



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



**MARIA CAROLINA CARREIRA BARBOSA**

**MODELAGEM BIM AS-IS DA MORADIA ESTUDANTIL DA UFU – BLOCO  
“A”**

**UBERLÂNDIA**

**2023**

**MARIA CAROLINA CARREIRA BARBOSA**

**MODELAGEM BIM AS-IS DA MORADIA ESTUDANTIL DA UFU – BLOCO  
“A”**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU) como requisito obrigatório para conclusão do curso de Engenharia Civil.

**Orientador:** Prof.<sup>a</sup> Dra. Ana Carolina Fernandes Maciel

**UBERLÂNDIA**

**2023**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus pela minha vida e por me dar saúde e força para lutar pelos meus objetivos.

Aos meus pais, Alexa e Antônio, que são minha base, pelo amor incondicional e por não pouparem esforços para me dar condições de construir meu futuro. Busco retribuir todos os dias tentando ser a melhor filha que pais como eles merecem ter.

Ao meu irmão, Felipe, que é meu melhor amigo e minha inspiração como ser humano, por todo acolhimento e parceria.

À minha namorada, Carolina, que é meu porto seguro, por todo amor, paciência, cuidado e, principalmente, por me acompanhar durante esses meses de trabalho.

À minha orientadora, Ana Carolina, por acreditar no meu potencial e me propor o desafio de desenvolver esse trabalho que foi tão proveitoso e gratificante para mim, além de me fornecer todo o suporte durante esses meses.

Aos meus amigos que estiveram comigo durante os anos de graduação e tornaram tudo mais fácil.

## RESUMO

A crescente necessidade de gerenciar informações acerca de empreendimentos faz aumentar o interesse por recursos tecnológicos na construção civil. Nesse contexto, a utilização da Metodologia da Informação da Construção (BIM) torna-se de relevante para o mercado ao englobar diversos dados do ciclo de vida das edificações. A modelagem *as is* é uma importante ferramenta para tomadas de decisões em situações de uso e manutenção do empreendimento, pois representa virtualmente as características da edificação, considerando as alterações sofridas durante a construção e o período de uso até a criação do modelo. Este trabalho teve como objetivo a aplicação da metodologia BIM *as is* da Moradia Estudantil da Universidade Federal de Uberlândia para fins de uso e operação, além da verificação dos desafios inerentes a criação desse tipo de modelagem, distinta de uma modelagem na fase de concepção de um empreendimento ou *as built*. Para isso foi realizado o levantamento dos projetos e memoriais descritivos originais e dos dados sobre possíveis reformas e alterações ao longo dos anos de uso, além de diversas visitas *in loco* e registros fotográficos e em vídeo a fim de levantar a atual situação da edificação. Para a modelagem de três disciplinas (arquitetônica, estrutural e hidrossanitária) e posterior compatibilização dos modelos, houve o aprendizado de diferentes programas BIM. Assim, os principais resultados desse trabalho foram os modelos BIM, a percepção das alterações ocorridas na edificação que não foram registradas e a aprendizagem dos aplicativos.

**Palavras-chave:** BIM; Modelagem *as is*; Compatibilização; Moradia Estudantil

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Diferenciação entre a troca de informações utilizando métodos convencionais e método BIM .....	11
Figura 2: Principais características de um projeto (Project) .....	13
Figura 3: Curva de MacLeamy .....	14
Figura 4: Evolução das representações/ projetos de uma edificação .....	16
Figura 5: BIM no ciclo de vida dos empreendimentos .....	19
Figura 6: Classificação do LOD .....	20
Figura 7: projeção da relevância dos tipos de dados no gerenciamento de projetos	22
Figura 8: Padrões de arquivos BIM para interoperabilidade .....	25
Figura 9: Organograma das etapas do Trabalho .....	28
Figura 10: Planta baixa Pavimento Térreo e Pavimentos Tipo do Bloco A.....	30
Figura 11: Fachada Lateral do Bloco A.....	30
Figura 12:Planta de situação e locação .....	31
Figura 13: Fachada frontal Bloco A .....	31
Figura 14: Tabelas de níveis extraída do Revit.....	33
Figura 15: Sólido topográfico do terreno da Moradia Estudantil.....	34
Figura 16: Criação do Volume de aterro referente ao Bloco A .....	35
Figura 17: Print da tela do Revit com as configurações e o resultado da modelagem dos Brises.....	36
Figura 18: Print da tela do Revit da configuração das camadas da parede do banheiro .....	37
Figura 19: Visualização da parede do banheiro (Real x Modelado) .....	37
Figura 20: fachada modela com o uso da ferramenta de criação de paredes cortinas do Revit (Real x Modelado).....	38
Figura 21: Gradil da circulação comum modelada no Revit com a ferramenta de parede cortina (Real x Modelado) .....	38
Figura 22: Imagem do piso renderizado .....	39
Figura 23: Pontos de criação de shafts no modelo arquitetônico .....	40
Figura 24: Janela de “Propriedades de tipo” na configuração de família de janelas .	41
Figura 25: modelo de família criada pada porta de entrada dos apartamentos (Real x Modelado) .....	41

Figura 26: Renderização da escada (Real x Modelada) .....	42
Figura 27: Renderização do guarda-corpo da circulação comum .....	43
Figura 28: Modelagem seguindo o projeto x Imagem da Visita técnica x Modelagem as is .....	44
Figura 29: Detalhamento em planta da janela x imagem da visita técnica x modelagem as is .....	45
Figura 30: Modelo arquitetônico vinculado ao Eberick para auxiliar na modelagem estrutural .....	46
Figura 31: Planta de fôrma do pavimento 2 importada do CAD .....	47
Figura 32: Planta arquitetônico do Pavimento 2 importada do Revit.....	47
Figura 33: Tabela atualizada de níveis do Revit, de acordo com os níveis estruturais .....	48
Figura 34: Comparativo entre a planta de fôrma .dwg e a planta da modelagem pelo Eberick do pavimento térreo.....	49
Figura 35: Modelagem dos pilares e vigas .....	50
Figura 36: Modelagem da escada .....	51
Figura 37: Reservatórios modelados no Eberick.....	52
Figura 38: Lançamento das cargas de parede em uma viga no Eberick.....	53
Figura 39: Print da aba de lançamento de cargas em lajes do Eberick.....	54
Figura 40: Resultado da modelagem estrutural no Eberick.....	55
Figura 41: Incompatibilidade visualizada ainda no Eberick entre o arquitetônico e o estrutural e a correção .....	56
Figura 42: Instalações do barrilete do Bloco A verificadas in loco .....	57
Figura 43: Modelagem arquitetônica e estrutural vinculadas no QiBuilder.....	58
Figura 44: Rede de água quente e fria de um apartamento lançado no QiBuilder....	59
Figura 45: Distribuição de água quente e fria no Bloco A.....	60
Figura 46: Tubulações de água quente e fria no barrilete .....	60
Figura 47: Válvula de descarga e bacia sanitária convencional (Real x Modelagem Hidrossanitária) .....	61
Figura 48: Ramais e registros do chuveiro (Real x Modelagem Hidrossanitária) .....	62
Figura 49: Modelagem da rede de água quente.....	63
Figura 50: rede sanitária de um apartamento do Bloco A .....	64
Figura 51: Modelagem completa da rede sanitária do Bloco A .....	64

Figura 52: Modelagem as is das tubulações e conexões do lavatório .....	65
Figura 53: Colisão entre tubulações sanitárias e pilares e vigas identificadas no QIBuilder .....	66
Figura 54: Rede pluvial completa .....	67
Figura 55: Modelagem as is da rede pluvial na sacada de um apartamento .....	68
Figura 56: Incompatibilidade entre rede pluvial e blocos .....	68
Figura 57: Rede de alimentação .....	69
Figura 58: Interferência entre rede pluvial e vigas .....	70
Figura 59: Sobreposição da caixa de passagem e a viga baldrame .....	71
Figura 60: Sobreposição de tubulação e janela lateral do corredor de circulação comum .....	72
Figura 61: Configuração do teste entre modelos hidrossanitário e estrutural .....	73
Figura 62: Exemplo de incompatibilidade apontada no teste entre hidrossanitário e estrutural .....	74
Figura 63: Exemplo de incompatibilidade apontada entre esquadrias e estrutural ...	74

## SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO .....	9
1.1.	OBJETIVO .....	11
2.	REFERENCIAL TEÓRICO .....	12
2.1.	ETMOLOGIA: PROJETO .....	12
2.2.	GERENCIAMENTO DE PROJETOS (EMPREENHIMENTO) .....	13
2.3.	BUILDING INFORMATION MODELING (BIM).....	15
2.4.	LOD – NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO .....	19
2.5.	LOIN – LEVEL OF INFORMATION NEEDED .....	21
2.6.	MODELAGEM AS /S.....	23
2.7.	COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS.....	24
3.	METODOLOGIA.....	27
4.	ESTUDO DE CASO .....	29
4.1.	MODELAGEM ARQUITETÔNICA.....	32
4.1.1.	NÍVEIS.....	32
4.1.2.	TOPOGRAFIA .....	33
4.1.3.	PAREDES.....	35
4.1.4.	LAJES, PISOS E FORROS .....	39
4.1.5.	PORTAS E JANELAS .....	40
4.1.6.	ESCADAS E GUARDA-CORPOS .....	42
4.1.7.	INCOMPATIBILIDADES.....	43
4.2.	MODELAGEM ESTRUTURAL .....	45
4.2.1.	FUNDAÇÃO.....	48
4.2.2.	PILARES E VIGAS .....	49
4.2.3.	LAJES E ESCADAS .....	50
4.2.4.	RESERVATÓRIOS D'ÁGUA.....	51
4.2.5.	LANÇAMENTO DAS CARGAS .....	52

4.2.6. INCOMPATIBILIDADES.....	55
4.3. MODELAGEM HIDROSSANITÁRIA .....	56
4.3.1. ÁGUA QUENTE E FRIA .....	58
4.4. COMPATIBILIZAÇÃO.....	69
5. CONCLUSÃO.....	75
REFERÊNCIAS.....	77

## 1. INTRODUÇÃO

Ao se contratar engenheiros para desenvolver e gerenciar projetos de construção civil, ainda é comum que os trabalhos sejam executados de forma segmentada, individual e sequencial. Inicialmente, há o desenvolvimento do projeto arquitetônico, em seguida, o estrutural e, por fim, os complementares de instalações, sem que haja integração entre os modelos e troca de informações entre os projetistas. O projeto executivo é finalizado já no início da obra, enquanto os detalhamentos são feitos durante a execução da edificação.

Quando a compatibilização é realizada, essa é baseada na sobreposição de projetos bidimensionais, abordagem geométrica com inúmeras limitações visuais. Muitas incompatibilidades só são percebidas na etapa de execução, sendo as alternativas discutidas pela equipe no canteiro de obras, sem serem repassadas e estudadas com os responsáveis pelos projetos, o que leva a aumento de tempo de execução e custo da obra.

A demanda crescente por gerenciamentos de projetos eficazes, com controle de prazos, custos e qualidade de forma mais eficiente e com a maior colaboração entre os interessados, fez aumentar a adoção de recursos tecnológicos computacionais na área da construção civil. Marsico et al (2017) afirmam que a implementação e a utilização de ferramentas tecnológicas podem contribuir para, com antecedência, identificar e sanar os problemas em projetos.

Nesse sentido, a utilização da metodologia de Informação da Construção, ou *Building Information Modeling* (BIM) torna-se importante para melhorar a produtividade do setor da construção civil. O BIM engloba um conjunto de tecnologias, processos e políticas para projetar, ensaiar o desempenho e gerenciar informações e dados a cerca do ciclo de vida de um empreendimento, de modo virtual, integrado e inteligente. Cria-se, então, um modelo virtual da edificação que vincula informações necessárias para execução, uso e manutenção nas diferentes disciplinas: arquitetônica, estrutural, hidrossanitária, entre outros.

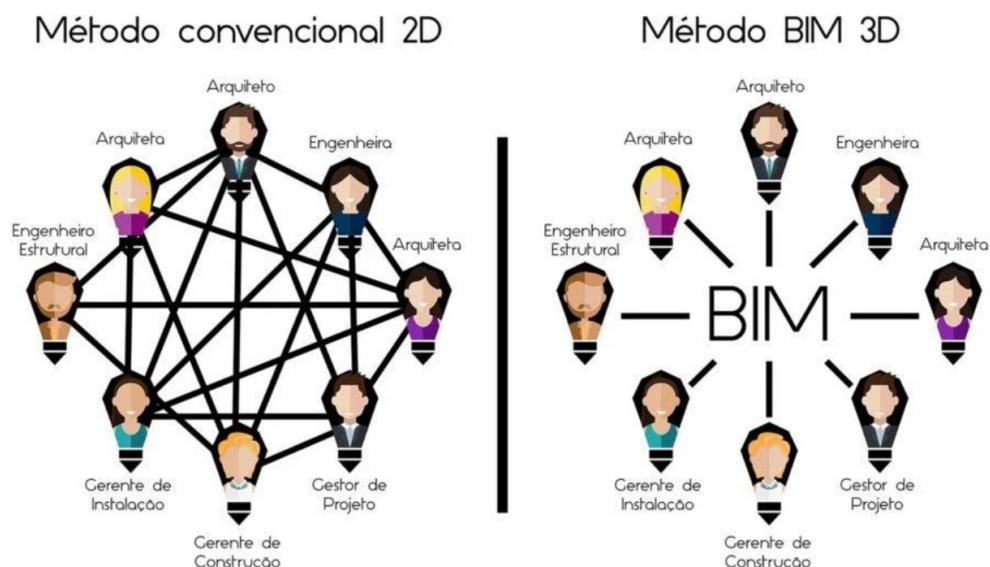
Antes do surgimento dos *softwares* de representação tridimensional, nem sempre era possível visualizar bem o que estava sendo criado e projetado. Os *softwares* 3D possibilitaram essa visualização com grande precisão, mas, finalmente, com o BIM, pode-se dizer que, além de visualizar bem o que está sendo projetado e criado, é possível saber também, com bom nível de exatidão, o que será obtido após a construção, em termos de desempenho da edificação como um todo, e também dos seus principais subsistemas e componentes (CBIC, 2016).

O modelo *as is* de uma edificação, ou seja, o uso do BIM no desenvolvimento de uma modelagem virtual após a sua construção, é uma importante ferramenta para o seu uso e manutenção. Por conter as características encontradas no momento de sua criação, a modelagem considera as alterações sofridas durante a execução e o uso do empreendimento, mas sua aplicação torna-se desafiadora devido à dificuldade de se obter as informações necessárias.

À medida que investidores e proprietários de empreendimentos começam a aprender sobre os benefícios do BIM, a metodologia se torna cada vez mais exigida (EASTMAN et al., 2011). Porém, ainda falta no mercado brasileiro a maior adoção da metodologia nas empresas de construção civil. Segundo Durante (2013), muitos profissionais da área, por falta de compreensão do conceito global da metodologia acabam aplicando conceitos de métodos convencionais em programas BIM.

Ainda não há, de forma efetiva, o uso de um modelo compartilhado entre os projetistas e profissionais do canteiro de obras nas plataformas BIM. Na Figura 1 é possível compreender a diferença entre o método convencional para execução de um projeto, em que há o repasse desordenado de informações, e o método BIM, que engloba todas as informações necessárias.

Figura 1: Diferenciação entre a troca de informações utilizando métodos convencionais e método BIM



Fonte: SPBIM (2022)

Por meio de programas BIM de modelagem e compatibilização, este trabalho visou aplicar a metodologia em uma edificação existente com a construção virtual de um gêmeo digital dessa, ou seja, de um modelo *as is*, da edificação como está nos dias atuais, após alterações projetuais em canteiro de obras e alterações durante a fase de uso.

## 1.1. OBJETIVO

Este trabalho tem como principal objetivo identificar e analisar os principais benefícios e desafios da utilização da metodologia BIM em uma modelagem *as is* por meio do estudo e da aplicação de diferentes programas: Revit, Eberick, QiBuilder e Navisworks.

Para isso, foram desenvolvidos os modelos da Moradia Estudantil – Bloco A, nas disciplinas: Arquitetura no Revit, Estrutural no Eberick, Hidrossanitário no QiBuilder e, por fim, a verificação automática de incompatibilidades (*clash detection*) no *software* Navisworks e a compatibilização nos programas de origem.

## **2. REFERENCIAL TEÓRICO**

Este capítulo tem como objetivo fornecer a fundamentação teórica para o trabalho desenvolvido, de forma a garantir qualidade técnica e científica.

Inicialmente, serão abordados conceitos sobre projeto: definição, história, desenvolvimento, gestão e gerenciamento. Serão apresentados também, conceitos sobre a metodologia BIM e sua aplicação no gerenciamento de projetos de construção civil: nível de desenvolvimento (LOD), nível de informação necessária (LOIN), compatibilização de projetos e interoperabilidade entre aplicativos.

### **2.1. ETMOLOGIA: PROJETO**

Podendo ser aplicada a diversos contextos, a palavra projeto vem do latim *projectum*, que significa “antes de uma ação”, ou seja, refere-se a um plano de algo que se pretende realizar. No âmbito da construção civil, entende-se projeto de duas formas: desenho técnico e/ou empreendimento.

Projeto enquanto desenho técnico (projetar/ design) refere-se aos artefatos técnicos como desenhos, cálculos ou memoriais descritivos que ilustram e especificam características de um produto, como por exemplo, projeto arquitetônico, projeto estrutural, projeto hidrossanitário, entre outros.

Projeto como empreendimento (projetizar / project) refere-se ao planejamento e gerenciamento da construção do produto. É um sistema lógico de controle de custo e execução, com o objetivo de se cumprir ou reestruturar o plano implantado. Na Figura 2 é possível observar as principais características de um projeto enquanto empreendimento.

Figura 2: Principais características de um projeto (Project)



Fonte: Autora (2023)

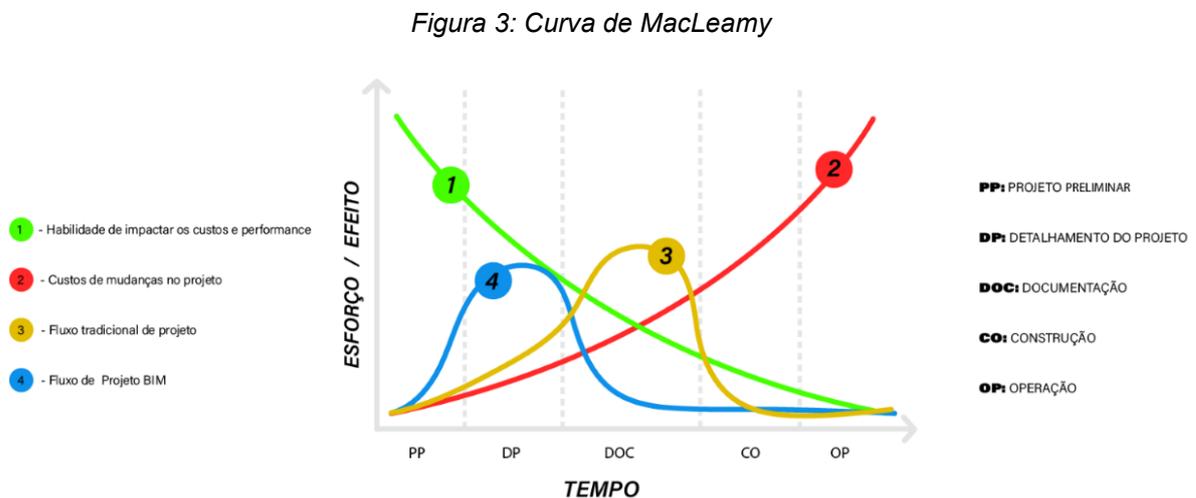
## 2.2. GERENCIAMENTO DE PROJETOS (EMPREENDIMENTO)

Para o *Project Management Institute* (PMI, 2013), projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A sua natureza temporária prevê um início e um término definidos. (...) O termo temporário não se aplica ao produto, serviço ou resultado criado pelo projeto. Neste contexto, projetar é garantir que o produto seja construído de acordo com as especificações predeterminadas, dentro do cronograma e do orçamento aprovado.

Ao analisar o ciclo de vida de um empreendimento, é essencial que, além do controle realizado durante sua execução, exista o devido planejamento e organização de informações durante sua concepção, como gestão de tempo e de investimento. Assim, o gerenciamento de projetos consiste na aplicação de processos, ferramentas, habilidades e conhecimentos, desde o planejamento até a

execução de empreendimentos com o objetivo de se atender às expectativas e requisitos das partes interessadas. Ao se desenvolver um gerenciamento de projetos consistente, tem-se diversos ganhos ao longo da vida útil da construção. Isso porque, ao prever possíveis problemas e buscar soluções globais, evitam-se atrasos e retrabalhos no canteiro de obras, influenciando, assim, no custo e na qualidade final do empreendimento.

A “curva de MacLeamy”, desenvolvida pelo arquiteto Patrick MacLeamy (2007), ilustra o conceito apresentado. Na Figura 03 são relacionados os esforços e os consequentes efeitos envolvidos (Eixo y) durante o tempo do empreendimento (eixo x). Nessa é representado o engajamento da equipe nos custos e no desempenho (curva 1) e as variações de custos de alterações de projeto (curva 2). Também são representados os impactos no investimento da obra referentes às obras com fluxo de trabalho tradicional em CAD (curva 3), ou seja, sem uma gestão global de informações, e os impactos referentes às obras com fluxo BIM (curva 4), em que se aplica o gerenciamento de projeto.



*Fonte: PortoBello Engenharia (2022)*

É possível observar que a medida em que o projeto avança, as alterações ficam mais onerosas e a capacidade da equipe em impactar no processo reduz. Este fato é explicado pelo nível de liberdade que se tem durante a fase inicial do projeto em analisar alternativas de trabalho. Outro ponto a ser analisado é a concentração de esforços aplicados durante a vida útil do empreendimento. Em projetos tradicionais, há a concentração de esforços durante a documentação do projeto, enquanto em

projetos BIM, esses esforços são aplicados principalmente durante o detalhamento, o que pode ser justificado pelo uso do modelo tridimensional do empreendimento, além da possibilidade de se extrair documentações de forma automática.

### **2.3. BUILDING INFORMATION MODELING (BIM)**

A evolução das construções caminhou junto à evolução da sociedade. Desde os primórdios, as civilizações, cada qual com suas características, possuíam padrões de construção de edificações. Segundo a CBIC - Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2016), nas antigas civilizações, em cada obra havia um responsável sempre presente que sanava as dúvidas acerca do que se estava construindo, assim, não havia necessidade de projetos em formato de documento, apenas a representação volumétrica (maquetes) do se estava construindo.

