



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**CENTRO TECNOLÓGICO - CTC**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL – ECV**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**GEISEBEL SILVEIRA DA CRUZ**

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM O USO DE FERRAMENTAS BIM**

**FLORIANÓPOLIS**

**2017**

GEISEBEL SILVEIRA DA CRUZ

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM O USO DE FERRAMENTAS BIM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal de Santa Catarina como  
requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel  
em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.

**FLORIANÓPOLIS**

**2017**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Cruz, Geisebel Silveira da  
Compatibilização de Projetos com o uso de Ferramentas  
BIM / Geisebel Silveira da Cruz ; orientador, Luis  
Alberto Gómez - Florianópolis, SC, 2017.  
86 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -  
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico.  
Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. Projeto. 3. Compatibilização .  
4. Ferramentas BIM. I. Gómez, Luis Alberto . II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em  
Engenharia Civil. III. Título.

GEISEBEL SILVEIRA DA CRUZ

**COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS COM O USO DE FERRAMENTAS BIM**

Este trabalho de conclusão de curso foi julgado adequado para obtenção do título de Engenheira Civil e aprovado em sua forma final pelo curso de graduação em Engenharia Civil, na Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 10 de Março de 2017

Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.  
Coordenador do Curso de Graduação em Engenharia Civil

**Banca examinadora:**




---

Prof. Luis Alberto Gómez, Dr.

Orientador

Departamento de Engenharia Civil, UFSC



---

Nora Maria de Patta Pillar, Dr.

Departamento de Engenharia Civil, UFSC



---

Eng. Sálvio José Vieira, Dr.

Departamento de Engenharia Civil, UFSC

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais que me apoiaram e incentivaram desde o início e me deram força e suporte para concluir esta etapa da minha vida.

Ao meu namorado Eduardo Veloso que sempre me ajudou em todos os momentos desta caminhada, pelo amor e cuidado que me dedica diariamente, e também a seus pais, que já considero como minha família, que sempre torceram pelo meu sucesso.

Em especial à minha irmã Jéssica que me acompanhou desde o princípio da minha vida, sempre compartilhando suas experiências, cuidando de mim, me ajudando e fazendo companhia durante a vida universitária.

Ao Profº Luis Alberto Gómez por ter aceitado orientar este trabalho e à todos os outros professores que fizeram parte da minha formação acadêmica. Agradeço também todos os colegas com quem convivi durante a graduação.

*“Um leitor vive mil vidas antes de morrer, o homem que nunca lê vive apenas uma.”*  
*George R. R. Martin*

## RESUMO

A qualidade dos projetos na construção civil é um fator determinante que reflete diretamente na qualidade do produto final. Custos com retrabalho e atrasos no cronograma de execução são muito comuns devido às incompatibilizações de projeto. Com o aumento da complexidade das soluções da indústria da construção civil, várias especialidades foram designadas a equipes diferentes, gerando uma necessidade maior de integração entre elas. Desta forma, é preciso buscar alternativas para minimizar este tipo de problema. O uso de BIM - *Building Information Modeling* (Modelagem de Informação da Construção), está inserido neste contexto como uma alternativa ao modo tradicional de projeto, visualização e análise do produto. Este trabalho tem como objetivo a compatibilização de 3 disciplinas (Arquitetônica, estrutural e hidrossanitária) através do uso de ferramentas BIM. Para o desenvolvimento, foi realizado um estudo de caso em um edifício multifamiliar de 4 pavimentos, que possuía seus projetos em 2D que foram utilizados como base para o modelamento 3D. Neste processo foram detectadas inúmeras interferências e as ferramentas BIM utilizadas se mostraram bastante eficientes para a realização da compatibilização das disciplinas.

**Palavras chave:** projeto, modelagem, BIM, compatibilização.

## **ABSTRACT**

The design's quality in building is a decisive cause that reflects directly in the final's product quality. Rework costs and delays are very common problems caused by incompatibilities between projects. With the increasing complexity construction industry several specialties were assigned to different teams, creating a need for integration among them. It is necessary to look for alternatives to minimize this kind of problem. The use of BIM - Building Information Modeling is inserted in this context as an alternative to the traditional way of design. The objective of this work is to verify the compatibility of three disciplines through the use of BIM tools. The case study was a multifamily building which had its original 2D designs that were used for 3D modeling. Many interferences were detected in this process and the BIM tools used proved to be quite efficient.

**Keywords:** Design, modeling, BIM, compatibility.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Influência do custo acumulado ao decorrer das etapas do empreendimento.....	19
Figura 2 - O Bim e o ciclo de vida do empreendimento.....	22
Figura 3 - Exemplo de um objeto paramétrico com suas propriedades .....	23
Figura 4 - Interface Revit: Principais ferramentas de arquitetura e navegador de projeto.....	26
Figura 5 - Interface do <i>Navisworks Manage</i> .....	27
Figura 6 - Metodologia de trabalho .....	28
Figura 7 - Fachada Sul do edifício.....	29
Figura 8 - Fachada Norte do edifício.....	30
Figura 9 - Planta baixa do pavimento tipo.....	31
Figura 10 - Exemplo de definição dos níveis. ....	33
Figura 11 - Planta baixa arquitetônica do pavimento tipo pronta para importação.....	34
Figura 12 - Ferramenta de verificação de interferências .....	35
Figura 13 - Seleção de elementos para a verificação.....	36
Figura 14 - Relatório de interferências do Revit .....	36
Figura 15 - Ferramentas do Navisworks. ....	37
Figura 16 - Testes de verificação de interferências .....	38
Figura 17 - Relatório de interferências do Navisworks.....	39
Figura 18 - Principais ferramentas para o design arquitetônico .....	40
Figura 19 - Janela de propriedades de uma porta. ....	41
Figura 20 - Recurso de gerenciamento de materiais .....	42
Figura 21 - Planta baixa arquitetônica de um apartamento .....	43
Figura 22 - Fachadas do empreendimento.....	44
Figura 23 - Detalhe da escada em uma vista seccionada.....	45
Figura 24 - Vistas 3D através do recurso câmera.....	46
Figura 25 - Visão geral do modelo arquitetônico (vista realista). ....	47
Figura 26 - Visão geral do edifício (vista renderizada). ....	47
Figura 27 - Vinculando o modelo arquitetônico.....	48
Figura 28 - Ferramentas para modelagem da estrutura. ....	48
Figura 29 - Planta de formas do pavimento térreo .....	50
Figura 30 - Elementos estruturais: Fundação (1), Pilar (2), Mão francesa (3), Viga (4) e Laje (5). ....	51

Figura 31 - Vista do reservatório inferior.....	52
Figura 32 - Vista do reservatório superior.....	52
Figura 33 - Fachadas leste, norte, oeste e sul da estrutura.....	53
Figura 34 - Vista renderizada do modelo estrutural. ....	54
Figura 35 - Exemplos de equipamentos utilizados. (1- Caixa sifonada da Tigre, 2- Registro de pressão da Docol, 3 – Vaso sanitário com caixa acoplada da Celite). ....	55
Figura 36 - Ferramentas do Revit MEP.....	55
Figura 37 - Vista de corte das tubulações.....	56
Figura 38 - Detalhe do barrilete.....	57
Figura 39 - Visão geral do modelo hidrossanitário .....	58
Figura 40 - Incoerência no nível dos blocos do reservatório inferior.....	60
Figura 41 - Detalhe do bloco de fundação do reservatório inferior.....	60
Figura 42 - Detalhe de instalação de vaso sanitário com caixa acoplada.....	61
Figura 43 - Ponto de água para vaso sanitário conforme projeto. ....	62
Figura 44 - Conflito entre tubulação de água fria e ventilação do sanitário.....	63
Figura 45 - Sobreposição de dois tubos de queda próximos. ....	63
Figura 46 - Cruzamento entre um tubo de queda e um ramal de ventilação. ....	64
Figura 47 - Cruzamento entre um tubo de queda e uma coluna de água fria. ....	64
Figura 48 - Vistas dos modelos sobrepostos no Navisworks .....	65
Figura 49 - Tubulação aparente no banheiro .....	66
Figura 50 - Prumadas do sanitário aparentes no térreo .....	66
Figura 51 - Prumadas do sanitário na garagem .....	67
Figura 52 - Número de interferências encontradas nos testes .....	67
Figura 53 - Tubo de queda e ramal de esgoto em conflito com blocos de fundação .....	68
Figura 54 - Pilares da cobertura e tubulações do reservatório.....	68
Figura 55 - Sobreposição de tubulações e pilares.....	69
Figura 56 - Vista do reservatório inferior.....	70
Figura 57 - Interferências no reservatório superior .....	70
Figura 58 - Alimentação embutida na parede do reservatório superior .....	71
Figura 59 - Conflito entre a esquadria de um banheiro e um tubo de queda.....	71
Figura 60 - Conflito entre uma porta e um tubo de queda.....	72
Figura 61 - Conflito entre esquadrias e pilares.....	72
Figura 62 - Conflito entre portas e pilares.....	73
Figura 63 - Conflito entre esquadrias e vigas.....	74

Figura 64 - Gráfico de conflitos e incoerências encontradas .....	78
Figura 65 - Gráfico de conflitos entre elementos estruturais e tubulações.....	79
Figura 66 - Exemplo de construção de mocheta ( <i>shaft</i> ) .....	80

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Dimensões dos elementos estruturais.....	49
Tabela 2 - Altura recomendada para instalações dos aparelhos sanitários.....	61
Tabela 3 - Número de casos de conflitos encontrados. ....	75
Tabela 4 - Conflitos e incoerências encontrados e soluções sugeridas. ....	76

## LISTA DE ABREVIACOES

PMBOK - *Project Management Body of Knowledge*

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas

NBR - Norma Brasileira

BIM - *Building Information Modeling* (Modelagem de Informação da Construção)

CAD - *Computer Aided Design* (Desenho Auxiliado por Computador)

DWG - Formato nativo de arquivos de dados do AutoCAD

IFC - *Industry Foundation Classes*

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. Objetivo geral .....</b>	<b>16</b>
<b>1.2.1. Objetivos específicos .....</b>	<b>16</b>
<b>1.3. Estrutura do trabalho .....</b>	<b>17</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>18</b>
<b>2.1. Conceito de projeto .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2. Sobre a importância da qualidade dos projetos .....</b>	<b>18</b>
<b>2.3. Compatibilização de Projetos.....</b>	<b>20</b>
<b>2.4. O conceito BIM.....</b>	<b>21</b>
<b>2.5. Parametrização de objetos.....</b>	<b>22</b>
<b>2.6. Interoperabilidade.....</b>	<b>23</b>
<b>2.7. Vantagens do uso de BIM na construção civil.....</b>	<b>24</b>
<b>2.8. Ferramentas BIM .....</b>	<b>25</b>
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>28</b>
<b>3.1. Obtenção dos projetos.....</b>	<b>29</b>
<b>3.2. Justificativa da escolha das ferramentas.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3. O processo de modelagem.....</b>	<b>32</b>
<b>3.4. Compatibilização dos modelos com uso de ferramentas BIM. ....</b>	<b>35</b>
<b>4. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO .....</b>	<b>40</b>
<b>4.1. Modelo Arquitetônico .....</b>	<b>40</b>
<b>4.2. Modelo estrutural.....</b>	<b>48</b>
<b>4.3. Modelo hidrossanitário .....</b>	<b>55</b>
<b>4.4. Compatibilização dos modelos .....</b>	<b>59</b>
<b>4.4.1. Análise do projeto no modelamento das disciplinas.....</b>	<b>59</b>
<b>4.4.2. Interferências entre os elementos de uma mesma disciplina .....</b>	<b>62</b>
<b>4.4.3. Análise das interferências entre as disciplinas através do Navisworks .....</b>	<b>65</b>

<b>5. DISCUSSÕES E RESULTADOS .....</b>	<b>75</b>
<b>5.1. Análise geral e possíveis soluções para as incompatibilizações encontradas .....</b>	<b>75</b>
<b>5.2. Problemas entre o projeto estrutural e hidrossanitário.....</b>	<b>79</b>
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>82</b>
<b>6.1. Sugestões para trabalhos futuros .....</b>	<b>84</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>85</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Todo processo construtivo necessita de um bom projeto e planejamento para obter sucesso tanto qualitativamente quanto economicamente. Através dos anos as atividades de design e execução dos produtos da construção civil foram se distanciando gerando uma falha de comunicação entre os processos envolvidos. Hoje é possível observar que a fase em que os projetos são concebidos é cada vez mais fragmentada, envolvendo profissionais distintos que nem sempre estão em sintonia.

A partir dessas mudanças surgiu a necessidade de uma nova atividade que assegure que todas as representações gráficas das soluções definidas na fase projetual possam de fato estar em concordância, resolva conflitos e minimize as dúvidas na execução. O processo de compatibilização de projetos tem um papel importante no sentido de evitar atrasos e custos não previstos gerados por possíveis incoerências do projeto.

Desta forma o conceito BIM (*Building Information Modeling*) pode auxiliar no processo, pois, permite uma nova visão do projeto, não somente por apresentar uma modelagem 3D, mas por reunir todas as informações em um único modelo. O BIM proporciona uma maior integração das diversas equipes que participam das etapas do projeto.

Segundo Eastman et al. (2014) as empresas que usam o BIM são beneficiadas, pois, o processo de projeto inclui o conhecimento de construção e, além disso, elas conseguem coordenar todas as etapas do projeto. Desta forma, a qualidade do projeto e da construção são elevadas, pois é possível ter um maior controle e planejamento.

Uma das principais motivações na realização deste trabalho é ter a possibilidade de analisar um projeto já concluído e, através dos conhecimentos adquiridos durante a graduação e em estágios realizados. Além disso, poder ter uma visão crítica de como evitar certos erros, que parecem inocentes no papel, mas, quando em fase executiva, geram retrabalhos e atrasos. Uma das principais consequências, além do aumento dos custos, é da diminuição da qualidade final.

A compatibilização de projetos é uma etapa fundamental que tem o papel de integrar todas as disciplinas que envolvem um empreendimento. Ela tem função de detectar possíveis incoerências e conflitos que podem ser geradas no processo. É necessário que os profissionais estejam habilitados para a proposição de soluções mais racionais, pensando na fase executiva e também na questão econômica e ambiental.



O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma alternativa em relação à forma tradicional de compatibilização de projetos que é, geralmente, realizada através da sobreposição das plantas geradas com o auxílio do CAD. Os itens abaixo descrevem os principais objetivos que este trabalho pretende realizar.

## **1.2. Objetivo geral**

Utilizar uma plataforma BIM para realizar a compatibilização de um projeto 2D existente, transformando-o em um modelo 3D e posteriormente verificar as incoerências do mesmo.

### **1.2.1. Objetivos específicos**

- Aplicar conhecimentos obtidos ao longo do curso;
- Transformar o projeto obtido em um modelo 3D;
- Escolher uma família de programas BIM e aprender a utilizá-los;
- Analisar as interferências e incoerências entre estrutura, arquitetura e instalações hidrossanitárias, propondo soluções para as mesmas.

### 1.3. Estrutura do trabalho

Para a elaboração deste trabalho foi consultada a norma de padronização de trabalhos, a NBR 14724:2011 - Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos — Apresentação (ABNT, 2011). Para fins de organização, ele está dividido em 5 capítulos que serão descritos rapidamente abaixo:

- Capítulo 1 – Introdução

Introduz o tema proposto apresentando a relevância do tema, bem como os objetivos que se pretende alcançar com o presente trabalho e quais os motivos que levaram a escolha do assunto.

- Capítulo 2 – Revisão bibliográfica

Este capítulo tem como objetivo a definição de alguns itens importantes para o entendimento dos problemas relacionados aos projetos e outros conceitos relacionados à problemática do trabalho.

- Capítulo 3 – Metodologia

Descreve todo o processo que foi seguido para que se tentasse alcançar os objetivos propostos, viabilizando a execução do modelamento e a compatibilização dos projetos.

- Capítulo 4 – Desenvolvimento do trabalho

Apresenta os detalhamentos dos procedimentos desenvolvidos neste trabalho, tanto no modelamento quanto nas verificações de conflitos e incoerências que ocorreram.

- Capítulo 5 – Discussões e resultados

Mostra a análise dos resultados das verificações de conflitos e interferências citadas no desenvolvimento do trabalho. Apresenta também sugestões para solucionar os problemas encontrados.

- Capítulo 5 – Considerações Finais

Considerações sobre os resultados obtidos, se os objetivos foram cumpridos e sugestões para trabalhos futuros.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1. Conceito de projeto**

A definição de projeto na qual este trabalho se refere são as representações gráficas dos diversos sistemas que são necessários para a execução de um empreendimento residencial. Segundo PMBOK (2012), um projeto consiste em um esforço temporário, com início e término definidos, que visa a criação de um produto, podendo envolver uma ou várias pessoas no processo de criação.

Graziano (2003) define projeto como uma simulação da realidade a ser construída. Ele é resultado de uma relação harmônica entre os sistemas necessários para seu funcionamento e concretização.

Para Oliveira e Melhado (2006) o projeto deve ser visto como parte do processo de construção que tem função de definir e transmitir as diversas características de uma edificação específica. Além disso, ele tem uma parcela de responsabilidade nos processos de racionalização da construção. Ele possui também o papel de integrar eficiência e qualidade ao edifício sempre buscando reduzir os custos.

Larson e Gray (2016) ressaltam que um projeto tem objetivo definido e elementos exclusivos. Eles demandam uma combinação de esforços de vários especialistas, que trabalham em conjunto, com a ajuda de um gerente de projetos responsável, pelo desempenho em geral do mesmo.

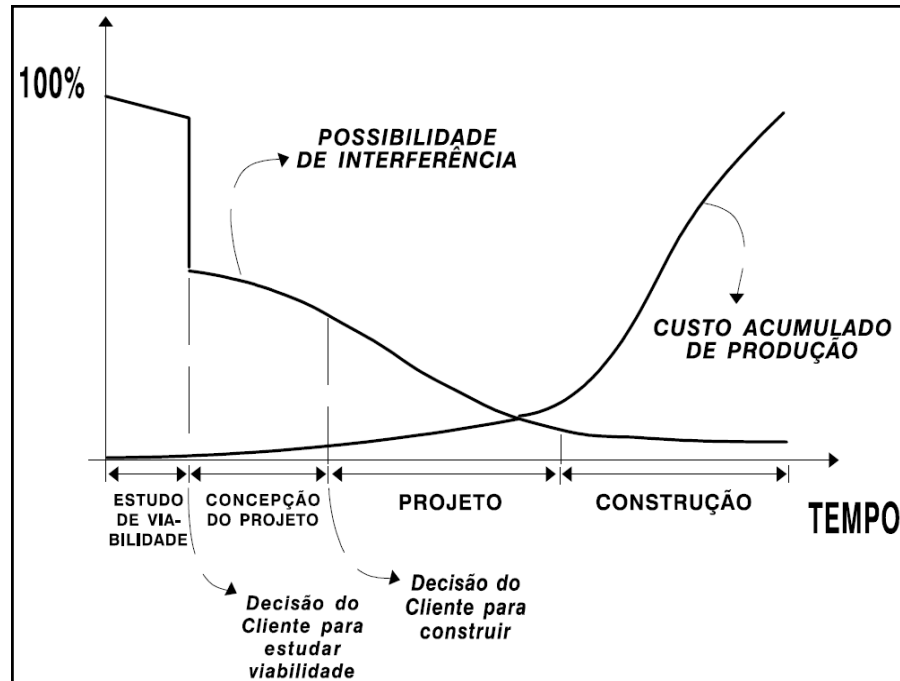
### **2.2. Sobre a importância da qualidade dos projetos**

A qualidade dos projetos na construção está totalmente vinculada com a importância que se dá a esta etapa. A situação atual do mercado exige competitividade, ou seja, projetos eficientes, que reduzam os custos da construção e mantenham a capacidade de atender as necessidades requeridas. De acordo com Fabricio (2002), um dos principais problemas da construção civil é a falta de ser dada a devida importância aos projetos, os quais, muitas vezes, são atrelados somente às exigências legais e funções de caracterização em geral do produto.

Fabricio (2002) ainda comenta que, para que exista a possibilidade de os projetos afetarem de forma positiva os custos, prazos e qualidade da obra é preciso que ocorra um engajamento entre os diversos colaboradores designados para o projeto dos sistemas. Esta integração também é necessária entre as equipes, que possuem a responsabilidade de executar o que foi projetado. Para que isto ocorra é imprescindível a presença de uma coordenação de

projetos. A figura 1 apresenta a relação entre a possibilidade de interferência que é muito mais eficaz na fase de projeto comparado com o custo acumulado de produção.

Figura 1 - Influência do custo acumulado ao decorrer das etapas do empreendimento.



Fonte: Fabricio (2002)

Desta forma, a compatibilização dos diversos projetos possui um papel fundamental na busca da qualidade do produto final e na previsão de potenciais problemas relacionados à execução, que podem acarretar atrasos e custos não previstos no processo.

### 2.3. Compatibilização de Projetos

Dentre os diversos entendimentos sobre o significado da compatibilidade de projetos, Graziano (2003) define, como atributo, em que os sistemas que o compõem não conflitam entre si. A compatibilização tem como objetivo estabelecer soluções integradas entre os diversos componentes do projeto de um empreendimento.

Callegari (2007) afirma que a compatibilização tem a finalidade de gerenciar e integrar os projetos e de minimizar os conflitos entre eles de forma que simplifique a execução e também as futuras manutenções. Esta atividade ainda abrange a detecção de falhas devidas a interferências geométricas entre os sistemas.

O objetivo da compatibilização de projetos é verificar os diversos sistemas que fazem parte da edificação aproximando novamente os agentes integradores do processo. Ela é uma forma de reduzir custos, desperdício de materiais e atrasos na execução. (GONÇALVES, 2016)

Para Mikaldo (2006), em decorrência da demanda imobiliária e necessidade de sistemas cada vez mais especializados, com o passar dos anos, os serviços de projeto e execução foram se distanciando gerando a necessidade da compatibilização.

Segundo Graziano (2003) as dificuldades encontradas na atividade de compatibilização de projetos são de responsabilidade do cliente e do projetista. O cliente muitas vezes gera dificuldades pelo adiamento das decisões e fornecimento de dados incompletos que afetam o desenvolvimento do projeto. Já o projetista, muitas vezes não possui um comprometimento com a interação entre os diversos projetos e geralmente possui pouco conhecimento das técnicas construtivas utilizadas na obra.

Em relação ao método de compatibilização, de acordo com Campestrini et al. (2015), ela pode ser realizada através da sobreposição das plantas, identificando de forma visual as incoerências, utilizando um modelo 3D comum ou através de um modelo BIM 3D. O último método citado facilita a visualização e possibilita a utilização de outros softwares para detectar as interferências, que é o foco deste trabalho.

