

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**LUIS FELIPE RIGO
SAULO RODRIGUES LIMA NEUENSCHWANDER PENHA**

**APLICAÇÃO DE PLATAFORMA BIM PARA VERIFICAÇÃO DE
INTERFERÊNCIAS DE PROJETO EM EDIFICAÇÕES NO SETOR DE
ENGENHARIA, ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2015

LUIS FELIPE RIGO
SAULO RODRIGUES LIMA NEUENSCHWANDER PENHA

**APLICAÇÃO DE PLATAFORMA BIM PARA VERIFICAÇÃO DE
INTERFERÊNCIAS DE PROJETO EM EDIFICAÇÕES NO SETOR DE
ENGENHARIA, ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso Superior de Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof Armando Luis Yoshio Ito

CURITIBA

2015



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
Campus Curitiba – Sede Ecoville
Departamento Acadêmico de Construção Civil
Curso de Engenharia Civil

FOLHA DE APROVAÇÃO

APLICAÇÃO DE PLATAFORMA BIM PARA VERIFICAÇÃO DE INTERFERÊNCIAS DE PROJETO EM EDIFICAÇÕES NO SETOR DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E CONSTRUÇÃO

Por

LUIS FELIPE RIGO
SAULO RODRIGUES LIMA NEUENSCHWANDER PENHA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, defendido e aprovado em 03 de dezembro de 2015, pela seguinte banca de avaliação:

Prof. Orientador – Armando Luis Yoshio Ito, MSc.
UTFPR

Profa. Vanessa do Rocio Nahhas Scandelari, Dra.
UTFPR

Prof. Carlos Alberto da Costa, MSc.
UTFPR

RESUMO

Em face da falta de detalhamento e clareza presentes nos projetos do sistema tradicional de projetos em CAD, esse trabalho trata do processo de verificação de interferências de projeto empregando ferramentas BIM em um estudo de caso de um edifício comercial. Para tal, o edifício em questão foi modelado em plataforma BIM, utilizando como base os projetos previamente compatibilizados em sistema CAD 2D, os mesmos utilizados na execução da obra. Foram modelados os projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, de renovação de ar e elétrico e a partir destes, foram feitas verificações de interferência entre os mesmos. Por fim, foi realizada a análise das incompatibilidades entre eles. Após a análise das incompatibilidades vistas no estudo de caso, foram feitas argumentações acerca das vantagens advindas da compatibilização e método de projeto utilizando ferramentas BIM, principal ideia que sustenta esse trabalho de conclusão de curso.

Palavras-chave: Building Information Modelling. BIM. Compatibilização de projetos. Gestão de projetos. Detecção de interferências.

ABSTRACT

Given the lack of detail and precision existent in the traditional project system utilizing CAD, this work deals with clash detection process of BIM tools in a case study of a commercial building. Therefore, a building was modelled in BIM platform with the projects previously compatibilized using the 2D method. These same projects were used in site. The architectural, structural, sanitary system, air renovation and electrical projects were modelled, and, interference checks were made between them. Finally, an analysis is made of incompatibilities found. After analyzing the incompatibilities in the case study, arguments are made about the advantages of compatibilization and design methods using BIM tools, which is the main idea behind this study.

Keywords: Building Information Modelling. BIM. Project compatibilization. Project Management. Clash Detection.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Processos de monitoramento e controle.....	14
Figura 02 – Diferentes projetos modelados em BIM.....	16
Figura 03 – Detecção de interferência entre conduítes e viga.....	17
Figura 04 – Vazio para passagem de tubulações.....	27
Figura 05 – Exemplo de banheiro.....	28
Figura 06 – Projeto de compatibilização em 2D.....	31
Figura 07 – Projeto arquitetônico modelado no Revit.....	33
Figura 08 – Projeto estrutural modelado no TQS.....	34
Figura 09 – Projeto hidrossanitário modelado no Revit.....	35
Figura 10 – Projeto de ar condicionado e renovação de ar modelado no Revit.....	36
Figura 11 – Relatório gerado no Navisworks.....	37
Figura 12 – Relatório exportado do Navisworks.....	37
Figura 13 – Incompatibilidades de nível 0.....	38
Figura 14 – Incompatibilidades de nível 1.....	39
Figura 15 – Incompatibilidades de nível 2.....	40
Figura 16 – Incompatibilidades de nível 3.....	41

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Conflitos encontrados na verificação com Navisworks.....	38
Quadro 02 - Resumo dos conflitos encontrados.....	41
Quadro 03 - Resumo dos conflitos encontrados.....	42

LISTA DE SIGLAS

CAD	Computer Aided Design
BIM	Building Information Modelling
NBS	National Bureau of Standards
NIST	National Institute of Standards
IGES	Initial Graphic Exchange Standard
PDES	Product Data Exchange Specification
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
IFC	Industry Foundation Classes
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
ACM	Aluminium Composite Material
PMBOK	Project Management Body of Knowledge