Até meados da década de 60, os projetos de arquitetura e complementares eram desenvolvidos manualmente em pranchetas, com esquadro e régua, quando começam a ser executados em programas computacionais, na metodologia CAD (*Computer Aided Design*) ou Projeto Assistido por Computador.

Em 1982 a Autodesk lançou o principal *software* de desenvolvimento de projetos em duas dimensões, o AutoCAD. Porém, a expansão da aplicação desse conceito ocorreu apenas nos anos 2000 com a Revolução Técnica Científica Informacional. A implementação dos programas CAD foi uma grande evolução na área, principalmente em relação ao tempo e aos custos que envolviam o processo de desenho manual.

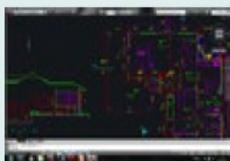
Segundo Ayres Filho (2009), tais programas introduziram no mercado a abordagem de modelagem geométrica. No final dos anos 70, o conceito de modelagem de produtos ganhou foco, tendo como principal objetivo o agrupamento das características espaciais do produto (informações geométricas: forma, dimensão e posição) com as especificações não-geométricas (custo, resistência, peso, posição) (Jovanovichs e Mounzer, 2021).

Com o passar dos anos, a complexidade dos empreendimentos de engenharia civil passou a exigir um elevado nível de precisão, confiabilidade e principalmente de integração que as ferramentas de plataformas CAD não suportavam (Chaves, 2021).

Neste cenário surge a necessidade de uma plataforma que modele com detalhes, facilite a visualização arquitetônica para aprovação do cliente e o detalhamento para execução dentro do canteiro de obras, o que se torna possível com as plataformas BIM (*Building Information Modeling*) (EASTMAN et al, 2014).

O BIM consiste em uma metodologia de criação e gerenciamento de informações de modelos tridimensionais e virtuais de edificações. Segundo Eastman (2014), pioneiro no estudo da metodologia, BIM é “um modelo digital que representa um produto, que, por sua vez, seria o resultado do fluxo de informações do desenvolvimento do seu projeto”. Assim, as informações geradas no desenvolvimento desse projeto devem representar o produto como de fato será executado. Na Figura 4 é representada a evolução das representações gráficas dos projetos.

Figura 4: Evolução das representações/ projetos de uma edificação

Maquetes físicas	Pranchetas	CAD	BIM
			
Sem documentação	Apenas documentos (desenhos)	Apenas documentos (desenhos)	Modelos e documentos

Fonte: CBIC (2016)

A tecnologia BIM integra dados multidisciplinares acerca do que será construído, permitindo que profissionais de diferentes áreas consigam trabalhar de forma colaborativa durante todo o ciclo de vida da construção, desde a viabilidade, planejamento, projeto, execução, operação e manutenção. Para tal, podem ser utilizadas diversas ferramentas - como por exemplo Navisworks, Qibuilder, Eberick, Archicad e Revit – que se interrelacionam por meio de arquivos parametrizados. Na Tabela 1 foram exemplificados alguns aplicativos e ferramentas BIM utilizados.

Tabela 1: exemplos de Software BIM

Modelagem	ArchiCad
	Revit
	Allplan
	Vectorworks
Instalações	QiBuilder
	Revit MEP
	Bentely
Estrutural	Eberick
	TQS
	CypeCAD
	Tekla Structure
	Robot
Visualização	Visus
	BIM 360
	Autodesk Viewer
	BIM X
Planejamento e gerenciamento	Visus
	NavisWorks
	MS Project
	Solibri
	Trimble Connect
	Tekla BIMsig
	Bexel
Orçamentação	Visus
	OrçaPlus
	OrçaBIM
	TCPO
	Arquimedes
	SISPLO

Fonte: Autor (2023)

A aplicação do BIM reduz, consideravelmente erros, omissões e conflitos de informações comuns em modelos 2D. Nas pranchas CAD, os desenvolvedores do projeto, de diferentes áreas, trabalham isoladamente, sem a aplicação de um processo interativo na criação (TORRES,2014). Ao utilizar o BIM é possível antecipar processos de tomadas de decisões devido ao aumento de informações disponíveis aos projetistas, de forma interrelacionada (SACKS et al., 2018).

As ferramentas proporcionam, além da detecção de interferências, a automatização de documentações, como quantitativos e tabelas de materiais. Uma vez que se tenha o modelo tridimensional do empreendimento com todas as informações pertinentes vinculadas a geometria, é possível, ao se propor alguma modificação, ter toda a documentação atualizada automaticamente, o que reduz os conflitos entre as várias disciplinas envolvidas no projeto que normalmente são percebidos somente no canteiro de obras, reduzindo assim retrabalhos, atrasos e gastos não planejados. De modo que, segundo Durante (2013), o BIM integra profissionais, do início ao fim do desenvolvimento do empreendimento, representando todas as características do produto, como orçamentos e informações executivas em função do tempo.

A metodologia engloba, não somente a modelagem da edificação e das suas instalações, mas também a modelagem do próprio processo de construir e a execução de simulações virtuais do comportamento e do desempenho do modelo. De modo a ser possível, por exemplo, realizar análises estruturais, energéticas, térmicas, luminotécnicas, de insolação e de ventilação.

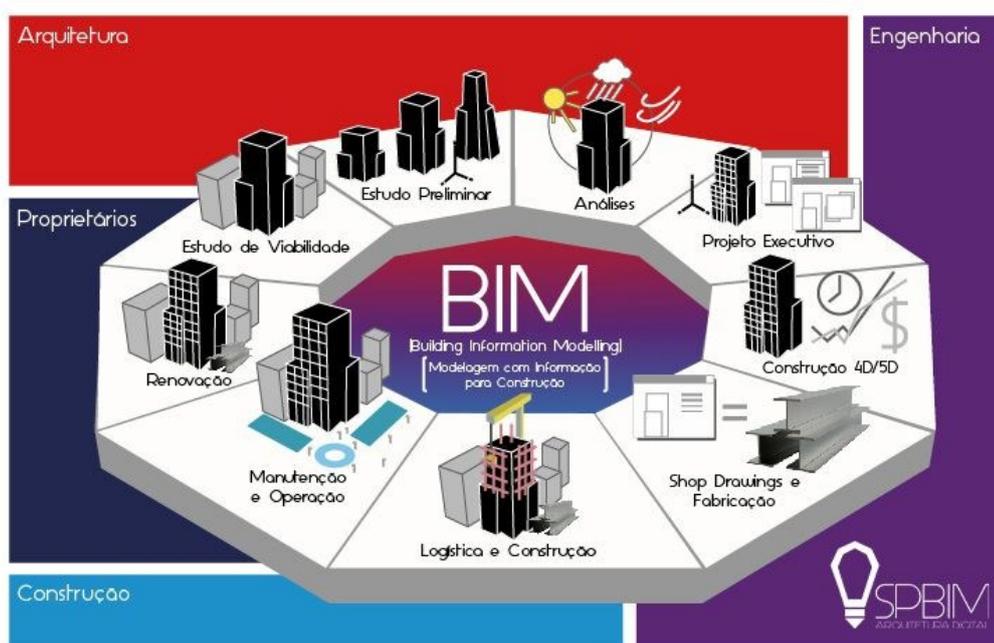
Por meio dessas ferramentas, então, é possível estudar, detalhadamente, todas as etapas e processos previstos durante a vida útil da edificação e realizar a análise de construtibilidade do empreendimento. Segundo o *Construction Industry Institute* (CII), construtibilidade é “o uso do conhecimento e experiência nas fases de planejamento, projeto, suprimentos e operações de campo de forma a se alcançar os objetivos gerais do empreendimento”, ou seja, é a “avaliação sistemática dos desenhos, especificações e normas, com foco na praticidade executiva e na eficiência construtiva”, segundo Mattos (2018).

Outro ponto relevante na aplicação da metodologia é a possibilidade de se extrair automaticamente as quantidades de serviços e componentes empregados baseados nas fases planejadas, de forma precisa e ágil, e de se verificar no projeto as condições para realizar futuras manutenções.

O BIM possibilita, durante a elaboração do projeto, maior confiabilidade e nível de precisão nas estimativas de materiais, custos e prazos de execução. Além de facilitar a compreensão dos interessados pelo empreendimento acerca do que será e de como será executado, a metodologia auxilia no estudo de viabilidade dos processos construtivos. Já durante a fase de execução do projeto, o uso do BIM auxilia

em processos de cotação, aquisição e contratação de materiais ou serviços ao facilitar a extração de quantitativos e a comparação de alternativas; além de melhorar a eficiência no canteiro de obras ao melhorar a visualização do planejamento da execução, em relação aos prazos e as interligações entre atividades. Na Figura 5 é possível visualizar a aplicação do BIM no ciclo de vida das edificações.

Figura 5: BIM no ciclo de vida dos empreendimentos



Fonte: Farias (2019)

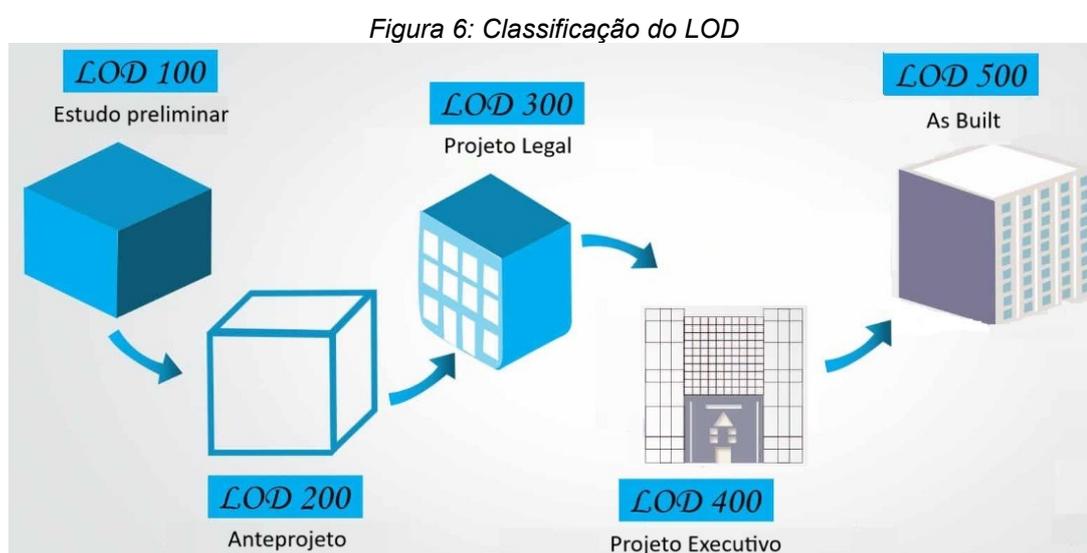
## 2.4. LOD – NÍVEL DE DESENVOLVIMENTO

*Level of Development*, ou em português Nível de desenvolvimento conceitua-se como a classificação por meio da quantidade e qualidade de detalhes de um elemento, ou seja, representa o grau de confiabilidade das informações no BIM. O LOD é utilizado como referência para que os interessados pelo empreendimento especifiquem, articulem e extraiam as informações corretamente e de forma clara, de acordo com cada etapa da obra, pois define até qual ponto o elemento foi desenvolvido.

O conceito desenvolvido pela AIA (*American Institute of Architects*) engloba aspectos que detalham as informações de um elemento, sendo eles: nível de detalhe,

nível de precisão, nível de coordenação e nível de informações (não geométricas). Assim, é possível determinar o quão útil são e quais as limitações dos modelos para cada momento do empreendimento. Segundo Bessoni (2019), o LOD “ajuda, por exemplo, o responsável por gerenciar determinado projeto a explicar melhor à sua equipe que informações e detalhes serão necessários em determinadas fases do projeto.”

A classificação do LOD é realizada por meio de níveis de desenvolvimento e abrange o projeto finalizado e detalhado, a construção e o pós-obra, como representado na Figura 6.



*Fonte: Adaptado de Tejy (2023)*

O AIA divide e descreve os níveis de desenvolvimento:

- **LOD 100**: estudo preliminar onde é realizado o estudo de massa geral do modelo. Assim, cria-se a representação gráfica ou por meio de um símbolo que conceitua a existência do modelo, mas não define suas características. Os custos são estimados por meio de uma base histórica média de projetos similares, além disso, são planejadas as fases e duração total do projeto.
- **LOD 200**: Anteprojeto em que os elementos são representados por meio de um modelo genérico com informações aproximadas, como dimensões,

quantidades e orientações. Podem ser anexadas informações não gráficas ao modelo. Os custos do projeto passam a ser estudados com base em volumes e quantidade de tipos de elementos, além de ser possível planejar a ordem da construção e a aparência básica dos elementos.

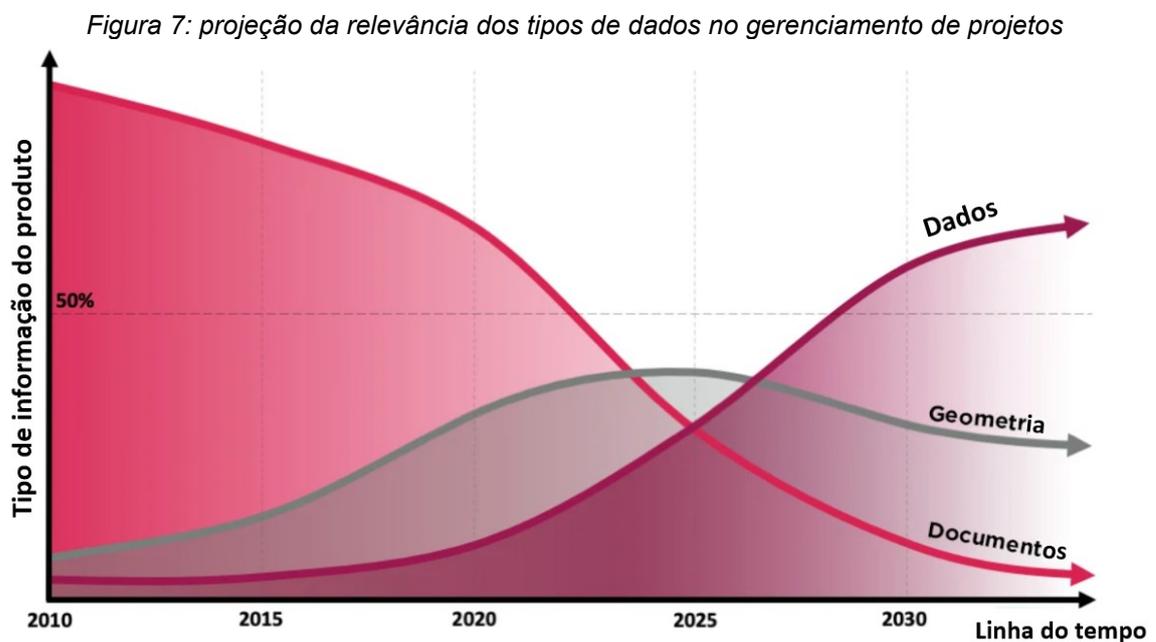
- **LOD 300:** Definido também como projeto legal, é a representação de um modelo específico, com informações reais acerca dos elementos como dimensões, quantidade, forma e localização. A partir desse nível passa a ser possível gerar documentos da construção e realizar licitações e orçamentos mais precisos.
- **LOD 400:** Definido também como projeto executivo, é a representação virtual do modelo com detalhes e informações suficientemente precisas para a fabricação, instalação e montagem. É possível analisar o desempenho junto aos demais modelos e os custos são baseados no valor de venda atual dos elementos. Além disso, nesse nível são determinados a ordem de construção, a aparência, métodos e sistemas construtivos do projeto.
- **LOD 500:** Realizada *as built*, ou seja, posterior à construção, é a verificação em campo das informações de projeto. São informações para auxiliar manutenções e operações pós-obra.

## **2.5. LOIN – LEVEL OF INFORMATION NEEDED**

O conceito de nível de informação necessária, ou *Level of Information Needed*, surge para superar as limitações do LOD e têm como objetivo padronizar e parametrizar a troca de informações no gerenciamento de projeto. Assim, o LOIN descreve quais informações (geométricas, alfanuméricas e documentos) são necessárias para uma determinada finalidade, ou seja, estabelece o nível de informação para cada etapa de projeto.

Segundo Azevedo e Mikami (2022), o foco do processo de modelagem em BIM está na inserção de informações ao modelo e em como essa pode ser coordenada e desenvolvida. Assim, a necessidade do LOIN surge com o aumento da importância de informações não geométricas associadas ao modelo virtual, ou seja, dados alfanuméricos não estruturados ao modelo, como por exemplo planos, relatórios e

memoriais. Como visto na Figura 7, com os anos, a expectativa é que a relevância dos tipos de dados vinculados aos projetos BIM mude, de acordo com a ISO 19650. Tradicionalmente, os projetos baseiam-se em documentos, como pranchas ou memoriais descritivos. Com a adoção da metodologia BIM, os documentos impressos perderão relevância; as informações geométricas continuarão a ser importantes, mas o que de fato será relevante é o conteúdo alfanumérico (dados estruturados, interpretados com o uso da tecnologia) vinculado aos modelos.



*Fonte: Adaptado de Baldwin (2023)*

Por ser um conceito ainda em desenvolvimento, não há nenhum método específico para se nivelar o LOIN, a exemplo do que existe para o LOD. A norma internacional que criou o LOIN, a ISO 19650 “Organização e digitalização da informação sobre edifícios e trabalhos de engenharia civil, incluindo modelação da informação da construção (BIM) – Gestão da informação. Parte 1: Conceitos e princípios” (ISO, 2022), define de maneira geral as informações necessárias para determinado propósito e uso. Os níveis podem ser organizados e alinhados conforme a lógica de etapas de projetos, de forma que em cada etapa são definidas as propriedades características para cada nível (Azevedo e Mikami, 2022). Segundo Reis (2019), os níveis de necessidades são baseados nos seguintes tópicos:

- Propósito da edificação;
- Princípios de aplicação;
- Qualidade e quantidade;
- Requisitos geométricos e alfanuméricos;
- Ciclo de entrega da informação.

## 2.6. MODELAGEM AS IS

A modelagem de edificações já construídas tem por objetivo representar as condições encontradas no local a fim de registrar as alterações e auxiliar em demandas de uso e operação. Segundo França (2015), existem três níveis de classificação para modelagens de empreendimentos já construídos: *As Built*, *As Found* e *as is*.

Modelos *As built* (como construído), apontados como LOD 500, são desenvolvidos logo após o término da construção e visa identificar os processos construtivos utilizados e as divergências em relação aos projetos.

Modelagens *As Found* (Como encontrado) têm como objetivo desenvolver um modelo do que originalmente foi construído em edificações que sofreram degradações ou alterações. Por exemplo, a modelagem de uma fortaleza considerada patrimônio histórico que, originalmente, possuía uma parede no local, mas que no momento da modelagem, havia apenas ruínas.

A modelagem *as is* tem por objetivo criar a representação digital do empreendimento com as características que existem no momento da modelagem. Geralmente desenvolvida para edificações mais antigas, em que não foi criado o modelo *as built* ou cujo modelo está desatualizado. Tem-se, então, a percepção das modificações sofridas durante a construção e o uso do empreendimento até o momento da modelagem a fim de auxiliar a tomada de decisão em situações de uso e manutenção, além de auxiliar na regularização da edificação junto aos órgãos competentes.

Para ser utilizada em operações, a modelagem *as is* precisa conter a documentação completa e detalhada do empreendimento, ou seja, representar o que

há construído, com todas as modificações e intervenções realizadas durante o processo construtivo e o período de uso até a criação do modelo.

Diferente do que ocorre em uma modelagem durante a fase de concepção de uma edificação, em que o trabalho se baseia apenas em projetos ou em uma modelagem *as built*, em que se documenta apenas as alterações sofridas durante a obra, uma modelagem *as is* demanda-se o levantamento de muitas informações, em diferentes fontes.

Nesses modelos são inseridas informações como as dimensões, localização, distribuição e materiais dos elementos presentes no local. Por demandar o levantamento de muitos dados, que, as vezes não são documentados e não são fáceis de serem extraídos, a aplicação da metodologia é desafiadora. A obtenção desses dados demanda visitas técnicas ao local, registros fotográficos e em vídeo, medições, busca por documentos e projetos, além do uso de equipamentos para detecção de instalações embutidas na alvenaria.

## **2.7. COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS**

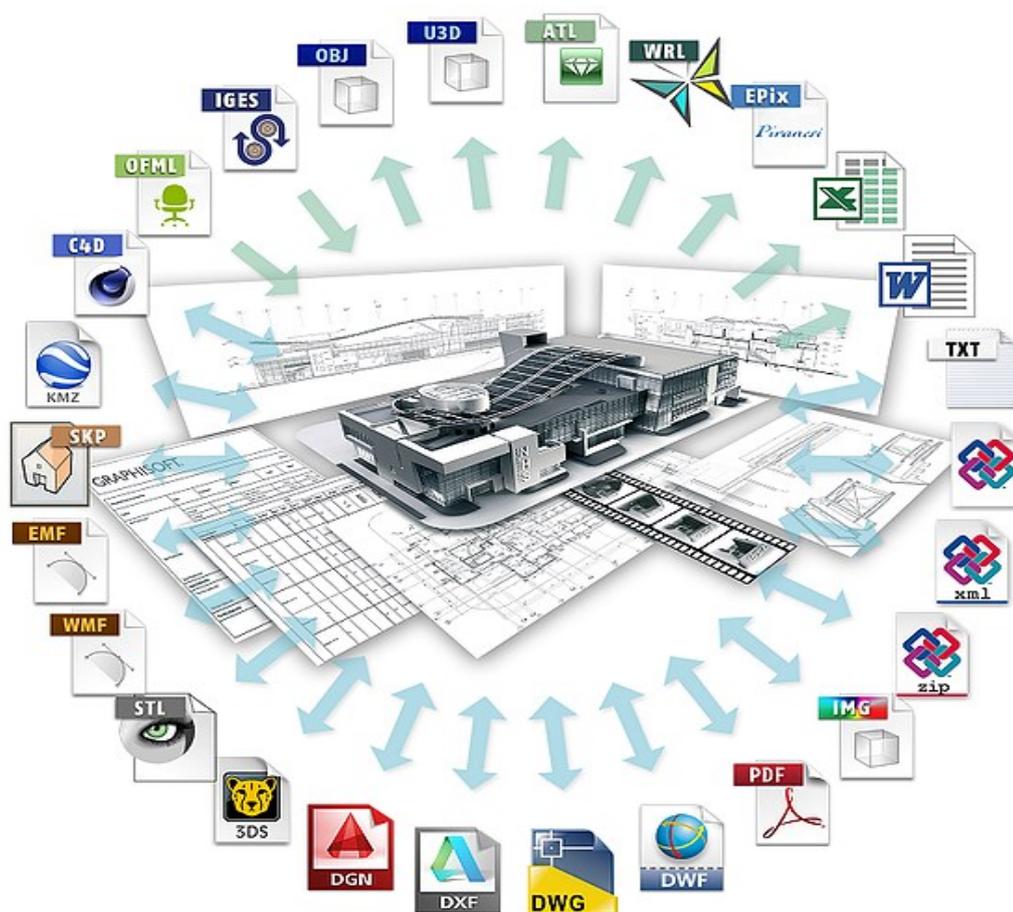
Segundo Monteiro *et al.* (2017), para uma construção racionalizada é necessário otimizar o grau de coordenação dos processos, por meio da maior interação entre os projetos existentes na obra. A fim de eliminar conflitos, simplificar e otimizar a execução e posterior manutenção dos empreendimentos, projetistas utilizam da interoperabilidade entre programas BIM na compatibilização de projetos.