#### 2.4. O conceito BIM

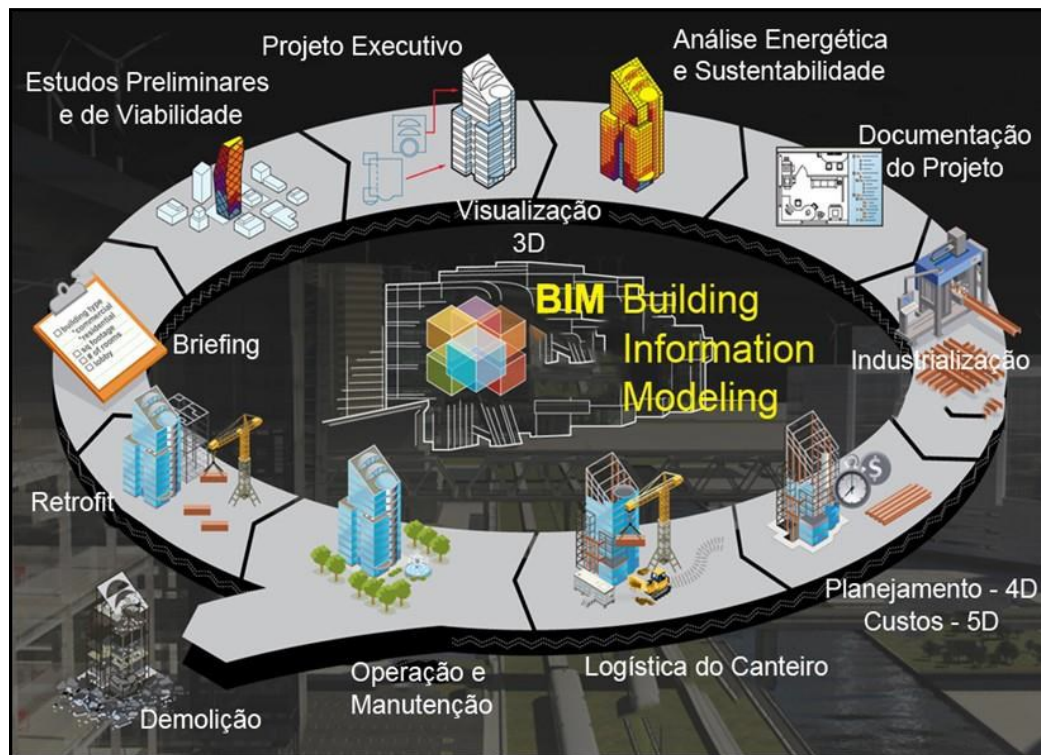
A definição da sigla BIM (*Building Information Modeling* – Modelagem de Informações da Construção) embora seja um conceito atual, ela tem origem aproximadamente na década de 70 e vem sendo refinada através dos anos. (EASTMAN et al., 2014)

Dessa forma, BIM pode ser definido como uma tecnologia, com objetivo de modelar o produto, associando-o aos processos de produção e análise dos modelos de construção que são compostos de representações inteligentes dos objetos parametrizados. Estes objetos podem ser associados às informações gráficas e dados, que são necessários para as diversas análises e quantificações. Esses dados devem ser consistentes e não redundantes para serem representados em todas as visualizações dos componentes de forma coordenada. (EASTMAN et al., 2014).

Para Mordue et al. (2016) BIM é um processo que tem como objetivo associar informação e tecnologia para a representação de um projeto que é composto de diversas especialidades e abrange dados de todas as etapas de projeto, execução e operação.

Campestrini et al. (2015) comenta que o conceito é baseado no modelo paramétrico, tendo como objetivo a integração dos envolvidos e a interoperabilidade entre as informações. Ele descreve o BIM como um modelo para o desenvolvimento dos empreendimentos de construção civil, que envolve desde a concepção do projeto até a demolição conforme exemplifica a figura 2 sobre o uso do BIM no ciclo de vida da edificação.

Figura 2 - O Bim e o ciclo de vida do empreendimento.



Fonte: Caderno de Apresentações de Projetos em BIM

Ainda o autor comenta sobre a possibilidade de abordar somente alguns aspectos do BIM, o que é feito na prática hoje em dia, separando o conceito em dimensões. O modelo BIM 3D contém informações sobre a geometria e qualidade do projeto, que pode ser usado na compatibilização, quantitativos e especificações. Quando são acrescentados dados sobre planejamento, o modelo se torna um BIM 4D. O modelo BIM 5D contém informações de custo das atividades e o 6D é focado em informações sobre a operação e manutenção de edificações.

## 2.5. Parametrização de objetos

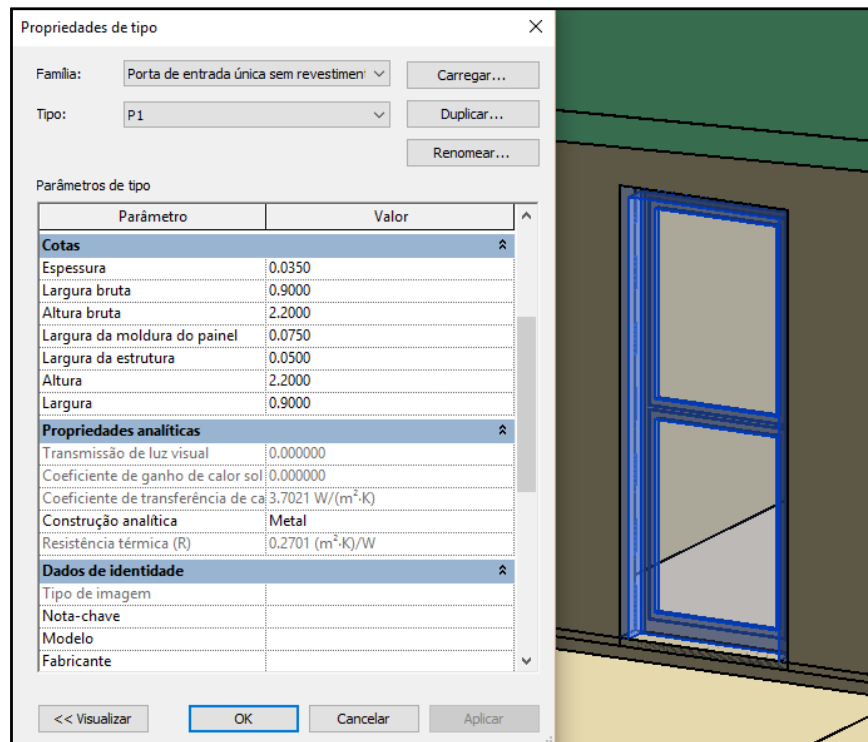
Os objetos paramétricos são a ideia central do conceito BIM que se diferencia da representação 2D tradicional. A modelagem paramétrica define regras que representam a geometria e também outros aspectos não geométricos, o que permite que os objetos se adaptem dependendo do contexto em que é inserido. Isso permite que as empresas criem suas bibliotecas e também a representação de objetos que antes não era viável (EASTMAN et al., 2014).

Através desse conceito, em vez de se projetar um elemento é necessário definir famílias ou uma classe de elementos, que são caracterizadas como um conjunto de regras, que controlam

os parâmetros, que geram as particularidades dos elementos e podem variar conforme o contexto no qual está inserido (EASTMAN et al., 2014).

A figura 3 mostra um exemplo de um objeto do projeto com a especificação de alguns parâmetros e propriedades que ele possui.

Figura 3 - Exemplo de um objeto paramétrico com suas propriedades



Fonte: Autodesk Revit (2016)

## 2.6. Interoperabilidade

O conceito de interoperabilidade, de acordo com Campestrini et al. (2015), vem da necessidade de tornar os diferentes modelos (arquitetura, estrutura, planejamento, etc.) compatíveis entre si gerando um único modelo integrado independente do software de escolha do projetista. Para que seja possível esta integração é preciso que todos sigam uma linguagem padrão que é representada pela chamada *Industry Foundation Classes* (IFC).

O IFC foi criado para representar dados consistentes da construção e realizar a troca entre os aplicativos utilizados no projeto. Essa linguagem é focada em fornecer definições gerais dos modelos de forma que trata mais de informações sobre a construção e o ciclo de vida (EASTMAN et al., 2014).



O Comitê de obras públicas, do Governo do Estado de Santa Catarina, diz que o IFC pode ser usado no compartilhamento de dados entre ferramentas BIM de diferentes desenvolvedores. É o modo mais adequado para operar os dados sem a necessidade de possuir o software no qual o modelo em questão foi desenvolvido. Além disso ele possui o formato aberto, ou seja, ele é neutro e independente não pertencendo a nenhum dos desenvolvedores de software.

## **2.7. Vantagens do uso de BIM na construção civil**

Eastman et al. (2014) cita diversas vantagens sobre o uso de BIM, desde a concepção do projeto até o uso da edificação como:

- Benefícios no projeto, concepção e viabilidade: para o proprietário a principal vantagem é saber se as necessidades que precisam ser atendidas na concepção do projeto atendem o fator financeiro;
- Melhor qualidade e desempenho da construção: o BIM permite desenvolver um modelo simplificado da construção antes do definitivo, que permite avaliar se a solução proposta cumpre os requisitos necessários possibilitando o desenvolvimento de outras alternativas que melhorem a qualidade;
- Visualização antecipada do projeto: como o modelo 3D não deriva de múltiplas vistas 2D, é possível visualizar o projeto a qualquer momento;
- Colaboração entre as diversas disciplinas de projeto: permite o trabalho simultâneo que reduz os custos, pois, não é preciso esperar até que uma etapa esteja pronta para começar a próxima. Isso aumenta a possibilidade de interferência, já que, quanto mais tarde, maior a probabilidade de as decisões de projeto já terem sido tomadas.

Campestrini et al. (2015) ainda aponta a facilitação no processo de compatibilização com a melhora da visualização do projeto, ou seja, as incoerências ficam mais visíveis quando se usa ferramentas BIM, o levantamento preciso na extração de quantitativos gerando um orçamento de qualidade de forma rápida e a qualidade dos desenhos gerados que são enviados para a obra que facilitam o entendimento e reduzem o retrabalho quando algum detalhe é modificado por exemplo, não é necessário desenhar novamente em todas as pranchas.

## 2.8. Ferramentas BIM

Antes de mais nada é preciso entender o termo “ferramenta BIM” e o porquê de não citar o BIM propriamente dito. Segundo Mordue et al. (2016), quando se fala em termos de software trata-se somente de uma parcela do conceito, portanto, ainda não existe um software com capacidade de representar todo o processo BIM.

Partindo dessa premissa, muitas são as opções em ferramentas BIM encontradas para a modelagem do projeto, e, é preciso avaliar as necessidades para a escolha correta. Logo adiante, o item 4.2 irá detalhar a justificativa da escolha da ferramenta utilizada neste trabalho para a modelagem e análise de incompatibilidades. Eastman et al. (2014) apresenta algumas das principais ferramentas quando se trata da modelagem em BIM.

- **ArchiCAD da Graphisoft**

Segundo o autor é a ferramenta mais antiga que começou a ser comercializada nos anos 80. Ela é intuitiva e simples de usar e possui uma biblioteca ampla. Atualmente está na versão 20.0. Uma das desvantagens é a dificuldade do sistema em relação a projetos grandes sendo necessário a separação em módulos para ser possível o gerenciamento.

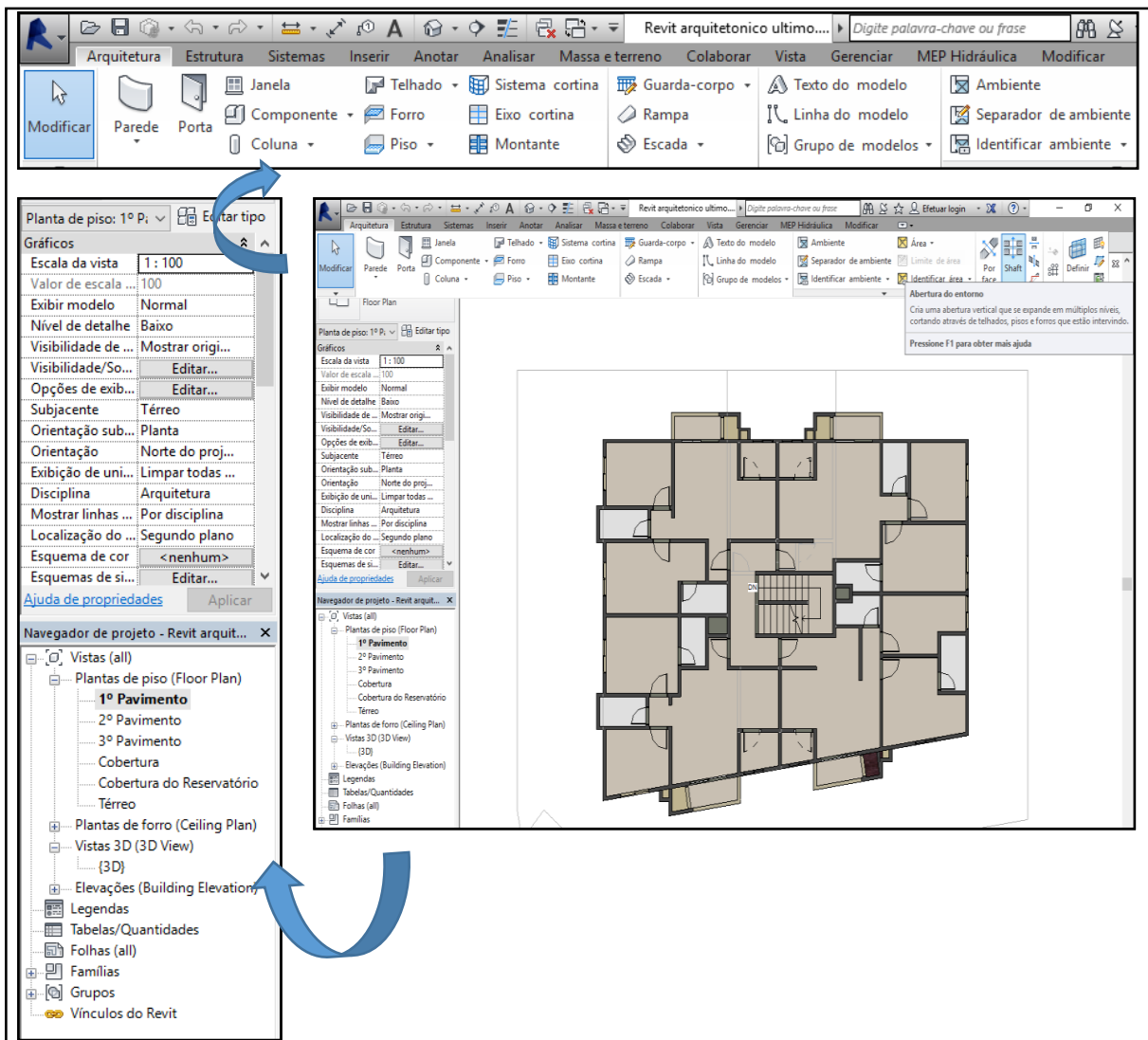
- **Bentley Systems**

A ferramenta de arquitetura foi lançada em 2004, mas já possui outros componentes que contemplam as outras disciplinas. Uma das vantagens da plataforma é o suporte à modelagem de curvas complexas e também à personalização de objetos paramétricos. Apesar disso, a interface não é facilitada, dificultando a aprendizagem e navegação, possui uma deficiência na integração entre os diversos aplicativos e suas bibliotecas não são amplas tanto quanto os outros softwares disponíveis.

- **Autodesk Revit**

É a ferramenta mais conhecida e usada atualmente e está no mercado desde 2002. Além do Revit *Architecture* inclui também os outros sistemas através do Revit *Structure* e o Revit MEP. Ele se baseia em cortes 2D para detalhar a maior parte dos conjuntos contando com uma interface de fácil entendimento e utilização (figura 4). Possui uma vasta biblioteca de objetos e fornece suporte para operações simultâneas em um mesmo projeto, porém, deixa a desejar no quesito de agilidade em projetos maiores pois o sistema é baseado em memória. Diferentemente do Bentley, não suporta superfícies curvas complexas.

Figura 4 - Interface Revit: Principais ferramentas de arquitetura e navegador de projeto.



Fonte: Autodesk Revit (2016).

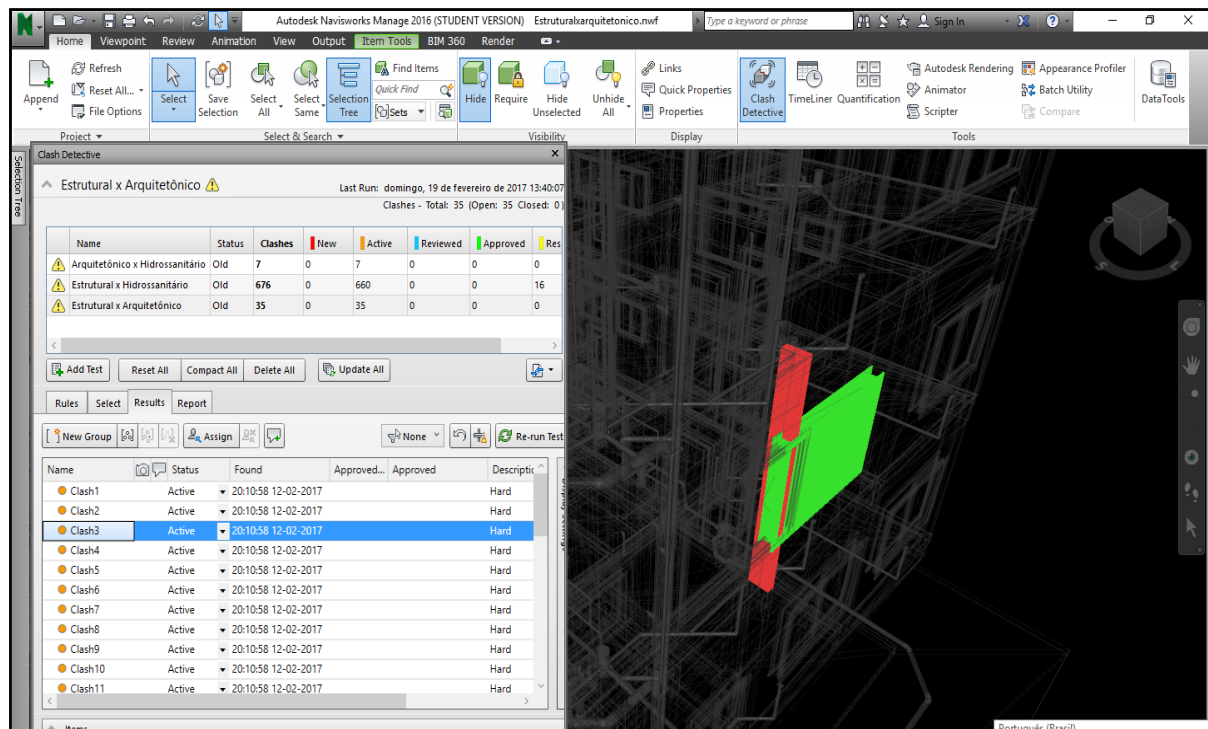
Em relação as ferramentas BIM para a compatibilização e análise de projeto Gonçalves (2016), cita as principais utilizadas atualmente:

- **Autodesk Navisworks**

É uma ferramenta que tem capacidade de importar arquivos (desenvolvidos no Revit, por exemplo) e fazer checagem de interferências entre os elementos de projeto. Além disso, ele gerencia e controla essas interferências até o ponto em que ela sejam solucionadas.

É possível gerar relatórios a partir dos testes que verificam essas interferências e segundo a definição da marca Autodesk, o programa possibilita uma visão holística dos modelos para se obter um melhor controle os projetos. (Autodesk, 2017).

Figura 5 - Interface do *Navisworks Manage*



Fonte: Autodesk Navisworks (2017).

- **Solibri**

Além da visualização dos modelos, permite verificá-los através da criação de regras que possibilitam que o programa faça diversos tipos de checagem. O desenvolvedor afirma que ele auxilia a detecção e visualização de problemas antes e durante a execução. Assim como a ferramenta anterior, ele também gera quantitativos, relatórios e ainda gerencia as revisões dos modelos (Solibri, 2017).

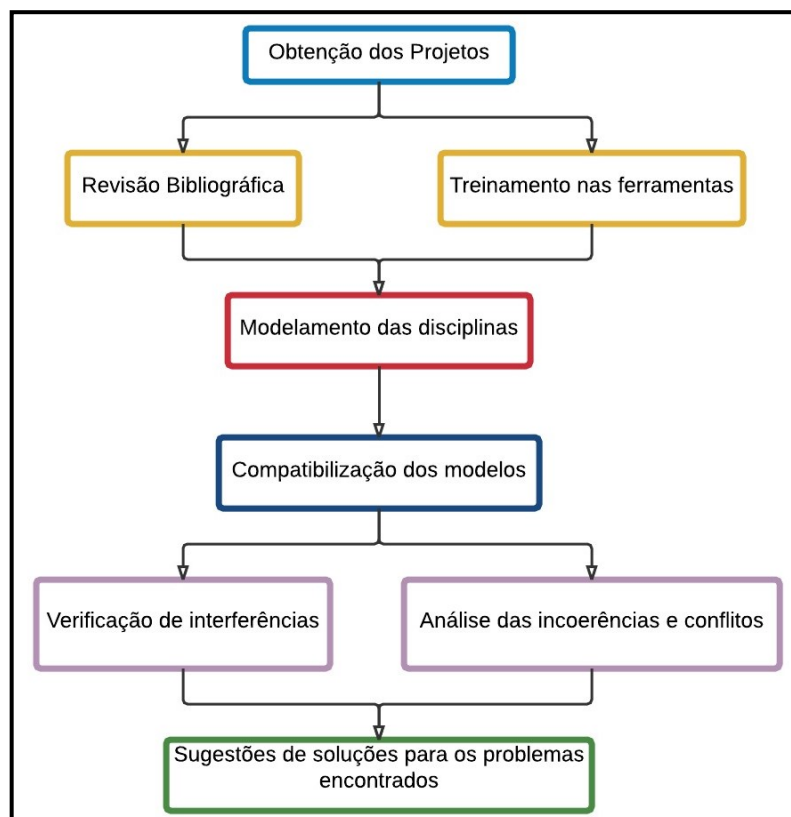
### 3. METODOLOGIA

Para ser possível a execução deste trabalho foi necessário, primeiramente, obter os projetos que seriam utilizados para o estudo de caso. Posteriormente, foi realizada uma revisão bibliográfica sobre o tema em questão que foi apresentada no capítulo 2. Como a autora não possuía experiência na utilização das ferramentas escolhidas, houve a necessidade de um treinamento para a utilização das principais funcionalidades.

O modelamento se deu também simultaneamente com o aprendizado nas ferramentas. O primeiro modelo executado foi o arquitetônico, seguido do estrutural e posteriormente o hidrossanitário. De posse dos modelos de todas as disciplinas que seriam estudadas, foi possível fazer a compatibilização dos projetos, através da verificação e análise das interferências e incoerências encontradas. Por fim foram sugeridas algumas soluções para os principais problemas em questão.

A figura 6 representa a metodologia de trabalho que foi usada e os itens a seguir irão detalhar cada etapa realizada.

Figura 6 - Metodologia de trabalho



Fonte: Autora (2016).

### 3.1. Obtenção dos projetos

Para a realização deste trabalho foi obtido o projeto arquitetônico, estrutural e hidrossanitário de um edifício multifamiliar de quatro pavimentos. O empreendimento possui uma área total construída de 1019 m<sup>2</sup> e está localizado em Palhoça/SC.

