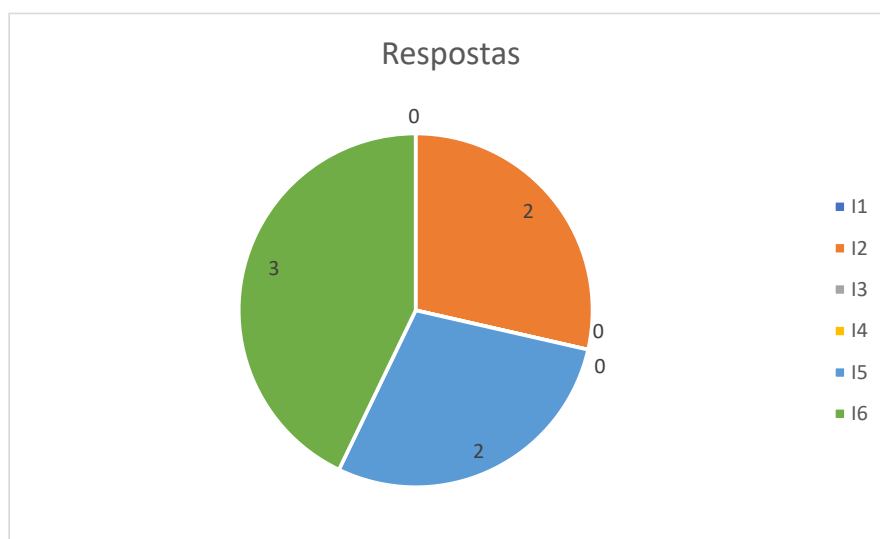
Tabela 18: Compilado com as repostas dos alunos e da autora.

Indicadores	G1	G2	G3	G19	G22	G?	Resolução
I1	51,27	47,4	51,27	51,27	51,27	51,27	51,27
I2	166,39	-	179,11	179,11	192,64	192,64	196,76
I3	71,77	56,96	71,77	61,69	71,77	73,15	72,51
I4	26,69	43	26,69	21,92	26,69	26,85	27,11
I5	12,94	5,4	9,09	11,12	12,1	13,62	18,6
I6	67,12	-	n.c.	79,56	73,73	73,33	78,63

Fonte: da autora.

Em seguida, a primeira questão a ser verificada foi sobre quais indicadores os alunos tiveram dificuldade em calcular. Ao observar a figura 13, percebe-se que metade dos grupos responderam que não conseguiram calcular o indicador 06. Com base nisso, e já citado anteriormente, fez-se um modelo de massa de todo o pavimento tipo e também de cada espaço construtivo, de modo a contribuir na melhor compreensão e realização dos cálculos.

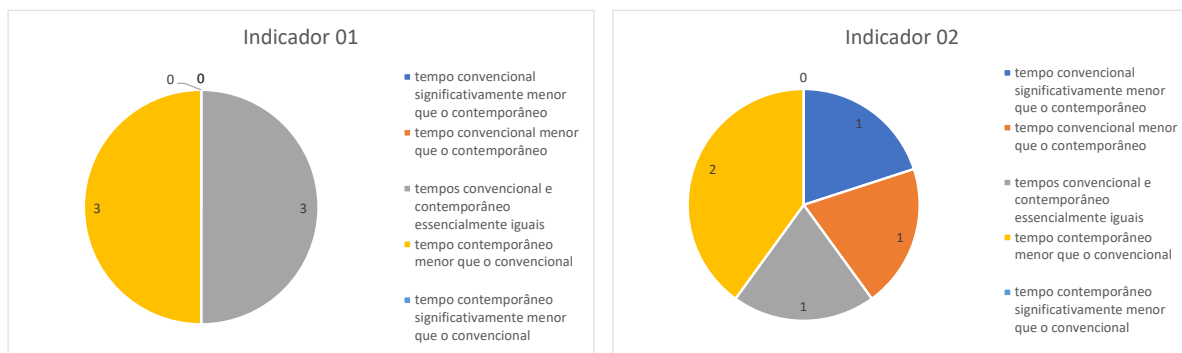
Figura 13: Gráfico com as repostas do grupo sobre não ter conseguido, por questão técnica, fazer o cálculo de cada indicador.



Fonte: da autora.

Ao analisar a segunda questão feita nessa parte, pode-se perceber que houve uma certa melhora no tempo gasto para calcular cada indicador. A maior parte das respostas consideraram que o tempo gasto no método convencional e contemporâneo são iguais, entretanto houve um número significativo de grupos que responderam que o tempo contemporâneo era menor que o convencional, demonstrando, assim, uma mudança positiva nesses cálculos (figuras 14 a 19).