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVO GERAL	10
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
1.3	JUSTIFICATIVA	11
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1	O QUE É PROJETO	12
2.2	HISTÓRICO DO CAD	13
2.3	MÉTODO TRADICIONAL DE PROJETOS BASEADO NO CAD	14
2.4	O MODELO DE PROJETO BASEADO NO BIM	16
2.4.1	3D – Maquete Virtual	18
2.4.2	4D – Tempo	19
2.4.3	5D – Orçamentos	19
2.4.4	6D - Gerenciamento de Obra	20
2.5	PROJETOS EM BIM VERSUS MODELO TRADICIONAL	20
2.6	COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	22
3	METODOLOGIA	23
3.1	ESTUDO DE CASO	23
3.1.1	Pesquisa Bibliográfica	23
3.1.2	Caracterização do Método Tradicional de Projeto e Compatibilização	23
3.1.3	Reunião dos Projetos Arquitetônicos, Estrutural, Hidrossanitário, Elétrico e Renovação de Ar de um Prédio Comercial	23
3.1.4	Modelagem 3D	24
3.1.5	Associação dos Projetos Modelados em BIM	24
3.1.6	Análise da Associação de Projetos Modelados em BIM	24
3.2	RESULTADOS	24
4	ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO	26
4.1	DESCRIÇÃO DOS PROJETOS	26
4.1.1	Projeto Arquitetônico	26
4.1.2	Projeto Estrutural	26
4.1.3	Projeto Hidrossanitário	27
4.1.4	Projeto Ar condicionado e Renovação de Ar	29
4.1.5	Projeto Elétrico	30

4.1.6	Análise Crítica dos Projetos.....	30
4.2	COMPATIBILIZAÇÃO	31
4.2.1	Análise da Compatibilização em 2D	31
4.2.2	Compatibilização em BIM	32
4.3	RESULTADOS E ANÁLISE	39
5	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

Os empreendimentos da construção civil buscam por soluções cada vez mais competitivas, com melhor qualidade, que demandem menos custos e menos tempo. Isso tem motivado os profissionais a buscar novas tecnologias como o BIM (*Building Information Modelling*) para obter aperfeiçoamentos na área de projetos, de forma a obter esses benefícios nas etapas posteriores ao planejamento, seja na execução ou no controle.

O fluxo de projeto dentro de um empreendimento é dividido entre profissionais de diversas áreas de conhecimentos específicos que trabalham isoladamente e com pouca comunicação entre si. Essa segregação das atividades e falta de integração das equipes geram problemas de compatibilidade entre as disciplinas, uma vez que não são pensadas de forma global.

Os problemas de interferência entre projetos normalmente são percebidos somente durante a fase de execução da obra, resultando em atrasos, custos não previstos, desperdícios e retrabalhos.

A evolução das ferramentas de projeto propiciou o desenvolvimento de tecnologias de modelagem tridimensional paramétrica das edificações e seus componentes. A transição do modelo 2D para o 3D possibilita uma maior integração e compreensão entre as etapas do projeto, reduzindo as incompatibilidades durante a execução.

Neste contexto, o presente trabalho visa investigar a eficiência da plataforma BIM para verificação de interferências entre projetos de arquitetura, estrutura e instalações com as ferramentas do BIM. Para tal, foi utilizada revisão bibliográfica, dados históricos e estudo de caso, relacionados à aplicação do BIM no desenvolvimento de projetos de edifícios.

1.1 OBJETIVO GERAL

Investigar a eficiência da aplicação da ferramenta BIM para verificação de interferências em projetos de edificações

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudar o método tradicional de Gestão de Projetos
- Estudar a tecnologia BIM aplicada em projetos de Arquitetura, Engenharia e Construção
- Modelar os projetos existentes do estudo de caso em plataforma BIM
- Estudar a ferramenta de detecção de interferências
- Analisar os resultados obtidos e verificar a eficiência da ferramenta de detecção de interferências

1.3 JUSTIFICATIVA

A construção civil é notadamente a engenharia que menos se beneficiou da evolução da Tecnologia da Informação no Brasil. Percebe-se que há muito desperdício de recursos materiais e humanos na engenharia civil que podem ser reduzidos com a avaliação cuidadosa das etapas construtivas. Essa avaliação deve ser realizada durante o projeto da edificação, pois é quando pode-se evitar problemas de interferências entre projetos.

A evolução tecnológica e o aumento do rigor das leis trouxeram uma maior complexidade aos sistemas prediais, tornando a aplicação de novas tecnologias uma necessidade. Além disso, devido ao aumento da competitividade, a indústria da construção cada vez mais enfrenta a necessidade de ampliar a produtividade e a qualidade do produto final ao mesmo tempo em que reduz custos e impactos ambientais.

Os projetos complexos exigem um processo colaborativo, envolvendo muitos profissionais. Há uma crescente pressão e exigência por parte dos contratantes para que as equipes de projetistas sejam capazes de co-participar de todo o processo de projeto, com prazos menores e com maior qualidade. (FLORIO, 2007).

Dentro deste contexto, o BIM é visto hoje como o próximo passo a caminho da industrialização da construção civil. A aplicação dessa ferramenta nos projetos pode ser uma vantagem competitiva a empresas e profissionais do setor da Construção Civil.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O QUE É PROJETO

De acordo com o guia PMBOK (2013), projeto é um esforço temporário (pois tem um início e um término definidos) empregado com o objetivo de criar um serviço, produto ou resultado exclusivo. O término do projeto se dá quando os objetivos do projeto são alcançados, se encerra o projeto pela incapacidade de atingir os objetivos do projeto, o projeto deixa de ser necessário, ou o cliente (cliente, financiador ou patrocinador) deseja encerrá-lo.

Um projeto pode envolver uma única pessoa ou muitas pessoas, uma única organização ou múltiplas unidades organizacionais de múltiplas organizações. (PMBOK, 2013).

Para Vargas (1999) projeto é um empreendimento não repetitivo, o qual possui uma sequência lógica e clara de eventos, início, meio e fim, e que visa atingir um objetivo definido e claro, sendo conduzido por pessoas e dentro de parâmetros preestabelecidos de custo, tempo, recursos envolvidos e qualidade.