O edifício em pilotis é composto de 3 pavimentos tipo com 4 apartamentos cada. O térreo possui garagem, salão de festas e área de lazer infantil. Todos os apartamentos da fachada norte possuem sacada com churrasqueira. A ligação entre os pavimentos é feita somente através de uma escada principal, portanto, não possui elevadores.

A estrutura do empreendimento é em concreto armado, apoiada sobre estacas pré-moldadas. O sistema de abastecimento de água prevê reservatório inferior e superior, ambos em concreto armado, e, ele não possui abastecimento de água quente. Na sequência as figuras 7 e 8 mostram as fachadas principais que caracterizam o empreendimento.

Figura 7 - Fachada Sul do edifício



Fonte: Adaptado do projeto original (2016).

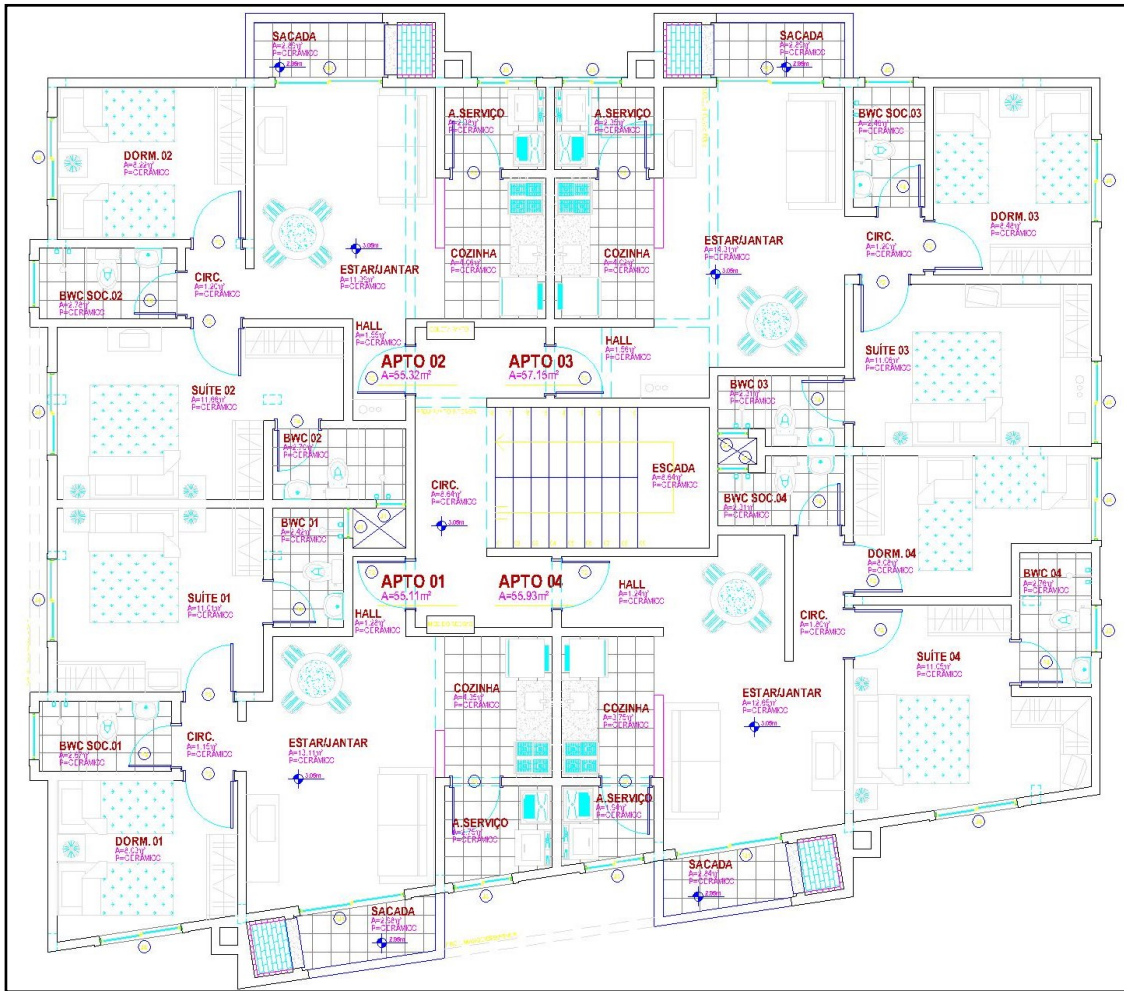
Figura 8 - Fachada Norte do edifício



Fonte: Adaptado do projeto original (2016).

Cada apartamento possui um quarto, uma suíte, sala de estar, cozinha e área de serviço. O único fator que diferencia os apartamentos é se ele possui ou não sacada com churrasqueira. A figura 9 mostra a planta baixa do pavimento tipo.

Figura 9 - Planta baixa do pavimento tipo.



Fonte: Adaptado do projeto original (2016).



### **3.2. Justificativa da escolha das ferramentas**

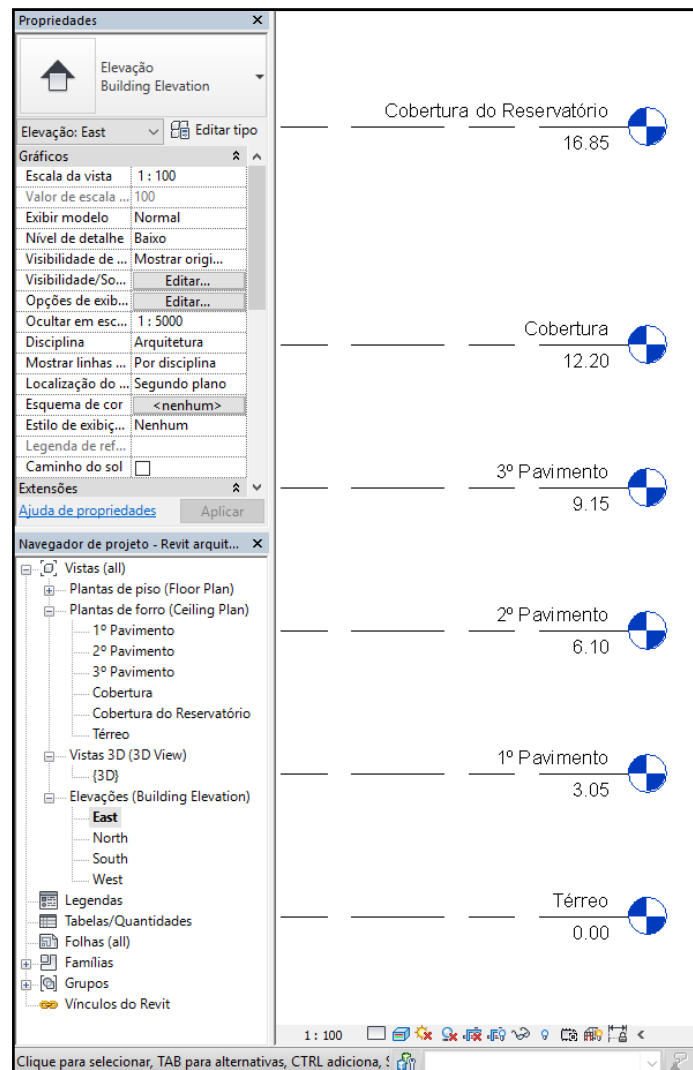
A Autodesk é a desenvolvedora das ferramentas que serão usadas neste trabalho. Ela possui um grande domínio do mercado atual de fornecimento de plataformas que utilizam CAD e BIM. Além disso, disponibiliza uma assinatura gratuita para estudantes em que é possível explorar todas as possibilidades do programa sem nenhum tipo de restrição. Outro fator, foi a familiaridade da autora com o Autocad que é muito difundido como ferramenta para representações gráficas em 2D e 3D.

Como os projetos obtidos já possuíam a extensão DWG (que pertence a Autodesk), não foram necessárias grandes modificações para o início da modelagem em Revit. Em relação as ferramentas BIM, além dos fatores já comentados e, devido à falta de domínio da autora da ferramenta escolhida, foi decidido pelo software de interface mais conhecida e utilizada, que possuía mais fontes de consulta para sanar dúvidas associadas à utilização do mesmo.

### **3.3. O processo de modelagem**

Em todos os casos (arquitetônico, estrutural e hidrossanitário) o processo foi basicamente o mesmo, que consistia em definir os níveis dos pavimentos no Revit (figura 10) procurando essa informação nos cortes do projeto obtido, preparar a planta em 2D que serviria de base para determinado pavimento com o uso do Autocad e fazer a importação no Revit.

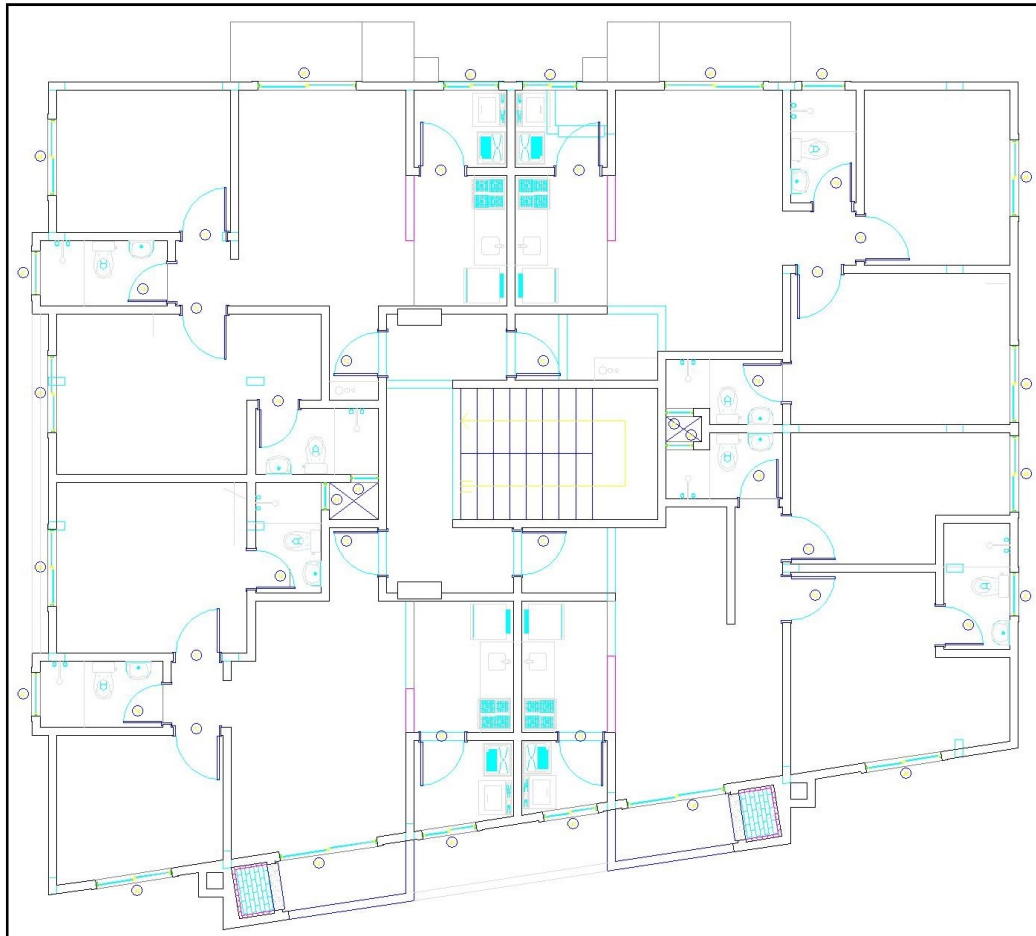
Figura 10 - Exemplo de definição dos níveis.



Fonte: Autora (2016).

A partir da obtenção do projeto, foi necessário fazer uma preparação nas plantas baixas de todos os projetos de modo a limpar informações sem relevância (humanizações, textos, cotas, hachuras, etc.) que poderiam atrapalhar no processo. Outro procedimento realizado foi a transformação da escala das plantas, já que, em alguns casos elas possuíam as dimensões de plotagem ao invés de uma escala natural com proporção de 1:1. A figura 11 abaixo mostra uma das plantas baixas pronta para a importação no Revit.

Figura 11 - Planta baixa arquitetônica do pavimento tipo pronta para importação.



Fonte: Autora (adaptado do projeto original) (2016).

O comando “importar CAD” no Revit, permite que todas as informações desejadas da representação em 2D sejam transferidas para o plano de trabalho, servindo de referência para a construção do pavimento sendo possível, em cada plano ou vista, configurar a visualização do arquivo importado. O arquivo de CAD original, através dos cortes, fachadas e detalhes disponíveis, serviu no auxílio do entendimento do projeto. Este processo de modelagem basicamente, exigiu uma leitura atenta do projeto, como se fosse construí-lo na prática.

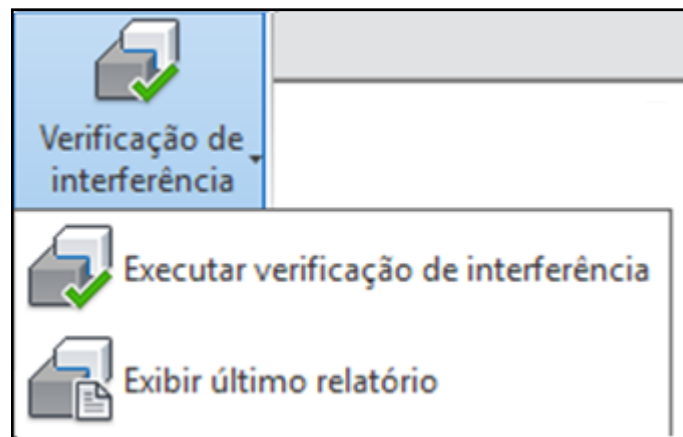
Outro comando utilizado com frequência em todos os modelos para ganhar agilidade no processo, já que três pavimentos eram iguais, foi o “Copiar para área de transferência” que possibilitava a cópia de um pavimento inteiro com todos os seus detalhes para, posteriormente, colar nos níveis selecionados de interesse.

### 3.4. Compatibilização dos modelos com uso de ferramentas BIM.

A etapa de verificação de conflitos e interferências foi realizada em 4 etapas. A primeira foi durante o próprio modelamento através da visualização 3D que o Revit oferece constantemente. Na construção virtual da edificação são encontradas várias inconsistências que se devem muitas vezes a falta de detalhamento no projeto original.

O segundo passo, após a etapa descrita acima, é verificar os conflitos dos elementos dentro de cada disciplina modelada. Para isso foi utilizada a ferramenta do próprio Revit (figura 12) que faz uma verificação de interferências.

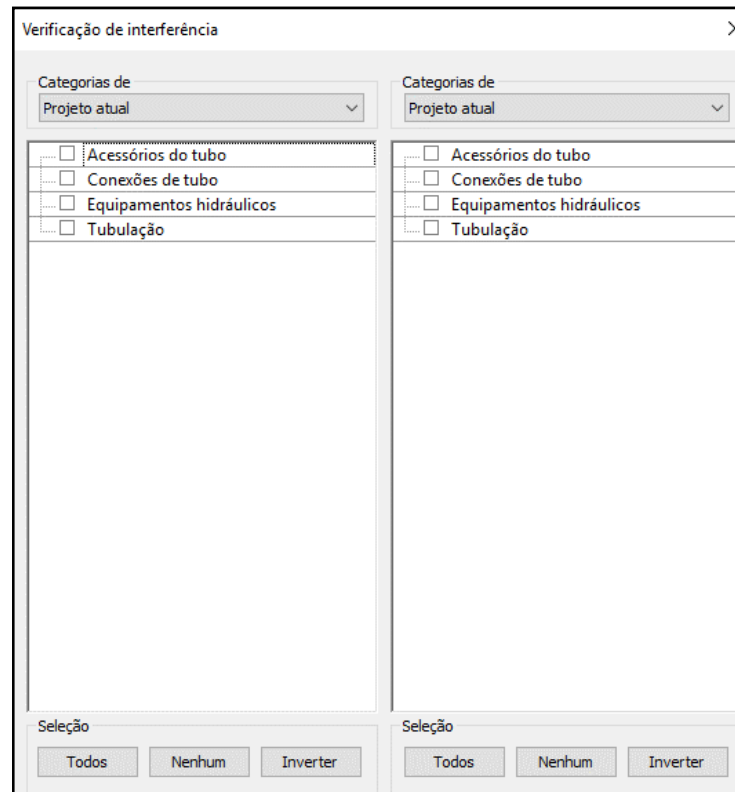
Figura 12 - Ferramenta de verificação de interferências



Fonte: Adaptado do Revit (2016)

O programa permite escolher entre quais os elementos de projeto se deseja fazer essa verificação conforme o exemplo da figura 13.

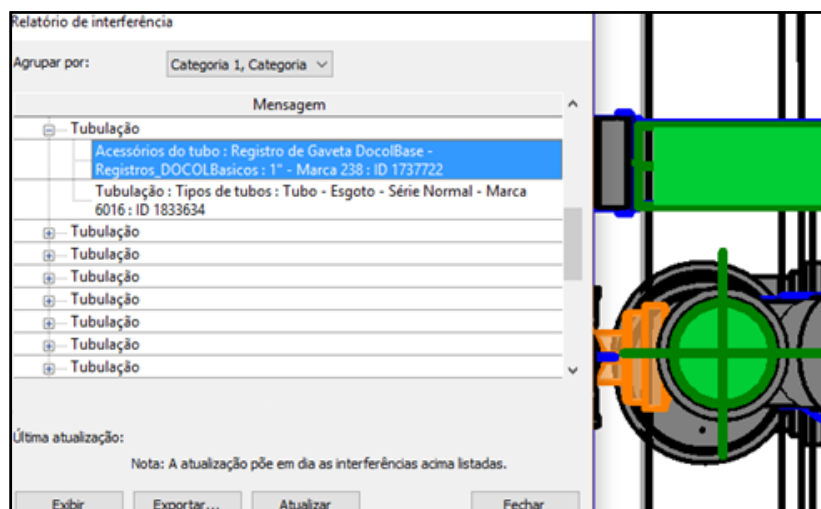
Figura 13 - Seleção de elementos para a verificação



Fonte: Adaptado do Revit (2016).

O relatório de interferências desta ferramenta evidencia quais os elementos que estão em conflito, permitindo também a visualização do mesmo (figura 14). Ainda é possível a exportação deste relatório para outro formato para facilitar a visualização e compartilhamento de informações;

Figura 14 - Relatório de interferências do Revit

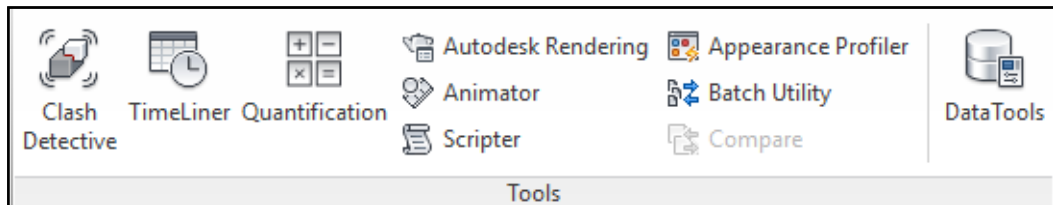


Fonte: Adaptado do Revit (2016).

A terceira etapa foi realizada com o auxílio das ferramentas do Navisworks da Autodesk. Ele foi utilizado devido à necessidade de fazer uma análise entre as disciplinas. O Navisworks possibilita a visualização dos projetos de forma mais leve e simplificada, assim se torna viável a incorporação de várias disciplinas em um só arquivo.

A ferramenta mais utilizada para fazer a verificação de interferências entre os elementos foi o *Clash detective*. Ela permite que se façam testes entre os elementos de diferentes disciplinas para verificação de conflitos. Além dessa ferramenta, o programa também possibilita a integração de dados para o planejamento da execução e na geração de quantitativos para orçamentação. A figura 15 mostra as principais ferramentas disponíveis do programa.

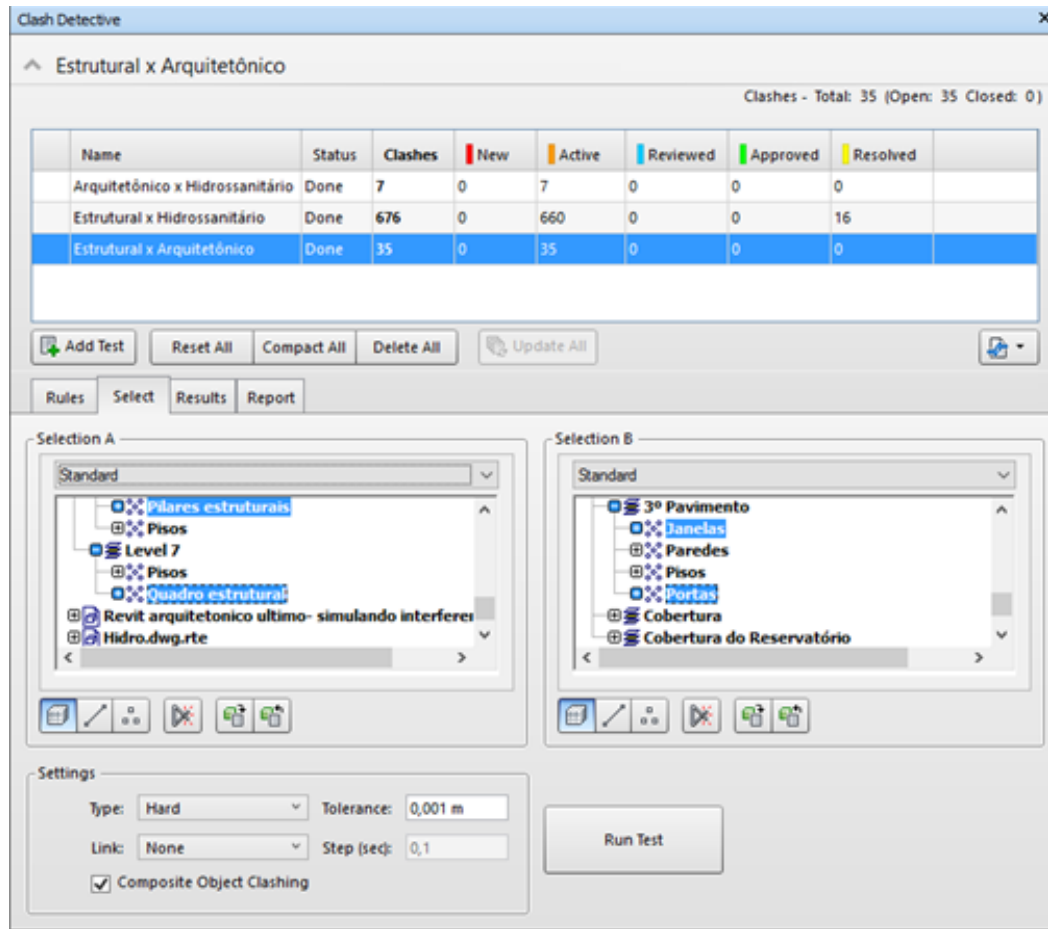
Figura 15 - Ferramentas do Navisworks.



Fonte: Adaptado do Navisworks (2016).