Figuras 14 a 19: Gráficos sobre o tempo dispendido no cálculo de cada indicador.





Fonte: da autora.

Outro aspecto analisado foi a questão do tempo na extração dos dados. No modo convencional era necessário medir e transcrever, enquanto no modo contemporâneo não havia essa etapa, no entanto era importante a compreensão das planilhas, filtrando e selecionando somente os dados que seriam úteis para o cálculo dos indicadores de economia. Ao estudar as respostas dos alunos, percebeu-se que a maioria dos grupos indicaram que o tempo total contemporâneo era menor que o convencional (figuras 20 a 25). Vale ressaltar também que a opção “tempo total contemporâneo significativamente menor que o convencional” obteve 10 respostas, possuindo o segundo maior número de respostas. A partir desses dados, foi possível perceber que houve uma automatização na extração dos dados do modelo e isso influenciou diretamente na quantidade de tempo gasto para realizar essa atividade.

Por fim, foi feita uma análise sobre a dificuldade em selecionar os dados adequados e realizar os cálculos (figuras 26 a 31). Ao somar as respostas de todos os indicadores, observou-se que a maioria respondeu “convencional e contemporâneo essencialmente iguais”, ou seja, a dificuldade encontrada pela maioria dos grupos foi semelhante em ambos os métodos. Entretanto, nessa questão chama atenção a quantidade de resposta no item “convencional menor que o contemporâneo” (ao todo nove respostas). Tais respostas mostram a necessidade de repensar alguns aspectos

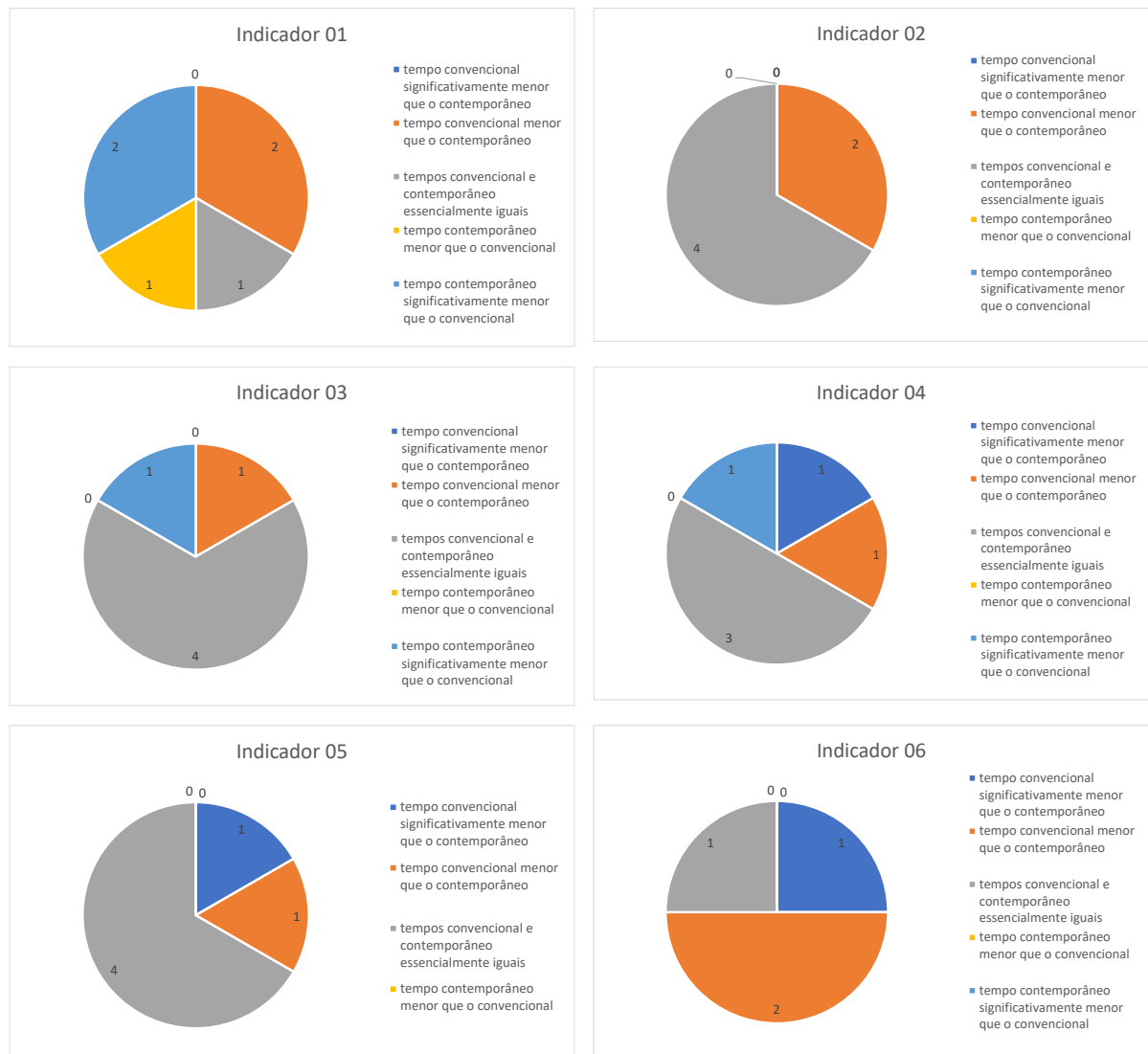
propostos para a realização do exercício, como, por exemplo, alteração do enunciado, podendo conter exemplo de como selecionar os dados adequadamente ou até mesmo alteração na visualização das planilhas.