A NBR 13531/1995 (ABNT, 1995) define projeto de edificações como a determinação e representação prévias dos atributos funcionais, formais e técnicos de elementos de uma edificação a construir, abrangendo ambientes exteriores e interiores bem como de elementos da edificação e das instalações prediais.

Para Rodriguez (1992), projeto é um processo para a realização de ideias que deverá passar pelas etapas de: idealização, simulação (análise) e implantação (protótipo e escala de produção).

A partir dessas referências, entende-se que projeto é a uma atividade que requer estudo das necessidades dos usuários e requisitos relacionados ao funcionamento da edificação e que envolvem diferentes profissionais para atingir um objetivo comum durante um determinado período de tempo. Projetar significa determinar a configuração dos elementos construtivos de modo à atender essas especificações, produzindo representações gráficas, escritas e modelos tridimensionais.

2.2 HISTÓRICO DO CAD

De todos os avanços tecnológicos já alcançados pela humanidade, o computador com certeza é uma das mais relevantes. Desde o desenvolvimento do primeiro protótipo durante a segunda guerra mundial, estas máquinas evoluíram muito em um curto espaço de tempo. Em 1957, trabalhando para a General Electric, Patrick J. Hanratty escreveu uma linguagem de programação numérica chamada PRONTO, precursora dos programas CAD (*Computer Aided Design*). Posteriormente ele viria a formar sua própria empresa e desenvolver o primeiro programa CAD/CAM da história, ADAM, do qual estima-se que 90% dos softwares disponíveis no mercado derivam.

Segundo Maria (2008), na área de engenharia o computador passa a ser imprescindível com o surgimento da plataforma CAD (*Computer Aided Design*) na forma do SKETCHPAD, desenvolvido na tese de PhD do MIT por Ivan Sutherland. Nos anos 1970, começaram a ser desenvolvidos dentro da indústria automobilística os primeiros programas CAD/CAM em duas dimensões. A evolução dos processadores e a redução do custo dos computadores tornou o mercado de softwares CAD bastante lucrativo, pois tornou mais comum a utilização das máquinas entre os engenheiros.

Com o aumento dessa demanda, a padronização tornou-se necessária e, em 1979, a Boeing, General Electric e a NBS (*National Bureau of Standards*), hoje, NIST (*National Institute of Standards*) concordaram em desenvolver o primeiro IGES (*Initial Graphic Exchange Standard*). O IGES iria possibilitar a transferência de curvas complexas 3D e superfícies entre diferentes softwares de CAD, e é utilizado até hoje. (MARIA, 2008).

Em meio aos vários terminais gráficos existentes na época, surge a AUTODESK em 1982, com o AutoCAD R1, desenvolvido para IBM PC e com um custo bem inferior aos concorrentes. Foi necessária a criação do PDES (*Product Data Exchange Specification*) com o objetivo de substituir o IGES.

Em 1987 é lançado o primeiro software de CAD 3D, o ProEngineer da Parametric Technology Corporation. Este se tornou um sucesso pois possuía uma interface mais simples e processamento rápido, sendo pioneiro também durante os anos 1990 quando surge os processos de “rendering”, gerando imagens coloridas e realistas com efeitos de luz e sombra.

O conceito do BIM (modelagem de informação da construção) teve início junto com os primeiros softwares CAD, porém por necessitar de máquinas muito potentes, o que era um recurso caro na época, tornou-se pouco interessante financeiramente. Enquanto o CAD tornou-se bastante difundido, a modelagem 3D paramétrica foi desenvolvida para usos mais específicos como em construções metálicas e na indústria aeroespacial.

As ferramentas CAD baseadas na plataforma BIM hoje no mercado são a concretização de uma visão que foi prevista, por muitos, por ao menos duas décadas. (EASTMAN et al., 2008). A tecnologia BIM deve evoluir rapidamente e trará diversas mudanças no modo como os profissionais de AEC trabalham e interagem.

2.3 MÉTODO TRADICIONAL DE PROJETOS BASEADO NO CAD

O modelo atualmente empregado pelas empresas de construção civil é dividido em duas etapas distintas, a de projeto e de construção. Durante a primeira etapa é definido como deve ser o produto, qual sua função, forma, locação, especificações entre outros. A segunda é orientada à produção da edificação. Neste modelo, o cliente contrata uma empresa de arquitetura para fazer o projeto arquitetônico e, após a finalização deste, busca uma empresa especializada em cálculo estrutural para desenvolver o projeto das estruturas. Com estes dois projetos finalizados pode-se iniciar os projetos complementares, que são produzidos por uma terceira empresa. Finalmente, uma construtora é contratada para executar o empreendimento. Todo esse processo de projeto acaba sendo desenvolvido de forma fragmentada, sem integração entre os projetistas das diferentes disciplinas.

Depois de certo ponto, a construção se inicia e qualquer modificação de projeto, dentro de limites pré estabelecidos, são de responsabilidade do contratante. O mesmo é válido para os erros e omissões. Não é necessário que todos os desenhos tenham sido finalizados para que se inicie a construção das fundações, etc. (EASTMAN et al., 2008). Existe uma ordem lógica de desenvolvimento dos projetos que se inicia com o arquitetônico, estrutural e por fim com os complementares. Durante todo o desenvolvimento vão surgindo problemas que vão sendo resolvidos na medida do possível com alterações de projeto.

As mudanças são passadas do executor ao projetista para serem elaborados os projetos “*as built*” com o uso de ferramentas CAD, gerando um retrabalho para os responsáveis pela elaboração do projeto.