Para a realização da compatibilização deste trabalho foram utilizadas as configurações padrões dos testes que verificam os conflitos. A figura 16 mostra os testes realizados na ferramenta. Ela permite a escolha entre elementos presentes e também os pavimentos que se deseja verificar. Além disso ela gerencia em qual estado se encontra o conflito, e se ele já foi resolvido, por exemplo.

Figura 16 - Testes de verificação de interferências



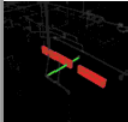
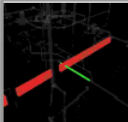
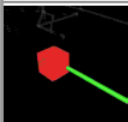
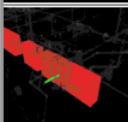
Fonte: Adaptado do Navisworks (2016).

Após a conclusão dos testes a ferramenta é capaz de gerar relatórios com imagens dos casos de conflitos encontrados, bem como sua localização. Esse item é importante para que as informações retiradas possam ser compartilhadas entre os diversos agentes envolvidos no projeto e para facilitar na tomada de decisões. A figura 17 mostra um exemplo de um dos relatórios a partir do teste entre o projeto estrutural e hidrossanitário.

Figura 17 - Relatório de interferências do Navisworks

Autodesk Navisworks®		Clash Report									
EstruturalxHidrossanitário		Tolerance	Clashes	New	Active	Reviewed	Approved	Resolved	Type	Status	
		0.001m	674	674	0	0	0	0	Hard	OK	

Image	Clash Name	Distance	Description	Item 1			Item 2		
				Layer	Item Name	Item Type	Layer	Item Name	Item Type
	Clash1	-0.127	Hard	Level 1	M_Concrete-Rectangular Beam	Quadro estrutural: M_Concrete-Rectangular Beam: 15x40	hidro 1	Tipos de tubos	Tubulação: Tipos de tubos: Tubo - Esgoto - Série Normal
	Clash2	-0.110	Hard	Level 1	M_Concrete-Rectangular Beam	Quadro estrutural: M_Concrete-Rectangular Beam: 15x40	hidro 1	Tipos de tubos	Tubulação: Tipos de tubos: Tubo - Esgoto - Série Normal
	Clash3	-0.105	Hard	Level 1	M_Footing-Rectangular	Fundações estruturais: M_Footing-Rectangular: 50x50x50	hidro 1	Tipos de tubos	Tubulação: Tipos de tubos: Tubo - Esgoto - Série Normal
	Clash4	-0.100	Hard	Level 2	M_Concrete-Rectangular Beam	Quadro estrutural: M_Concrete-Rectangular Beam: 20x50	hidro 2	Tipos de tubos	Tubulação: Tipos de tubos: Tubo - Esgoto - Série Normal

Fonte: Adaptado do Navisworks (2016).

A quarta etapa envolve a análise dos motivos que resultaram os números de conflitos que os itens anteriores apresentaram e a sugestão de possíveis soluções baseadas na experiência da autora. O próximo capítulo mostrará quais os resultados obtidos em todas as etapas descritas anteriormente.



## 4. DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Neste capítulo serão detalhados os procedimentos desenvolvidos através da metodologia de trabalho descrita no capítulo 3.

### 4.1. Modelo Arquitetônico

Optou-se por começar o modelo pelo projeto arquitetônico para a familiarização com a plataforma. Com o objetivo de agilizar o processo foi decidido não incluir todos os detalhes de acabamento no modelo, pois, os mesmos seriam irrelevantes, uma vez que o foco deste trabalho é a compatibilização. As prioridades neste modelo foram as formas geométricas que iriam interferir diretamente em caso de incoerências.

Nesta primeira fase percebe-se uma certa dificuldade de entender o projeto em alguns aspectos, principalmente na planta de cobertura, onde alguns detalhes geram dúvidas de execução, mesmo com a existência de cortes e planta baixa.

Não foram criadas famílias específicas para este projeto, somente as que já estavam disponíveis para o uso, mas, embora os materiais não sejam exatamente os mesmos especificados no projeto (no caso das esquadrias, por exemplo), a geometria é exatamente igual as requeridas.

As principais ferramentas utilizadas foram os comandos para a construção, que estão representadas na figura 18, dos elementos básicos (paredes, portas, janelas, pisos, escadas, etc.) e a janela de propriedades dos objetos, representada na figura 19. Para poder adaptá-los através dos parâmetros fornecidos da família a qual ele pertencia e também as diversas opções de visualizações, principalmente a 3D que permite a visualização de alguns erros.

Figura 18 - Principais ferramentas para o design arquitetônico



Fonte: Adaptado do Revit (2016)

Figura 19 - Janela de propriedades de uma porta.

Propriedades de tipo

Familia: M\_Door-Interior-Single-1\_Panel-Wood Carregar...

Tipo: P4 Duplicar...

Renomear...

Parâmetros de tipo

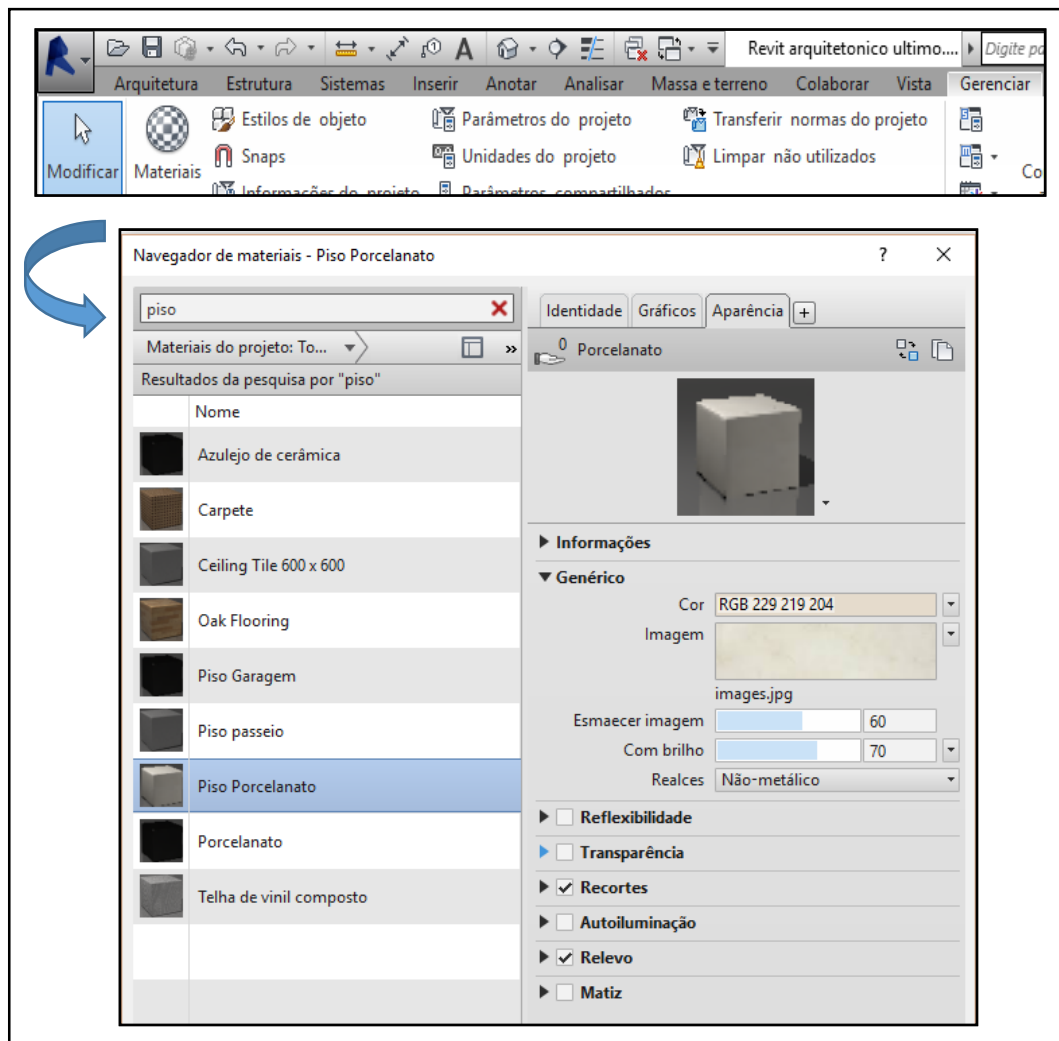
Parâmetro	Valor
<b>Construção</b>	
Função	Interior
Fechamento da parede	Por hospedeiro
Tipo de construção	
<b>Materiais e acabamentos</b>	
Panel Material	Cherry
Frame Material	Cherry
Trim Material	Cherry
Door Handle Material	Aluminum
<b>Cotas</b>	
Largura	0.7000
Altura	2.1000
Largura bruta	0.7500
Altura bruta	2.1250
Espessura	0.0350
Stiles	0.1200
Top Rail	0.1200
Bottom Rail	0.2300
<b>Propriedades analíticas</b>	

Fonte: Adaptado do Revit (2016)

Depois de ajustar a geometria dos elementos deu-se início a construção de todas as paredes do pavimento térreo, e, em seguida, a colocação das portas e esquadrias que foram adaptadas das bibliotecas já existentes. Posteriormente, os pisos internos e externos foram inseridos. A partir desta etapa surgiu a necessidade de inserir novos materiais que pudessem representar o revestimento cerâmico, revestimento do piso externo, as soleiras, entre outros, uma vez que os mesmos não existiam na biblioteca de materiais do programa.

Para a criação ou adaptação de materiais foi utilizado o recurso de gerenciamento de materiais (ver figura 20) onde é possível inserir características que determinam a aparência para a renderização, bem como, informações sobre as propriedades físicas e térmicas que podem ser usadas na análise de energia térmica da edificação.

Figura 20 - Recurso de gerenciamento de materiais

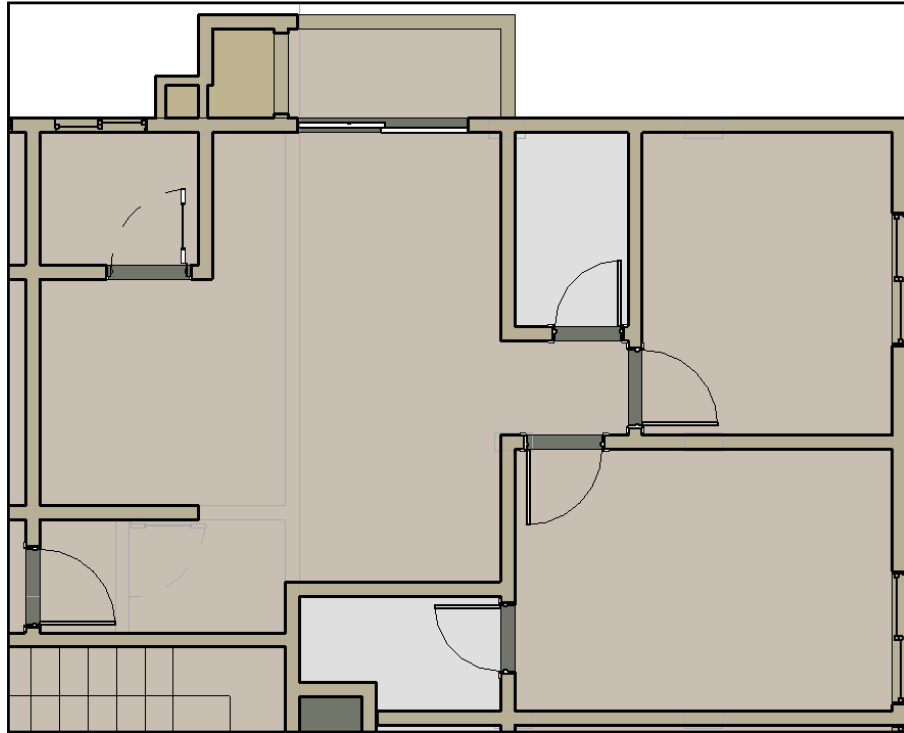


Fonte: Adaptado do Revit (2016)

O processo de construção do modelo na plataforma é muito intuitivo depois de passada a fase de adaptação do usuário. O entendimento do projeto como um todo é muito facilitado, principalmente, quando se trata das vistas do modelo, em que a troca entre uma vista 3D para uma representação 2D é simples.

Um profissional que possui o domínio da ferramenta conseguiria aumentar a sua produtividade sem perder qualidade pois, a forma pela qual os desenhos são gerados permite o detalhamento dos elementos de inúmeras formas. A exemplo disso é o fato de ser possível a mudança das propriedades, geometria e posição dos elementos em todas as vistas e, em caso de alteração desses quesitos, não existe retrabalho já que as representações gráficas são automaticamente atualizadas. A figura 21 abaixo mostra a planta baixa de um apartamento executada no Revit.

Figura 21 - Planta baixa arquitetônica de um apartamento



Fonte: Autora (2016)

A figura 22 apresenta as fachadas de todas as direções do empreendimento, diferentemente, de quando se realiza o projeto somente em 2D em que geralmente se opta pela representação somente das fachadas principais.

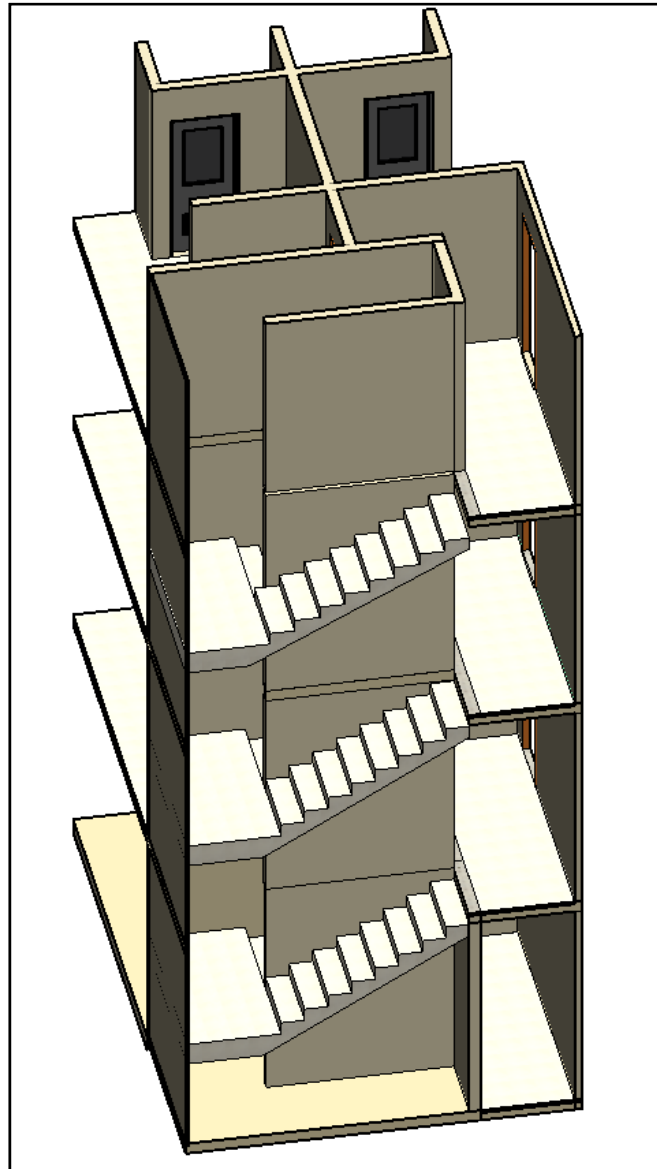
Figura 22 - Fachadas do empreendimento.



Fonte: Autora (2016)

A seguir está representada, através da figura 23, o modelo em 3D da escala em uma vista seccionada.

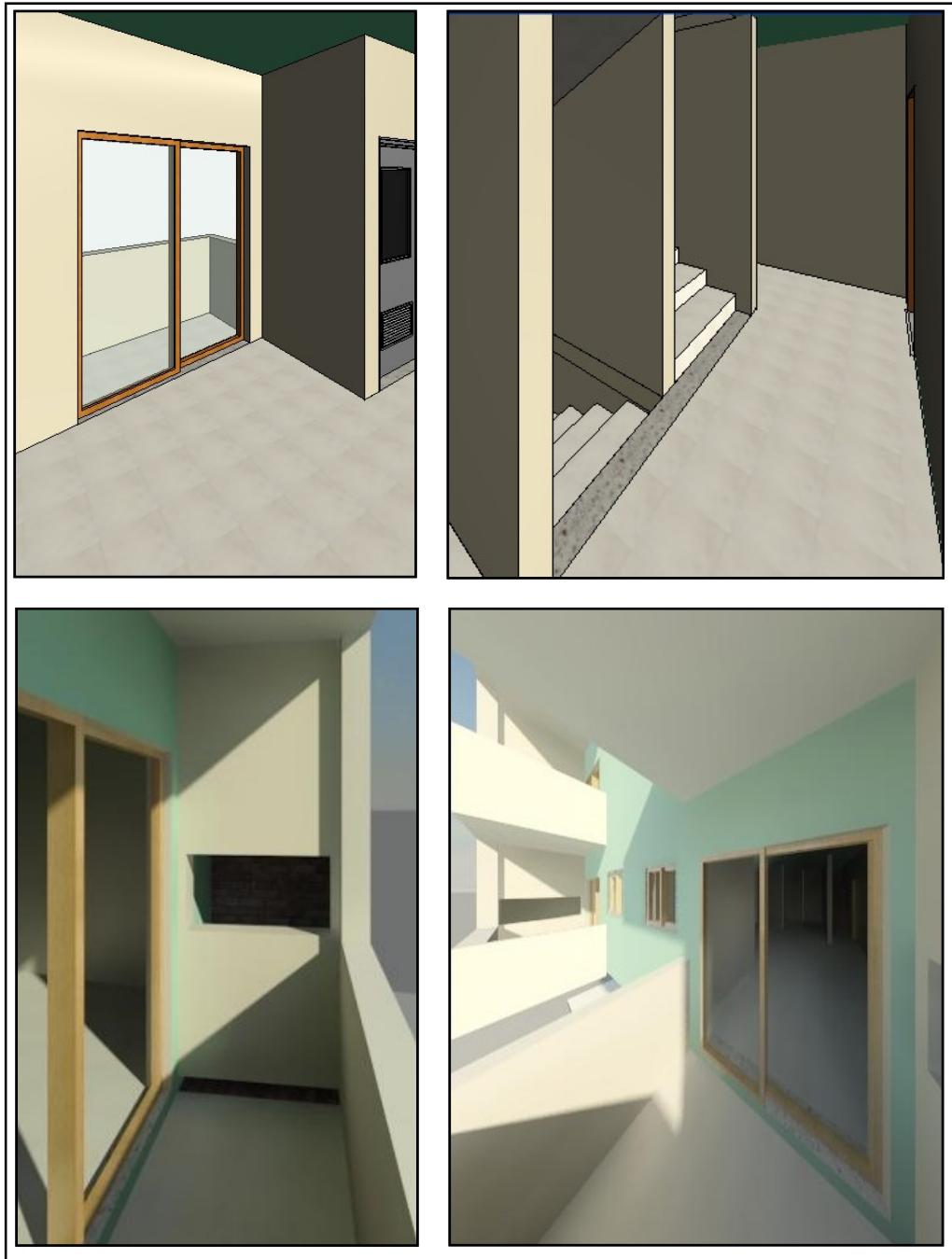
Figura 23 - Detalhe da escada em uma vista seccionada.



Fonte: Autora (2016)

O recurso disponível chamado de câmera é interessante para fornecer ao cliente uma visão mais realista do produto final através da criação de uma vista 3D a partir da perspectiva de uma câmera. Esta ferramenta pode ter um uso interessante no setor de marketing no sentido de transmitir uma maior segurança para o comprador que tem mais informações sobre o design proposto. A figura 24 apresenta algumas imagens geradas através desta ferramenta.

Figura 24 - Vistas 3D através do recurso câmera



Fonte: Autora (2016)

As figuras 25 e 26 mostram o resultado final da modelagem arquitetônica simplificada na plataforma Revit executada tomando como base um projeto em 2D.

Figura 25 - Visão geral do modelo arquitetônico (vista realista).



Fonte: Autora (2016)

Figura 26 - Visão geral do edifício (vista renderizada).



Fonte: Autora (2016)



## 4.2. Modelo estrutural

Depois de finalizado o modelo arquitetônico foi possível iniciar a disciplina de estrutura em um outro arquivo do programa. Em relação ao processo inicial, já descrito no item 4.3, houve uma diferença somente na questão de poder usar uma ferramenta nova (figura 27 - vínculo do Revit) que associa o modelo anterior ao atual servindo de base e viabilizando a coordenação entre os sistemas.

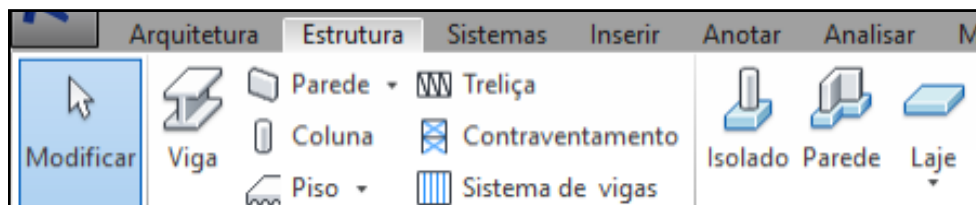
Figura 27 - Vinculando o modelo arquitetônico



Fonte: Autodesk Revit (2016)

A primeira etapa da modelagem foi observar no projeto original as dimensões dos elementos, que estão indicadas na tabela 1, que formavam o sistema estrutural, para saber se não era preciso criar algum outro elemento que possuísse características geométricas fora do padrão. Foi constatado que não havia necessidade, já que o projeto continha elementos de geometria comum e o programa já possuía as famílias com estes atributos, sendo somente preciso adaptar os parâmetros. A figura 28 mostra as ferramentas utilizadas para a construção da estrutura.

Figura 28 - Ferramentas para modelagem da estrutura.