Compatibilização de projetos refere-se à prática de detectar interferências entre diferentes projetos de um empreendimento antes de sua execução por meio da sobreposição de elementos. A compatibilização permite que os componentes dos projetos sejam alocados em suas respectivas posições sem que cause interferências entre si. Assim, para tornar os projetos compatíveis, são discutidas entre projetistas soluções coordenadas e integradas entre as diversas áreas de planejamento.

Em aplicativos CAD, a compatibilização é realizada manualmente, sobrepondo as pranchas dos projetos, o que dificulta o trabalho dos projetistas. Na metodologia BIM, a descoberta dessas incompatibilidades é facilitada pela interoperabilidade entre programas, sendo condição básica para que os modelos conversem entre si.

Segundo Silva (2019), a interoperabilidade é a capacidade de sistemas operacionais diferentes trabalharem juntos com informações trocadas de forma efetiva e eficiente, por meio de arquivos padrões, como representado na Figura 8. Tal característica alavanca a produtividade e autonomia e minimiza perdas e incompatibilidades entre projetos. Assim, a interoperabilidade entre aplicativos BIM visa reduzir a perda de informações e maximizar a compatibilização entre projetos.

Figura 8: Padrões de arquivos BIM para interoperabilidade



Fonte: Usando BIM (2023)

A interoperabilidade no BIM ocorre por meio de arquivos padrões, como o IFC (*Industry Foundation Classes*), desenvolvido pela organização *BuildingSMART*, é um formato de arquivo internacional de integração e padronização de informações entre diferentes programas BIM, sendo um padrão baseado em objetos não proprietário, ou seja, aberto e neutro, podendo armazenar dados sobre geometria, cálculo, quantidades, gerenciamento de instalações, valores, planos de trabalho e autores por

exemplo. Tais dados são nomeados de entidades e são distribuídos em três categorias: objetos (geometria), propriedades (materiais, desempenho, vento, clima) e relações (entre objetos e/ou propriedades).

Objetos BIM chamados 'paramétricos' possibilitam alterações em medidas e em demais características das suas partes constituintes. Também costuma-se dizer que alguns objetos BIM são 'inteligentes' porque, além de conterem todas as informações importantes sobre si mesmos, podem conter informações sobre a sua 'relação com outros objetos' e componentes de um modelo.

### 3. METODOLOGIA

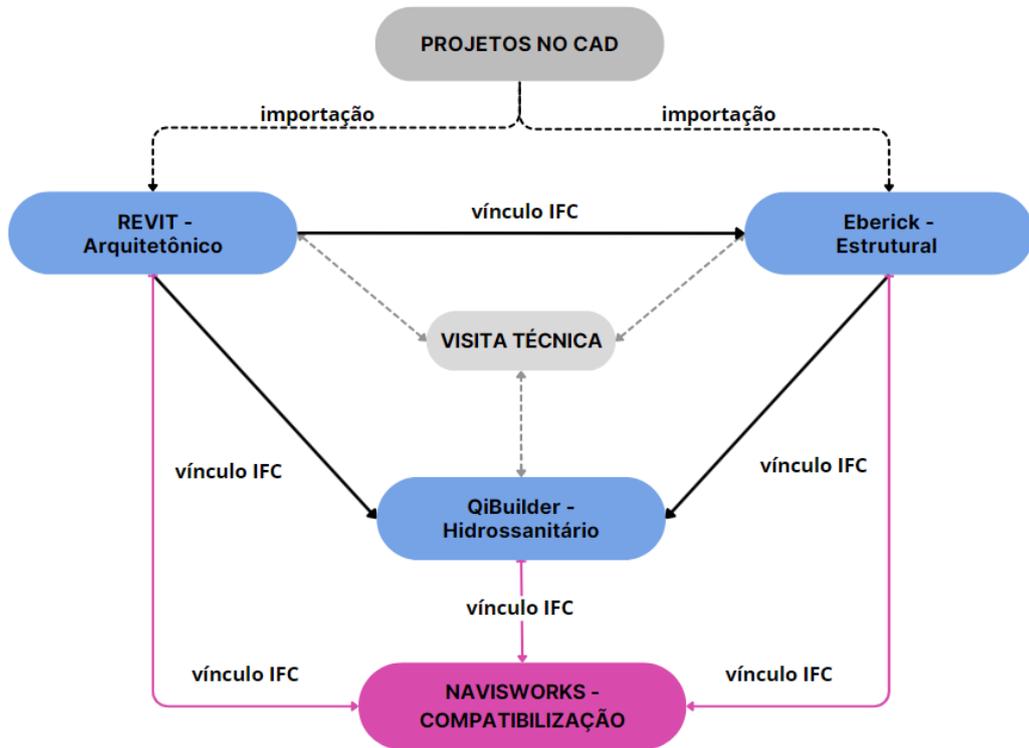
Este trabalho visou desenvolver um modelo BIM *as is*, para fins de operação e manutenção da edificação. Para tanto foi necessária uma revisão bibliográfica acerca da metodologia BIM e sua aplicação em empreendimentos para compreender o conceito da metodologia e das partes envolvidas.

Na sequência, foram levantados os projetos originais em formato CAD e os memoriais descritivos, generosamente cedidos pela PREFE/UFU (Prefeitura Universitária). Checou-se a existência de documentos e registros acerca de possíveis reformas e alterações executadas ao longo dos anos de uso do empreendimento, mas foi constatado que não havia uma modelagem *as built*.

Ao realizar visitas técnicas *in loco*, verificou-se medidas, posicionamentos e atual situação dos elementos de projeto. Utilizou-se de diversas ferramentas ao longo do trabalho: trena métrica de 8m, trena laser e fita métrica de fibra de vidro, além de aparelhos celulares para realização dos registros digitais. Com isso foi possível iniciar as modelagens das disciplinas de arquitetura, estrutura e hidrossanitária do Bloco A. Durante o processo, foram necessárias mais visitas ao local e realização de registros fotográficos e de filmagens para verificações de detalhes construtivos e de alterações durante a execução e o uso da edificação.

Após a manufatura das modelagens, foi realizada a compatibilização dessas, por meio da importação dos arquivos IFC dos aplicativos de origem de cada modelo. As incompatibilidades foram conferidas *in loco* e ajustadas. Na Figura 9 é possível visualizar as etapas do trabalho.

Figura 9: Organograma das etapas do Trabalho



Fonte: Autora (2023)

## 4. ESTUDO DE CASO

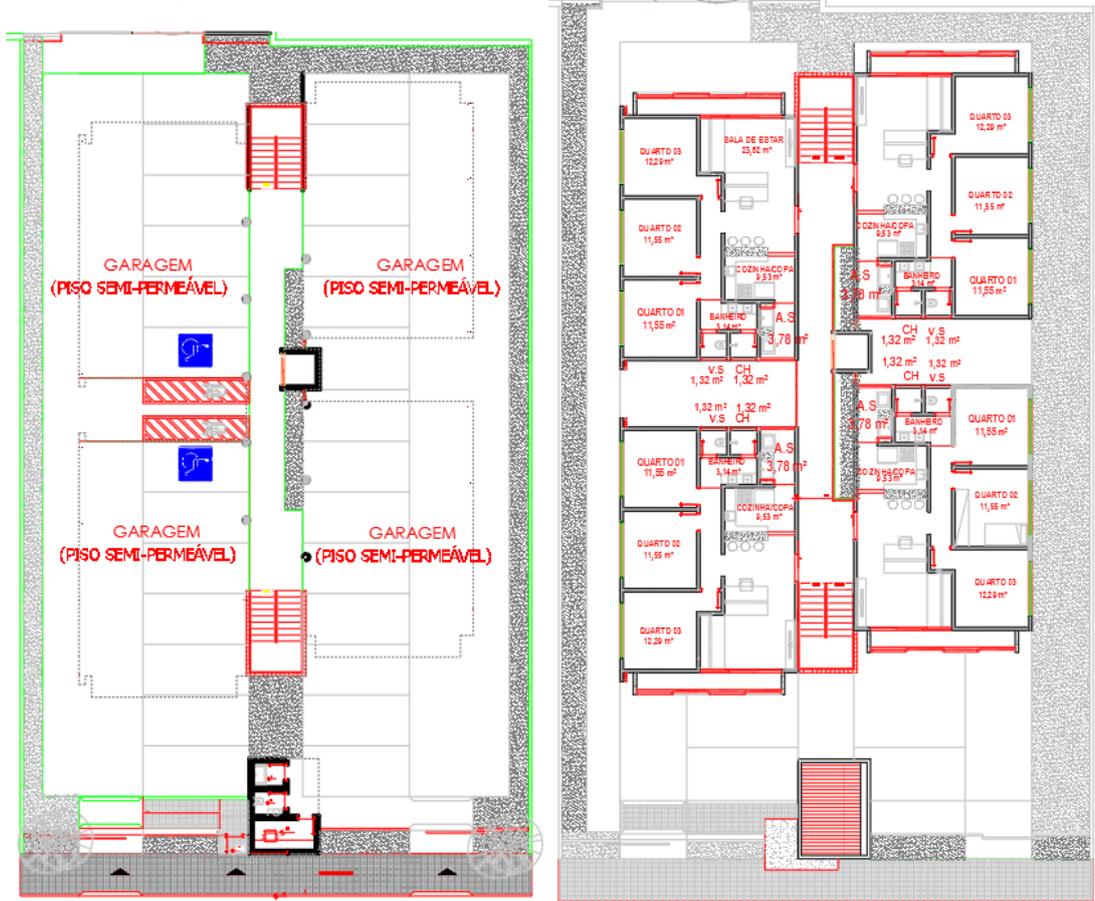
A Universidade Federal de Uberlândia dispõe de dois programas de assistência à moradia para discentes em situação de vulnerabilidade socioeconômica: a moradia estudantil e o auxílio-moradia em dinheiro. A escolha entre os tipos de programa assistencial fica à critério do aluno, sendo um auxílio para a permanência e êxito de graduandos em cursos de graduação.

A Moradia Estudantil da UFU compreende um empreendimento situado na Rua Venezuela, nº 1352, Bairro Tibery, Uberlândia – MG, objeto de estudo deste trabalho. Construído em um terreno de 1.848m<sup>2</sup>, a edificação é composta por vinte e seis apartamentos, sendo dois com acessibilidade, sala de estudos e sala de convivência distribuídos em dois blocos: A e B. Os apartamentos, de aproximadamente 90m<sup>2</sup>, dispõem de sala de estar, cozinha, copa, lavanderia, três quartos e um banheiro, além de mobiliário completo. Cada unidade habitacional pode ser ocupada por até seis moradores, com isso, ao todo o programa pode auxiliar até 150 alunos simultaneamente.

O bloco A é composto por quatro pavimentos, 12 unidades habitacionais, garagem, elevadores, corredores de circulação e escadas distribuídos em quatro pavimentos de 453,24 m<sup>2</sup> cada, além do barrilete de 34,6 m<sup>2</sup>. O bloco B é composto por cinco pavimentos, sendo três tipo com quatro unidades habitacionais cada e dois pavimentos com salas de uso comum e administração.

As obras tiveram início em fevereiro de 2010, em 2012 a edificação foi entregue, no entanto, somente em 2014 que as unidades habitacionais foram ocupadas. Assim, esse estudo trata-se da modelagem *as is* da edificação, ou seja, com base no que se tem construído atualmente, ano de 2023. Neste estudo foram desenvolvidos os modelos do Bloco A, com base nos projetos originais (Arquitetônico, estrutural e hidrossanitário) fornecidos pela PREFE/UFU em formato DWG. As Figuras 10, 11e 13 foram retiradas do projeto arquitetônico original do Bloco A. Já na Figura 12 observa-se a planta de situação e de locação do empreendimento.

Figura 10: Planta baixa Pavimento Térreo e Pavimentos Tipo do Bloco A



Fonte: PREFE (2010)

Figura 11: Fachada Lateral do Bloco A



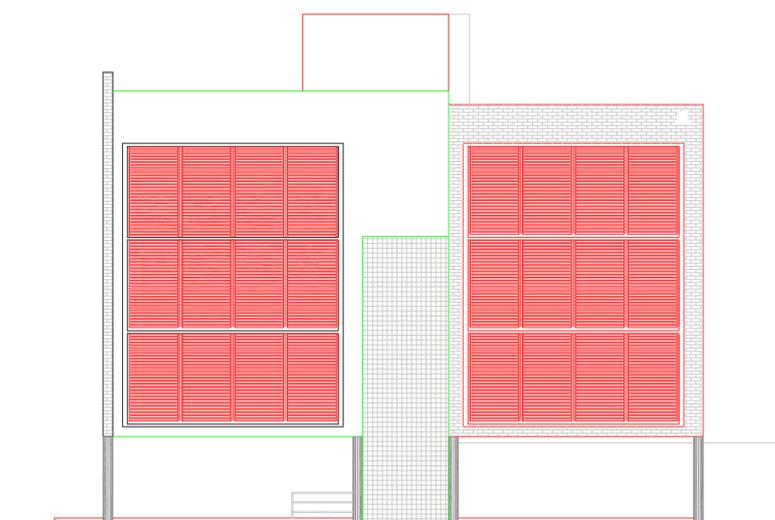
Fonte: PREFE (2011)

Figura 12: Planta de situação e locação



Fonte: PREFE (2011)

Figura 13: Fachada frontal Bloco A



Fonte: PREFE (2011)

## 4.1. MODELAGEM ARQUITETÔNICA

A modelagem arquitetônica foi realizada por meio do *software* Autodesk Revit, sendo este um *software* de projeto, construção e gerenciamento de edificações, que permite o desenvolvimento de desenhos 2D e modelagens 3D com integração e detalhamento de informações. O Revit dispõe de recursos específicos para a área da construção civil, sendo possível executar projetos, modelagens e documentações realistas e interrelacionadas da arquitetura, estrutura e complementares como hidrossanitário, elétrico e de combate à incêndio (Amaral, 2023). Assim, a escolha por este *software* para o desenvolvimento desse estudo ocorreu pela possibilidade de executar modelagens colaborativas e de gerenciar informações de forma completa e realista, além de ser um *software* com licença educacional gratuita.

Por se tratar de uma modelagem *as is*, o modelo arquitetônico da Moradia Estudantil foi executado com LOD 500. Em relação ao Nível de Informação Necessária (LOIN), itens como peças sanitárias e maçanetas foram genericamente apontados, sem delimitação de marca ou modelo. Assim, a modelagem arquitetônica pode ser utilizada para fins de uso e operação sem considerar tais itens.

### 4.1.1. NÍVEIS

A definição dos níveis de projeto é imprescindível para execução de construções virtuais. Além de determinar o pé direito de cada pavimento, são utilizados pelo Revit como referência para a criação de diversas instâncias, como paredes, pisos, telhados e esquadrias. Assim, se os elementos criados estiverem vinculados corretamente a um nível, ao alterar a cota desse nível, automaticamente, o modelo é readequado.

Para cada pavimento da edificação deve ser criado um nível. Neste trabalho, foram criadas e ajustadas as cotas de seis níveis: nível da rua, térreo, pavimento 2, pavimento 3, pavimento 4, cobertura/barrilete e reservatório d'água. Para cada nível criado, foi vinculado a planta baixa original .dwg referente, que foi utilizada como base

para o desenvolvimento da modelagem. Na Figura 14 são apresentados os níveis considerados no *software*.

Figura 14: Tabelas de níveis extraída do Revit

<b>&lt;Tabela de nível&gt;</b>	
<b>A</b>	<b>B</b>
<b>Nome</b>	<b>Elevação(m)</b>
<b>NÍVEL DA RUA</b>	<b>0.00</b>
<b>PAV. TÉRREO</b>	<b>0.05</b>
<b>PAV. 2</b>	<b>3.30</b>
<b>PAV. 3</b>	<b>6.17</b>
<b>PAV. 4</b>	<b>9.09</b>
<b>LAJE COBERTURA</b>	<b>12.00</b>
<b>caixa d'agua</b>	<b>14.90</b>

Fonte: Autora (2023)

Como a edificação possui três pavimentos tipo, a modelagem arquitetônica foi desenvolvida para o térreo, pavimento tipo, cobertura/ barrilete, reservatório d'água e tampa do reservatório. Para os pavimentos tipo, foi realizada uma modelagem e a cópia para as demais alturas.

#### 4.1.2. TOPOGRAFIA

Segundo Netto (2014), há três alternativas para criar um terreno no Revit: por meio da geração de uma malha com desenhos de pontos, por meio da importação de um arquivo de pontos gerado por programas de topografia ou por meio da importação de curvas de nível em 3D/malha de pontos de arquivos criados no AutoCAD. Para execução deste trabalho, foi utilizada a alternativa de importar a malha de pontos em três dimensões provinda do AutoCAD, no entanto, para isso, foi necessário alterar a malha existente no projeto original no CAD para colocar as curvas de nível em suas respectivas alturas.

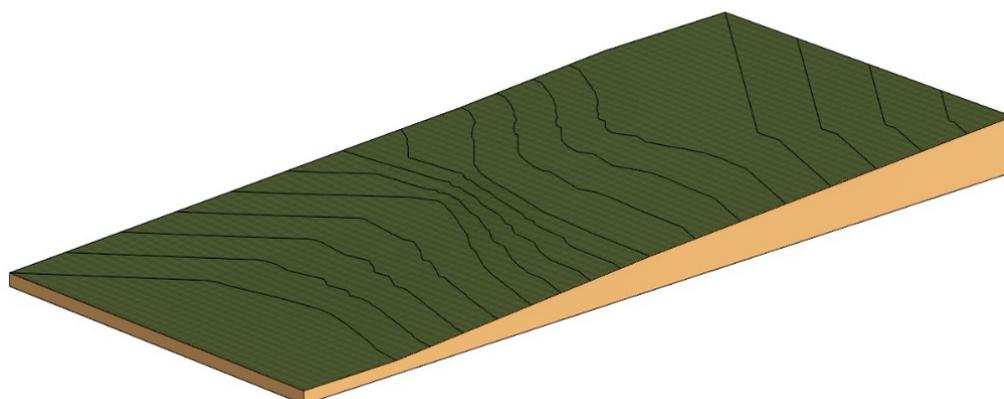
O desenvolvimento da modelagem no Revit ocorreu por meio da utilização de um *template* arquitetônico com uma estrutura pré-definida configurada. Os arquivos

.dwg, antes de serem importados para o Revit, foram configurados e limpos no *software* AutoCAD, a fim de apresentar apenas as informações necessárias para modelagem. Para cada planta utilizada (topografia e plantas baixas dos pavimentos), criaram-se arquivos individuais a fim de facilitar a utilização desses como referência.

A padronização de todos os arquivos ocorreu pela determinação de um ponto base (0,0,0) em comum, utilizado como referência de importação e definiu-se uma escala de trabalho (1/100).

Para a criação do sólido topográfico natural do terreno, o qual é imprescindível para determinação do corte e aterro, importou-se a planta planialtimétrica em formato .dwg na vista “topografia”, como é representado na Figura 15.

*Figura 15: Sólido topográfico do terreno da Moradia Estudantil*

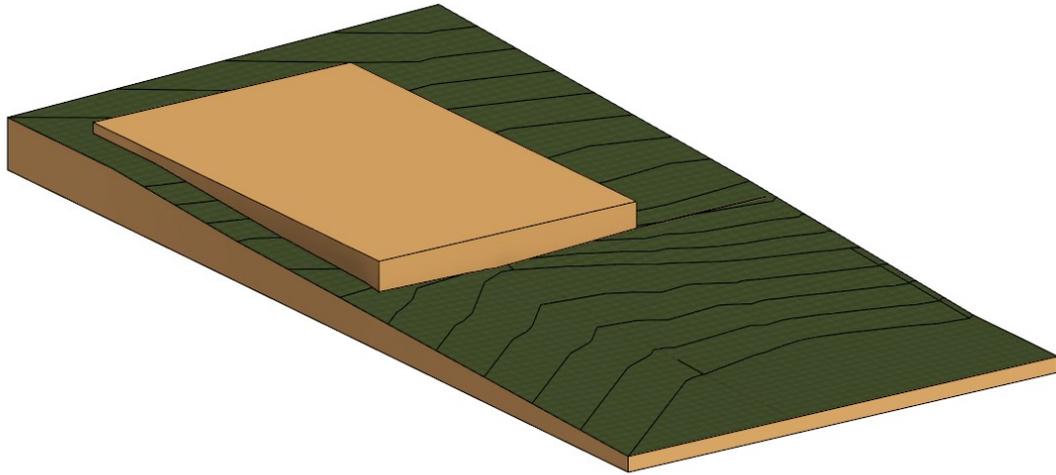


*Fonte: Autora (2023)*

Após aplicar as propriedades do terreno, criou-se uma subdivisão do sólido topográfico referente ao lote ocupado pelo Bloco A. Além de criar sub-regiões de rua e calçada, houve a separação da topografia do lote em outra vista independente a fim de delimitar a região de movimentação de terra.

O lote referente ao Bloco A foi aterrado, de acordo com o nível do piso da construção e do nível natural do terreno. Para a modelagem do aterro, foi considerado o nível da rua como referência. Na Figura 16 é possível ver o grande volume de aterro que foi necessário realizar.