Na fase de execução, várias adaptações e interpretações podem ser feitas quando necessário, sendo submetidas às aprovações formais posteriormente. E desenhos são elaborados com o intuito de representar a forma como foi executado (projeto “*as built*”), podendo ter novas mudanças durante as fases de teste e manutenção sob a forma de ajustes finais (PMBOK, 2010).

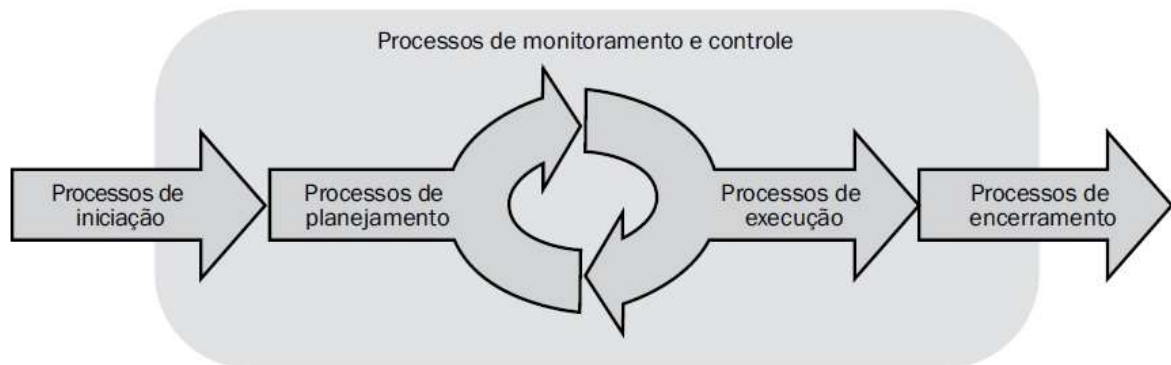


Figura 01 – Processos de monitoramento e controle
Fonte: PMBOK (2013, P. 42)

As atualizações resultantes das mudanças aprovadas durante o projeto (geralmente durante os processos de monitoramento e controle, e especificamente durante o processo de orientar e gerenciar a execução do projeto) podem influenciar significativamente o plano de gerenciamento do projeto e os documentos do projeto (PMBOK, 2013).

Nos sistemas de CAD tradicionais são produzidos vários desenhos em duas dimensões e poucos em 3D para representação dos sistemas, plantas, cortes, isométricas e modelos simples para o entendimento da montagem e funcionamento dos sistemas. A quantidade de informações é grande para ser representada em papel o que faz com que muita informação seja perdida por omissão do projetista ou pela dificuldade de representação do detalhe. Todo esse conteúdo é impresso várias vezes desde a concepção até a aprovação e construção originando desperdício de recursos.

O resultado de todo esse processo é que muitos problemas surgem durante a construção e têm de ser resolvidos com urgência. Como evidencia FLORIO (2007), a falta de comprometimento com a fase de execução tem provocado sérias

implicações e consequências em relação ao pleno entendimento das etapas da construção. Ainda, Melhado (1994) complementa que, no Brasil, o projeto é quase sempre visto como um "mal necessário" em função das exigências legais, sendo esse um dos motivos que levam os projetos a serem simplesmente indicativos, fazendo com que parte das decisões que caberiam ao projeto sejam efetivamente tomadas durante a realização da obra.

2.4 O MODELO DE PROJETO BASEADO NO BIM

A tecnologia BIM, sigla para *Building Information Modelling* (modelagem de Informações da Construção) é uma modelagem digital com a geometria detalhada de projeto e informações relevantes para auxiliar na construção, fabricação, aquisição de materiais, entre outros dados necessários para conceber a construção. Além disso, o BIM tem diversas funcionalidades como gerar modelos atualizados para cada etapa da construção, fornece uma base para integração entre projetistas e seus projetos, algo que, se usado da maneira correta, pode resultar em uma obra de melhor qualidade e com menores custos. (EASTMAN et al., 2008).

O BIM é constituído por um banco de dados que, além de exibir a geometria dos elementos construtivos em três dimensões, armazena seus atributos e, portanto, transmite mais informação do que modelos CAD tradicionais. Além disso, como os elementos são paramétricos, é possível alterá-los e obter atualizações instantâneas em todo o projeto. Esse processo estimula a experimentação, diminui conflitos entre elementos construtivos, facilita revisões e aumenta a produtividade. (FLORIO, 2007).

Nos últimos anos o BIM vem sendo usado em projetos grandes de alto padrão, como exemplos podemos citar o velódromo com 6 mil assentos, construído para as Olimpíadas 2012 em Londres, ou o novo Leadenhall Building de 224 metros de altura construído em Londres também. Ou mesmo em componentes separados de projetos de grande escala, como as escadas moduláveis da rodoviária de Slough no Reino Unido, que foi projetada e implantada utilizando o BIM. (BUILDOFFSITE, 2011). E devido aos benefícios que o BIM vem trazendo nas construções do Reino Unido, que é um dos líderes mundiais dessa tecnologia, o governo local estabeleceu que, nos projetos vencedores das licitações, todos os empreiteiros e construtoras participantes da obra devem trabalhar colaborativamente utilizando o BIM.

No CAD BIM os elementos construtivos tridimensionais possuem mais informações do que simplesmente altura, largura e profundidade. Os elementos virtuais são codificados para representar e descrever um elemento real de uma construção. Por exemplo, uma janela pode possuir, além das medidas tridimensionais, informações como material, acabamento, especificações do fabricante e preço. E do conjunto de objetos paramétricos podem ser obtidos relatórios quantitativos, análise física, representação, etc. Qualquer modificação em um objeto do modelo virtual vai gerar uma propagação para os demais elementos afetados por essa modificação.