Fonte: Autodesk Revit (2016)

Tabela 1 - Dimensões dos elementos estruturais

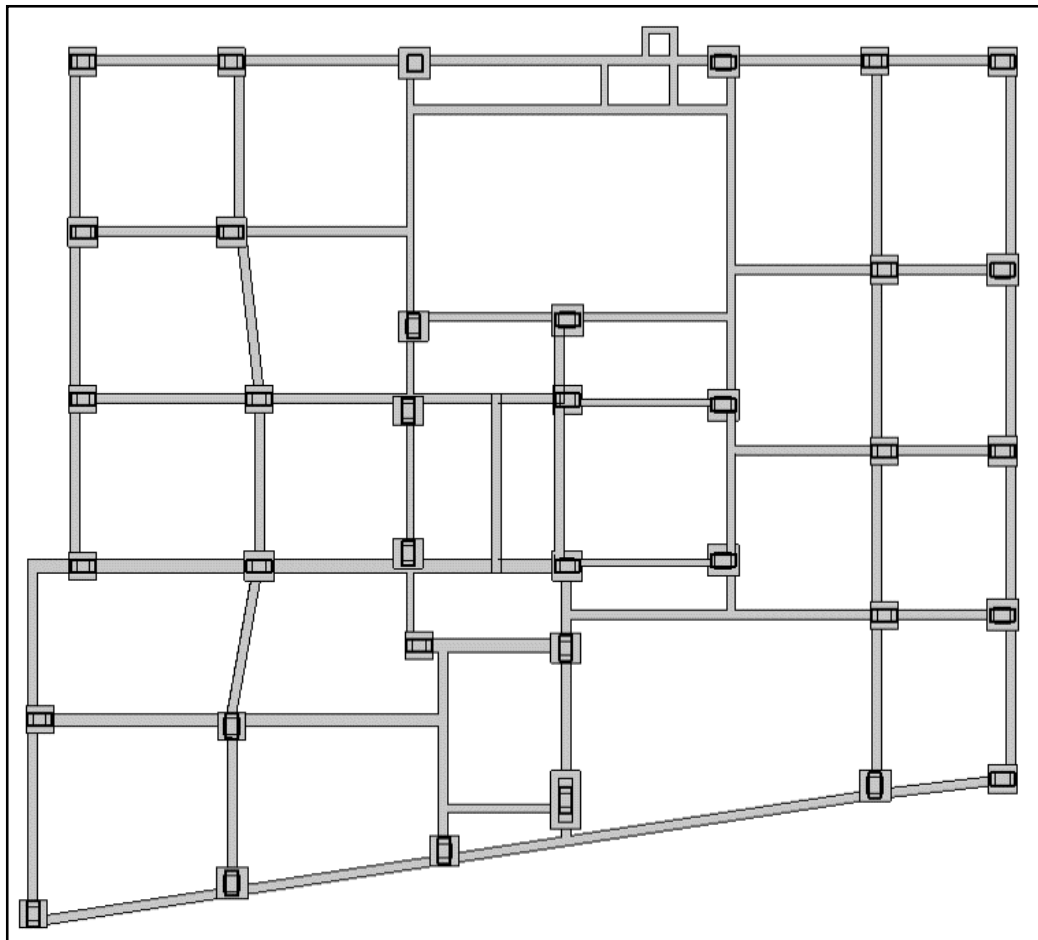
<b>Elemento</b>	<b>Tipo</b>	<b>Dimensões C x L x h (cm)</b>
<b>Estaca de concreto</b>	1	20x20
	2	23x23
	3	26x26
<b>Bloco de Coroamento</b>	1	44x44x50
	2	47x47x50
	3	50x50x50
	4	93x47x60
<b>Pilar</b>	1	12x30
	2	12x40
	3	15x20
	4	15x40
	5	20x20
	6	20x40
	7	25x25
<b>Viga</b>	1	12x30
	2	12x40
	3	12x50
	4	12x70
	5	12x90
	6	12x100
	7	15x30
	8	15x40
	9	15x50
	10	15x100
	11	15x285
	12	20x40
	13	20x50
<b>Laje</b>	1	10
	2	12
	3	15
<b>Mão francesa</b>	1	12x40

Fonte: Autora (2016)

Depois de adaptados os componentes estruturais, conforme citado anteriormente, realizou-se a inserção dos elementos de fundação. Este projeto é composto de estacas pré-

moldadas de seção quadrada. Como não haviam informações de profundidade mínima de cravação e nem os valores reais obtidos na execução, foi arbitrado um valor fixo somente para a representação. A ligação entre o arranque do pilar e as estacas foi realizada através de um bloco de coroamento e para amarrar todos eles foram executadas as vigas de baldrame, conforme mostra a planta baixa do primeiro nível representada na figura 29.

Figura 29 - Planta de formas do pavimento térreo



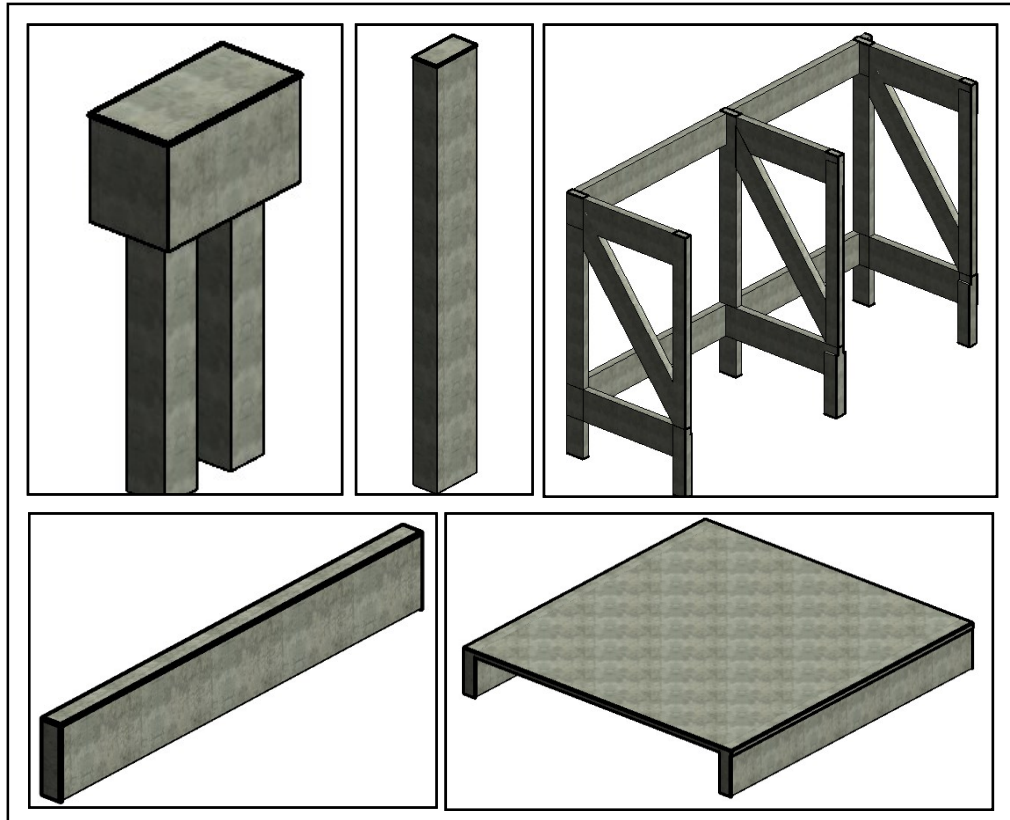
Fonte: Autora (2016)

A partir do nível de base foi necessária a execução do pavimento tipo com os pilares, vigas e lajes. Entre as particularidades do projeto nota-se a presença de mãos francesas devido ao fato de, a partir do pavimento térreo, existir o nascimento de novos pilares em decorrência de um aumento de seção do prédio. Este sistema foi necessário para a transferência de cargas desses pilares para a fundação.

Ademais, pode-se observar também que nos pavimentos superiores houve uma diminuição na seção transversal dos pilares e até mesmo a extinção de alguns. A figura 30

mostra um esquema representando todos os tipos de elementos estruturais utilizados citados anteriormente.

Figura 30 - Elementos estruturais: Fundação (1), Pilar (2), Mão francesa (3), Viga (4) e Laje (5).

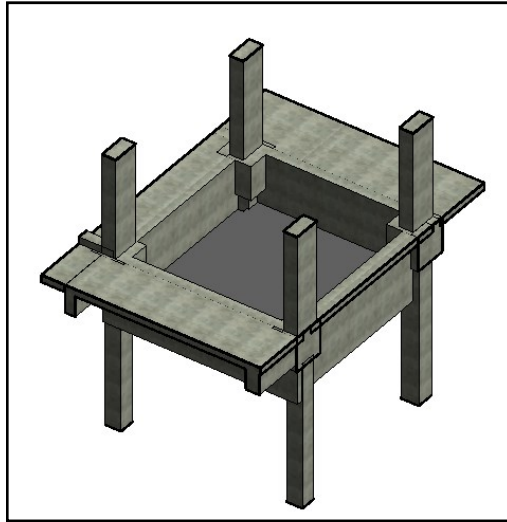


Fonte: Autora (2016)

Além do sistema estrutural convencional, foi previsto a execução dos reservatórios superior e inferior de água, necessários para alimentar os sistemas de água fria e de prevenção contra incêndios, em concreto armado. O reservatório inferior é composto de, conforme nomenclatura citada na tabela 1, vigas do tipo 10 apoiadas diretamente sobre os blocos de fundação e uma laje do tipo 3.

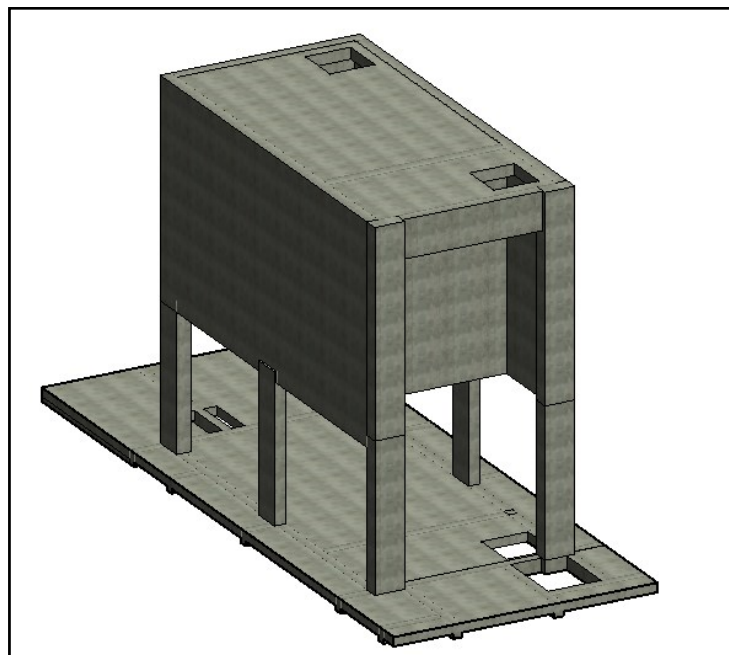
O reservatório superior está localizado na mesma prumada que o inferior e é composto por vigas parede de tipo 11, apoiado nos pilares centrais de tipo 6 e também com lajes do tipo 3. As figuras 31 e 32 mostram uma vista dos reservatórios inferior e superior, respectivamente.

Figura 31 - Vista do reservatório inferior



Fonte: Autora (2016)

Figura 32 - Vista do reservatório superior.



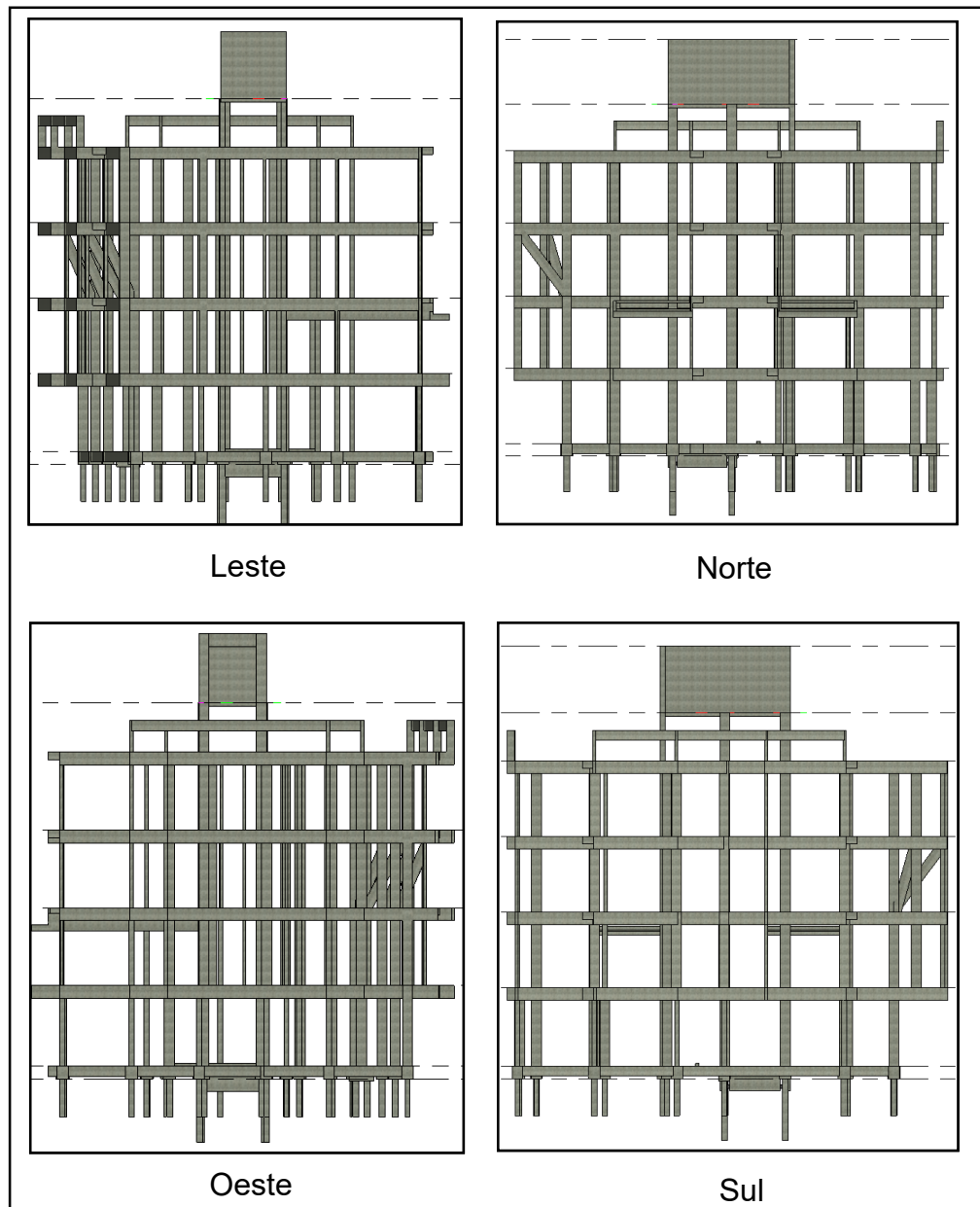
Fonte: Autora (2016).

Depois de finalizado o processo em todos os pavimentos, e, observando o resultado final do esquema estrutural, foram identificados alguns itens que acabaram sendo pouco detalhados no projeto original gerando dúvidas na execução. A visão 3D por si só proporcionou a detecção

de algumas incoerências, facilitando a correção das mesmas. O item 4.4.1 irá expor alguns exemplos dessa questão.

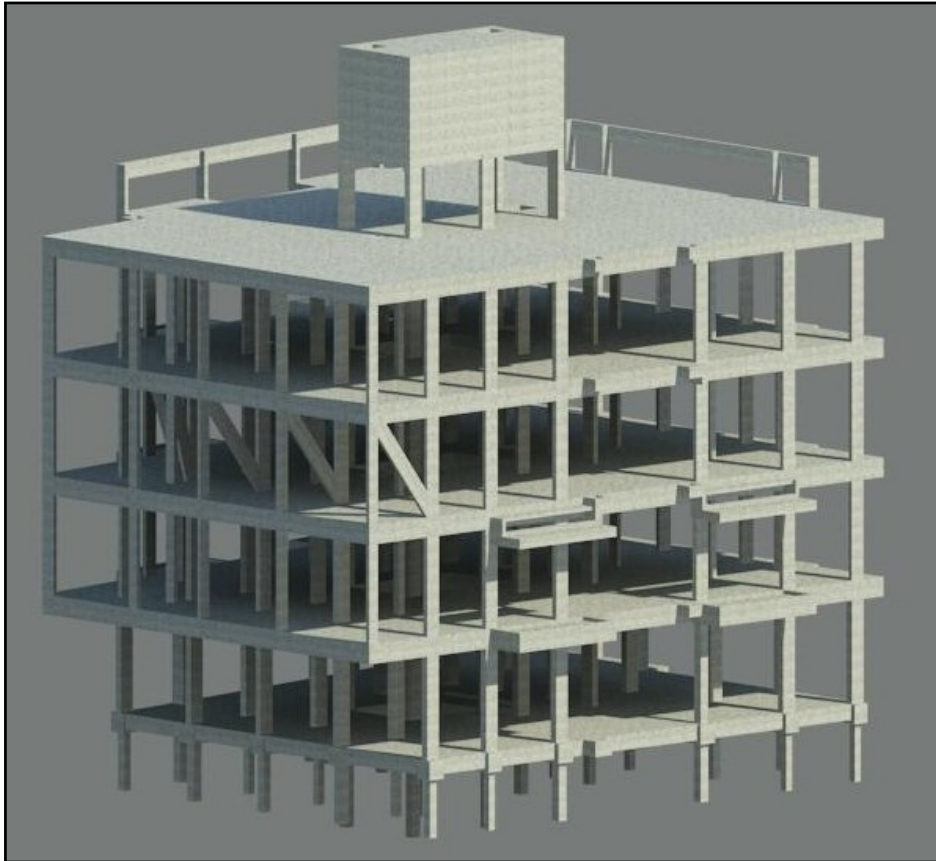
As figuras 33 e 34 abaixo mostram o modelo estrutural final do empreendimento através das fachadas e de uma vista 3D renderizada, respectivamente.

Figura 33 - Fachadas leste, norte, oeste e sul da estrutura.



Fonte: Autora (2016)

Figura 34 - Vista renderizada do modelo estrutural.



Fonte: Autora (2016)

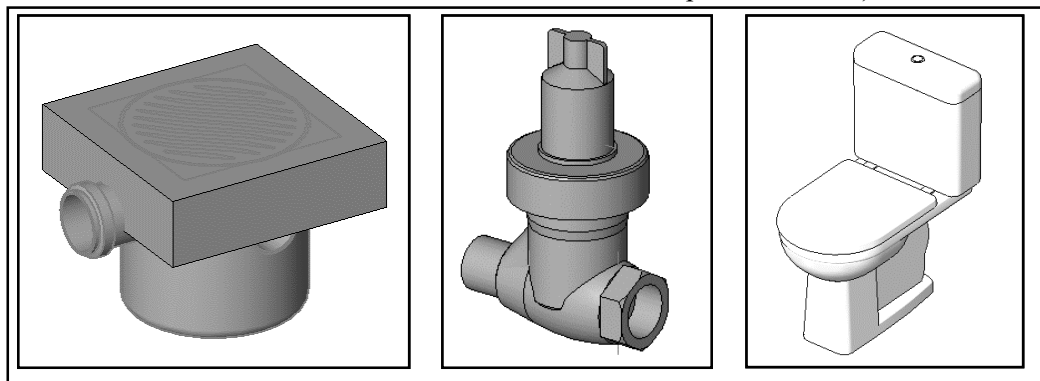
### 4.3. Modelo hidrossanitário

Os sistemas de alimentação de água e de coleta de esgoto do empreendimento foram os mais difíceis de modelar por conta dos diversos componentes necessários para a execução. Todas as ferramentas que geram diferentes vistas foram necessárias para concluir os caminhos das tubulações, diferente dos outros modelos que praticamente exigiram somente a visão em planta e a 3D

O primeiro item a ser resolvido foi a obtenção de uma biblioteca de equipamentos hidráulicos que estivesse de acordo com o proposto no projeto original. A ferramenta da Ofcdesk (MEP Hidráulica para Revit) foi muito útil nessa questão, uma vez que, a versão gratuita disponibiliza a biblioteca dos principais fabricantes.

Todos os itens do sistema de tubulação foram obtidos na biblioteca que pertence à marca Tigre, os registros de gaveta e de pressão foram da marca Docol e as peças sanitárias da marca Celite, conforme o exemplo da figura 35.

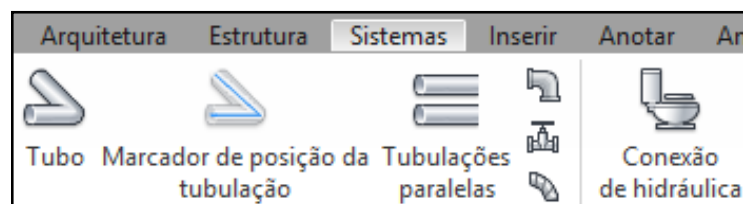
Figura 35 - Exemplos de equipamentos utilizados. (1- Caixa sifonada da Tigre, 2- Registro de pressão da Docol, 3 – Vaso sanitário com caixa acoplada da Celite).



Fonte: Ofcdesk - MEP Hidráulica para Revit (2016).

Depois de definidos os materiais foi iniciado o caminhamento das tubulações de água fria partindo do pavimento térreo. A figura 36 mostra as principais ferramentas para inserção das peças e tubos sendo somente necessário definir qual a linha de materiais (no caso PVC soldável) e ajustar o diâmetro.

Figura 36 - Ferramentas do Revit MEP.



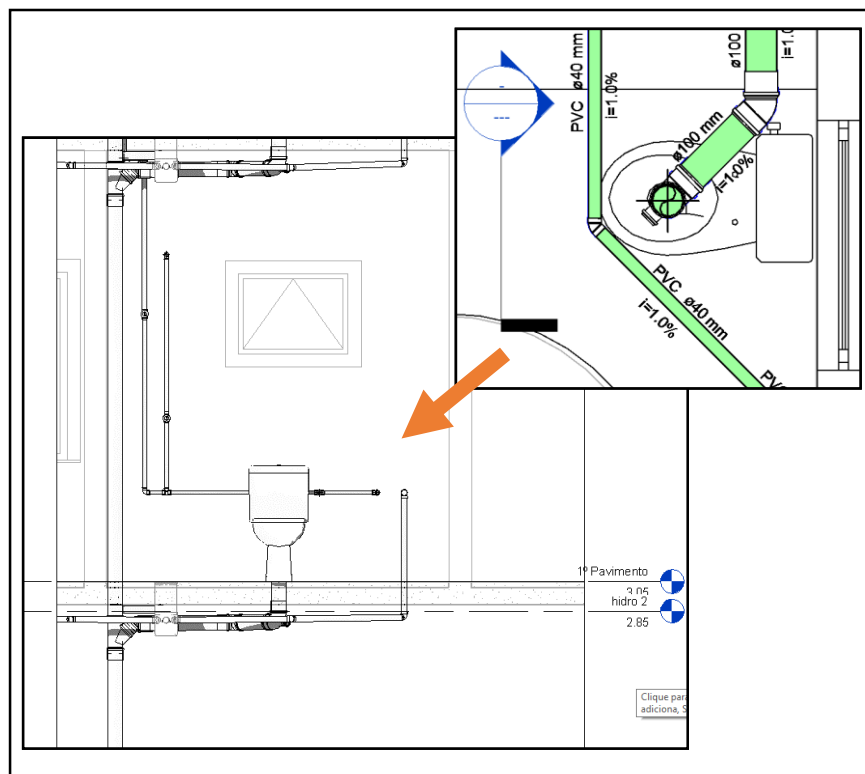


Fonte: Autodesk Revit (2016).

Na etapa de modelamento das tubulações de esgoto não foi considerado o sistema de tratamento, composto de tanque séptico, filtro anaeróbico e sumidouro, para fins de simplificação, já que eles ficam no terreno fora da área edificada não interferindo na compatibilização. Como não havia nenhuma especificação informando se a tubulação de esgoto ficaria no contrapiso ou sob a laje, foi assumida a segunda opção, pois, o projeto arquitetônico mostra a utilização de forro em todos os apartamentos que pode esconder o sistema.

A ferramenta que fornece a vista de um corte qualquer na planta baixa foi bastante utilizada para o desenho das tubulações verticais, conforme exemplo da figura 37. Na parte de modificações de tubulação é possível ajustar as inclinações requeridas para garantir o fluxo.