*Figura 16: Criação do Volume de aterro referente ao Bloco A*



*Fonte: Autora (2023)*

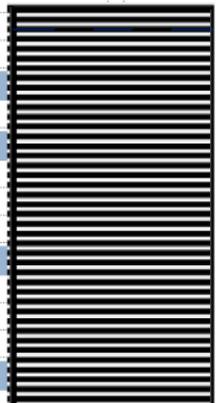
### 4.1.3. PAREDES

Segundo Netto (2014), as paredes são constituintes de famílias do sistema do Revit, ou seja, são elementos básicos no desenvolvimento de um projeto arquitetônico. Por serem componentes paramétricos, a modelagem 3D foi criada com base nas plantas baixa dos pavimentos, assim, a execução de elementos configurados corretamente, gerou, automaticamente, a sua representação tridimensional.

Para isso foram utilizadas famílias de paredes arquitetônicas básicas e paredes cortinas (para o desenvolvimento dos brises, pele de vidro da fachada e grade da circulação comum). Cada família foi configurada de acordo com as necessidades construtivas – composição de camadas, espessura de cada material e acabamento – a fim de facilitar o posterior levantamento de quantitativos. A Figura 17 representa as configurações feitas para a criação das paredes cortinas dos brises das fachadas.

Figura 17: Print da tela do Revit com as configurações e o resultado da modelagem dos Brises

Parâmetro	Valor
<b>Construção</b>	
Função	Exterior
Automaticamente embutido	<input type="checkbox"/>
Painel de parede cortina	Painel do sistema vazio : Vazio
Condição de união	Não definido
<b>Materiais e acabamentos</b>	
Material estrutural	
<b>Eixo vertical</b>	
Layout	Distância fixa
Espaçamento	1.6250
Ajustar para tamanho do montante	<input type="checkbox"/>
<b>Eixo horizontal</b>	
Layout	Distância fixa
Espaçamento	0.0700
Ajustar para tamanho do montante	<input type="checkbox"/>
<b>Montantes verticais</b>	
Tipo de interior	Montante retangular : 10x10
Tipo de borda 1	Montante retangular : 10x10
Tipo de borda 2	Montante retangular : 10x10
<b>Montantes horizontais</b>	
Tipo de interior	Montante retangular : brise - 4cm
Tipo de borda 1	Montante retangular : brise - 4cm
Tipo de borda 2	Montante retangular : brise - 4cm

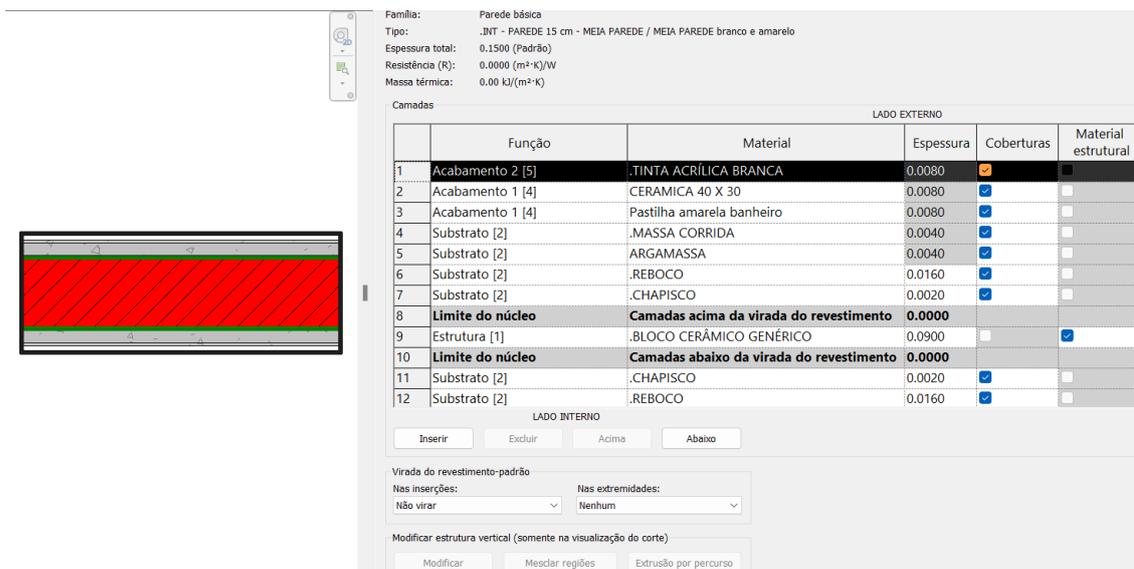


Fonte: Autora (2023)

Considerou-se para as paredes básicas composição de bloco cerâmico, chapisco, reboco, e como acabamento: massa PVA corrida e pintura dos dois lados da parede, massa PVA corrida e pintura de um lado da parede e do outro argamassa e cerâmica, dos dois lados da parede argamassa e cerâmica, ou, para as paredes dos banheiros, internamente argamassa e cerâmica em meia parede e acima massa PVA corrida e pintura. Como exemplo, tem-se as paredes de divisa do banheiro. Com espessura acabada de 15 cm, considerou-se os itens listados na sequência como pode ser visto nas Figuras 18 e 19:

- Bloco cerâmico de 29 x 19 x 9 (Comprimento x Altura x Largura);
- Chapisco;
- Reboco;
- Argamassa de assentamento;
- Azulejo cerâmico branco 40 x 30;
- Pastilha amarela 10 x 10;
- Massa corrida PVA;
- Tinta acrílica Branca.

Figura 18: Print da tela do Revit da configuração das camadas da parede do banheiro



Família: Parede básica  
 Tipo: .INT - PAREDE 15 cm - MEIA PAREDE / MEIA PAREDE branco e amarelo  
 Espessura total: 0.1500 (Padrão)  
 Resistência (R): 0.0000 (m²·K)/W  
 Massa térmica: 0.00 kJ/(m²·K)

Camadas

LADO EXTERNO					
	Função	Material	Espessura	Coberturas	Material estrutural
1	Acabamento 2 [5]	.TINTA ACRÍLICA BRANCA	0.0080	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Acabamento 1 [4]	.CERAMICA 40 X 30	0.0080	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Acabamento 1 [4]	.Pastilha amarela banheiro	0.0080	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Substrato [2]	.MASSA CORRIDA	0.0040	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Substrato [2]	.ARGAMASSA	0.0040	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Substrato [2]	.REBOCO	0.0160	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Substrato [2]	.CHAPISCO	0.0020	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas acima da virada do revestimento</b>	<b>0.0000</b>		
9	Estrutura [1]	.BLOCO CERÂMICO GENÉRICO	0.0900	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas abaixo da virada do revestimento</b>	<b>0.0000</b>		
11	Substrato [2]	.CHAPISCO	0.0020	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Substrato [2]	.REBOCO	0.0160	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

LADO INTERNO

Inserir Excluir Acima Abaixo

Virada do revestimento-padrão

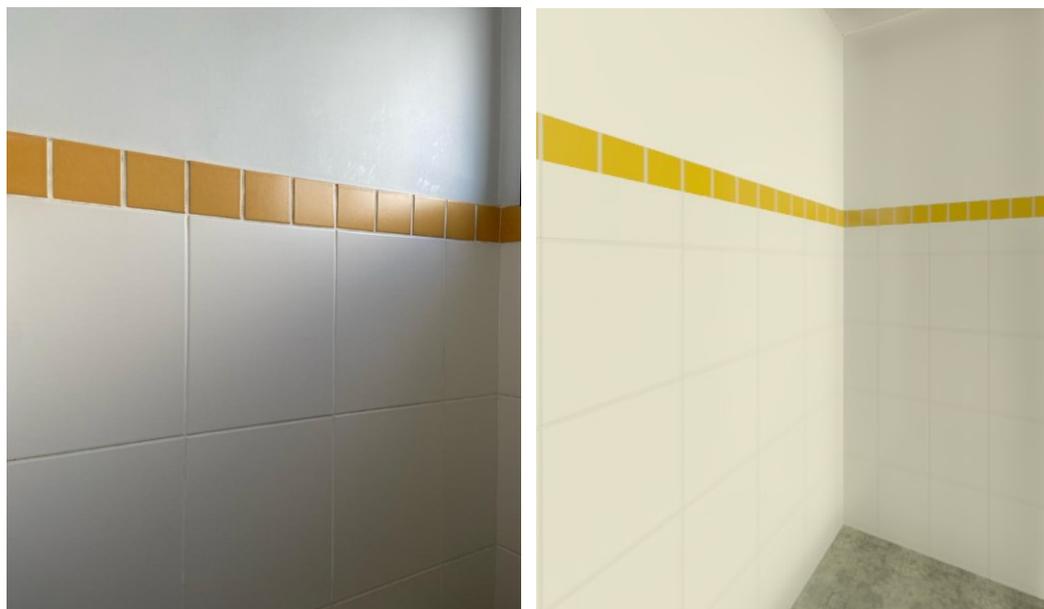
Nas inserções: Não virar  
 Nas extremidades: Nenhum

Modificar estrutura vertical (somente na visualização do corte)

Modificar Mesclar regiões Extrusão por percurso

Fonte: Autora (2023)

Figura 19: Visualização da parede do banheiro (Real x Modelado)



Fonte: Autora (2023)

Ao iniciar a modelagem das paredes, utilizou-se como base a visualização superior do nível de referência. Assim, as paredes foram modeladas seguindo a delimitação dos cômodos de projeto, por meio da planta baixa em .dwg que foi importada para cada nível.

As paredes cortinas no projeto foram utilizadas na modelagem da fachada de pele de vidro e dos brises das fachadas (Figura 20) e o gradil da circulação comum (Figura 21). Configurou-se tipo, distribuição e dimensões dos montantes e painéis.

*Figura 20: fachada modelada com o uso da ferramenta de criação de paredes cortinas do Revit (Real x Modelado)*



*Fonte: Autora (2023)*

*Figura 21: Gradil da circulação comum modelada no Revit com a ferramenta de parede cortina (Real x Modelado)*



*Fonte: Autora (2023)*

#### 4.1.4.LAJES, PISOS E FORROS

Assim como as paredes, as lajes e pisos também são família paramétricas que foram configuradas antes de serem inseridas na modelagem. Para definição da aparência, estrutura e dimensões de cada tipo de piso, de acordo com seus parâmetros e funções, foram ajustadas suas propriedades de instância (nível, altura de deslocamento, delimitação de ambiente, inclinação) e tipo (camadas, materiais, acabamento).

Para o desenvolvimento dos pisos no modelo foi utilizado o tipo “pisos arquitetônicos”. Esses foram modelados por contorno, ou seja, a planta baixa das paredes foi utilizada como referência do perímetro de cada ambiente. Além disso, também precisaram ser associados corretamente aos níveis do projeto.

As lajes utilizadas foram do tipo “internas” com 10 cm de espessura de concreto, mas foram modeladas apenas para fins estéticos, pois o tipo e espessura devem seguir o estrutural, que é desenvolvido na sequência de modelagem. As camadas dos pisos foram configuradas de acordo com o projeto .dwg: contrapiso, regularização, argamassa e revestimento cerâmico (Figura 22).

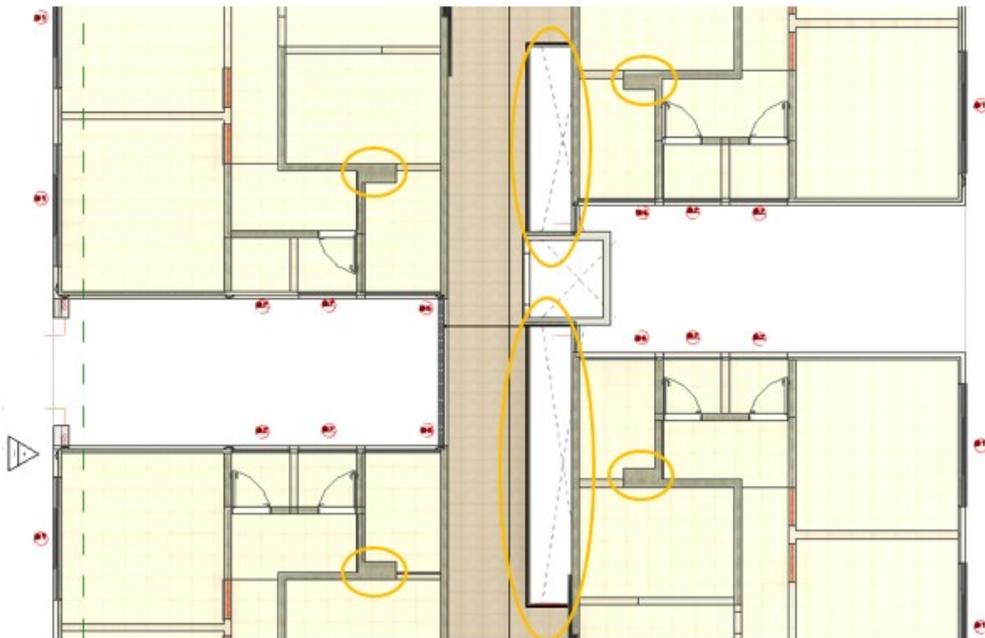
Figura 22: Imagem do piso renderizado



Fonte: Autora (2023)

O forro também é modelado por contorno. O tipo de forro indicado em projeto é de gesso, há 30 centímetros da laje do pavimento superior. Após a modelagem dos pisos e forros, foram criados os *shafts* indicados em projeto. Na Figura 23 é possível observar os pontos de criação de *shafts* na modelagem: nos corredores de circulação comum e na área de serviço dos apartamentos.

Figura 23: Pontos de criação de shafts no modelo arquitetônico

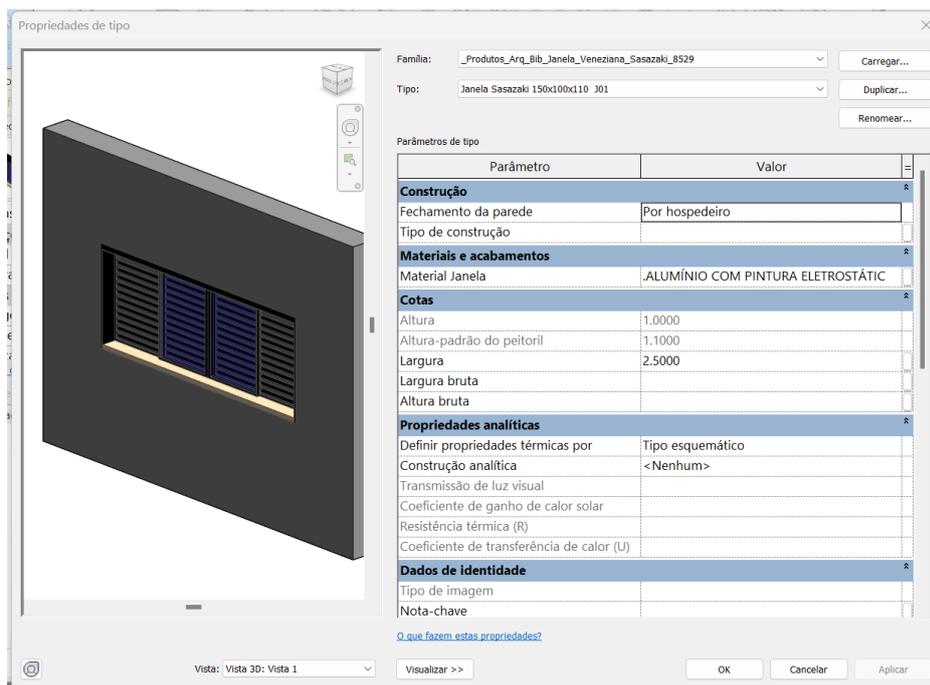


Fonte: Autora (2023)

#### 4.1.5. PORTAS E JANELAS

As portas e janelas são elementos que ficam inseridos nas paredes, portanto somente podem ser inseridos nelas (Netto, 2014). Nessa modelagem, as famílias de portas e janelas foram ajustadas conforme necessidade do projeto sendo modificados os seguintes parâmetros: altura de peitoril, dimensões e tipo, material e quantidade de folhas. Na janela de diálogo “Propriedades de tipo” (Figura 24) apresentam-se as propriedades existentes no elemento.

Figura 24: Janela de “Propriedades de tipo” na configuração de família de janelas



Fonte: Autora (2023)

Para os elementos indicados em projeto que não foram encontrados em bibliotecas externas, foi realizada a modelagem de uma nova família com as características necessárias, como é o exemplo das portas de entrada dos apartamentos (Figura 25).

Figura 25: modelo de família criada para porta de entrada dos apartamentos (Real x Modelado)

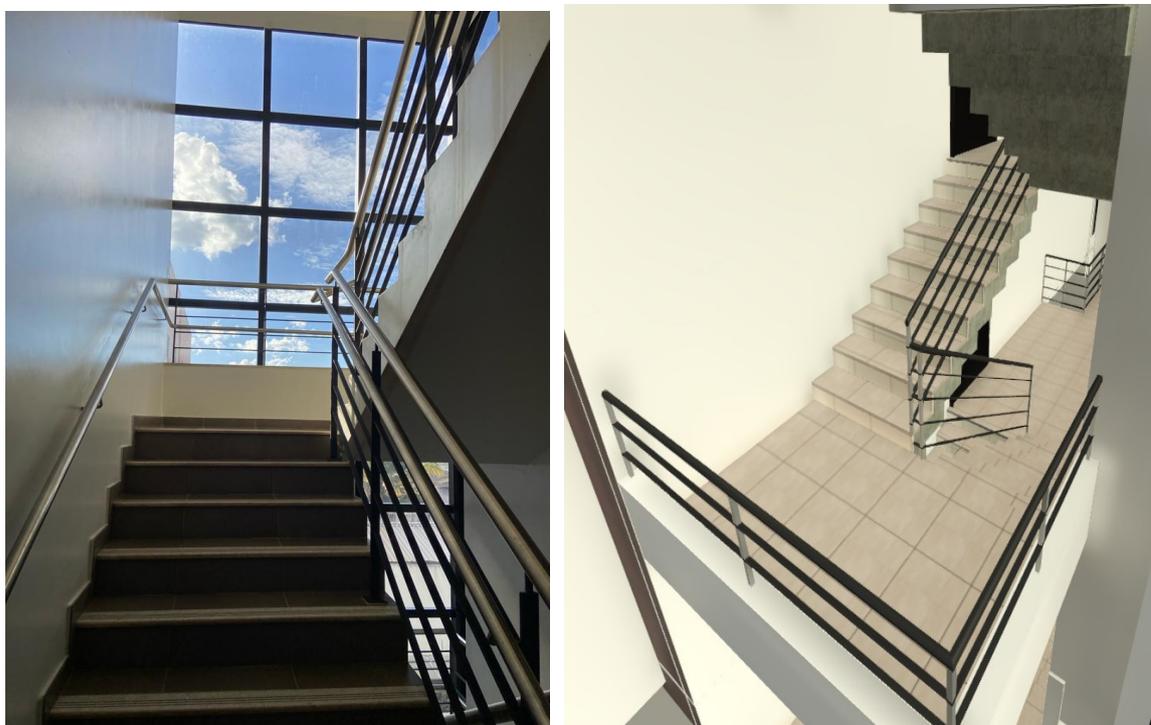


Fonte: Autora (2023)

#### 4.1.6. ESCADAS E GUARDA-CORPOS

A modelagem de escadas no Revit foi realizada por meio da criação de um croqui. Utilizando como base a planta baixa foi possível modelar o patamar e os lances, de acordo com a quantidade e dimensões dos degraus (espelho, piso e largura mínima do lance). Na Barra de Propriedades, foi possível selecionar o tipo e a família da escada: escada monolítica moldada no local em formato “U” (Figura 26).

*Figura 26: Renderização da escada (Real x Modelada)*



*Fonte: Autora (2023)*

Os guarda-corpos foram inseridos posteriormente nas escadas e nos vãos da circulação comum (Figura 27). Utilizou-se como base uma família externa, configurada de acordo com projeto: estrutura dos perfis dos corrimãos, distribuição e estrutura dos balaústres.

*Figura 27: Renderização do guarda-corpo da circulação comum*



*Fonte: Autora (2023)*

#### 4.1.7. INCOMPATIBILIDADES

Por se tratar do desenvolvimento de uma modelagem *as is*, ou seja, de como a edificação se encontra no momento presente, é preciso ajustar nos modelos as alterações realizadas a construção ou durante os anos de ocupação da edificação. Por isso, após a execução do modelo arquitetônico conforme projeto, foi realizada uma visita à Moradia Estudantil a fim de se observar quais elementos estão incompatíveis com o projeto inicial.

Foi observada a existência de uma porta de vidro no pavimento térreo, além de grades nos corredores de circulação comum do pavimento um, dois e três, como pode ser visto na Figura 28.

*Figura 28: Modelagem seguindo o projeto x Imagem da Visita técnica x Modelagem as is*



*Fonte: Autora (2023)*

A altura do peitoril da Janela J06 da lavanderia estava diferente do constante em projeto. Na prancha de detalhamento das esquadrias a altura do peitoril dessas janelas é de 0,5 m, no entanto, a altura real é de 1,0 m.

Figura 29: Detalhamento em planta da janela x imagem da visita técnica x modelagem as is



Fonte: Autora (2023)

## 4.2. MODELAGEM ESTRUTURAL

Como o objetivo principal desse estudo foi desenvolver a modelagem *as is* da edificação, este trabalho não contemplou o dimensionamento e detalhamento estrutural da edificação. Porém, para fins de aprendizagem, processou-se e analisou-se a estrutura no programa a fim de extrair os quantitativos dos materiais.

A modelagem estrutural foi realizada no *software* Eberick, uma das ferramentas mais utilizadas por engenheiros para modelagem e cálculo estrutural, e ainda, por ser capaz de verificar os elementos para o Estado Limite último e de serviço com base nas normas brasileiras de estruturas. O *software* permite modelar pilares, vigas, lajes, escadas, fundações, reservatórios e muros em concreto armado, moldado *in loco* ou pré-moldado, alvenaria estrutural e estruturas mistas.

Para iniciar a modelagem estrutural, o modelo arquitetônico foi exportado do Revit para o Eberick em formato IFC do tipo “2x3 Coordination View 2.0”. Como o arquivo da modelagem arquitetônica ficou grande, antes da exportação foram retiradas algumas famílias que não iriam interferir na modelagem e compatibilização do estrutural, como eletrodomésticos, bancadas, pele de vidro e brises da fachada, o que pode ser visto na Figura 30.