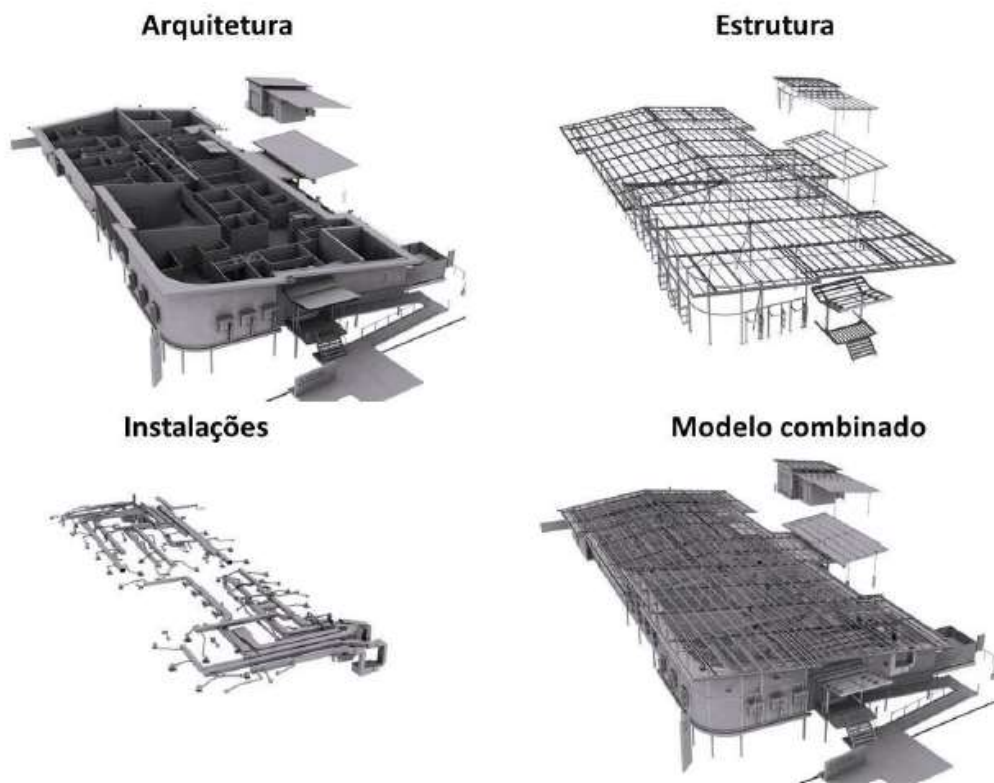


Figura 02 – Diferentes projetos modelados em BIM
Fonte: Extraído de Jim Steel, Drogemuller e Toth (2012)

A produção de uma maquete virtual pode ter diversos usos. Nas indústrias automotiva e aeroespacial, esse tipo de abordagem é muito empregada, de forma bem sucedida, para identificar falhas de projeto, possíveis problemas na concepção e fabricação, tudo isso antes da produção em série ser iniciada (HUANG et al., 2007). Na indústria da construção, com o uso do BIM, a maquete virtual pode ter

esses mesmos usos na fase de projeto, evitando que problemas tenham que ser resolvidos durante o processo de execução da obra.

Além do uso da terceira dimensão para elaboração do projeto e detecção de falhas, a combinação do 3D com outros elementos como tempo, custo, sustentabilidade, gerenciamento de obras, fez surgir outros conceitos de modelagem:

2.4.1 3D – Maquete Virtual

Modelo tridimensional: a capacidade de visualizar o local através de um modelo é de grande valia para projetistas e empreiteiros no processo de solução de problemas sem a necessidade de visita *in loco*.

Detecção de interferências: Uma das ferramentas mais interessantes do BIM é o chamado *Clash detection*, que é capaz de identificar as interferências nos projetos de forma rápida e precisa, diferente do método tradicional de compatibilização de projetos, onde muitas interferências acabam sendo negligenciadas, e resolvidas durante a obra, gerando gastos e atrasos.

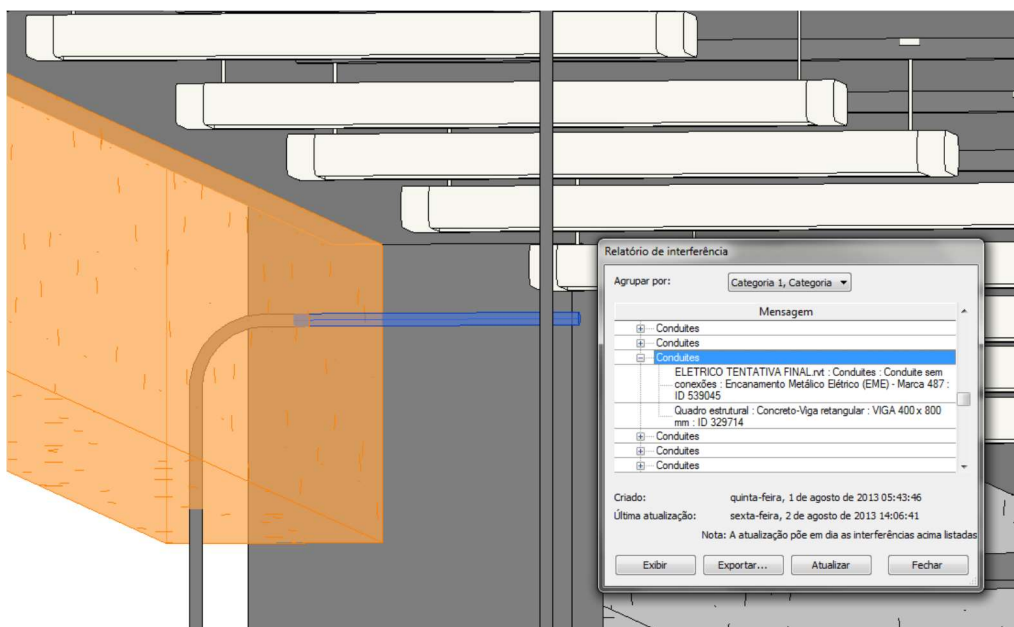


Figura 03 - Detecção de interferência entre conduites e viga
Fonte: Costa (2013, P. 72)