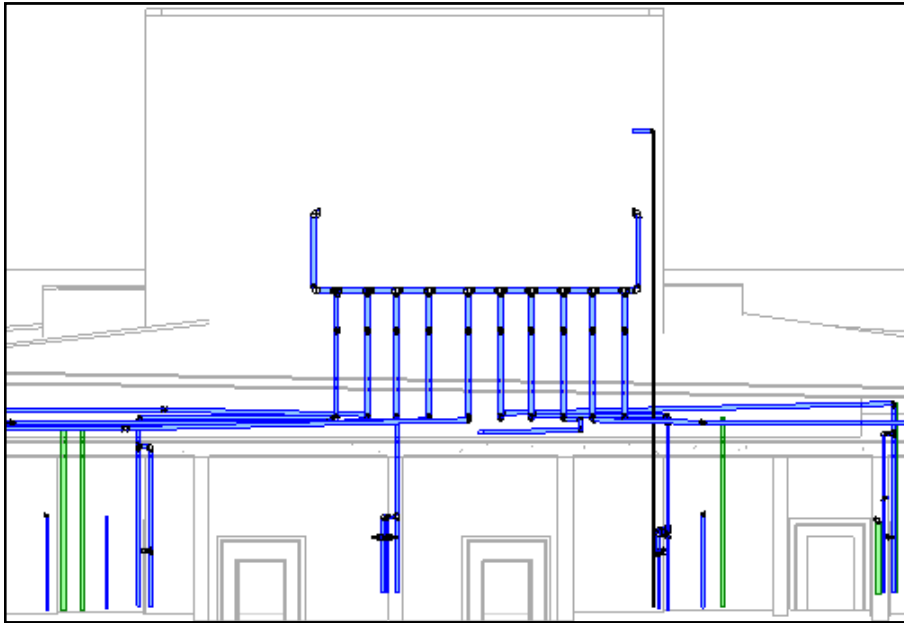
Figura 37 - Vista de corte das tubulações



Fonte: Autora (2016).

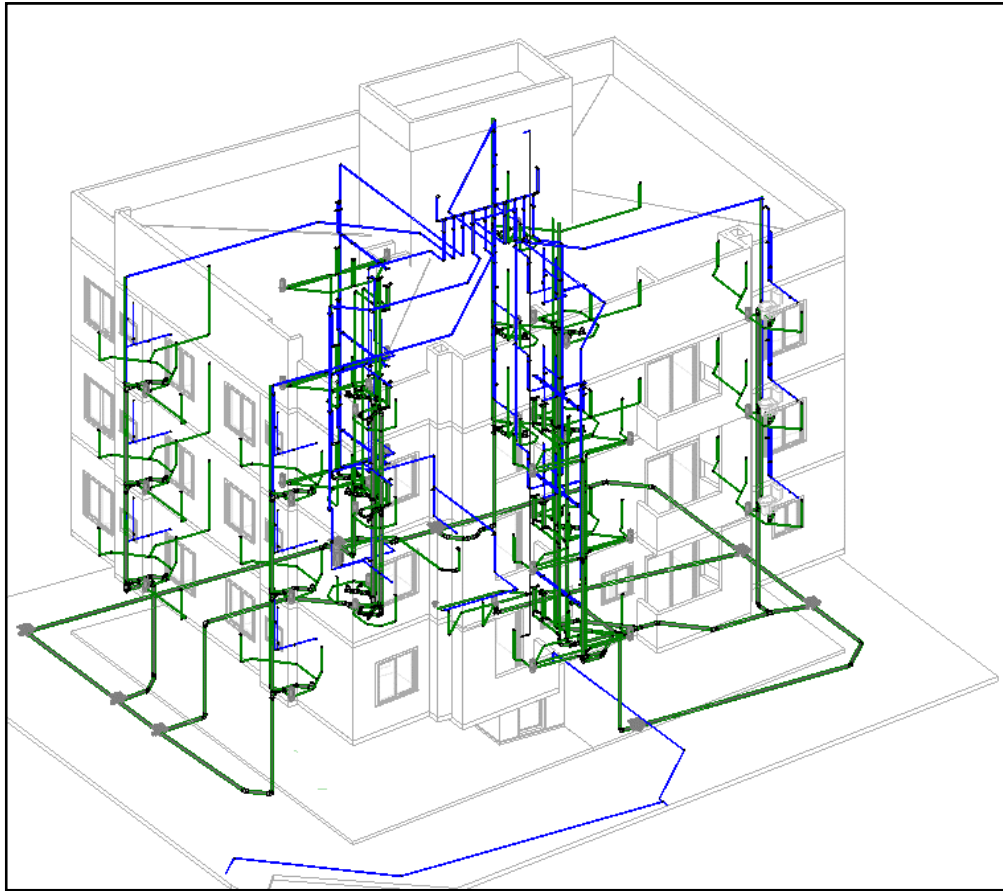
O abastecimento de água da edificação é feito por meio de um sistema indireto com bombeamento do reservatório inferior para o superior. O barrilete (representado na figura 38 através da ferramenta de corte) tem a função de distribuir a água do reservatório superior entre os apartamentos. Depois de terminado o modelo hidrossanitário do empreendimento é possível obter uma visão geral, como representada na figura 39.

Figura 38 - Detalhe do barrilete.



Fonte: Autora (2016).

Figura 39 - Visão geral do modelo hidrossanitário



Fonte: Autora (2016).

#### **4.4. Compatibilização dos modelos**

A compatibilização dos modelos foi realizada em 4 etapas, conforme explicado no item X. A primeira etapa foi composta pela análise do projeto já na fase de modelamento, através da constante visualização na vista 3D que o Revit proporciona.

Na segunda etapa foi realizada uma detecção de interferências em cada um dos modelos, sendo possível visualizar se os objetos de uma mesma disciplina estavam de acordo uns com os outros.

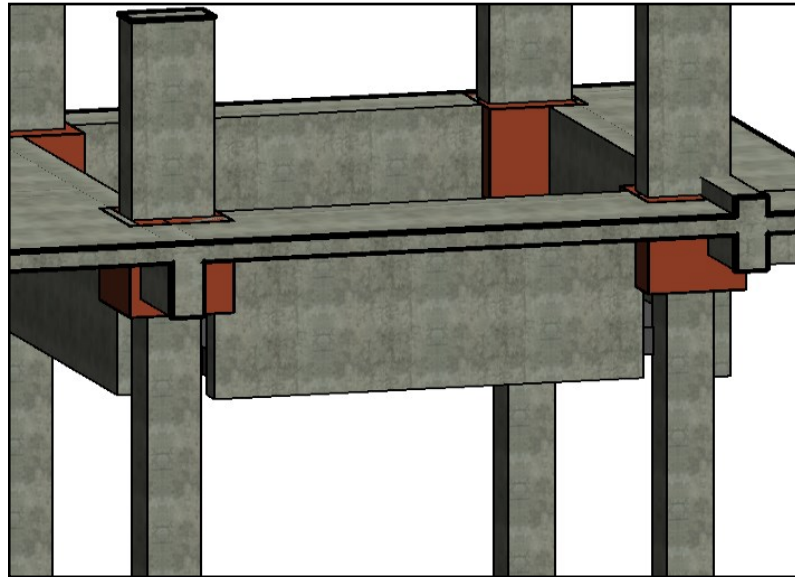
A terceira etapa foi lançado mão de uma ferramenta externa, o Navisworks, que permite uma visualização entre os modelos realizados no Revit e também a execução de um relatório completo de interferências. Por fim, foi feita uma análise geral de todos os itens encontrados e foram sugeridas soluções para o projeto que será apresentada no capítulo 5.

##### **4.4.1. Análise do projeto no modelamento das disciplinas**

Nesta etapa foram analisados os modelos de forma individual, primeiro visualmente e depois através da ferramenta do Revit que verifica interferências. A falta de detalhamento de alguns elementos do projeto obtido foi a principal causa das dúvidas. Um exemplo claro desta situação foi na modelagem da fundação do edifício na parte que prevê uma área de rebaixo para o reservatório inferior.

O projeto estrutural mostra que todos os blocos estão situados no nível do pavimento térreo, mas como as vigas possuem uma altura de seção de 1 metro, o fundo das vigas acabam não ficando apoiados no bloco, gerando uma incoerência. Da forma como está representado na figura 40 abaixo, as vigas não possuem apoio deixando o fundo do reservatório diretamente apoiado no solo.

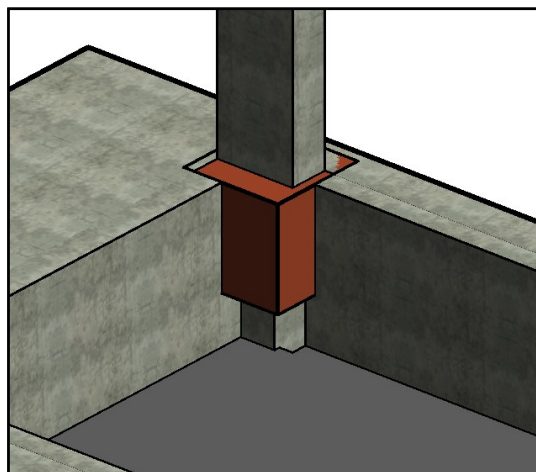
Figura 40 - Incoerência no nível dos blocos do reservatório



Fonte: Autora (2016).

A figura 41 mostra com detalhes a situação apresentada. Este erro de projeto ocorreu devido à falta de detalhamento do projeto estrutural que, já que possui quase todos os blocos com o mesmo formato e nível, acabou utilizando um só detalhe (uma vista em corte) para todos os blocos do projeto com essa dimensão. O único local em que havia essa informação do nível era na vista em questão.

Figura 41 - Detalhe do bloco de fundação do reservatório inferior.



Fonte: Autora (2016).

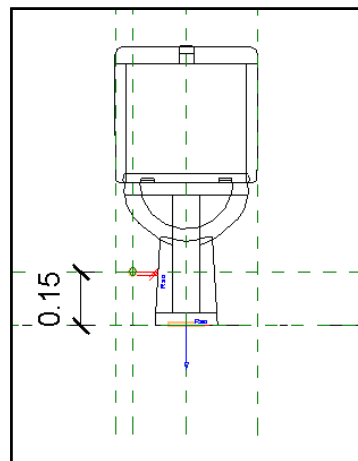
No projeto hidrossanitário notou-se que não foram respeitadas as alturas dos pontos de água dos aparelhos sanitários. A tabela 2 indica a altura recomendada de instalação para a alimentação dos aparelhos. Esse erro dificultaria a instalações dos mesmos, necessitando de adequações posteriores que gerariam retrabalhos. A figura 42 mostra a altura correta para a instalação de um vaso com caixa acoplada, e, a figura 43 representa o que foi encontrado no modelo.

Tabela 2 - Altura recomendada para instalações dos aparelhos sanitários

<b>Altura recomendada para os pontos de utilização.</b>	
<b>Aparelho</b>	<b>Altura do ponto (cm)</b>
Válvula de descarga	110
Vaso sanitário com caixa acoplada	20 (e 15 cm à esquerda do eixo)
Caixa de descarga	200
Banheira	30
Bidê	30
Chuveiro	200 a 220
Lavatório	60
Máquina de lavar roupa	75
Máquina de lavar louça	75
Tanque	90
Pia de cozinha	60

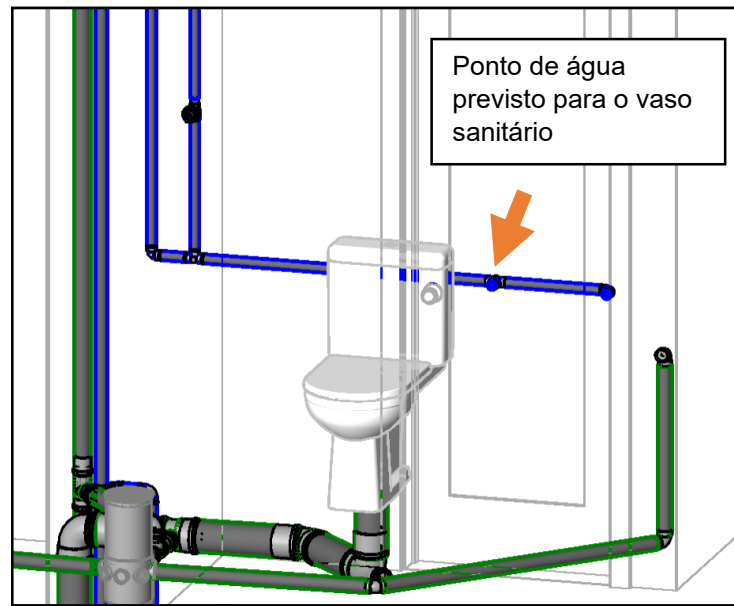
Fonte: Tabela 1.13 p. 29 (GHISI, 2016).

Figura 42 - Detalhe de instalação de vaso sanitário com caixa acoplada



Fonte: Ofcdesk - MEP Hidráulica para Revit (2016).

Figura 43 - Ponto de água para vaso sanitário conforme projeto.



Fonte: Autora (2016).

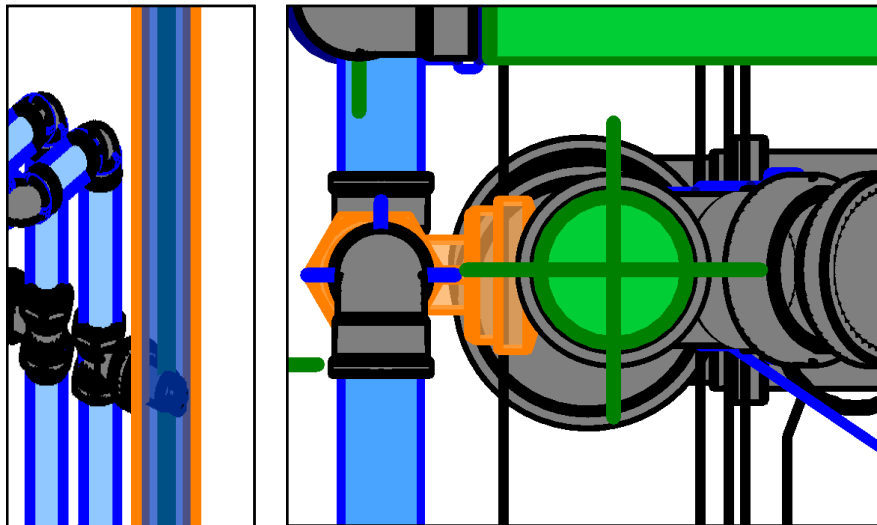
O próximo item irá apresentar os conflitos entre os elementos de uma mesma disciplina encontrados através da ferramenta do próprio Revit que verifica interferências.

#### 4.4.2. Interferências entre os elementos de uma mesma disciplina

Após a conclusão da etapa anterior, foi necessária a verificação de interferências que não eram tão facilmente visíveis. Para isso, foi utilizada a ferramenta do próprio Revit que faz uma verificação de interferências em todo o modelo. Nesta etapa o único modelo que apresentou interferências foi o hidrossanitário conforme as figuras abaixo.

A figura 44 mostra a tubulação de ventilação do projeto sanitário em conflito com um registro de uma coluna de água fria. Esse caso ocorreu devido a falta da previsão de uma mocheta (*shaft*) para a passagem das tubulações.

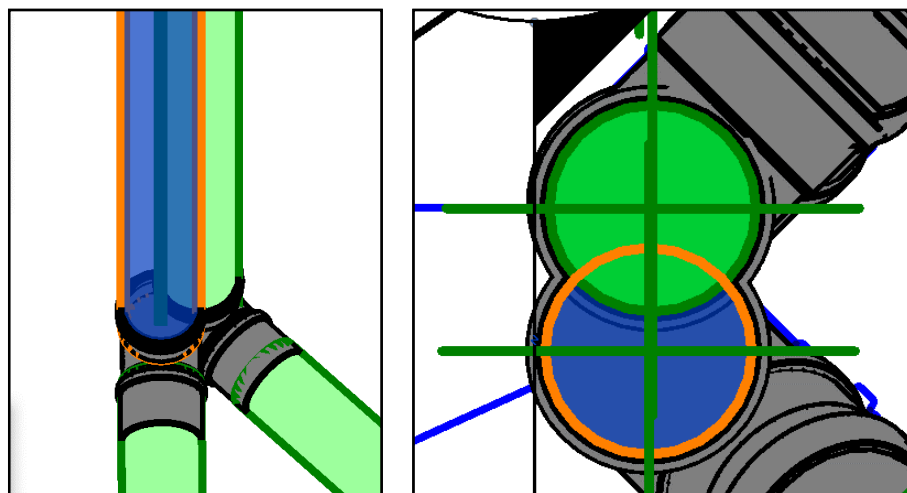
Figura 44 - Conflito entre tubulação de água fria e ventilação do sanitário.



Fonte: Autora (2016).

No caso da figura 45 ocorreu uma sobreposição entre os tubos de queda de banheiros que ficavam próximos. Esse erro é de fácil solução e já era visível até mesmo na planta original desenvolvida em CAD.

Figura 45 - Sobreposição de dois tubos de queda próximos.

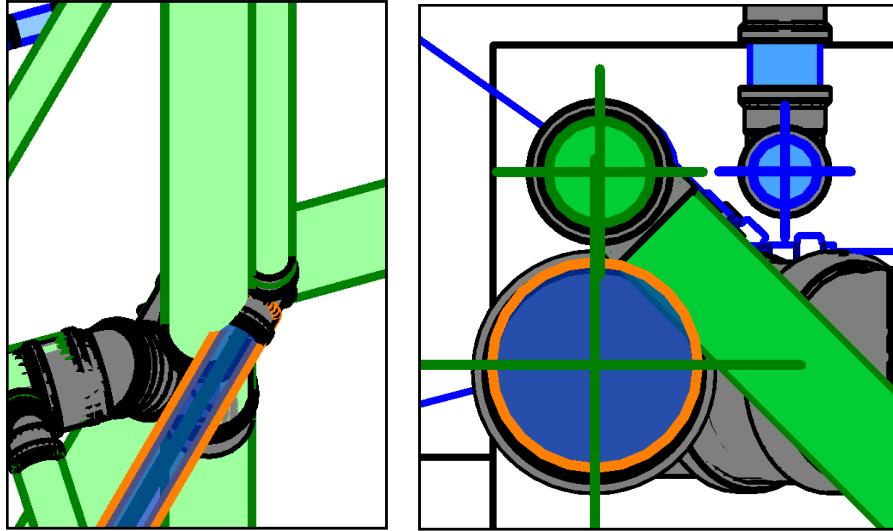


Fonte: Autora (2016).

Ocorreu também um caso de cruzamento entre um tubo de queda e um ramal de ventilação (figura 46) devido ao espaço reduzido para passagem de tubulação. Este também é um caso fácil de ser corrigido apenas trocando o local onde subirá a coluna de ventilação.



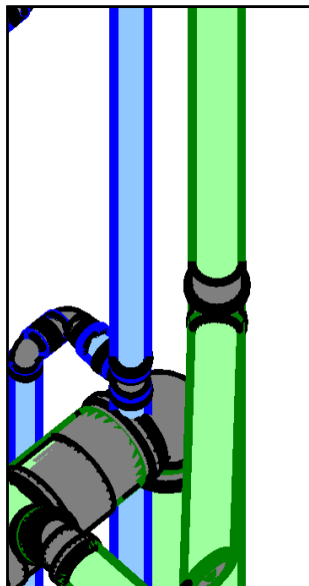
Figura 46 - Cruzamento entre um tubo de queda e um ramal de ventilação.



Fonte: Autora (2016).

Por fim, foi encontrado um cruzamento entre um tubo de queda e uma coluna de água fria como mostra a figura 47. Todos os conflitos citados poderiam ser facilmente resolvidos se houvesse um espaço adequado para a passagem das tubulações. Este fato irá ocasionar também outros tipos de incompatibilidades entre os modelos, analisadas através de uma ferramenta do Navisworks, conforme será apresentado no próximo item.

Figura 47 - Cruzamento entre um tubo de queda e uma coluna de água fria.



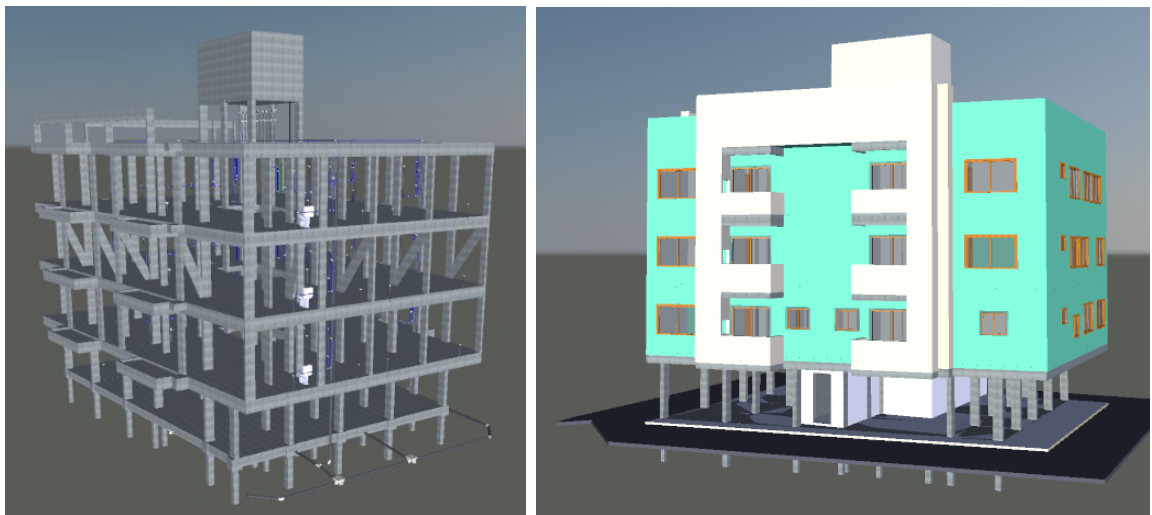
Fonte: Autora (2016).

#### 4.4.3. Análise das interferências entre as disciplinas através do Navisworks

A última etapa foi executada através do Navisworks que permite analisar as disciplinas entre si. A principal ferramenta disponível para detectar os elementos em conflito é a ferramenta de verificação de interferências (*clash detective*) conforme detalhes no item anterior 3.4.

Antes de iniciar os testes de verificação foi preciso observar os modelos sobrepostos para detectar se havia algum tipo de incoerência que não foi encontrada nas etapas anteriores. Outro fator que demanda essa visualização cuidadosa dos modelos se deve ao fato de a ferramenta de testes só observar os conflitos entre as geometrias e não apontar erros de projeto. A figura 48 mostra a visualização dos modelos sobrepostos no ambiente do Navisworks.