Figura 30: Modelo arquitetônico vinculado ao Eberick para auxiliar na modelagem estrutural

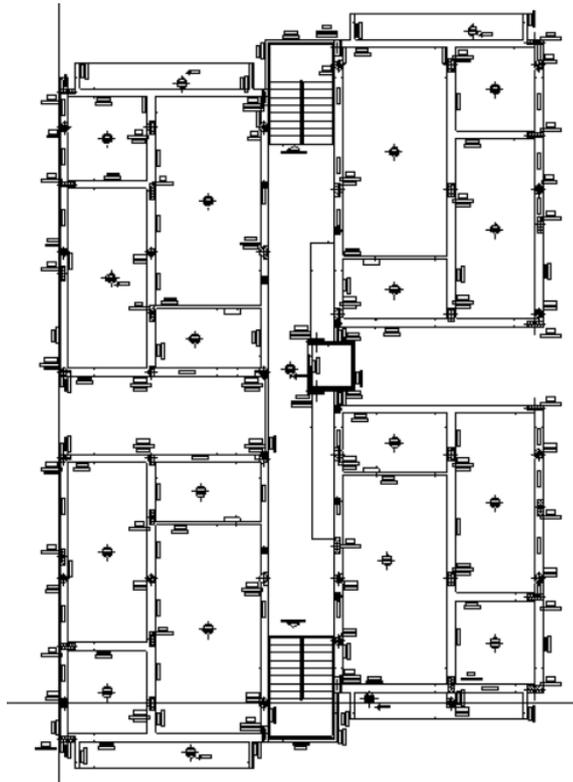


Fonte: Autora (2023)

Além do modelo arquitetônico, foram importadas as plantas de fôrma de todos os pavimentos do projeto DWG, previamente configurados (Figura 31 e Figura 32). Criou-se então, um arquivo por pavimento, utilizando o mesmo ponto como referência (0,0,0) de posicionamento. Atentou-se para utilizar a mesma escala de importação.

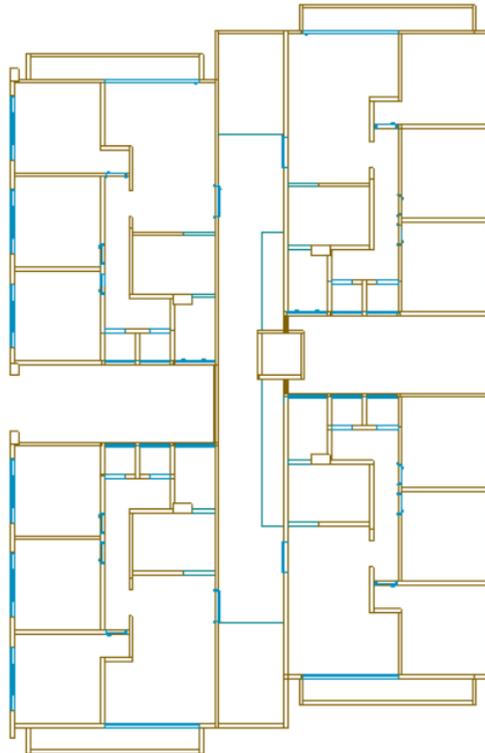
Assim como no desenvolvimento do modelo arquitetônico, a modelagem foi realizada em LOD 500 para o estrutural, a fim de atender às necessidades de uso e manutenção. Em relação ao LOIN, como, para fins de aprendizagem o lançamento foi processado e verificado no *software*, há o dimensionamento de aço e características do concreto utilizados, segundo o programa. Tais características não condizem com as especificadas em projeto, devido, provavelmente, à falta de informações no projeto e às atualizações de normas ocorridas desde o ano de concepção do projeto original.

Figura 31: Planta de fôrma do pavimento 2 importada do CAD



Fonte: Autora (2023)

Figura 32: Planta arquitetônico do Pavimento 2 importada do Revit



Fonte: Autora (2023)

Para o lançamento da estrutura, foram ajustados os níveis de cada pavimento. Devido à incompatibilidade entre os níveis apresentados nas plantas arquitetônicas e estruturais, considerou-se os níveis do projeto estrutural como referência de todo o modelo. Foi realizada uma nova visita à Moradia Estudantil para confirmar que os níveis adequados eram os estruturais. Assim, antes do lançamento estrutural no Eberick, foi feita a correção de nível na modelagem arquitetônica (Figura 33) que, por estar vinculada ao *software* estrutural, foi atualizada automaticamente.

Figura 33: Tabela atualizada de níveis do Revit, de acordo com os níveis estruturais

<b>&lt;Tabela de nível&gt;</b>	
<b>A</b>	<b>B</b>
<b>Nome</b>	<b>Elevação(m)</b>
<b>NÍVEL DA RUA</b>	<b>0.00</b>
<b>PAV. TÉRREO</b>	<b>0.17</b>
<b>PAV. 2</b>	<b>3.37</b>
<b>PAV. 3</b>	<b>6.52</b>
<b>PAV. 4</b>	<b>9.67</b>
<b>LAJE COBERTURA / BARRILETE</b>	<b>12.82</b>
<b>Reservatório d'agua</b>	<b>15.42</b>
<b>tampa reservatorio</b>	<b>17.70</b>

Fonte: Autora (2023)

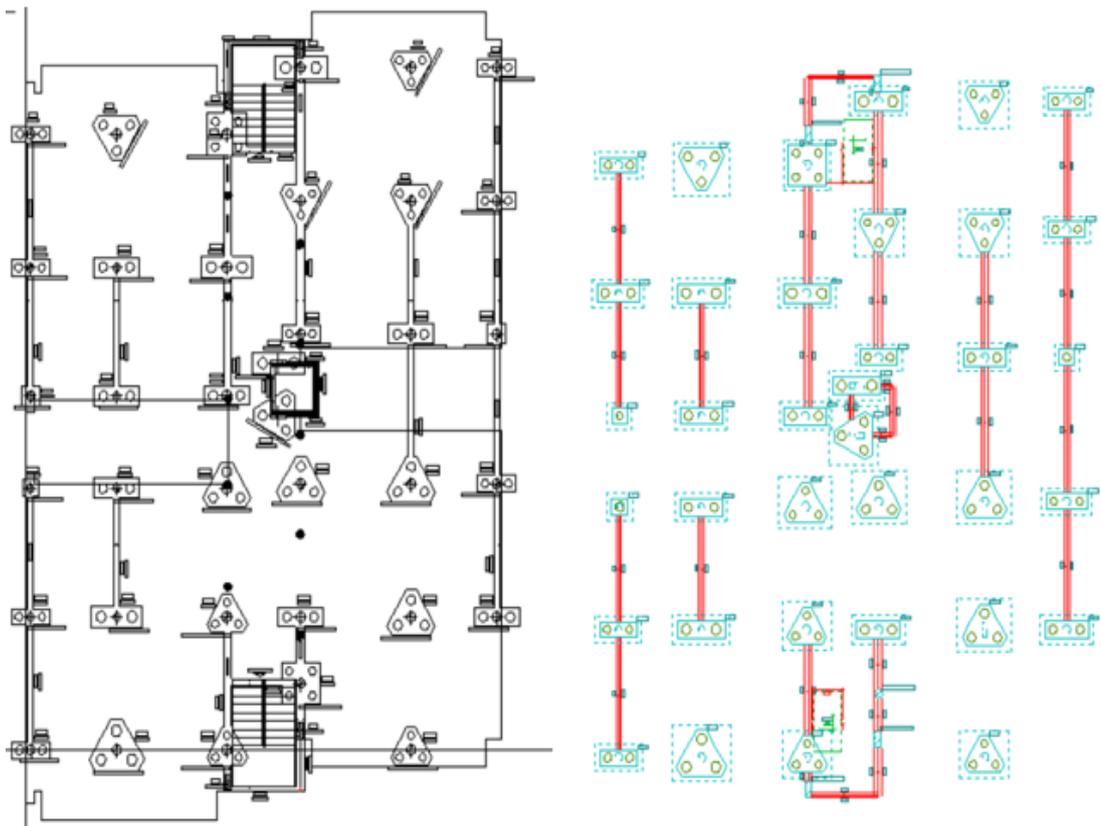
O lançamento da estrutura no *software* respeitou as dimensões, as direções e os posicionamentos das estacas, blocos, pilares, lajes, vigas e escadas advindas da planta estrutural DWG dos pavimentos.

#### 4.2.1. FUNDAÇÃO

Pelo projeto de fundações estar incompleto, pois não existe o detalhamento das estacas ou análises de solo, considerou-se na modelagem profundidade de três metros para as estacas, respeitando as dimensões estipuladas no projeto estrutural: 30, 35 e 40 cm de diâmetro. Foram modelados blocos retangulares para duas estacas,

triangulares para três estacas e quadrados para quatro estacas, conforme projeto estrutural fornecido (Figura 34).

Figura 34: Comparativo entre a planta de fôrma .dwg e a planta da modelagem pelo Eberick do pavimento térreo

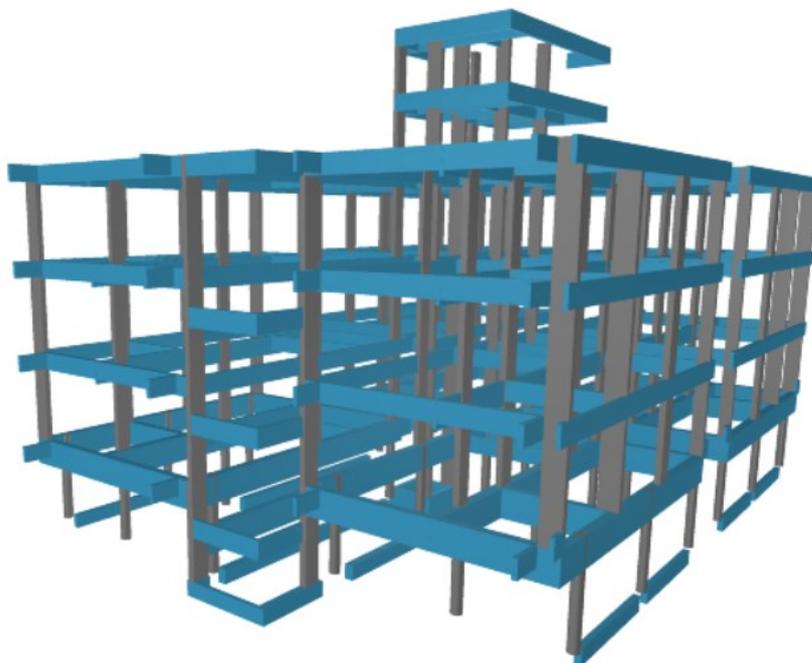


Fonte: Autora (2023)

#### 4.2.2. PILARES E VIGAS

Os pilares do térreo, em sua maioria, são circulares, com 35 cm de diâmetro, enquanto os pilares dos demais pavimentos são retangulares com dimensões variando entre 19x60 cm, 25x60 cm, 19x50 cm e 19x40 cm. As vigas baldrame possuem dimensões de 30x50 cm, 15x50 cm e 20x50 cm. As vigas dos demais pavimentos apresentam espessura de 35 cm, 30 cm, 25 cm, 20 cm, 19 cm, 15 cm e, em sua maioria 12 cm, com alturas de 90 cm, 85 cm, 75 cm, 55 cm e, na maioria, de 50 e 60 cm (Figura 35).

Figura 35: Modelagem dos pilares e vigas



Fonte: Autora (2023)

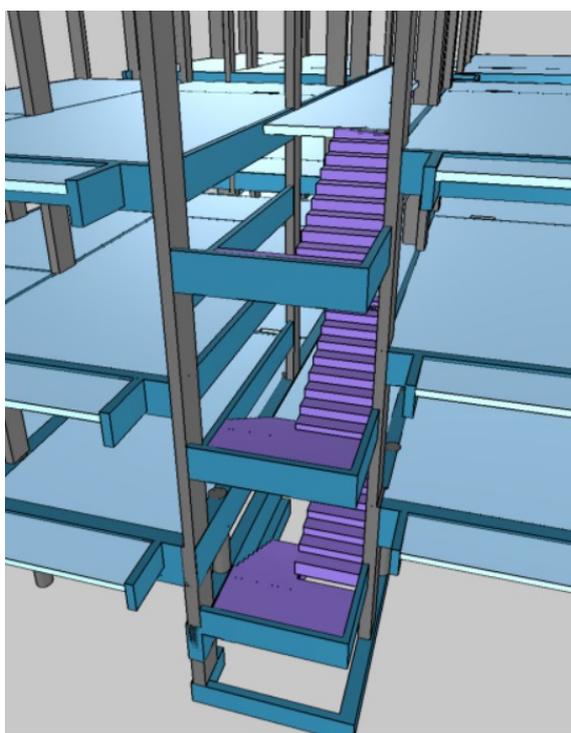
Atentou-se para a correta vinculação de apoio entre as vigas para garantir o equilíbrio entre custo e desempenho estrutural. Por padrão do Eberick, as vigas são lançadas com suas vinculações engastadas, a fim de não permitir rotações relativas no nó de apoio entre viga e pilar, ou seja, maior rigidez e maior consumo de aço (Longo, 2022). Assim, considerou-se vinculações rotuladas em encontros entre vigas a fim de desconsiderar a torção em elementos que apresentavam capacidade de adaptação plástica (Item 17.5.1.2 da ABNT NBR 6118:2014).

#### 4.2.3.LAJES E ESCADAS

As lajes possuem espessura de 8, 10, 12, 15, 16 e 20 cm. Para as escadas, foram criados no *software* níveis intermediários para o lançamento dos patamares, uma vez que foram consideradas escadas autoportantes. Assim, foi possível modelar os lances das escadas engastados nas lajes dos pavimentos a fim de garantir rigidez

suficiente para se manter estático (Longo, 2022). Considerou-se também, a criação de duas escadas, cada uma de um lado do bloco, ambas com subida pela direita, piso de 30 cm e espelho de 17,6 cm, ligando o térreo ao quarto pavimento (Figura 36).

*Figura 36: Modelagem da escada*

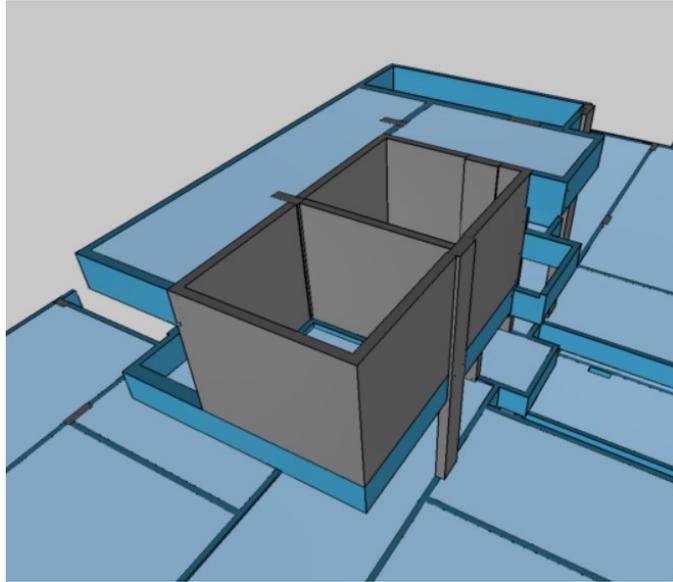


*Fonte: Autora (2023)*

#### 4.2.4. RESERVATÓRIOS D'ÁGUA

Os reservatórios do edifício são de concreto, assim, foram lançados no Eberick por meio da inserção de paredes cortina para reservatório no topo superior da estrutura (Figura 37). No *software*, as cargas dos volumes de água e as vinculações entre paredes e lajes são considerados automaticamente.

*Figura 37: Reservatórios modelados no Eberick*



*Fonte: Autora (2023)*

#### 4.2.5. LANÇAMENTO DAS CARGAS

Foram lançadas no modelo as cargas acidentais das vigas e lajes e para tanto, considerou-se a aplicação de cargas lineares de paredes e cargas acidentais. Para as cargas de paredes em vigas, foi especificado o grupo de vedação, bloco cerâmico de nove centímetros mais dois centímetros de cada lado para acabamento e revestimento. A altura considerada para carga da viga variou de acordo com o pé direito do pavimento acima dessa e da altura da viga imediatamente superior. No exemplo da Figura 38, considerou-se pé direito de 3,15 m e viga com altura de 60 cm, assim, considerou-se altura de alvenaria de 2,55 m.

Figura 38: Lançamento das cargas de parede em uma viga no Eberick

Parede

Dimensões

Grupo 02 - Bl. vedação cerâmico vazado 1: ▾

Altura 255 cm Espessura 13 cm

Carga 377.40 kgf/m Peso 1138.46 kgf/m<sup>3</sup>

Aberturas

Inserir

Editar

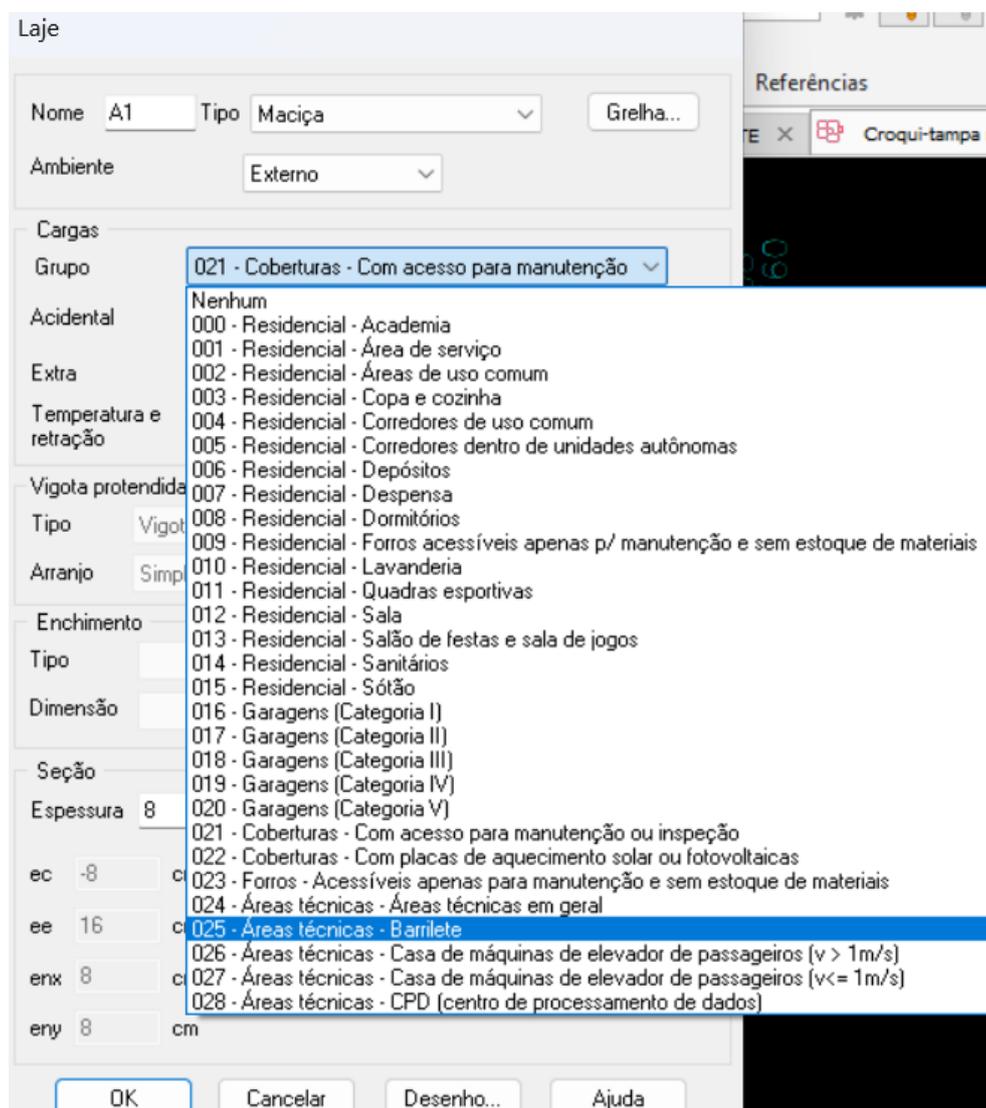
Excluir

OK Cancelar Ajuda

Fonte: Autora (2023)

Nas vigas baldrame sem carga de parede, foi considerado como carga extra, a carga inerente ao contrapiso, e nas vigas da cobertura a das telhas trapezoidais. Para aplicação de cargas nas lajes, considerou-se o tipo de laje, nesse caso, maciça, e o grupo de carga, de acordo com o tipo de ocupação da laje, como exemplificado na Figura 39. Assim, o *software* calcula automaticamente a carga a ser aplicada na laje, de acordo com a ABNT NBR 6120:2019.

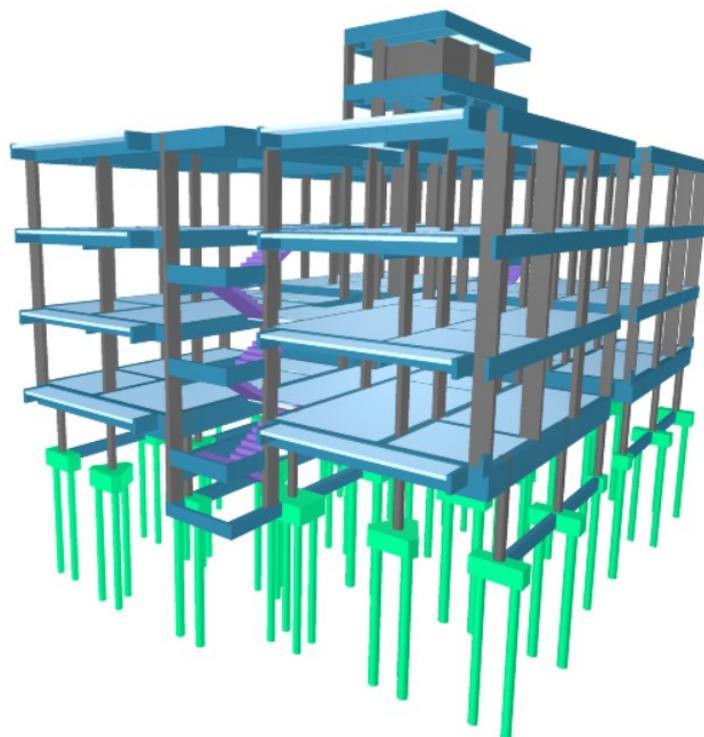
Figura 39: Print da aba de lançamento de cargas em lajes do Eberick



Fonte: Autora (2023)

Para melhor aprendizagem, foi processada a estrutura final (Figura 40) no *software* Eberick. Ao realizar a Análise Estática Linear, foi constatado que alguns elementos não estavam bem dimensionados, o que pode ser explicado pela falta de detalhamento no projeto, referente a classe de concreto utilizado ou tipo de vinculação entre elementos, por exemplo.