Visualização do empreendimento: Ferramenta de marketing muito útil, permitindo que o cliente veja o resultado final da construção, e alguns softwares

permitem até a visualização da incidência do sol em cada época do ano. Também pode auxiliar os empreiteiros no entendimento de seu escopo.

2.4.2 4D – Tempo

Planejamento e Gerenciamento de obras: O projeto pode incluir meios de visualizar a logística do processo de construção de forma dinâmica. O modelo também pode integrar a representação do local de implantação da obra com elementos temporários como guias, tapumes e caminhões de acordo com o período da construção em que eles são usados. E a visualização em quatro dimensões ajuda na transmissão de informações e detalhes do processo de construção dinamicamente para empreiteiros e clientes.

Visualização de Cronograma: Permite uma visão integrada do cronograma com o projeto tridimensional que pode ser atualizado em tempo real, ajudando, assim, na adoção de decisões mais adequadas.

2.4.3 5D – Orçamentos

Quantitativo: No método tradicional, para a elaboração do orçamento da obra, são feitos quantitativos de materiais muitas vezes de forma manual, deixando, assim, passível de muitos erros. Com a utilização de BIM, essa suscetibilidade ao erro não ocorre: o modelo contém informações que permitem ao orçamentista, elaborar quantitativos de forma rápida e precisa, podendo ser corrigido automaticamente sempre que ocorrem mudanças no projeto. Podem ser associadas diversas informações a cada elemento construtivo, e outras aos diversos tipos desse mesmo elemento construtivo: quantidade de material, preço do material, preço da mão de obra, áreas, produtividade, etc. Essa facilidade de comparar diversas opções de materiais e métodos construtivos é de grande benefício para os empreendedores e gestores, tanto no âmbito do custo quanto de tempo, evitando pedidos de materiais extras e atrasos.

2.4.4 6D - Gerenciamento de Obra

No BIM 6D, o modelo é atualizado no decorrer do processo de construção do empreendimento, gerando, assim, um 'as built' do projeto. Os responsáveis pela obra podem usar esse modelo 6D para inserir informações relativas a especificações técnicas, fotos, informações do manual do proprietário, informações de garantias de produtos, informações de empreiteiros, etc. Esse modelo tem diversas utilidades, tanto no processo de construção, quanto durante o período de operação: a administração predial pode usar o BIM 6D para manter as informações seguras e obtê-las de forma intuitiva quando necessário; O modelo pode ser alimentado com informações, durante o período de operação, como dados de eficiência energética, monitoramentos de custos, etc.

2.5 PROJETOS EM BIM VERSUS MODELO TRADICIONAL

O projeto em BIM é fundamentalmente diferente do projeto em 2D CAD pois é orientado aos objetos em vez de formas geométricas. Os componentes do projeto são objetos digitais que descrevem e representam componentes da construção na vida real. Os programas entendem as propriedades e características de cada material e simulam o comportamento real do mesmo. Por exemplo, uma parede que seria representada por duas linhas paralelas em CAD convencional, no CAD BIM é um objeto que possui as propriedades de comprimento, espessura, altura, acabamento, materiais, especificações, fabricante, custo, entre outras. O projetista define quais os parâmetros convenientes para cada projeto e define a data-base. A programação de cada objeto deve incluir parâmetros e estes requerem conhecimento dos parâmetros envolvidos no objeto real. (IBRAHIM et al.,2004).

Na fase preliminar de projeto, os objetos são mais genéricos e menos detalhados, pois ainda não se tem clareza da função de cada elemento e se está mais preocupado com a geometria geral. Conforme o projeto arquitetônico vai sendo definido e se inicia a fase de projeto básico, os ambientes, aberturas e fechamentos vão sendo melhor especificados. Ao ponto em que se alcança o projeto executivo, deve-se ter todas as informações dos elementos a ser construídos.

Ao fazer um comparativo entre os modelos, Ayres (2007) observa que a correta interpretação de um desenho em duas dimensões depende mais do

observador do que da forma como a informação foi armazenada, uma simples operação de mover alguns elementos geométricos pode comprometer o significado transmitido pelo conjunto.

Projetar em três dimensões, na forma de maquete eletrônica, aumenta a informação vinculada ao projeto, mas não garante ainda a estruturação da informação, pois recai no mesmo problema apresentado com a representação 2D, os desenhos ainda estão fragmentados e não se relacionam, dependendo ainda de interpretação das convenções. O uso do CAD 3D apenas para possibilitar a troca da maquete convencional pela sua versão eletrônica praticamente não modifica o modo tradicional de produção dos projetos, resultando em pouca melhora da qualidade da informação gerada e do desempenho do processo como um todo. (AYRES et al., 2007).