Figura 48 - Vistas dos modelos sobrepostos no Navisworks

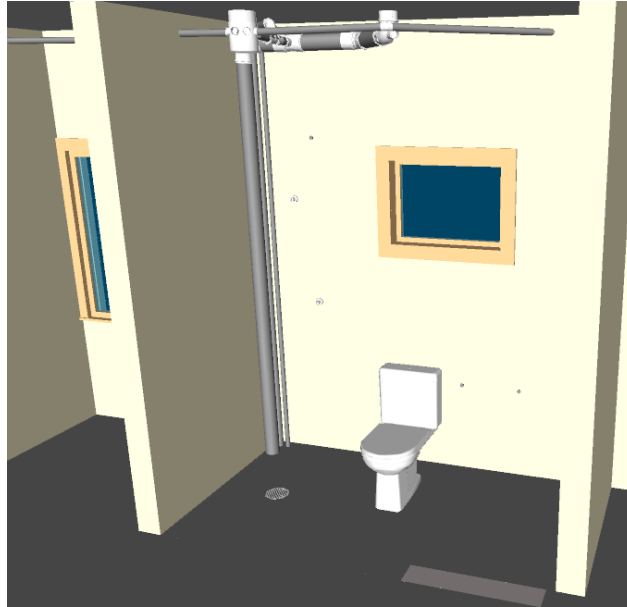


Fonte: Autora (2016).

Durante esta observação foi possível perceber que o projeto arquitetônico não previu mochetas para a passagem das tubulações. A falta de um local adequado destinado para acomodar as tubulações acabou gerando vários conflitos entre o modelo estrutural e hidrossanitário, que serão mostrados ao decorrer deste capítulo.

No projeto arquitetônico existem apenas dois poços de ventilação para a instalação de janelas dos banheiros que não possuem paredes coincidindo com a fachada externa. A figura 49 apresenta uma vista interna de um dos banheiros. As tubulações sob a laje de concreto ficariam ocultas sobre um forro, mas as prumadas ficam aparentes.

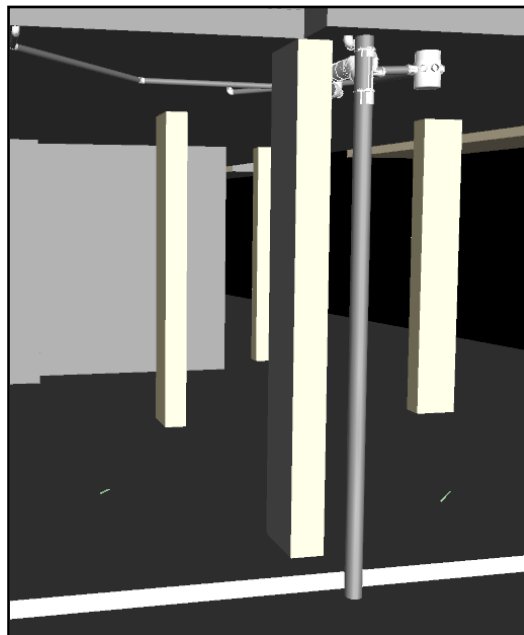
Figura 49 - Tubulação aparente no banheiro



Fonte: Autora (2016).

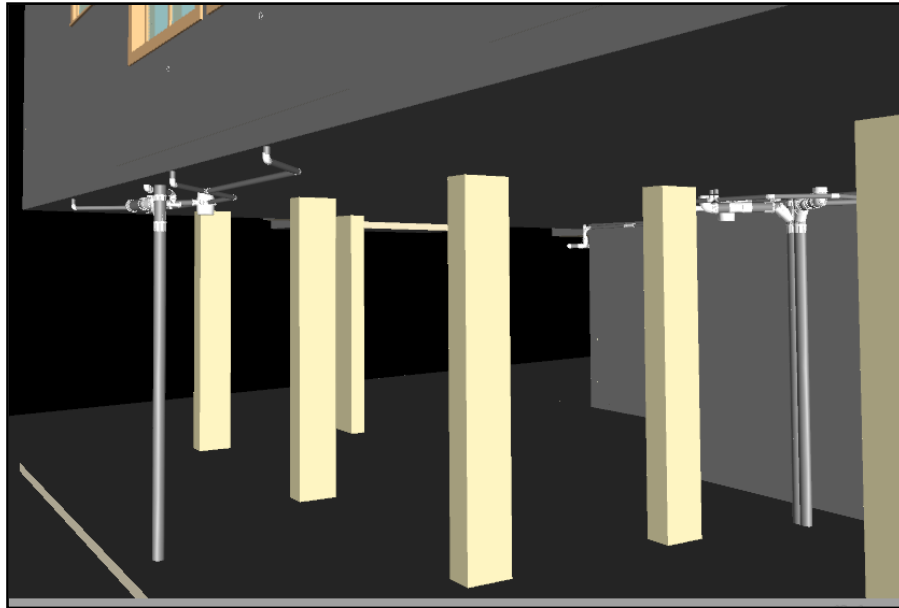
No térreo onde fica a garagem ocorre o mesmo problema, e, além de as tubulações ficarem aparentes, elas ainda ficam distantes dos pilares. Isso ocasiona a redução da área de estacionamento e pode ainda impedir a passagem dos carros, muitas vezes, inutilizando as vagas. As figuras 50 e 51 ilustram o caso.

Figura 50 - Prumadas do sanitário aparentes no térreo



Fonte: Autora (2016).

Figura 51 - Prumadas do sanitário na garagem



Fonte: Autora (2016).

Por fim, foram realizados os testes de interferência entre os modelos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário. A figura 52 mostra o número de conflitos entre as disciplinas detectados pelo teste. Já é possível observar que o caso mais crítico é entre o estrutural e hidrossanitário.

Figura 52 - Número de interferências encontradas nos testes

Name	Status	Clashes	New
Arquitetônico x Hidrossanitário	Done	7	7
Estrutural x Hidrossanitário	Done	674	674
Estrutural x Arquitetônico	Done	35	35

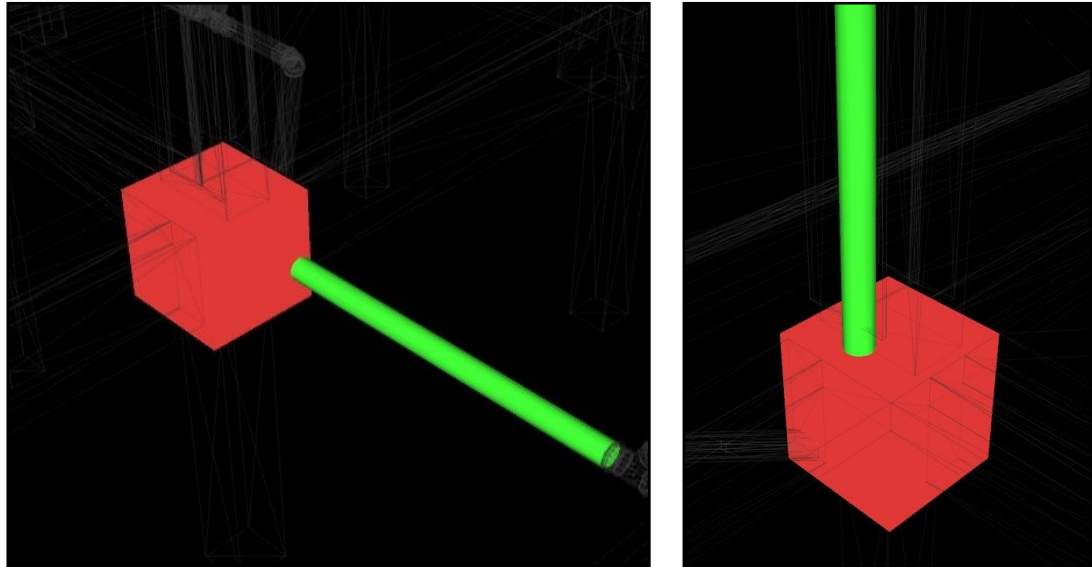
Fonte: Autora (2016).

A partir dos testes é possível visualizar quais os elementos e locais em que se encontram os conflitos, além disso, o programa permite a exportação de relatórios de interferências. As figuras a seguir representam os principais tipos de incompatibilizações encontradas nesta etapa.

Embora tenham sido encontrados conflitos em todas as disciplinas, os mais graves estão no projeto hidrossanitário que não levou em consideração diversos elementos estruturais. A

figura 53 mostra tubos de queda e ramais de esgoto em conflito com os blocos de coroamento das estacas.

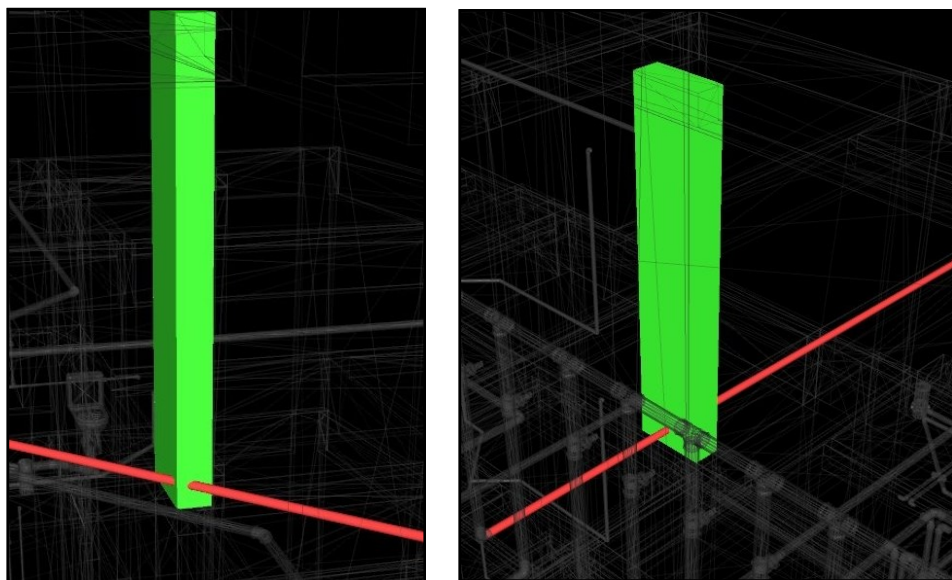
Figura 53 - Tubo de queda e ramal de esgoto em conflito com blocos de fundação



Fonte: Autora (2016).

Na cobertura ocorreu o cruzamento transversal entre as tubulações que derivam do reservatório superior e os pilares que o sustentam, conforme mostra a figura 54.

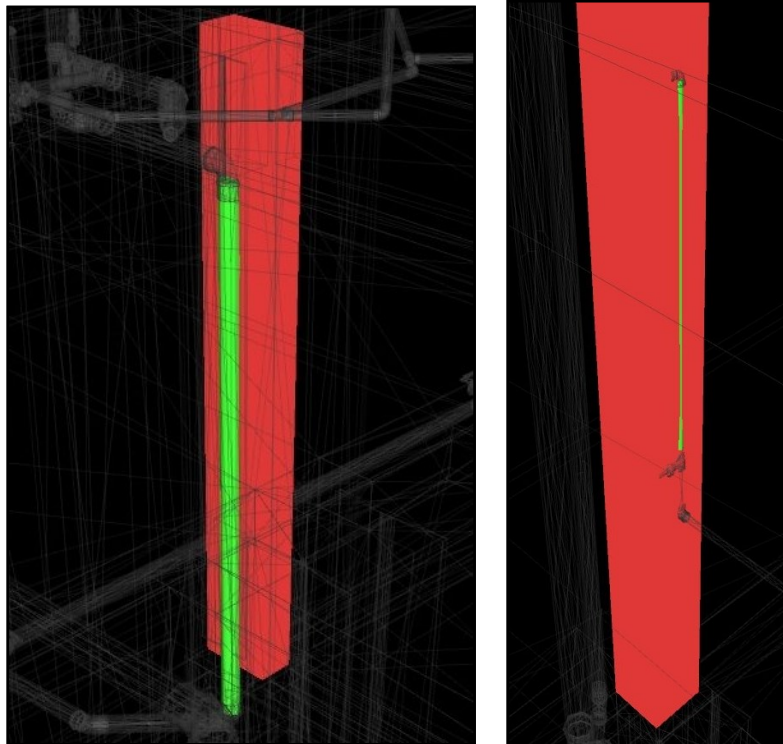
Figura 54 - Pilares da cobertura e tubulações do reservatório



Fonte: Autora (2016).

Foram encontrados casos de sobreposição da instalação de água fria e tubos de queda no sentido longitudinal dos pilares (figura 55), os quais ocorreram devido ao problema citado anteriormente de falta de previsão de mochetas.

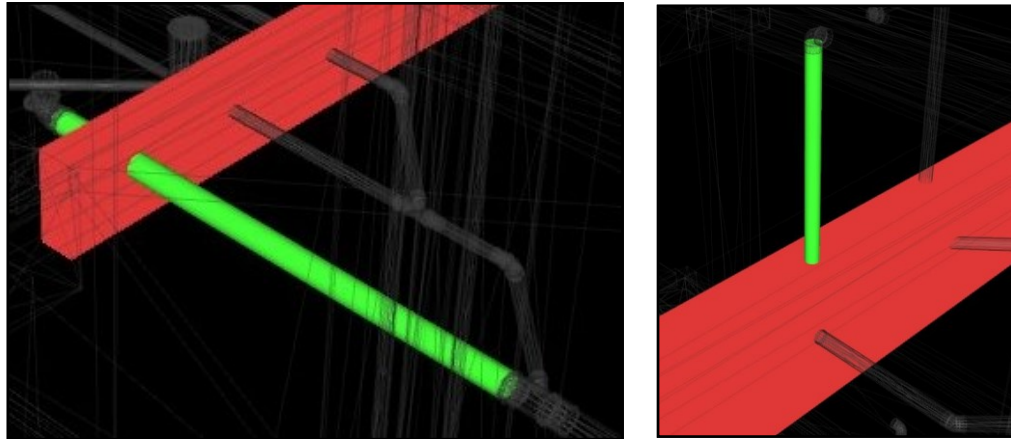
Figura 55 - Sobreposição de tubulações e pilares



Fonte: Autora (2016).

Os conflitos encontrados entre as tubulações e as vigas (figura 56) são os mais comuns e numerosos conforme será abordado no item 4.5.

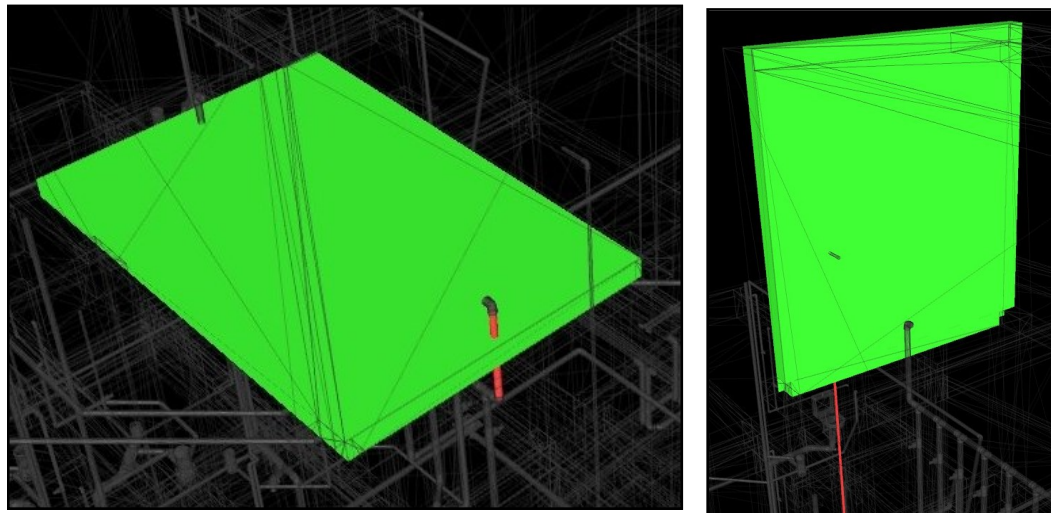
Figura 56 - Vista do reservatório inferior



Fonte: Autora (2016).

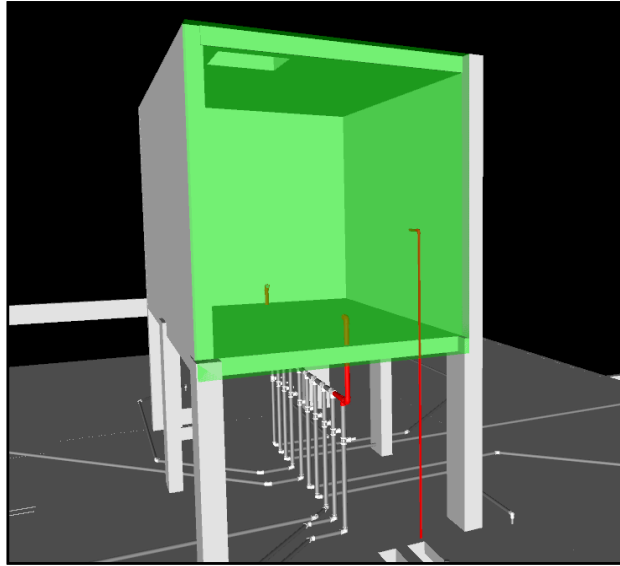
As figuras 57 e 58 mostram um conflito entre a tubulação e o reservatório superior. As saídas do reservatório que alimentam o sistema de água fria estão cruzando a laje de fundo quando deveriam estar na lateral. A alimentação do reservatório superior, realizada através do bombeamento de água do reservatório inferior, aparece embutida na parede de concreto.

Figura 57 - Interferências no reservatório superior



Fonte: Autora (2016).

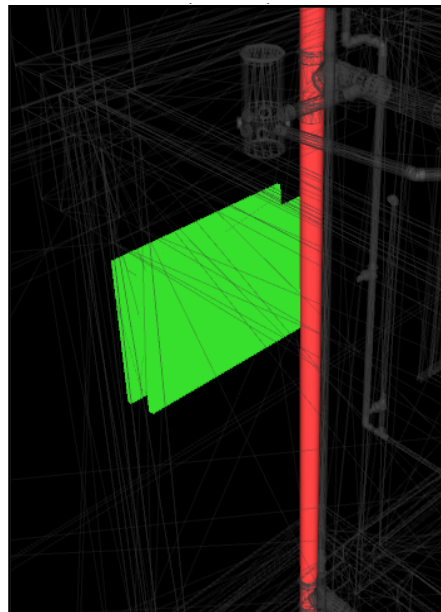
Figura 58 - Alimentação embutida na parede do reservatório superior



Fonte: Autora (2016).

No teste realizado entre o projeto arquitetônico e hidrossanitário foram encontrados conflitos entre as portas e janelas, tubos de queda e colunas de ventilação. A figura 59 mostra um exemplo de conflito entre a esquadria de um banheiro e um tubo de queda. Foi encontrado também um conflito entre a porta no salão de festas e um tubo de queda, representado na figura 60.

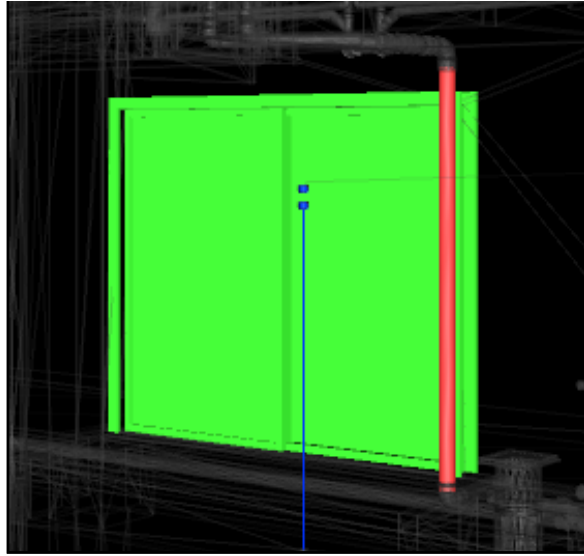
Figura 59 - Conflito entre a esquadria de um banheiro e um tubo



Fonte: Autora (2016).



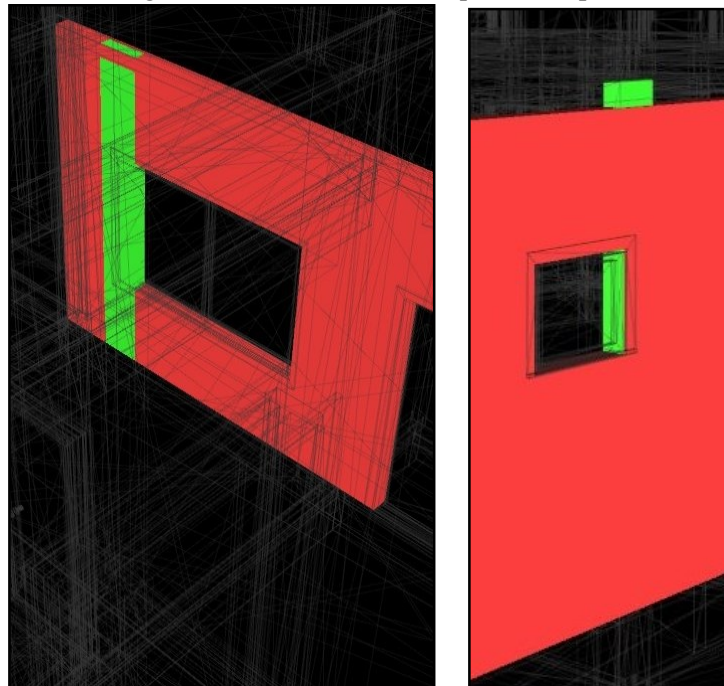
Figura 60 - Conflito entre uma porta e um tubo de queda.



Fonte: Autora (2016).

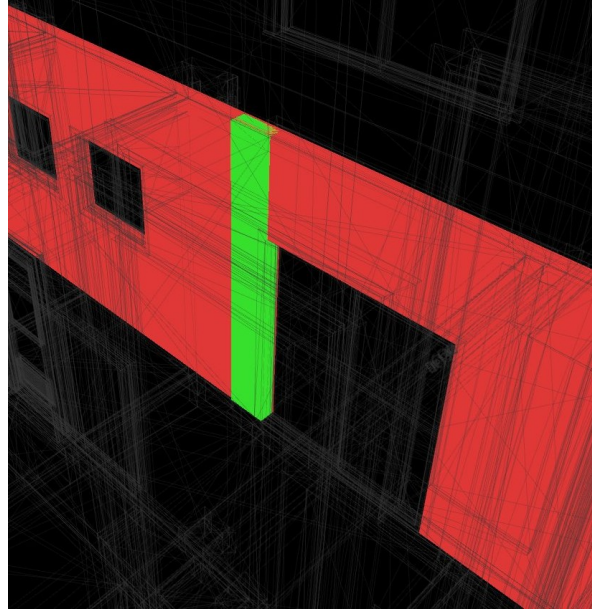
O projeto arquitetônico e estrutural apresentam incompatibilidades semelhantes ao teste anterior. Os conflitos encontrados também são entre as esquadrias e elementos estruturais. A figura 61 representa interferências entre pilares e janelas e a figura 62 entre portas e pilares.

Figura 61 - Conflito entre esquadrias e pilares.



Fonte: Autora (2016).