Figura 40: Resultado da modelagem estrutural no Eberick

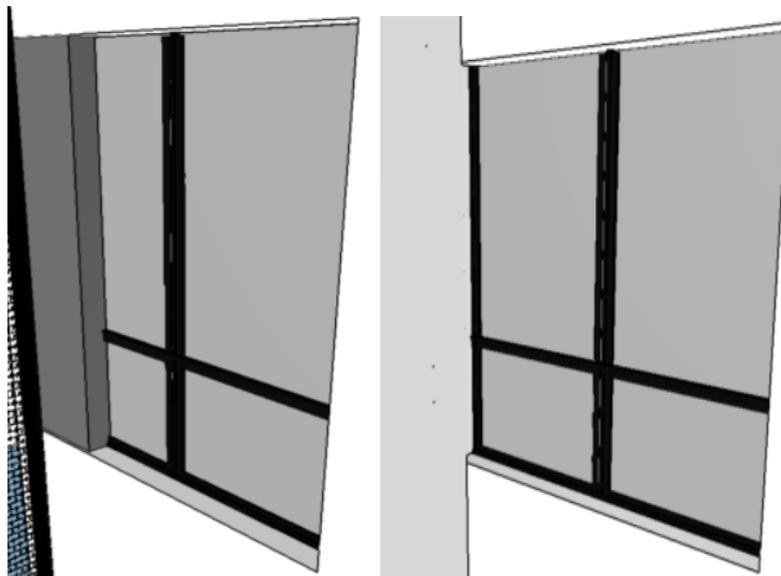


Fonte: Autora (2023)

#### 4.2.6. INCOMPATIBILIDADES

Ao sobrepor no próprio *software* a modelagem estrutural e arquitetônica, foi possível identificar a ocorrência de uma incompatibilidade entre os projetos, as janelas das lavanderias dos apartamentos estavam coincidindo com pilares, como mostra a Figura 41. Ao realizar outra visita à Moradia, constatou-se que a solução adotada para essa incompatibilidade foi a diminuição da largura da esquadria para um metro. Mas, de modo geral, observou-se que as dimensões e posicionamentos da estrutura estavam compatíveis com as espessuras de paredes e disposição dos cômodos do modelo arquitetônico.

Figura 41: Incompatibilidade visualizada ainda no Eberick entre o arquitetônico e o estrutural e a correção



Fonte: Autora (2023)

### 4.3. MODELAGEM HIDROSSANITÁRIA

A modelagem hidro sanitária foi realizada no *software* QIBuilder, ferramenta de execução de projetos de instalações prediais, disponibilizada generosamente pela empresa AltoQI para o desenvolvimento deste trabalho. O *software* permite lançamento automático ou manual dos sistemas, para melhor aprendizagem, a modelagem deste trabalho foi desenvolvida de forma manual.

Como o objetivo deste trabalho foi desenvolver a modelagem *as is* da edificação, não foi contemplado o dimensionamento e detalhamento do sistema. No entanto, para melhor aprendizagem do *software*, foram verificados e analisados os resultados da modelagem com base nas normas brasileiras, como a ABNT NBR 5626 (2020), NBR 8160 (1999) e NBR 10844 (1989).

Por se tratar de sistemas embutidos na alvenaria da edificação, não foi possível conferir *in loco* os locais exatos de passagem de tubulação, apenas o posicionamento dos registros e peças sanitárias e a distribuição real das tubulações do barrilete (Figura 42).

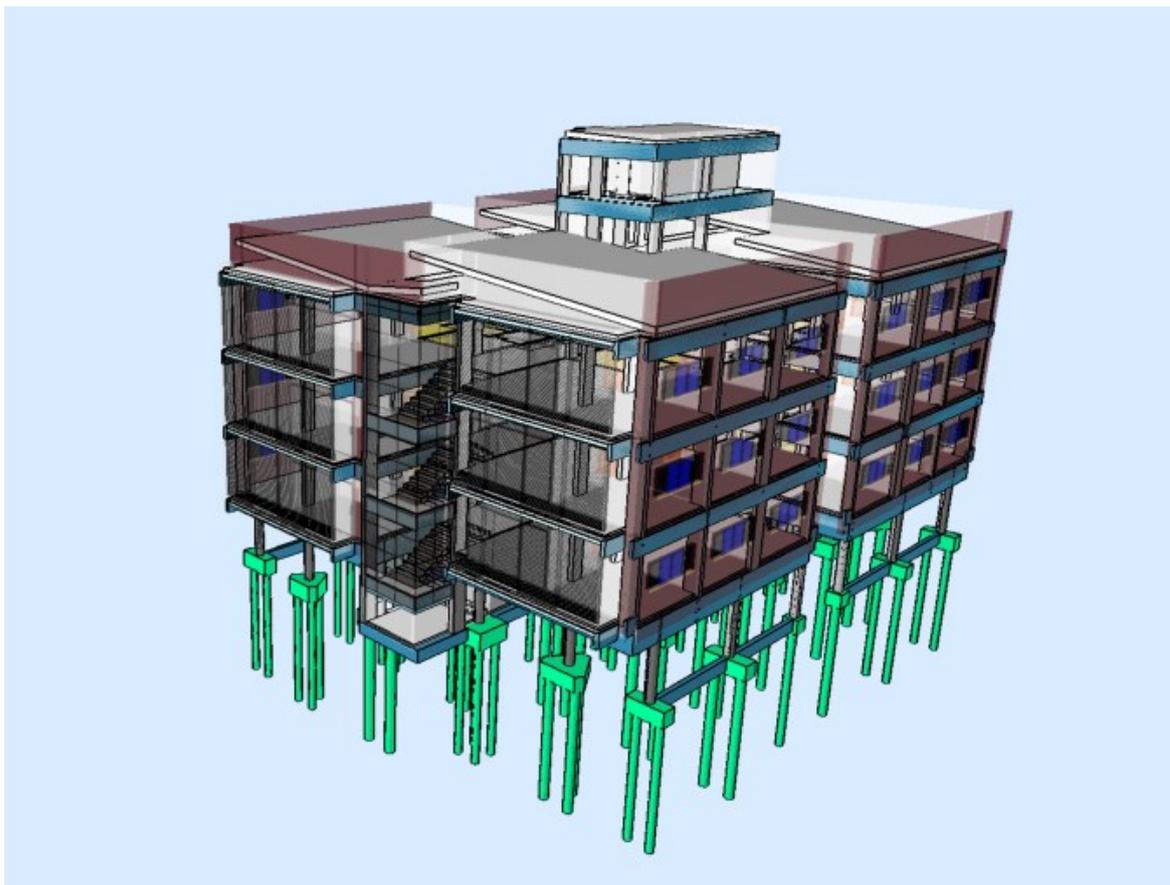
*Figura 42: Instalações do barrilete do Bloco A verificadas in loco*



*Fonte: Autora (2023)*

O lançamento das redes foi feito separadamente no Qi Builder para o modelo hidráulico (água quente e fria) e sanitário (esgoto, pluvial e ventilação), seguindo a ordem de execução descrita na sequência. Utilizou-se como referência os projetos CAD, por meio dos detalhamentos isométricos e das plantas baixas, que foram pré configurados (ajuste de escala e ponto de origem do desenho) e inseridos no QIBuilder, de acordo com cada pavimento. Por se tratar de uma modelagem BIM, o lançamento do modelo hidrossanitário também teve como referência a modelagem estrutural e arquitetônica da edificação a fim de verificar possíveis incompatibilidades (Figura 43).

Figura 43: Modelagem arquitetônica e estrutural vinculadas no QiBuilder



Fonte: Autora (2023)

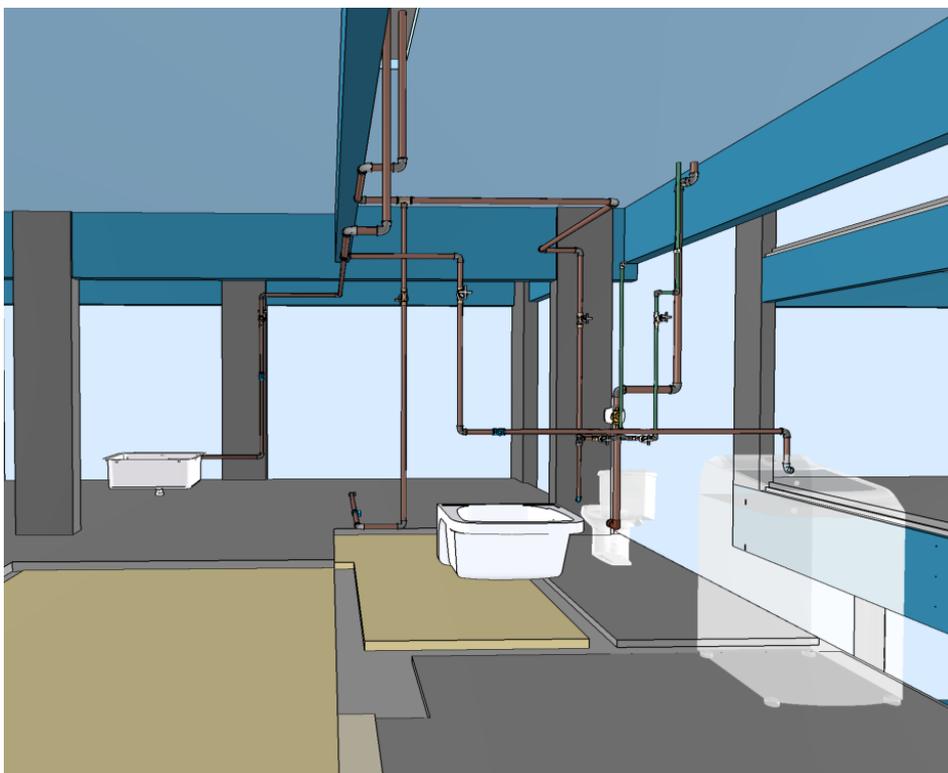
Assim como nas demais disciplinas, por se tratar de uma modelagem *as is*, o modelo hidrossanitário criado nesse trabalho atende às especificações de LOD 500. Em relação à descrição do LOIN utilizado, foram lançadas as bitolas e tipos de tubulação, conexão e terminação para peças sanitárias, porém, não foram especificadas as marcas dos elementos utilizados, devido a impossibilidade de conferência dos elementos embutidos.

#### 4.3.1. ÁGUA QUENTE E FRIA

A modelagem teve início no lançamento da rede de distribuição dos pavimentos tipo, para, posteriormente, modelar o barrilete e pavimento térreo. Como os quatro apartamentos do pavimento tipo apresentam a mesma disposição de ambientes, mas

de forma espelhada, foi realizado o lançamento das redes para um apartamento (Figura 44) e, posteriormente, copiado para os demais.

*Figura 44: Rede de água quente e fria de um apartamento lançado no QiBuilder*

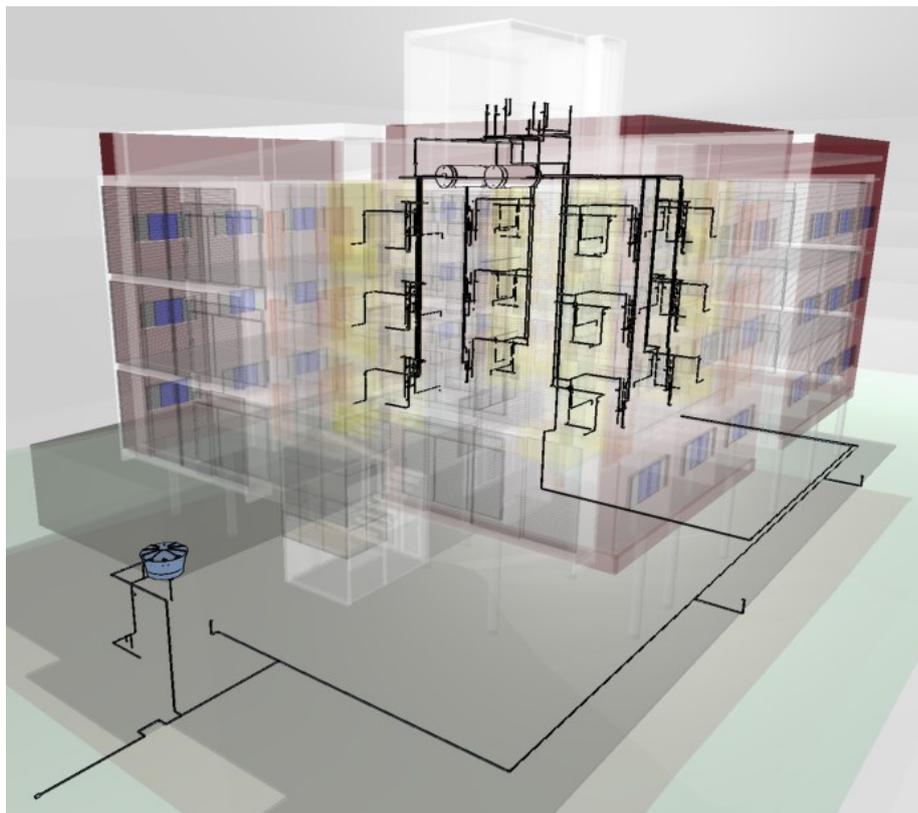


*Fonte: Autora (2023)*

Utilizando a planta 2D, foram criadas as colunas de abastecimento de água fria nas posições demarcadas em projeto para o pavimento tipo 1, que foi utilizado como cópia para os demais pavimentos. No QiBuilder, ao copiar as colunas para os demais pavimentos, a interligação entre as tubulações é realizada automaticamente.

No lançamento das redes de água quente e fria, utilizou-se do recurso de criação de detalhes isométricos e frontais dos ambientes. Dessa forma foi possível inserir os ramais, sub-ramais e peças hidráulicas nas alturas e disposições corretas. Como a inserção das redes foi realizada de forma manual, foi necessário definir os diâmetros e tipos de tubulações e conexões utilizados, assim como as inclinações de cada trecho. Na Figura 45 é representada a distribuição de água quente e fria nos pavimentos tipo e barrilete.

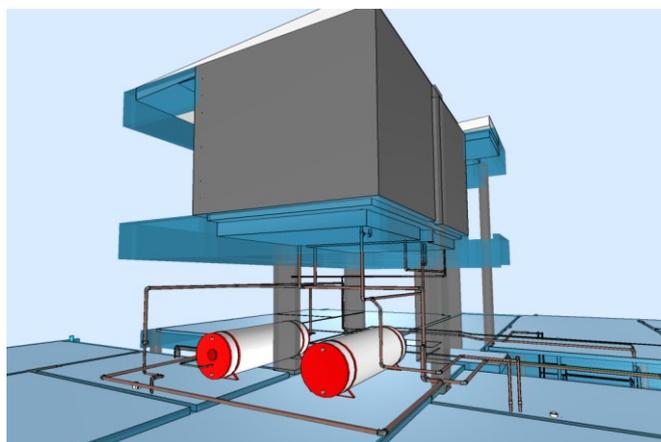
Figura 45: Distribuição de água quente e fria no Bloco A



Fonte: Autora (2023)

Ao realizar a visita técnica à Moradia, foi constatado que a disposição das tubulações de água quente e fria no barrilete estava destoando da apresentada no projeto original, assim, o barrilete foi modelado com base no que foi executado, como é apresentado na Figura 46.

Figura 46: Tubulações de água quente e fria no barrilete



Fonte: Autora (2023)

Além disso, constatou-se que, diferente do que apresentado em projeto, não foram utilizadas bacias sanitárias com caixa acoplada e sim bacias convencionais, o que implica na criação de novas prumadas para abastecimento das válvulas de descarga. Pela dificuldade de identificar em quais locais as prumadas foram instaladas na construção do edifício, considerou-se a modelagem em um provável local, nas paredes entre os chuveiros e as bacias sanitárias, como visto na Figura 47.

Figura 47: Válvula de descarga e bacia sanitária convencional (Real x Modelagem Hidrossanitária)



Fonte: Autora (2023)

Outra divergência observada no local entre o executado e o projeto foi a utilização de registros bicomando nos chuveiros dos apartamentos. Em projeto, era especificado registro monocomando. Assim, utilizou-se na modelagem o que de fato está instalado na edificação, registros bicomandos para água quente e fria. Na Figura 48 é possível observar os registros utilizados na modelagem, de acordo com o que foi verificado in loco.

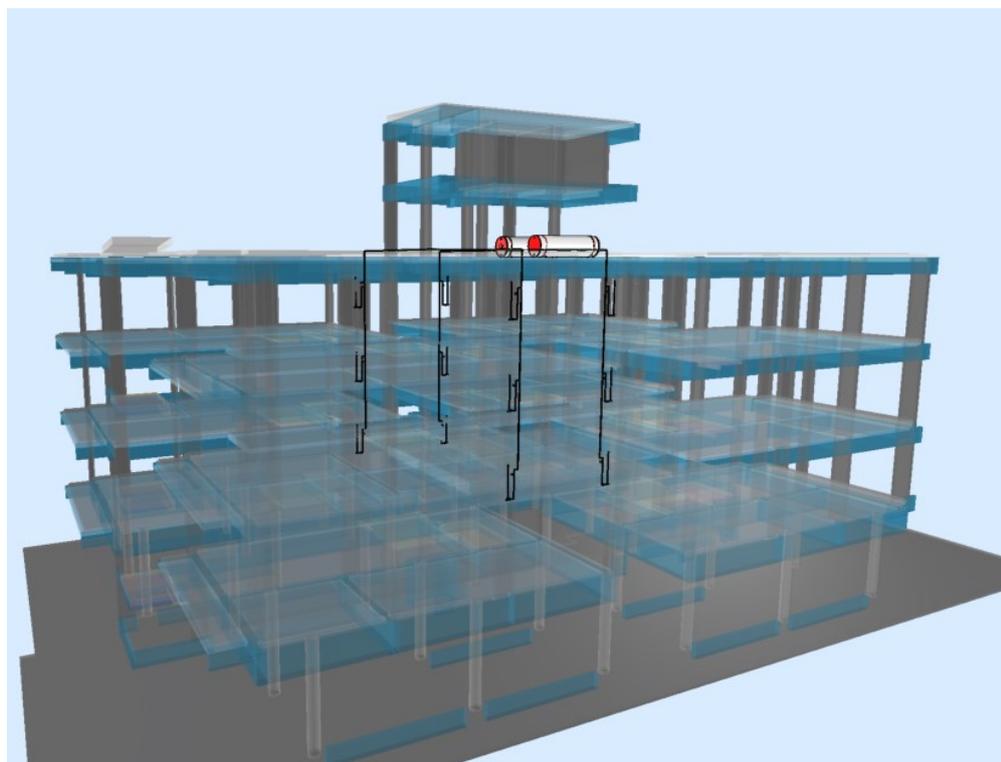
Figura 48: Ramais e registros do chuveiro (Real x Modelagem Hidrossanitária)



Fonte: Autora (2023)

O aquecimento da água, em projeto, é realizado por meio de placas de aquecimento solar e boiler, mas, ao realizar visitas à moradia, foi constatado que as placas solares foram retiradas, inativando o sistema de aquecimento solar. Atualmente, para substituição desse, faz-se uso de chuveiros elétricos nos apartamentos. Apesar de inativado, o sistema de água quente da edificação foi modelado conforme o que há instalado no local, incluindo registros, tubulação e boilers, como representado na Figura 49.

Figura 49: Modelagem da rede de água quente



Fonte: Autora (2023)

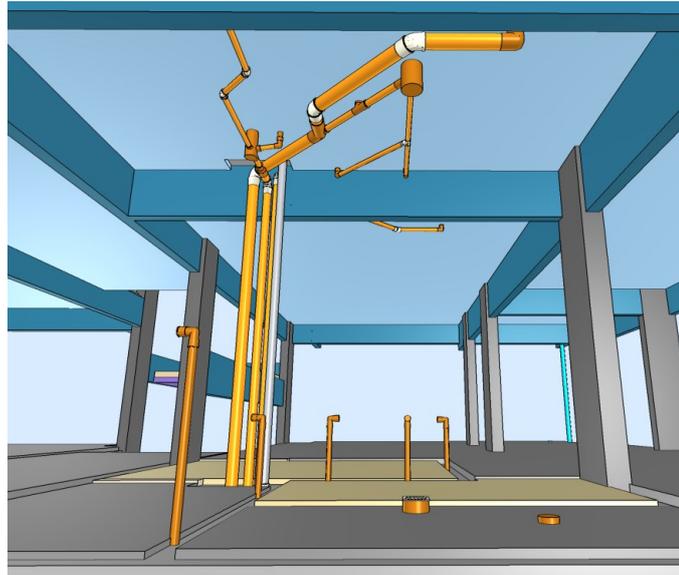
### 2.6.1. REDE SANITÁRIA E PLUVIAL

O lançamento da rede sanitária foi realizado com a aplicação das ferramentas de linhas auxiliares e captura ortogonal para a criação do croqui base das tubulações. As redes de esgoto, pluvial e de ventilação foram lançadas separadamente.

Primeiro, foram lançadas as prumadas de descida pluvial, tubos de queda e as colunas de ventilação. A partir das colunas e dos croquis foram lançados os ramais de cada rede, definindo para isso, o tipo e o diâmetro de tubulação adotada. Foram inseridas na modelagem também os aparelhos sanitários e as caixas sifonadas, no entanto, esses equipamentos foram lançados genericamente, ou seja, não necessariamente são idênticos ao existente no local.

Por não haver em projeto as especificações de altura das tubulações e terminações sanitárias, adotou-se as alturas padrões fornecidas pelo *software* de acordo com cada peça inserida. Na Figura 50 apresentam-se os ramais, sub-ramais, caixas sifonadas e peças da rede sanitária de um dos apartamentos.