Figuras 20 a 25: Gráficos sobre o tempo de extração dos quantitativos para o cálculo de cada indicador.



Fonte: da autora.

Figuras 26 a 31: Gráficos sobre a dificuldade (dúvidas, incertezas e obstáculos) em selecionar os dados adequados e realizar os cálculos.



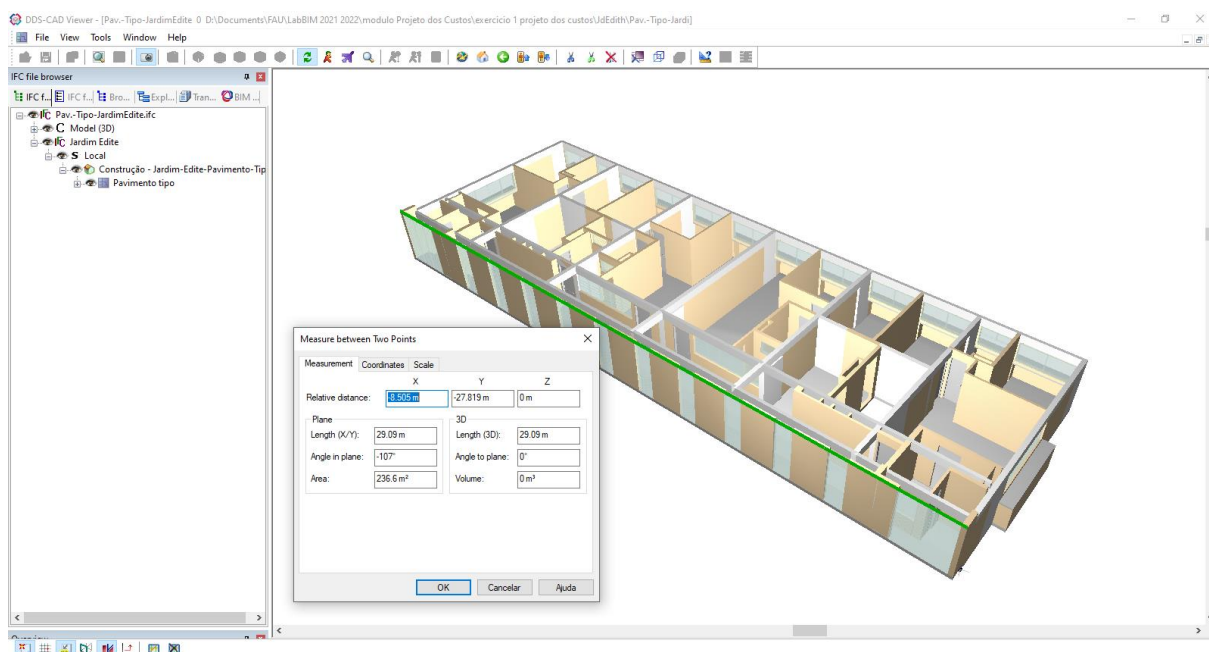
Fonte: da autora.

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base no que foi relatado no decorrer do relatório, foi possível alcançar o principal objetivo proposto nessa pesquisa, apesar de algumas dificuldades encontradas e citadas previamente. O processo de modelagem, em alguns momentos, necessitou de uma maior atenção e cuidado devido, principalmente, ao problema de comunicação entre o software autoral BIM e o PQTO que não identificava todas as informações presentes no modelo. Além disso, para uma realização eficiente do trabalho, observou-se, posteriormente, que era necessário gerar um modelo de massas, o qual não estava previsto previamente.