Como forma de resolver essa fragmentação, alguns softwares representam os elementos construtivos em forma de objetos com comportamentos específicos que limitam e definem sua utilização. Estes objetos são paramétricos, o que significa que são estruturados em parâmetros e hierarquias, permitindo que alterações em componentes modelados sejam transmitidas instantaneamente por todo o projeto. As entidades paramétricas facilitam o processo de alteração, pois carregam seus atributos e propriedades dentro de sua representação, que lhes permitem ser manipuladas e transformadas de acordo com essas características. (FLORIO, 2007).

Para Melhado (1994), seria necessário um maior investimento inicial para permitir um maior desenvolvimento do projeto mesmo que acarretasse em maiores tempo e custo de desenvolvimento. Tal investimento inicial pode acarretar em economia durante as fases de construção. Segundo Guimarães (2003), há uma potencialidade dos projetistas em prevenirem custos na fase conceitual, e capacidade restrita dos empreendedores de influenciar o controle de custo na fase de construção.

Melhado (1994) ainda enfatiza que há uma pressão exercida pelo empreendedor, motivada por fatores de instabilidade do mercado e pelas necessidades comerciais envolvidas e que significa uma atitude do próprio empreendedor no sentido de prejudicar a qualidade dos projetos. Para o mesmo autor, ainda, é fundamental, para a obtenção da qualidade, que o empreendedor valorize a fase de projeto.

2.6 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

A prática de construção civil necessita de colaboração entre diversos profissionais, tanto de engenharia como de arquitetura e das diversas especialidades. Durante o processo de desenvolvimento de um projeto tradicional, os coordenadores das equipes de projetos independentes fazem reuniões para definir as soluções de compatibilização dos diferentes projetos necessários para a execução da edificação. A intenção é minimizar ou eliminar possíveis conflitos entre os diversos projetos, e realizar melhores projetos específicos respectivamente em cada área de competência. (FLORIO, 2007).

Esse processo de compatibilização normalmente requer que um profissional seja indicado para liderar e centralizar o processo. Esse profissional deve ser experiente e conhecer muito bem as etapas de projeto e construção para que possa prever problemas ao analisar os desenhos normalmente pouco detalhados que serão apresentados.

Essa centralização acarreta em risco de perda de desempenho, pois tende a reduzir o comprometimento dos outros profissionais envolvidos, pois estes acabam percebendo sua menor influência nos processos decisórios. Conseqüentemente, essa compartimentação das responsabilidades desestimula a participação e as possíveis e preciosas contribuições que reside nos conhecimentos e experiências de cada profissional. (FLORIO, 2007).

Segundo Crespo (2007), a coordenação das informações do modelo BIM é assegurada pela data-base de informações dos desenhos da construção que vão sendo ampliados pelos diversos participantes do desenvolvimento do produto, garantindo a qualidade e a integridade do modelo. Para que isso ocorra, é fundamental que todos os profissionais estejam trabalhando na mesma plataforma, de modo que os arquivos gerados possam ser integrados para que se alcance uma solução de projeto baseada na colaboração entre as diversas disciplinas.

Dessa forma, a correta aplicação do BIM pode beneficiar um empreendimento melhorando a visualização dos dados e informações do projeto, ampliando a participação dos projetistas, contribuindo para uma melhor qualidade dos projetos, reduzindo custos, desperdícios e retrabalhos e aprimorando a coordenação e a gestão das informações.

3 METODOLOGIA

A presente pesquisa busca analisar qualitativamente o uso do BIM para detecção de interferências entre projetos, através da conclusão de estudo de caso. Não se trata de uma pesquisa quantitativa, os dados que serão levantados não se referem a questões mensuráveis por números e percentuais. A metodologia desse trabalho foca em estabelecer os processos de verificação de interferências de projetos em edificações no setor de engenharia, arquitetura e construção.

3.1 ESTUDO DE CASO

3.1.1 Pesquisa Bibliográfica

Foi realizada uma pesquisa bibliográfica para um aprofundamento dos assuntos relacionados ao tema do trabalho.

3.1.2 Caracterização do Método Tradicional de Projeto e Compatibilização

Foram estudados os métodos tradicionais do processo de projetos de edificações no setor de engenharia, arquitetura e construção, e do processo de compatibilização das mesmas, analisando seus benefícios e suas desvantagens.

3.1.3 Reunião dos Projetos Arquitetônicos, Estrutural, Hidrossanitário, Elétrico e Renovação de Ar de um Prédio Comercial

Para realização dos objetivos deste trabalho, previamente expostos, foi escolhido um empreendimento, cujos projetos foram elaborados por diferentes empresas e compatibilizados, pelo método tradicional. O objeto de estudo de caso selecionado é um prédio comercial com 25 pavimentos e 3 subsolos, totalizando uma área de 33.348,20 m² e os respectivos projetos arquitetônico, estrutural, hidrossanitário, elétrico e renovação de ar.

Foram reunidos os projetos disponíveis em julho de 2015, em última revisão e já compatibilizados. Com exceção do projeto estrutural, modelado no TQS e exportado em formato TQR, os demais projetos foram fornecidos no formato DWG, do AutoCAD.

3.1.4 Modelagem 3D

Os modelos foram feitos com o uso da tecnologia BIM, com objetos paramétricos e com informações e características próprias. O projetos, originalmente em 2D e em formato .dwg, foram transformados em modelos paramétricos com o uso do programa Revit. Essa passagem do 2D para o 3D foi realizada de forma independente para todos os projetos, evitando, assim, que interferências fossem detectadas durante a modelagem. E, finalmente, a quantidade de informações dos objetos foi restringida, visto que para alcançar o objetivo proposto, o volume dos objetos, e somente ele, se faz necessário.