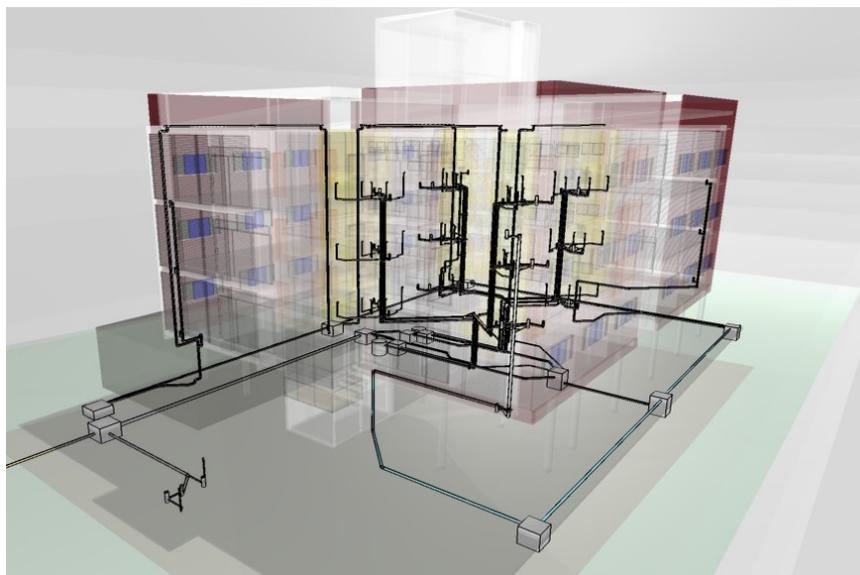
*Figura 50: rede sanitária de um apartamento do Bloco A*



*Fonte: Autora (2023)*

As terminações da rede de ventilação foram finalizadas acima do nível da cobertura com a inserção dos terminais de ventilação de acordo com o que foi verificado in loco. No pavimento térreo foram inseridas as caixas de passagem, as caixas de gordura e a ligação da rede até a servidão de passagem de esgoto e de água pluvial, como pode ser observado na Figura 51.

*Figura 51: Modelagem completa da rede sanitária do Bloco A*

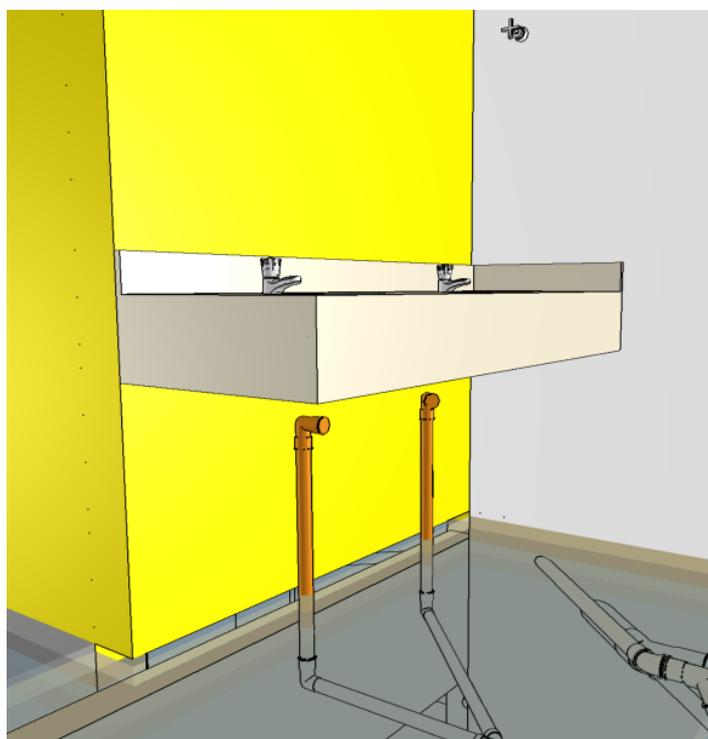


*Fonte: Autora (2023)*

Ao realizar a modelagem por meio da metodologia BIM, foi possível constatar, ainda durante o processo, algumas incompatibilidades entre os modelos hidrossanitário, estrutural e arquitetônico.

As tubulações de esgoto dos lavatórios dos banheiros coincidiram com algumas vigas. Como em projeto havia uma instrução de não furar vigas para a passagem de tubulação, a solução adotada foi a instalação das tubulações deslocadas das vigas, com a criação de uma parede dupla atrás do armário do banheiro para inserção dessas tubulações e terminações, como observa-se na Figura 52.

*Figura 52: Modelagem as is das tubulações e conexões do lavatório*

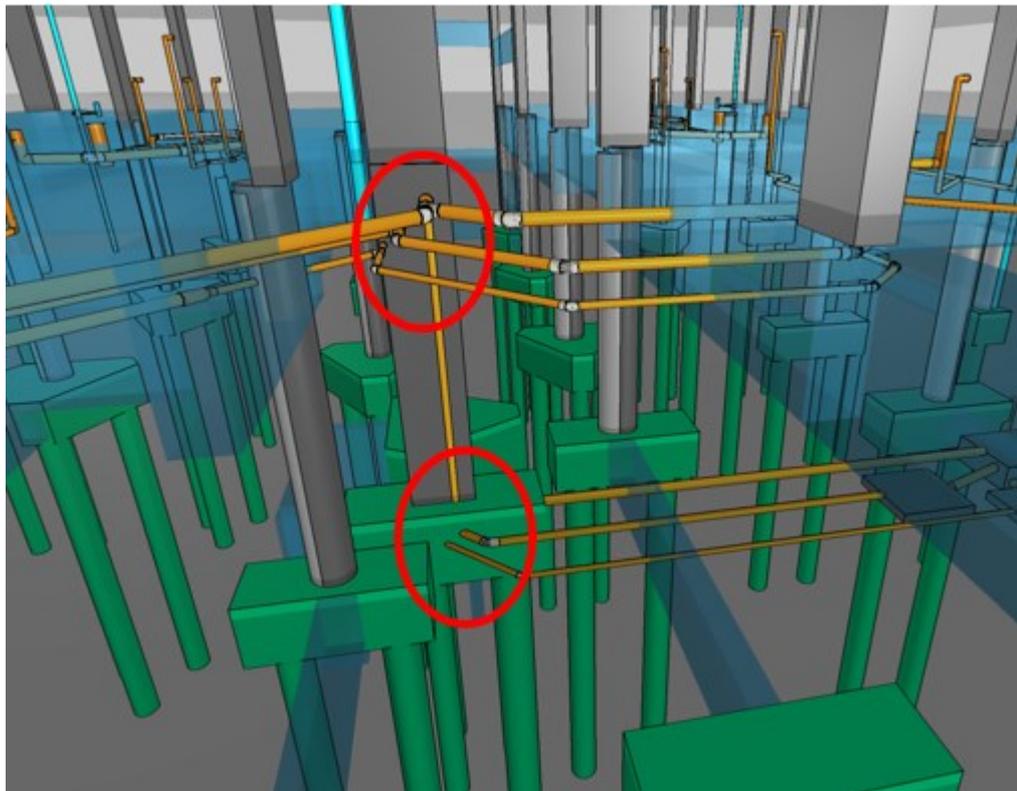


*Fonte: Autora (2023)*

Apesar da nota em projeto, foi constatado que, em alguns casos, não foi possível seguir essa orientação, como o caso das tubulações de esgoto das pias das cozinhas dos apartamentos. Em visita ao local, foi analisado que, como apresentado em projeto, a altura de entreferro existente nas cozinhas não eram suficientes para o deslocamento dessas tubulações abaixo das vigas, portanto, possivelmente, as vigas foram furadas para as passagens dessas tubulações.

Durante a modelagem das redes no pavimento térreo, foi constatado que algumas tubulações coincidem com os blocos de coroamento e pilares da edificação, essas foram facilmente corrigidas no *software* com o deslocamento das tubulações. Na Figura 53 é possível identificar um exemplo dessas incompatibilidades, em que a tubulação de esgoto coincide tanto com o pilar, quanto com o bloco.

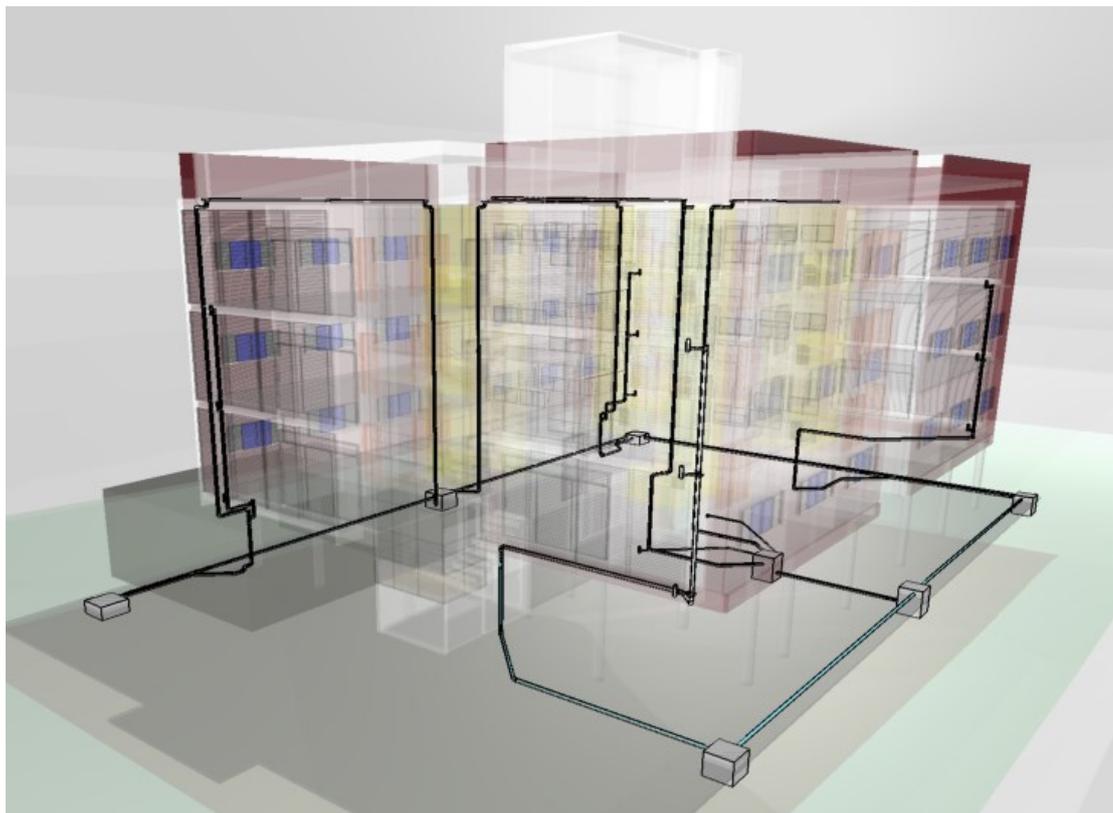
*Figura 53: Colisão entre tubulações sanitárias e pilares e vigas identificadas no QIBuilder*



*Fonte: Autora (2023)*

O sistema pluvial teve sua modelagem iniciada com o lançamento das tubulações de descida, para posterior inserção dos pontos de coleta nas varandas dos apartamentos e das calhas no telhado. No pavimento térreo, foram lançadas, as caixas de passagem e inspeção e a ligação com a rede de filtragem e reaproveitamento da água pluvial. Na Figura 54 é possível observar a modelagem da rede pluvial finalizada.

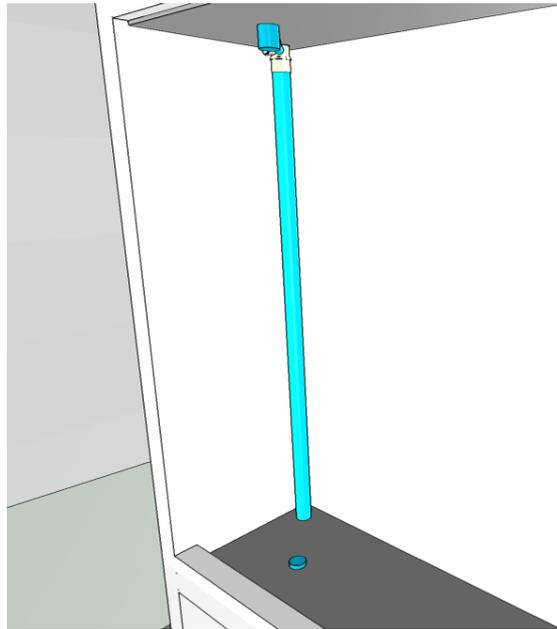
Figura 54: Rede pluvial completa



Fonte: Autora (2023)

Durante visita à Moradia, foi constatado que o posicionamento dos ralos pluviais e das prumadas nas sacadas divergiu do projeto. Neste, as prumadas localizavam-se dentro dos quartos, enquanto os ralos estavam centralizados nas sacadas, na visita técnica, constatou-se a instalação das prumadas foram feitas em um *shaft* e os ralos na extremidade das sacadas (Figura 55). Provavelmente, os ralos foram deslocados para facilitar a execução das quedas mínimas de água e do assentamento dos pisos nas sacadas. Assim, a modelagem foi corrigida para o que se tem executado no local.

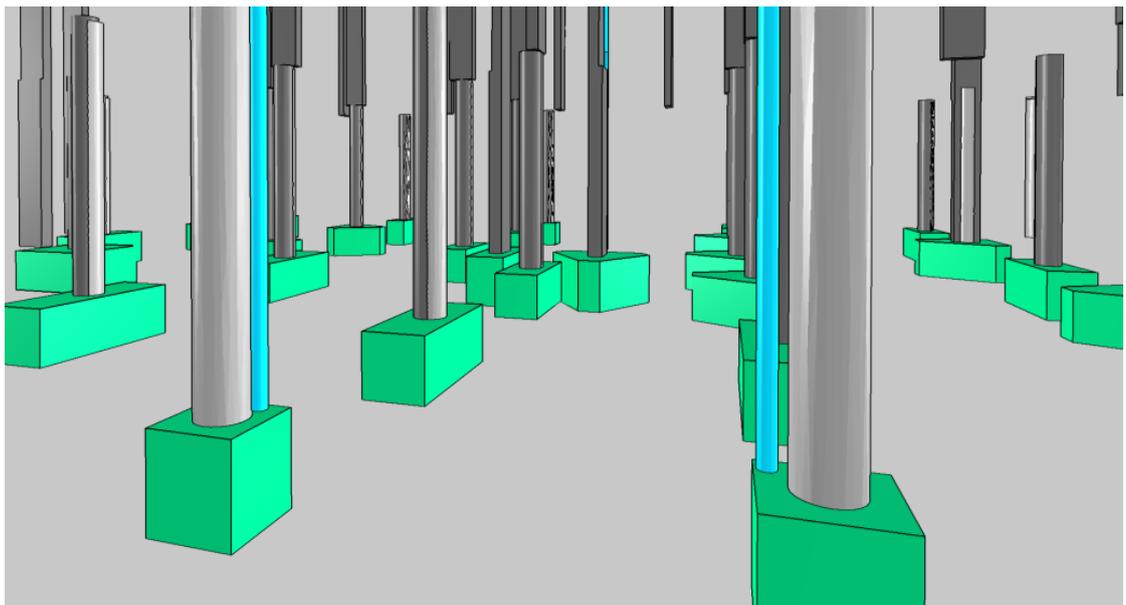
*Figura 55: Modelagem as is da rede pluvial na sacada de um apartamento*



*Fonte: Autora (2023)*

Assim como na rede sanitária, durante a modelagem foi observada a coincidência entre tubulações de descida da rede pluvial e os blocos de coroamento da edificação (Figura 56), o que foi resolvido com o deslocamento das tubulações para além dos blocos.

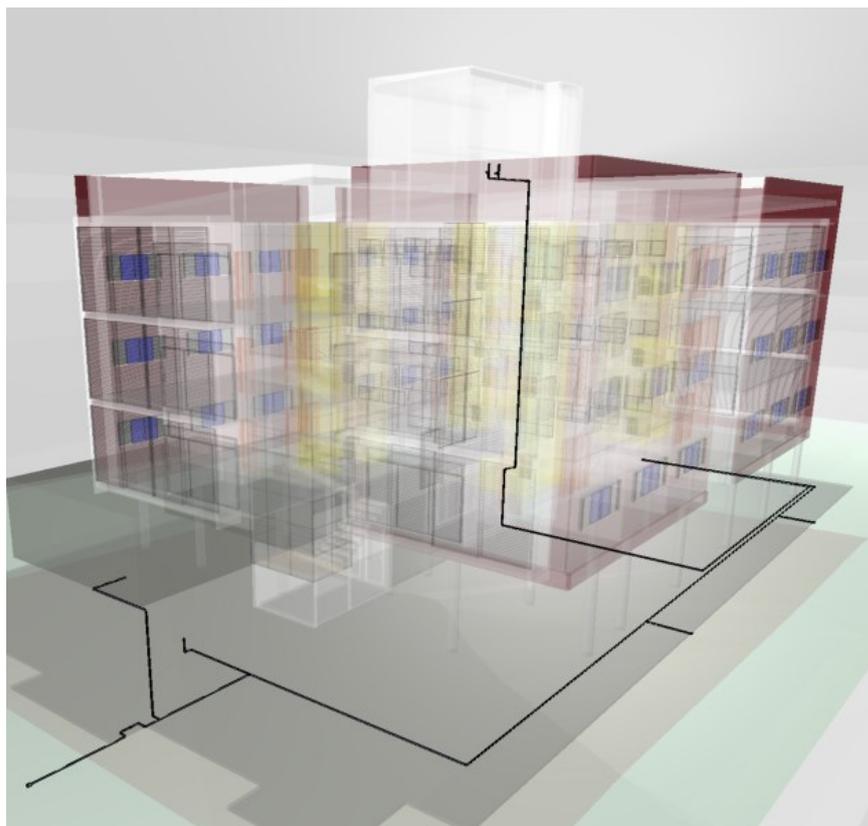
*Figura 56: Incompatibilidade entre rede pluvial e blocos*



*Fonte: Autora (2023)*

A modelagem hidrossanitária foi finalizada com a execução da rede de alimentação da edificação. Na Figura 57, pode-se visualizar a modelagem da rede de alimentação do Bloco A advinda da rede de alimentação do Bloco B e diretamente da rua.

*Figura 57: Rede de alimentação*



*Fonte: Autora (2023)*

#### **4.4. COMPATIBILIZAÇÃO**

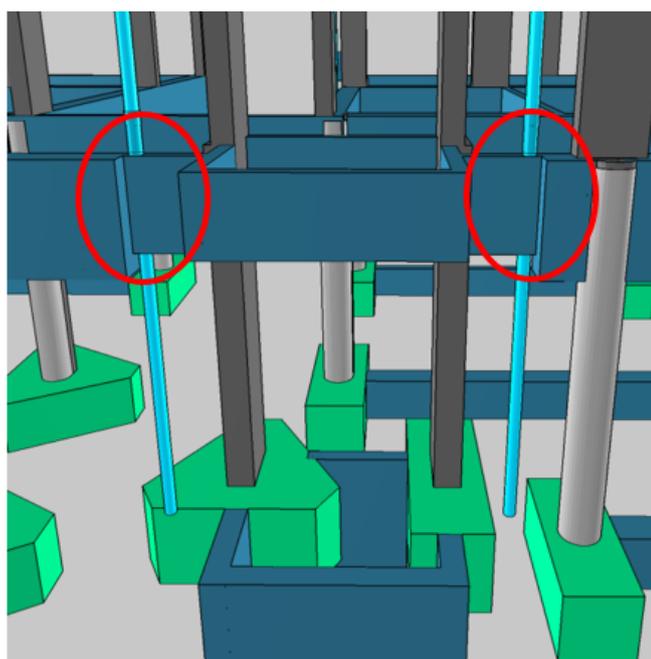
Um dos pontos mais relevantes para qualidade de um projeto é o alinhamento entre as diferentes disciplinas, para prever os erros antes da fase inicial da obra. Com processos cada vez mais fragmentados devido ao aumento da especialização dos profissionais da área, o uso de ferramentas computacionais torna-se mais relevante para solucionar esse impasse.

Para uma modelagem *as is* a compatibilização dos modelos das diferentes disciplinas tem um desafio a mais, que além de buscar o alinhamento entre projetos de diferentes disciplinas, faz-se necessário verificar os projetos *versus* o existente, o que muitas vezes pode demonstrar alterações realizadas tanto na fase de obra, quanto na fase de uso da edificação.

O BIM, devido às suas características de colaboração entre os interessados, interoperabilidade e de detecção de conflitos (*clash detection*), contribui para aumentar a qualidade dos projetos. Nesse trabalho, o estudo de incompatibilidades dos modelos desenvolvidos foi realizado de três maneiras: durante a concepção dos modelos, no *software* QiBuilder e no Navisworks.

As incompatibilidades percebidas ainda na fase de concepção do projeto, foram apresentadas e ajustadas na primeira etapa de modelagem. No QiBuilder, por esse possuir uma ferramenta de detecção de colisões que identifica e informa as interferências entre os modelos, foi possível analisar as interferências entre as tubulações e a estrutura. Na Figura 58 é possível observar uma das incompatibilidades apontadas: interferência da tubulação pluvial com viga. Esse conflito foi solucionado posicionando a tubulação no *shaft* ao lado do elevador.

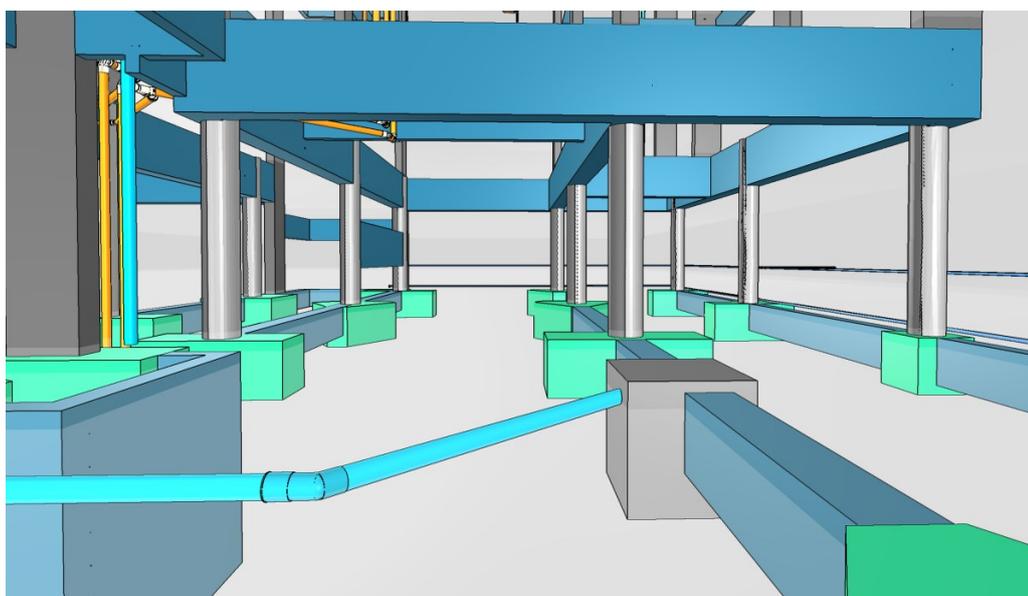
Figura 58: Interferência entre rede pluvial e vigas



Fonte: Autora (2023)

Outra incompatibilidade apontada foi a sobreposição da caixa de passagem pluvial com a viga baldrame, apresentada na Figura 59. As interferências apontadas foram corrigidas na modelagem hidrossanitária no *QiBuilder*.