Ademais, é válido ressaltar a importância da interoperabilidade no processo de projeto, uma vez que é necessário a troca de informações entre áreas diversas como também entre a própria equipe. Dessa maneira, o modelo pode ser utilizado por diversos usuários por meio do uso de modelos neutros, o IFC (Industry Foundation Classes) (figura 32). Para a realização dos exercícios esse tipo de arquivo foi indispensável. Os alunos tinham a liberdade de utilizar o software que possuíam um maior domínio, sem depender do software autoral BIM originalmente usado, para verificar os dados necessários para a conclusão do exercício, como também analisar o modelo 3D do pavimento tipo.

Figura 32: Análise do modelo em um software aberto para visualização de IFC.



Fonte: da autora.

Notou-se durante o trabalho que somente com as atribuições das classes IFC em si não era suficiente para definir funções e atribuições mais específicas de um elemento ou espaço da construção. Dessa forma, a adoção do sistema de classificação NBR 19965 foi de grande importância para complementar as informações presentes no arquivo neutro, sendo essencial para a filtragem de dados para a execução dos exercícios.

Com base em tudo que foi citado anteriormente, pode-se observar o impacto que o uso de modelos BIM provocou na forma de calcular o planejamento dos custos. A utilização desse método na matéria AUT0518- Projeto dos Custos trouxe

alguns benefícios nos cálculos dos indicadores, principalmente para os primeiros, os quais os alunos compreenderam as tabelas com mais facilidade, com exceção da área de “Vassoura” Privativa Média. Observou-se que a principal dificuldade dos alunos foi compreender as tabelas disponibilizadas e selecionar os dados corretamente. Ademais, evidencia-se também a complexidade de calcular o indicador de compacidade com os dados cedidos, sendo de extrema importância um modelo de massa. Dessa maneira, para as pesquisas seguintes, seria fundamental um maior cuidado na concepção das tabelas e também um maior esclarecimento sobre a correta forma de usá-las, de modo que a compreensão dos alunos seja mais clara. Apesar de todas as adversidades citadas, por meio da modelagem produzida, é possível extrair os quantitativos de maneira mais automatizada, reduzindo o retrabalho, as inconsistências e os erros, podendo alcançar, assim, um resultado mais semelhante com a realidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. NBR 15965: Sistema de classificação da informação da construção. Rio de Janeiro, 2011.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. (org.). **GUIA 1 – Processo de Projeto BIM**. 2017. Disponível em: https://mutual.com.br/wp-content/uploads/2018/01/GUIA-BIM01_20171101_web.pdf. Acesso em: 06 dez. 2021.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL. (org.). **GUIA 2 – Classificação da Informação no BIM**. 2017. Disponível em: https://mutual.com.br/wp-content/uploads/2018/01/GUIA-BIM02_20171101_WEB.pdf. Acesso em: 06 dez. 2021.

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.

ANDRADE, F. M. R., BIOTTO, C. N., & SERRA, S. M. B. (2021). **Modelagem BIM para orçamentação com uso do SINAPI**. Gestão & Tecnologia De Projetos, 16(2), 93-111. <https://doi.org/10.11606/gtp.v16i2.170318>

BARROS, C. **Habitação integradora**. In: Galeria da Arquitetura. Disponível em: https://www.galeriadaarquitetura.com.br/projeto/mmbb-arquitetos_/jardim-edite/889. Acesso em: 14 fev. 2021.

BIM FORUM (org.). **Level of Development Specification**. 2021. Disponível em: <https://bimforum.org/lod/>. Acesso em: 15 mar. 2022.

BORRMANN, André; KÖNIG, Markus; KOCH, Christian; BEETZ, Jakob. **Building Information Modeling: why? what? how?**. Building Information Modeling, [S.L.], p. 1-24, 2018. Springer International Publishing. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-92862-3_1. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327759897_Building_Information_Modeling_Why_What_How_Technology_Foundations_and_Industry_Practice. Acesso em: 16 out. 2021.

CERON, L. (2011). **Notas sobre concepções de preço e valor nos custos da arquitetura**. São Carlos: EESC-USP, 2011 (Dissertação de Mestrado).

CORREIA, Larissa Dantas. Estudo De Aplicabilidade De Software Bim Na Prática E Ensino Da Arquitetura No Brasil – Graphisoft Archicad: Casa Millan. São Paulo, 2021.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors – 2 nd ed. Hoboken, NJ, John Wiley & Sons, 2011.

GIACAGLIA, M.E; MOURA, N.C.S. Cross cultural assessment of the usability of parametric CAD software in architectural design practice and education in Brazil. In: 2nd BIM International Conference. Lisboa, 9-10 de outubro de 2014. **Proceedings...** Lisboa: BIM Forum Portugal, 2015. p.66-68.