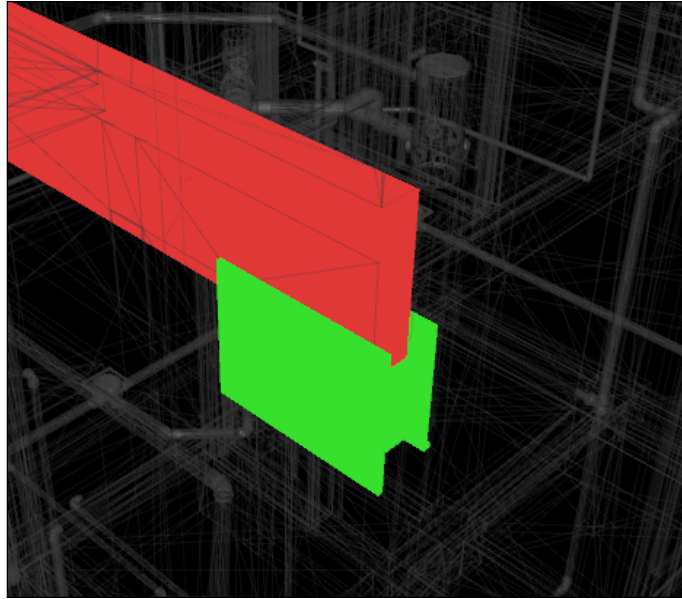
Figura 62 - Conflito entre portas e pilares



Fonte: Autora (2016).

A figura 63 apresenta um outro tipo de incompatibilidade, a qual diz respeito à altura de instalação das esquadrias dos banheiros que, em alguns casos, a parte superior da esquadria está cruzando a parte inferior de uma viga.

Figura 63 - Conflito entre esquadrias e vigas.



Fonte: Autora (2016).

Todos os casos citados anteriormente foram retirados a partir dos testes gerados através da ferramenta do Navisworks de verificação de interferências. O próximo capítulo será destinado à uma análise geral de todos os casos apresentados neste capítulo. Esta análise inclusive, indica possíveis soluções para os problemas encontrados e qual foi o ponto em que eles mais ocorreram e a prováveis razões pelas quais ocorreram.

## 5. DISCUSSÕES E RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados obtidos através do desenvolvimento do trabalho, bem como a sugestão de soluções para os problemas encontrados no capítulo anterior.

### 5.1. Análise geral e possíveis soluções para as incompatibilizações encontradas

Após encontrar todos os casos de incoerências e incompatibilizações é necessário que se encontre soluções para as mesmas. Esta etapa é imprescindível para que o objetivo da compatibilização seja concluído e todos os projetos possam guiar a fase executiva.

A tabela 2, abaixo, apresenta o número total de casos encontrados durante as etapas anteriores. Como já havia sido citado em etapas anteriores, os conflitos entre o projeto estrutural e hidrossanitário foram os mais numerosos e serão discutidos mais adiante.

Tabela 3 - Número de casos de conflitos encontrados.

<b>Conflitos e incoerências encontrados nos modelos</b>	
<b>Disciplina</b>	<b>Número de casos de incoerências ou interferências</b>
Estrutural	4
Hidrossanitário	29
Arquitetônico	27
Estrutural x Hidrossanitário	674
Arquitetônico x Estrutural	35
Arquitetônico x Hidrossanitário	7

Fonte: Autora (2016).

A partir dos dados das etapas anteriores foram analisadas as incompatibilidades e, através dos relatórios gerados dos testes do Navisworks foi possível observar em quais locais estavam localizados os problemas, e, nos casos onde é possível resolver localmente a solução pode ser facilitada.

Na tabela 3 há uma síntese de todos os problemas encontrados e, com informações a respeito dos locais em que os mesmos estão presentes, sua descrição e também uma possível solução.

Tabela 4 - Conflitos e incoerências encontrados e soluções sugeridas.

<b>Conflitos e incoerências encontrados e soluções sugeridas</b>					
<b>Item</b>	<b>Disciplina</b>	<b>Tipo</b>	<b>Local</b>	<b>Descrição</b>	<b>Solução sugerida</b>
1	Estrutura	Incoerência	Fundação	Níveis dos blocos do reservatório inferior	Rebaixar o nível em 1 metro
2	Hidrossanitário	Incoerência	Térreo ao 3º Pavimento	Ponto de água do vaso sanitário	Adequar a altura e posição conforme exigência de instalação da peça
3	Hidrossanitário	Conflito	1º ao 3º Pavimento	Sobreposição de tubulação de água fria e sanitária	Alterar local da subida da coluna de ventilação
4	Hidrossanitário	Conflito	1º ao 3º Pavimento	Sobreposição de tubos de queda	Ligar os ramais de esgoto em um só tubo de queda em vez de dois
5	Hidrossanitário	Conflito	1º ao 3º Pavimento	Sobreposição entre um tubo de queda e coluna de ventilação	Alterar local da subida da coluna de ventilação
6	Hidrossanitário	Conflito	1º ao 3º Pavimento	Sobreposição entre um tubo de queda e coluna de água fria	Alterar local da tubulação de água fria
7	Arquitetônico	Incoerência	Térreo ao 3º Pavimento	Falta de previsão de mochetas para passagem de tubulações	Adicionar locais no projeto para passagem de tubulações
8	Estrutural x Hidrossanitário	Conflito	Fundação	Tubulação de esgoto em conflito com os blocos de coroamento	Alterar o local de passagem dos tubos para fazer um desvio
9	Estrutural x Hidrossanitário	Conflito	Todos os níveis	Tubulação de esgoto em conflito com vigas	Solução sugerida no item 5.2.
10	Estrutural x Hidrossanitário	Conflito	Cobertura	Tubulação de esgoto em conflito com pilar	Desviar a tubulação do pilar
11	Estrutural x Hidrossanitário	Conflito	1º ao 3º Pavimento	Tubulação de esgoto em conflito com pilar	Desviar a tubulação do pilar
12	Estrutural x Hidrossanitário	Conflito	1º ao 3º Pavimento	Tubos de queda em conflito com o pilar no sentido longitudinal	Prever mochetas para a descida dos tubos de queda
13	Estrutural x Hidrossanitário	Conflito	1º ao 3º Pavimento	Colunas de água fria em conflito com o pilar no sentido longitudinal	Prever mochetas para a descida das colunas de água fria
14	Estrutural x Hidrossanitário	Conflito	Cobertura	Tubo de alimentação do reservatório inferior embutida na parede de concreto	Fazer o acesso da alimentação do reservatório do lado de fora pra facilitar futuras manutenções

Continuação da tabela 3 – Número de casos encontrados.

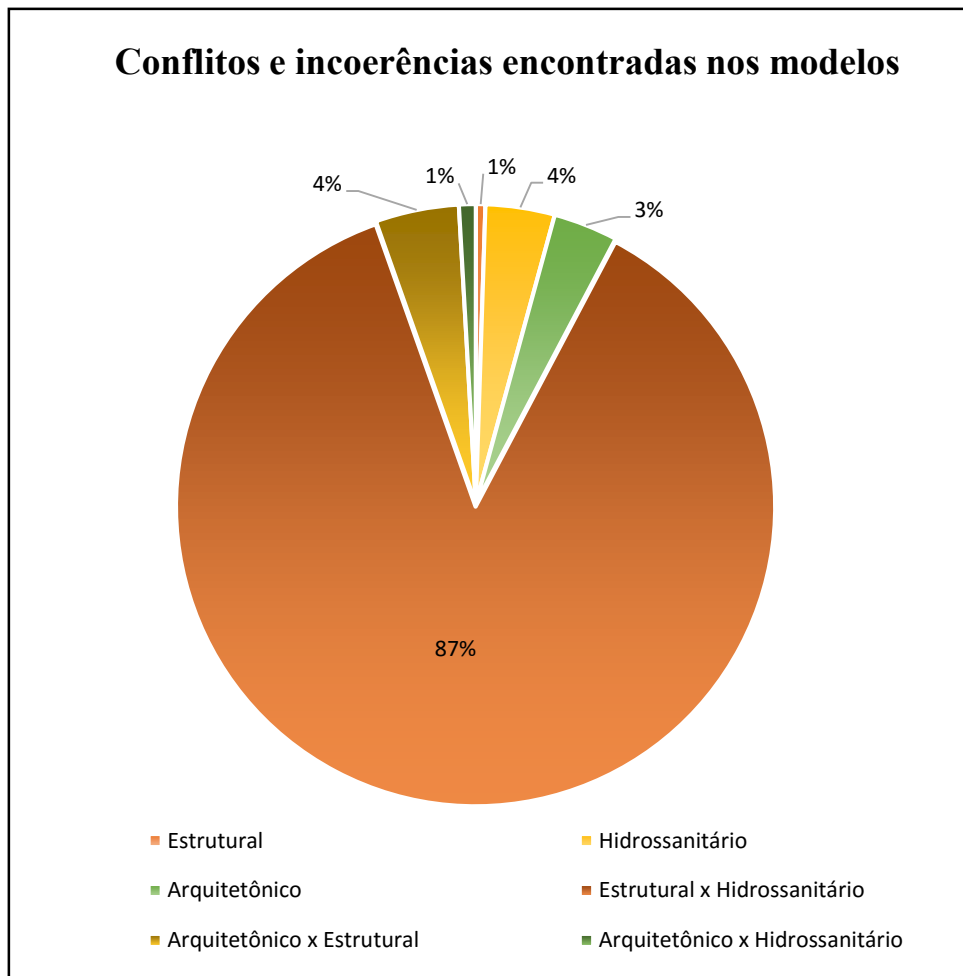
<b>Conflitos e incoerências encontrados e soluções sugeridas</b>					
<b>Item</b>	<b>Disciplina</b>	<b>Tipo</b>	<b>Local</b>	<b>Descrição</b>	<b>Solução sugerida</b>
15	Estrutural x Arquitetônico	Conflito	1º ao 3º Pavimento	Pilares em conflito com as esquadrias de janela	Alterar posição ou abertura das janelas
16	Estrutural x Arquitetônico	Conflito	Térreo ao 3º Pavimento	Pilares em conflito com o contramarco das portas	Ajustar a posição da porta
17	Estrutural x Arquitetônico	Conflito	Térreo	Vigas em conflito com as esquadrias de janela	Alterar posição ou abertura das janelas
18	Arquitetônico x Hidrossanitário	Conflito	1º ao 2º Pavimento	Tubulação em conflito com janela	Alterar posição da tubulação
19	Arquitetônico x Hidrossanitário	Conflito	Térreo	Tubulação em conflito com a porta do salão de festas	Alterar posição da tubulação

Fonte: Autora (2016).

O gráfico representado na figura 64 ilustra em percentual os dados da tabela 2. As interferências entre estrutura e instalações hidrossanitárias representam 87% de todos os casos encontrados. Isso se deve ao fato de não ter se dado a devida atenção na elaboração do projeto, de forma que não foram levados em consideração alguns elementos estruturais.

Nas outras disciplinas, as interferências necessárias para que o projeto fique em conformidade são relativamente simples (desde que sejam realizadas na fase projetual e não na executiva). Basicamente são ajustes na posição ou abertura de portas e janelas, posição de tubulações, correção de altura dos pontos de alimentação dos equipamentos sanitários, etc.

Figura 64 - Gráfico de conflitos e incoerências encontradas



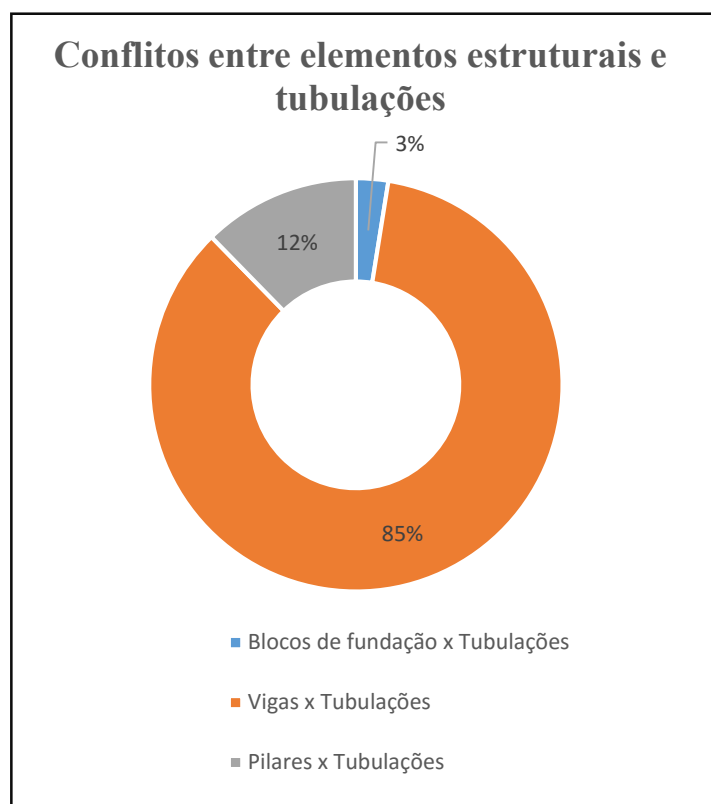
Fonte: Autora (2016)

O próximo item irá abordar a análise do caso que apresenta o maior número de incompatibilizações.

## 5.2. Problemas entre o projeto estrutural e hidrossanitário.

Já na fase de modelamento percebeu-se a falta de locais adequados que deveriam estar previstos no projeto arquitetônico e conseqüentemente no estrutural. Este detalhe gerou diversos tipos de incompatibilizações principalmente entre tubulações e pilares. A figura 65 mostra que do total de casos entre essas disciplinas, 12% se trata do caso citado e a grande maioria, 85%, ocorre entre as vigas e tubulações que poderiam ser parcialmente evitadas utilizando-se da solução anterior.

Figura 65 - Gráfico de conflitos entre elementos estruturais e tubulações



Fonte: Autora (2016)

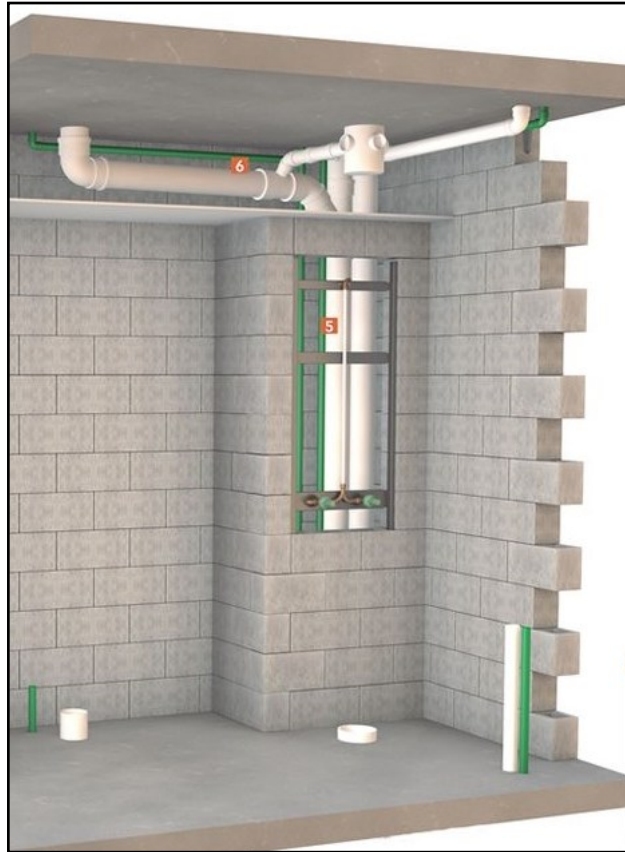
O grande percurso que as tubulações horizontais precisam fazer pra chegar até um tubo de queda que muitas vezes nem está no local adequado, faz com que haja um cruzamento com as vigas. Se adicionarmos o fato da necessidade de inclinações mínimas para o escoamento, torna-se inviável contornar a seção das vigas, já que diminuiria muito o pé direito dos ambientes internos.

Outra solução seria fazer um furo através da viga, com consentimento do projetista, mas seria somente em casos extremos, pois é muito oneroso, tanto em questões financeiras quanto de tempo.



A solução sugerida para estes problemas seria prever aberturas na laje em locais onde se tem áreas molhadas para a passagem de tubulação e o fechamento vertical destas aberturas com algum material (alvenaria, por exemplo). A figura 66 mostra um exemplo deste tipo de solução.

Figura 66 - Exemplo de construção de mocheta (*shaft*)



Fonte: Adaptado da Revista Construção Mercado. Editora Pini (2017)

Depois desta etapa seria necessário rever todo o projeto hidrossanitário e reduzir o máximo possível de caminhamentos de tubulações horizontais observando com cautela o projeto estrutural para evitar conflitos com vigas, contornando-as quando for necessário. Quando as prumadas de esgoto chegassem no pavimento térreo através das aberturas seria necessário somente encaminha-las ao pilar mais próximo aumentar a seção do pilar com alvenaria para esconder a tubulação.

Esta solução também resolve os casos encontrados no projeto arquitetônico relacionados à conflitos entre esquadrias e portas e no caso das vagas de garagem citado no item 4.4.3.

## 6. CONCLUSÕES

Este trabalho abordou a compatibilização entre os projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário, através da modelagem das disciplinas e análise de interferências e incoerências com o uso de ferramentas BIM. No processo foi possível visualizar o projeto de um residencial de pequeno porte de forma diferente da convencional que utiliza somente vistas 2D.

As ferramentas utilizadas foram bastante úteis e cumpriram seu papel, embora não se tenha aproveitado todo o potencial que elas oferecem. A forma como se projeta através destas ferramentas auxilia muito a visualização do produto final e evita erros comuns que são cometidos em consequência da forma tradicional de representação. Utilizou-se somente o aspecto 3D das ferramentas já que o objetivo era a compatibilização dos elementos geométricos que fazem parte das disciplinas.

Foi possível aplicar os conhecimentos obtidos ao longo do curso através da etapa de modelamento 3D das disciplinas e da análise de incoerências do projeto. Além disso, foi possível adquirir conhecimentos na busca de soluções para os problemas encontrados, para que essas soluções fossem viáveis ao estudo de caso

Uma das maiores vantagens da utilização deste tipo de ferramenta é poder obter diversos detalhes dos modelos construtivos durante a execução da obra. Isso reduz muitas dúvidas comparado a somente ter acesso as plantas baixas, quantidade de cortes e fachadas limitadas.

A compatibilização se deu de forma satisfatória já que algumas incoerências foram facilmente detectadas através da vista 3D que era constantemente requisitada durante a fase de modelagem. A verificação de interferências foi útil, pois, o Revit não possui uma visualização entre as disciplinas de forma facilitada como a encontrada através do Navisworks.

Por fim, a análise dos problemas encontrados é indispensável para que se encontre a solução mais viável que serão incorporadas nas revisões dos projetos. Esta etapa deve contar com a participação de todos agentes do processo.

Aos poucos as ferramentas BIM estão ocupando um espaço consolidado por muito tempo pela representação de projetos em 2D. Essa prática sempre foi a tradicional, sendo que, foi melhorada através do uso de ferramentas computacionais. Hoje em dia, porém, com o aumento da complexidade dos projetos e das equipes responsáveis pelo seu desenvolvimento, existe a necessidade de uma mudança, que não significa que as ferramentas tradicionais vão entrar em desuso.

A forma com a qual este trabalho foi executada (modelagem a partir do projeto 2D) se mostra bastante demorada, o que talvez na prática o tornasse, de certa forma, inviável. A alternativa mais racional de utilizar o BIM, mesmo que seja apenas no aspecto 3D, como foi abordado neste trabalho, seria de executar todo o projeto desde o início através das ferramentas citadas

Embora elas sejam de grande auxílio, ainda não se pode dispensar regras básicas para a representação de um bom projeto, bem como, as normas e diretrizes que os guiam. Não é suficiente somente trocar a ferramenta na qual se está trabalhando, se as soluções propostas não são as mais adequadas e continuar com a cultura em que dizem que o “papel aceita tudo”.

Os arquivos em CAD ainda são mais acessíveis principalmente para compartilhar as informações na fase executivas, pois faz a representação de forma simples e de maneira rápida. Aliar as duas ferramentas é a melhor forma de utilizar as melhores qualidades que cada um oferece.

Por fim, é necessário que os envolvidos nesta etapa, também estejam em sintonia com a fase de execução. É preciso que se adquira um conhecimento sobre os problemas gerados na obra de retrabalho e desperdício, devidos a equívocos na fase projetual. Essa experiência adquirida deve ser absorvida para evitar os mesmos problemas em trabalhos futuros.

### **6.1. Sugestões para trabalhos futuros**

- Realizar a modelagem das outras disciplinas que envolvem o empreendimento;
- Concluir a compatibilização entre todas as disciplinas;
- Fazer as alterações sugeridas neste trabalho;
- Incluir todos os detalhes das disciplinas para a realização de quantitativos para orçamentação.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724 - Informação e documentação — Trabalhos acadêmicos — Apresentação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 11 p.

EASTMAN, C., et al. **Manual de BIM** – Um guia de modelagem da construção para arquitetos, gerentes, construtores e incorporadores. Bookman, 2014, 503 p.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK)**. 5a. edição, 2012, 616 p.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de projetos**. Instituto de Pesquisas tecnológicas – IPT (Mestrado Profissionalizante), São Paulo, 2003.

OLIVEIRA, O. J.; MELHADO, S. B. **Como Administrar Empresas de Projeto de Arquitetura e Engenharia Civil**. PINI, São Paulo, 2006, 64p.

LARSON, E. W.; GRAY, F. C. **Gerenciamento de Projetos: O processo gerencial**. 6a edição. McGraw-Hill, 2016, 592 p.

FABRICIO, M. M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios**. Orientação de Silvio Burrattino Melhado. 350p. Tese (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

CALLEGARI, S. **Análise de compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares**. Dissertação de Mestrado, Florianópolis, 2007.

MIKAIDO, J. J. **Estudo Comparativo do Processo de Compatibilização de Projetos em 2D e 3D com uso de TI**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006. 150 p.

GOLÇALVES, J. F. **Guia para Compatibilização de Projetos com BIM**. Ebook - Mais engenharia –AltoQi. Disponível em: <<http://maisengenharia.altoqi.com.br/material-categoria/ebooks/>>. Acesso em: 30 de novembro de 2016.

CAMPESTRINI, T. F.; et al. **Entendendo BIM: Uma visão do projeto de construção sob o foco da informação**. 1a edição, Curitiba, 2015.

MORDUE, S., et al. **Bulding Information Modeling for Dummies**. 1a. edição. Wiley&Sons, 2016, 408 p.

COMITÊ DE OBRAS PÚBLICAS. **Caderno de Apresentações de Projetos em BIM.** Secretaria de Estado do Planejamento – Governo de Santa Catarina.

AUTODESK. **Navisworks – Visão Geral.** Disponível em: <<http://www.autodesk.com.br/products/navisworks/overview> >. Acesso em: 29 de Janeiro de 2017.

SOLIBRI. **Solibri Model Checker.** Disponível em: <<http://www.cadtec.com.br/internas/solibri/novo/index.html>.> Acesso em: 29 de Janeiro de 2017.

GHISI, E. **Instalações Prediais de água fria.** Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016. 49p.

COLTRI, G. **Veja o que considerar para a execução das instalações prediais em edificações de alvenaria estrutural.** Revista Construção Mercado. Edição 177. Editora Pini, 2016. Disponível em: <<http://construcaomercado.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/177/veja-o-que-considerar-para-a-execucao-das-instalacoes-prediais-369750-1.aspx>>. Acesso em: 29 de Janeiro de 2017.