Figura 59: Sobreposição da caixa de passagem e a viga baldrame



Fonte: Autora (2023)

No Navisworks é possível revisar projetos, detectar conflitos e interferências construtivas entre elementos de modelos, compartilhar e coordenar soluções e simular e validar as alterações por meio da vinculação de diversos modelos BIM. De modo geral, aponta-se, por meio de relatórios de detecção de conflitos, incompatibilidades de espaço e de sequência temporal de execução. No *software* é possível importar diversos formatos de arquivos, como por exemplo, arquivos Revit, Sketchup, Rhino, AutoCAD, ArchiCAD, 3ds Max, CATIA, FBX e IFC.

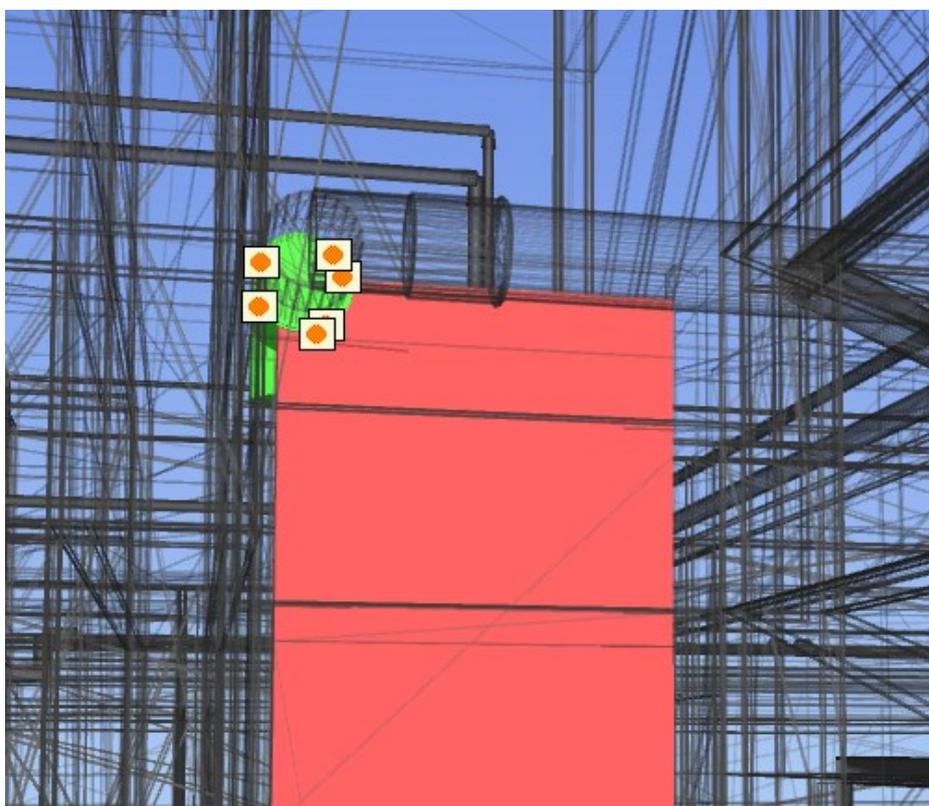
Nesse trabalho, foram vinculados ao *software* os arquivos IFC do arquitetônico, estrutural e hidrossanitário. Como as modelagens foram criadas com base nos arquivos já configurados, os IFCs gerados já estavam referenciados pelo mesmo ponto de origem (0,0,0) não necessitando, então, pré configurar as importações.

Utilizou-se a ferramenta *clash detection* para verificar as incompatibilidades. As análises foram configuradas de acordo com o tipo de elemento e de interferência que se queria analisar. Há três tipos de colisões que podem ser detectadas no

Navisworks: *Hard Clash*, em que é apontado a sobreposição entre elementos, *Soft Clash*, em que aponta, por exemplo, espaçamento inadequado entre elementos e *Time Clash*, em que são analisados as sequencias temporais de construção.

Inicialmente, foram verificadas as interferências entre os elementos arquitetônicos de esquadrias e as tubulações hidrossanitárias por meio das ferramentas *Hard Clash*. Na Figura 60 é exemplificado uma das oito incompatibilidades apontadas pelo *software*. As incompatibilidades apresentadas foram analisadas e corrigidas com o deslocamento das tubulações no *software* de origem.

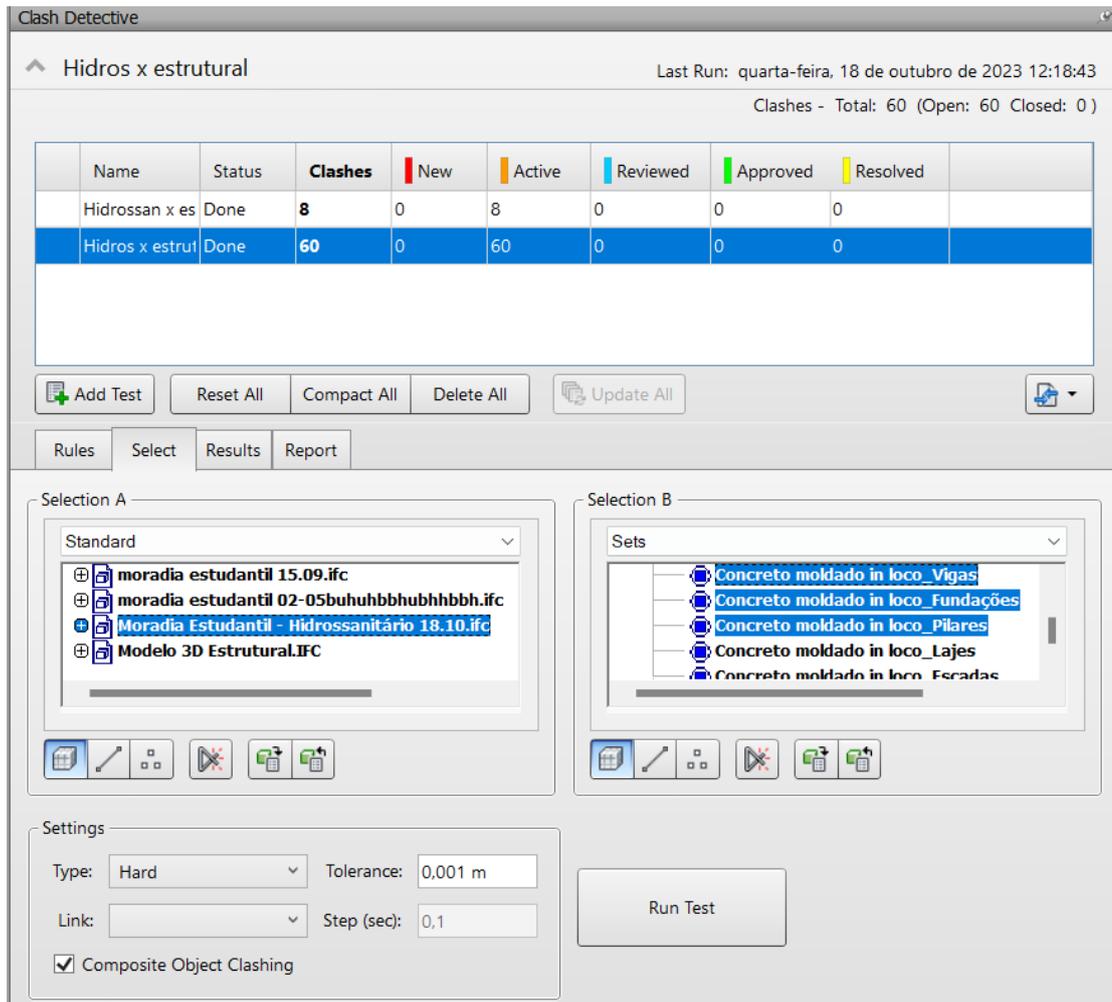
Figura 60: Sobreposição de tubulação e janela lateral do corredor de circulação comum



Fonte: Autora (2023)

Na verificação entre os elementos estruturais e os elementos hidrossanitários, foi utilizada a ferramenta *Hard Clash (conservation)*. Na Figura 61 é possível observar como a análise foi configurada.

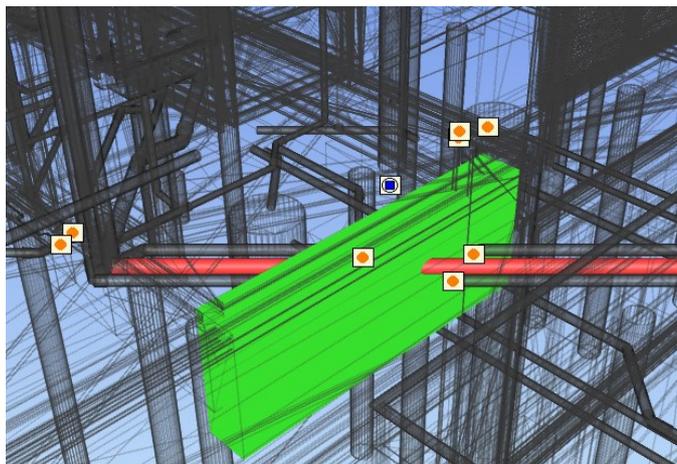
Figura 61: Configuração do teste entre modelos hidrossanitário e estrutural



Fonte: Autora (2023)

Nas interferências apontadas pelo *software*, algumas apontavam perfuração de vigas por tubulações, as quais foram ignoradas por serem as únicas alternativas de execução. As demais incompatibilidades foram corrigidas por meio do deslocamento das tubulações nos programas de origem de origem. Na Figura 62 é apresentado um exemplo, dentre as 60 incompatibilidades fornecidas pelo aplicativo entre os modelos hidrossanitários e estrutural.

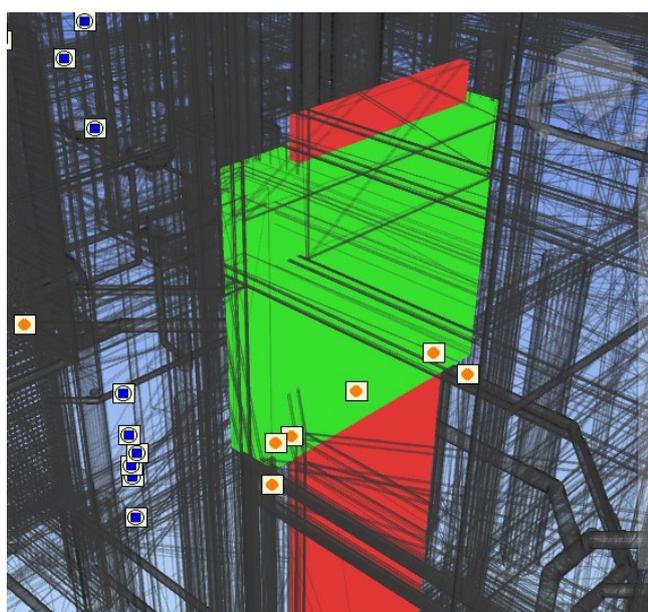
Figura 62: Exemplo de incompatibilidade apontada no teste entre hidrossanitário e estrutural



Fonte: Autora (2023)

Por fim, na verificação entre elementos arquitetônicos de esquadrias e elementos estruturais (Pilares e Vigas), aplicou-se a configuração *Hard Clash*, como exemplificado na Figura 63. As incompatibilidades foram analisadas e corrigidas no programa de origem, pois, verificou-se que as interferências apontadas não condiziam com o observado no local, mas sim, com erros de locação durante a modelagem.

Figura 63: Exemplo de incompatibilidade apontada entre esquadrias e estrutural



Fonte: Autora (2023)

## 5. CONCLUSÃO

Este trabalho tinha como objetivo apresentar e analisar os benefícios e os desafios acerca da aprendizagem e da utilização da metodologia BIM no desenvolvimento de uma modelagem *as is*. Por ser uma metodologia com muitos recursos e ferramentas, pode-se pensar que a adoção e utilização dessa é fácil. Porém, com o desenvolvimento desse trabalho, foi possível perceber que a aprendizagem e a aplicação de recursos BIM demandam esforço, tempo, ferramentas e hardware adequados.

Durante o estudo, foi percebido que para o desenvolvimento de projetos cada vez mais complexos, há a necessidade de haver funções e ferramentas nos programas cada vez mais específicos, o que os tornam mais pesados e demandam, então, hardwares mais potentes para sua utilização. Ainda, quanto mais complexas são as ferramentas, há maior exigência de tempo e dedicação para sua aprendizagem.

Por esses motivos, corroborando com Durante (2013), pode-se inferir que a adoção da metodologia BIM, apesar de muito vantajosa em relação às entregas de projetos e de informações, é devagar no mercado da construção civil.

Diversos foram os benefícios da utilização do BIM observados ao longo do desenvolvimento desse trabalho. Quando aplicada corretamente, a metodologia aumenta a produtividade de projetistas e executores de obras, uma vez que as incompatibilidades são resolvidas ainda em fase de projeto e a execução pode ser planejada e estudada antes de chegar ao canteiro de obras. Ainda, facilita a visualização e estudo da vida útil do empreendimento, por criar modelos virtuais fidedignos.

Um dos motivos de se escolher aplicativos de diferentes desenvolvedoras (Autodesk e AltoQI) foi analisar os desafios de interoperabilidade entre esses. Assim, é possível concluir que não houve desvantagem no uso de arquivos em formato IFC entre os programas escolhidos. Os dados das modelagens foram vinculados corretamente, o que facilitou o desenvolvimento deste trabalho.

Por se tratar de modelagens *as is*, ou seja, do que foi existente atualmente na edificação e por falta de informações nos projetos originais, o desenvolvimento

demandou várias visitas técnicas ao local e atualizações nos modelos criados de acordo com os projetos. Assim, foi possível concluir que modelar conforme o existente demanda mais trabalho do que uma simples modelagem de projetos. No desenvolvimento dessa modelagem arquitetônica, outro desafio enfrentado foi a busca por famílias similares aos elementos encontrados na edificação. Assim, foi necessário modificar e criar famílias para esse fim.

Foi possível concluir que a percepção de incompatibilidades nas etapas iniciais do empreendimento é facilmente corrigida. Assim, quanto mais avançados estão os projetos, mais complexas as alterações são de serem executadas, impactando cada vez mais nos custos e nos prazos.

Outro ponto relevante compreendido durante o desenvolvimento desse trabalho é a importância de apresentar modelos com LOD e LOIN adequados para cada etapa do desenvolvimento do projeto. O uso desses parâmetros facilita as trocas de informações entre os interessados pelo empreendimento, melhorando o fluxo de trabalho.

Com o desenvolvimento das modelagens *as is* arquitetônica, estrutural e hidrossanitária e a posterior compatibilização dos modelos da Moradia Estudantil da UFU, os objetivos propostos para esse trabalho foram atendidos. Como sugestão para trabalhos futuros, há a necessidade do desenvolvimento da modelagem *as is* da disciplina elétrica e compatibilização com as demais modelagens e a complementação de informações, como marca e modelo, nas modelagens a fim de aumentar o nível LOIN e tornar tais modelos mais completos para uso e manutenção da edificação.

## REFERÊNCIAS

AMARAL, Leandro. **REVIT: Tudo o que você precisa saber sobre ele.** [S. l.]: Leandro Amaral, 15 nov. 2019. Disponível em: <https://arquitetoleandroamaral.com/revit/>. Acesso em: 31 ago. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 19650-1:** Organização da informação acerca de trabalhos da construção - Gestão da informação usando a modelagem da informação da construção - Parte 1: Conceitos e princípios. Rio de Janeiro: ABNT, 2022

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 15965-1:** Sistema de classificação da informação da construção - Parte 1: Terminologia e estrutura. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5626:** Sistemas prediais de água fria e água quente — Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8160:** Sistemas prediais de esgoto sanitário — Projeto e execução. Rio de Janeiro, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10844:** Instalações Prediais de água pluvial. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6120:** Cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro, 2019.

AYRES FILHO, C. Acesso ao modelo integrado do edifício. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

AZEVEDO, Leonardo da Silva; MIKAMI, Rafael Jansen. Revista Técnico-Científica do CREA-PR -ISSN 2358-5420 –Edição Especial– dezembro de 2022- página 1 de 15 **NÍVEL DE INFORMAÇÃO (NI) E SUA UTILIZAÇÃO EM MODELOS BIM PARA PROJETOS E OBRAS PÚBLICAS.** **Revista Técnico-científica do CREA-PR**, [S. l.], p. 1-15, 1 dez. 2022.

BALDWIN, Mark. FROM LOD to LOIN. [S. l.]: Mark Baldwin, 9 mar. 2022.  
Disponível em: <https://en.plan.one/blog-en/from-lod-to-loin/>. Acesso em: 31 jul. 2023.

BIM para Estudos de Viabilidade e Concepção. [S. l.], 17 out. 2022.  
Disponível em: <https://spbim.com.br/bim-para-estudos-de-viabilidade-e-concepcao/>.  
Acesso em: 15 ago. 2023.

**CBIC. Fundamentos BIM – Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras.** Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, v. 1, p. 1-124, 2016.

**CBIC. Implementação do BIM – Parte 2: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras.** Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, v. 2, p. 1-72, 2016.

**CBIC. Colaboração e integração do BIM – Parte 3: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras.** Brasília: Câmara Brasileira da Indústria da Construção, v. 3, p. 1-132, 2016.

CHAVES, LUCIANO HAMED. **AVALIAÇÃO DO BIM E DA PROGRAMAÇÃO VISUAL NO CICLO DE VIDA DE UM PAVIMENTO INTERTRAVADO.** 2021.  
Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, [S. l.], 2021. Disponível em:  
[https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/61915/3/2021\\_tcc\\_lhchsousa.pdf](https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/61915/3/2021_tcc_lhchsousa.pdf). Acesso em: 13 set. 2023.

DURANTE, Fábio Kischel. **O USO DA METODOLOGIA BIM (BUILDING INFORMATION MODELING) PARA GERENCIAMENTO DE PROJETOS: GERENTE BIM LONDRINA 2013.** 2013. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Londrina, [S. l.], 2013.

EASTMAN, C. et al. BIM Handbook: a guide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. 2. ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2011.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R. LISTON, K. Manual de BIM: Um guia de modelagem a informação da construção para arquitetos, engenheiros,

gerentes, construtores e incorporadores. Livro traduzido. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FARIAS, Julio. O QUE é BIM. [S. l.], 5 dez. 2019. Disponível em: <https://spbim.com.br/o-que-e-o-bim/>. Acesso em: 1 out. 2023.

FRANÇA, Rovane. As Built, As Is, As Found. **MundoGeo**, [S. l.], p. 0-0, 15 jan. 2015. Disponível em: <https://mundogeo.com/2015/01/15/as-built-as-is-as-found/>. Acesso em: 20 out. 2023.

JOVANOVIČS, Caroline Tedesco; MOUNZER, Elie Chahdan. Evolução tecnológica do desenvolvimento de projetos nos setores de engenharia civil e arquitetura. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], p. 77089-77111, 5 ago. 2021. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/33917/pdf>. Acesso em: 18 jul. 2023.

LEVEL OF DETAIL & DEVELOPMENT (LOD) IN BIM MODELING EXPLAINED. [S. l.], 3 nov. 2021. Disponível em: <https://www.tejyy.com/bim-level-of-development-lod-200-300-350-400-500/>. Acesso em: 16 out. 2023.

LONGO, Luis Filipe. **Comparativo entre vinculações de vigas**. [S. l.], 6 out. 2022. Disponível em: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115001285093-Comparativo-entre-vincula%C3%A7%C3%B5es-de-vigas>. Acesso em: 1 out. 2023.

LONGO, Luis Filipe. **Exemplo de lançamento de escada autoportante**. [S. l.]: Luis Filipe Longo, 15 ago. 2022. Disponível em: <https://suporte.altoqi.com.br/hc/pt-br/articles/115003584493>. Acesso em: 1 out. 2023.

MARSICO, L. M.; MEDEIROS, R. de; DELATORRE, V.; COSTELLA, M. F.; JACOSKI, C. A. **Aplicação de BIM na compatibilização de projetos de edificações**. Iberoamerican Journal of Industrial Engineering, Florianópolis, SC, Brasil, v. 7, n. 17, p. 19-41, 2017.

MATTOS, Aldo Dórea. Análise de construtibilidade. **Sienge Softplan**, [S. l.], 14 jun. 2018. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/analise-de-construtibilidade/>. Acesso em: 24 ago. 2023.

MIKALDO, Jorge. **Estudo Comparativo do Processo de Compatibilização de Projetos em 2D e 3D com uso de TI**. 2006. Dissertação (Mestrado em

Construção Civil) - Universidade Federal do Paraná, [S. l.], 2006. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/10393/DISSERTA%c3%87%c3%83O-JORGE%20MIKALDO%20JR.PDF?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 15 set. 2023.

MONTEIRO, et al. Compatibilização de projetos na construção civil: importância, métodos e ferramentas. Revista Campo do Saber. 2017.

MOTA, Ana Carolina. A “CURVA DE MACLEAMY” PROVA QUE INVESTIR NO PROJETO COMPENSA. [S. l.]: Ana Carolina Mota, 24 maio 2023. Disponível em: <https://www.portobelloengenharia.com.br/curva-de-macleamy/>. Acesso em: 17 ago. 2023.

NETTO, Claudia Campos. **Autodesk Revit Architecture 2015**. [S. l.]: Saraiva, 2015.

PROJECT MANAGER INSTITUTE. Guia PMBOK: um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos. 6. ed. Pennsylvania: Project Management Institute, 2013.

SACKS, R. et al. BIM Handbook. Third Edit ed. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2018.

TORRES, L. F. Fundamentos do Gerenciamento de Projetos. 1a Edição ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.