Governo do Estado do Paraná. **Caderno BIM**: Caderno de especificações técnicas para contratação de projetos BIM - Edificações. Secretaria do Estado de Infraestrutura e Logística. Departamento de Gestão de Projetos e Obras. Curitiba, 2018.

Governo de Santa Catarina. **Caderno de especificações de projeto em BIM**. Secretaria de Estado do Planejamento, Santa Catarina.

GSA: **BIM Guide Overview**. Washington, D.C: U.S. General Services Administration, 2007.

H+F ARQUITETOS. **Conjunto Jardim Edith**. Disponível em:

<https://www.hf.arq.br/projeto/conjunto-jardim-edith/>. Acesso em: 9 dez. 2021

LIMMER, C.V. **Planejamento, Orçamentação e Controle de Projetos e Obras**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1997.

MANZIONE, Leonardo. **Proposição de uma estrutura conceitual de gestão do processo de projeto colaborativo com o uso do BIM**. 2013. Tese (Doutorado em Engenharia de Construção Civil e Urbana) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013. doi:10.11606/T.3.2013.tde-08072014-124306. Acesso em: 2022-04-15.

MATTOS, A. D. **Como preparar orçamentos de obras**: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos. São Paulo: Pini, 2006.

MMBB ARQUITETOS. **jardim edite**. Disponível em:

<https://www.mmbb.com.br/projects/details/74/4>. Acesso em: 9 dez. 2021.

MMBB ARQUITETOS. Conjunto Habitacional do Jardim Edite. In: ARCHDAILY. **Conjunto Habitacional do Jardim Edite**. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-134091/conjunto-habitacional-do-jardim-edite-slash-mmbb-arquitetos-plus-h-plus-f-arquitetos>. Acesso em: 9 dez. 2021.

NAGLE, C. B.; RAPPL, K.; MEDRANO, L. S. Métodos de análise de projetos habitacionais: Uma discussão sobre o método I+D+VS. **Gestão de Tecnologia de Projetos**, São Paulo, v. 8, n. 2, p. 105-115, 2013.
<http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v8i2.80952>.

NEW ZEALAND INSTITUTE OF ARCHITECTS (NZIA) (org.). **New Zealand BIM Handbook**. 2014. p. 22.

NIBS (Usa) (org.). **National BIM Standard - United States Version 3**. Washington Dc, 2015. 38 p. Disponível em:
https://buildinginformationmanagement.files.wordpress.com/2015/07/nbims-us_v3_3_terms_and_definitions.pdf. Acesso em: 20 mar 2022.

RAPPL, K.; MEDRANO, L. Modelos de avaliação pré-construção em empreendimentos habitacionais de interesse social: uma revisão sistemática da literatura. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**, v.8, n.4, p.286-300, Campinas, SP, 2017. ISSN 1980-6809. Disponível em: . Acesso em: 05 mar. 2018. doi: <https://doi.org/10.20396/parc.v8i4.8650238>.

SALMAZO, Vanessa Cristina. **Estudo De Aplicabilidade De Software Bim Na Prática E Ensino Da Arquitetura No Brasil** – Graphisoft Archicad 23: Casa Olga Baeta. São Paulo, 2020.

VIANA, Gabriela Petter. **Estudo De Aplicabilidade De Software Bim Na Prática E Ensino Da Arquitetura No Brasil** – Graphisoft Archicad: Casa Artigas II. São Paulo, 2018.

APÊNDICE A – PLANILHAS COM DADOS EXTRAÍDOS DO SOFTWARE PQTO

A.1 Planilha com os dados extraídos do software PQTO – Elementos da Construção.

Link para a planilha:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1yav_9DO9g-6ZHYbIXN9uiQXxPxHtjZxE/edit?usp=sharing&ouid=109983323806652927190&rtpof=true&sd=true

A.2 Planilha (extrato parcial) com os dados extraídos do software PQTO – Espaço da Construção.

Name	LongName	CompositionType	InteriorOrExteriorSpace	NBR_15965-6 4A code	NBR_15965-6 4A name	TypeName	GrossFloorArea	NetFloorArea
1	Apartamento 01	ELEMENT	INTERNAL	4A 19	Espaços residenciais	Área Privativa	52,16	52,16
2	Apartamento 02	ELEMENT	INTERNAL	4A 19	Espaços residenciais	Área Privativa	50,38	50,38
3	Apartamento 03	ELEMENT	INTERNAL	4A 19	Espaços residenciais	Área Privativa	50,38	50,38
4	Apartamento 04	ELEMENT	INTERNAL	4A 19	Espaços residenciais	Área Privativa	52,16	52,16
5	Corredor	ELEMENT	INTERNAL	4A 16 04 01	Corredor	Circulação Comum	44,39	44,39
6	Escada	ELEMENT	INTERNAL	4A 16 01 04	Escada	Circulação Comum	14,74	14,74
7	Elevadores	ELEMENT	INTERNAL	4A 16 01 01	Elevador	Circulação Comum	6,99	6,99
8	Área Técnica	ELEMENT	INTERNAL	4A 13 01 13 22	Shaft de Distribuição de Hidráulica	Área Técnica	0,19	0,19
9	Área Técnica	ELEMENT	INTERNAL	4A 13 01 13 22	Shaft de Distribuição de Hidráulica	Área Técnica	0,10	0,10
10	Prumada Força	ELEMENT	INTERNAL	4A 13 01 13 13	Shaft de Distribuição de Energia	Área Técnica	0,21	0,21
11	Área Técnica	ELEMENT	INTERNAL	4A 13 01 13 22	Shaft de Distribuição de Hidráulica	Área Técnica	0,11	0,11
12	Área Técnica	ELEMENT	INTERNAL	4A 13 01 13 22	Shaft de Distribuição de Hidráulica	Área Técnica	0,11	0,11
14	Área Técnica	ELEMENT	INTERNAL	4A 13 01 13 22	Shaft de Distribuição de Hidráulica	Área Técnica	0,10	0,10
15	Área Técnica	ELEMENT	INTERNAL	4A 13 01 13 22	Shaft de Distribuição de Hidráulica	Área Técnica	0,19	0,19
16	Área Técnica	ELEMENT	INTERNAL	4A 13 04 16	Zona de Distribuição de Ar	Área Técnica	2,10	2,10
17	Hall dos Elevadores	ELEMENT	INTERNAL	4A 16 16 04 04	Hall do Elevador	Circulação Comum	10,14	10,14
18	Telefone / Tv	ELEMENT	INTERNAL	4A 13 01 13 16	Shaft de Distribuição de Dados	Área Técnica	0,13	0,13
19	Interfone	ELEMENT	INTERNAL	4A 13 01 13 16	Shaft de Distribuição de Dados	Área Técnica	0,26	0,26
20	Gás / Água	ELEMENT	INTERNAL	4A 13 01 13 19	Shaft de Distribuição de Gás	Área Técnica	0,14	0,14
21	Gás / Água	ELEMENT	INTERNAL	4A 13 01 13 19	Shaft de Distribuição de Gás	Área Técnica	0,16	0,16
22	Interfone	ELEMENT	INTERNAL	4A 13 01 13 16	Shaft de Distribuição de Dados	Área Técnica	0,08	0,08
23	Telefone / Tv	ELEMENT	INTERNAL	4A 13 01 13 16	Shaft de Distribuição de Dados	Área Técnica	0,13	0,13
24	Prumada Força	ELEMENT	INTERNAL	4A 13 01 13 13	Shaft de Distribuição de Energia	Área Técnica	0,21	0,21
25	Prumada Adm	ELEMENT	INTERNAL	4A 13 01 13 13	Shaft de Distribuição de Energia	Área Técnica	0,17	0,17

Link para a planilha:

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1RjTQz7sFty_YIT2f9-wFZKG9yqqujpOI/edit?usp=sharing&ouid=109983323806652927190&rtpof=true&sd=true

Anexo I - 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 subtraídos 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.

14. 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.

15. Densidade de paredes [%]

Selecionar as paredes e somar suas áreas, tomando o cuidado de não selecionar paredes definidas com elementos distintos e sobrepostos (cuja 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.

16. 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.

Anexo II – Exercício 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 Federal⁴.

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 Technology⁵) 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'.

⁴<https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx>

⁵<https://www.nist.gov/>

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.

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 12.844/2013⁶, 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.

⁶ 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

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.

2.3.1.1 concreto dos pilares

Os códigos prováveis para a concretagem⁷ 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 concretagem⁸ 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.

⁷ "CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA," ... "- LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO."

⁸ "CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=20 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS" ... "- LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO."

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	$\leq 20 \text{ m}^2$	455,45
92726	Bomba	$> 20 \text{ m}^2$	452,46
92739	Grua*	$\leq 20 \text{ m}^2$	440,21
92740	Grua*	$> 20 \text{ m}^2$	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).

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 DO TIPO' 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 desmontagem⁹ 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
z	Plastificada	18 mm	207,29

⁹ "MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA" ... "UTILIZAÇÕES."

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).

2.3.2.2 formas e escoras das vigas

As tabelas 5 a 7 indicam, os códigos prováveis para a fabricação¹⁰ e a montagem e desmontagem¹¹ 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

¹⁰ “FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA...”.
“FABRICAÇÃO DE ESCORAS DE VIGA DO TIPO GARFO, EM MADEIRA.”

¹¹ “MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM GARFO DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA “... “UTILIZAÇÕES.”

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

2.3.2.3 formas e escoras das lajes

As tabelas 8 a 10 indicam, os códigos prováveis para a fabricação¹² e a montagem e desmontagem¹³ 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

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

¹² “FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA LAJES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA...”.

“FABRICAÇÃO DE ESCORAS DO TIPO PONTALETE, EM MADEIRA, PARA PÉ-DIREITO SIMPLES”

¹³ “MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM CHAPA DE MADEIRA COMPENSADA RESINADA,” ... “UTILIZAÇÕES.”

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.

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 BOMBEAVEL, 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.

Figura 1 – esquema do conjunto de tabelas SINAPI para um mês, estado e opção de desoneração ou não

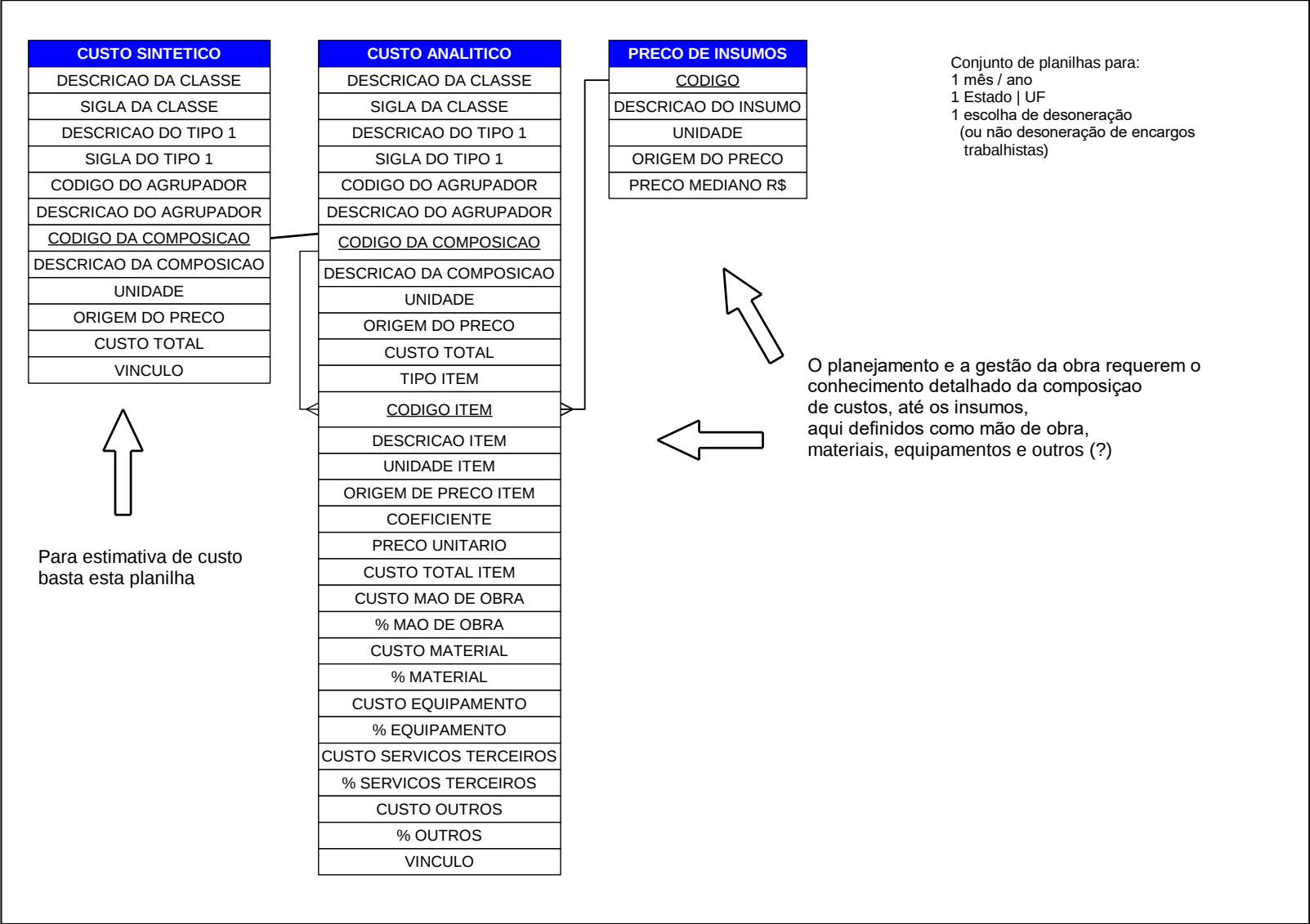
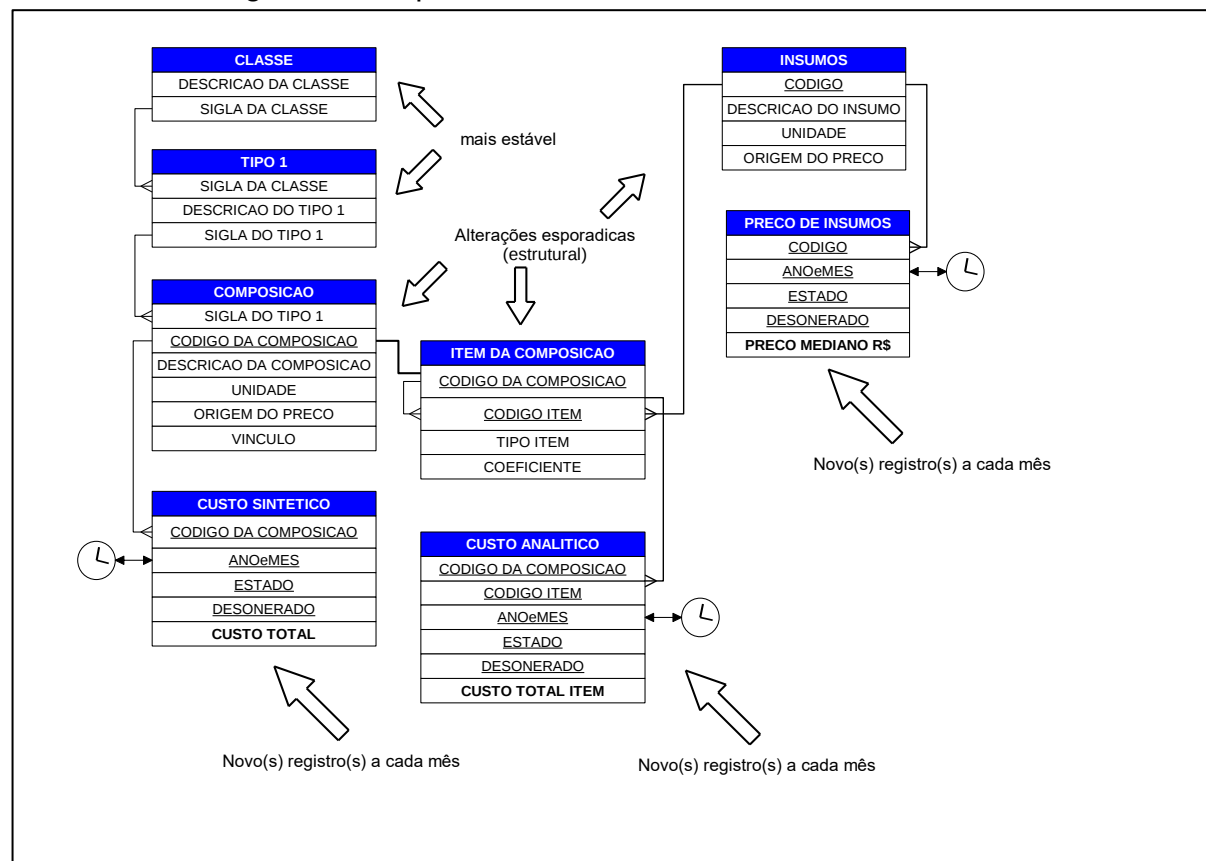


Figura 2 – esquema de tabelas normalizadas do SINAPI



Anexo III – Parte do enunciado do exercício de cálculo de indicadores com a pesquisa para os grupos

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.

Indicadores	Não consegui/foi possível efetuar o cálculo no modo convencional	Não consegui/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 e menor que o contemporâneo	tempo convencional menor que o contemporâneo	tempos convencional e contemporâneo essencialmente iguais	tempo contemporâneo o menor que o convencional	tempo contemporâneo significativamente e 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 convencional significativamente e menor que o contemporâneo	tempo convencional menor que o contemporâneo	tempos convencional e contemporâneo essencialmente iguais	tempo contemporâneo o menor que o convencional	tempo contemporâneo significativamente e 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	tempo convencional significativamente e menor que o contemporâneo	tempo convencional menor que o contemporâneo	tempos convencional e contemporâneo essencialmente iguais	tempo contemporâneo o menor que o convencional	tempo contemporâneo significativamente e 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.