3.1.5 Associação dos Projetos Modelados em BIM

Depois que todos os projetos modelados, os modelos foram associados para que fosse possível detectar as interferências entre si, o chamado *clash detection*. Para isso, foi utilizado o *software* Navisworks Manage da AutoDesk. O Navisworks permite a detecção de interferências baseado em parâmetros e regras que permitem definir quais distancias máximas e mínimas entre os objetos e, se o modelo sendo utilizado no mesmo estiver vinculado ao Revit, as mudanças feitas no Revit são passadas automaticamente para o Navisworks. Apesar de o próprio Revit possuir uma ferramenta para detecção de interferências, o Navisworks possui funções mais avançadas e detalhadas, permitindo a detecção de mais problemas, motivo pelo qual foi escolhido para uso nesse trabalho.

3.1.6 Análise da Associação de Projetos Modelados em BIM

Os dados coletados nos relatórios gerados pelo Navisworks foram analisados. Com enfoque nos conflitos entre projetos e na eficiência da metodologia empregada para tal.

3.2 RESULTADOS

Baseado na metodologia empregada e no conhecimento prévio de diversas etapas da construção do edifício que é objeto de estudo, encontrou-se as

interferências entre as disciplinas que haviam sido previamente compatibilizadas pelo método tradicional e comprovou-se a eficiência do BIM na compatibilização dos projetos com dados concretos da vantagem da utilização desse sistema.

Os resultados do trabalho foram obtidos por meio da análise dos métodos estudados e de comparativos entre eles. Para melhor apresentação dos resultados, foram divididos em quatro categorias de conflito entre projetos, conforme apresentado a seguir:

- Nível 0: Conflitos apontados pelo software e que quando analisados não se caracterizam como conflitos relevantes.

- Nível 1: Conflitos que podem ser corrigidos de forma simples, sem o auxílio do projetista ou do engenheiro de obra, e que o encarregado pela execução do serviço será capaz de fazê-lo corretamente.

- Nível 2: Conflitos mais complexos, que exigem conhecimento técnico mais específico para correção, podendo ser corrigido no canteiro de obra pelo próprio engenheiro de obras.

- Nível 3: Conflito ou erro de projeto que requer auxílio dos projetistas para execução do mesmo.

4 ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO

4.1 DESCRIÇÃO DOS PROJETOS

4.1.1 Projeto Arquitetônico

Empreendimento AR3000 – Cabral Corporate&Offices localizado na Praça São Paulo da Cruz, esquina com a Rua Bom Jesus e Travessa Dr. Flávio Luz, no bairro Cabral, Curitiba/PR. A área possui 2.965,68m², e no local foi edificado o empreendimento com função de comércio, serviço setorial e escritórios, com área total construída de 33.879,77 m², distribuídos em uma torre vertical. O projeto possui 3 subsolos e outros 25 pavimentos. Os 3 subsolos, parte do térreo e o 3º pavimento são destinados a estacionamento. No térreo também se encontra o hall de entrada e uma loja aonde se encontra um café. O 2º pavimento é destinado à 8 lojas, divididas por *drywall* e com fachada em vidro, como o restante do prédio. O 4º andar é o primeiro dos 21 pavimentos destinados as salas comerciais e além das 7 salas comerciais, conta com um espaço de convenções. Do 5º ao 25º pavimentos são os pavimentos tipo, dos quais seis pavimentos são destinados escritórios corporativos e quatorze pavimentos a escritórios comerciais. Cada andar conta com 10 salas comerciais divididas por paredes de *drywall*, como é possível verificar na planta do projeto no “Anexo A”.

A fachada do edifício é inteiramente revestida por vidros na cor azul e por brises verticais e horizontais feitos em ACM nas cores preto e branco.

4.1.2 Projeto Estrutural

Toda a estrutura do Edifício é de concreto armado e protendido. O uso de lajes protendidas confere à estrutura a possibilidade de trabalhar com um número reduzido de vigas e maiores vãos entre pilares, flexibilizando o *layout* do conjunto comercial.

Foi previsto um desnível na altura da laje de cada conjunto comercial que serve para receber um sistema de piso elevado ou enchimento leve, possibilitando a instalação de infraestruturas através do piso. Isso faz com que os conjuntos comerciais estejam em um nível mais baixo que o hall dos andares. O desnível é de

23 cm para as salas do 4º ao 11º pavimento (tipo 1) e de 15 cm para as salas do 12º ao 25º pavimento (tipo 2).

As lajes foram dimensionadas para suportar uma carga acidental de 250kgf/m², e uma carga de revestimento de 150kgf/m².

Por utilizar lajes protendidas, é de extrema importância que seja analisado o projeto estrutural para realizar qualquer tipo de furação ou ancoragem perfurante no concreto, sob risco de romper alguma cordoalha de protensão, comprometendo a estrutura. E devido a grande densidade de cordoalhas de protensão, como é possível ver no “Anexo B” deste trabalho, qualquer tipo de furação após a concretagem, mesmo com a utilização do projeto estrutural, é arriscada.

4.1.3 Projeto Hidrossanitário

O sistema hidrossanitário do projeto é composto pelos seguintes subsistemas/redes:

- Rede de Água Potável;
- Rede de Reúso de Águas Cinzas;
- Rede de Águas Pluviais;
 - Drenagem;
 - Contenção de Cheias;
 - Aproveitamento de Água Pluvial;
- Redes de Esgoto;
 - Águas Cinzas;
 - Esgoto Sanitário;
 - Esgoto Gorduroso;
- Rede de *Sprinkler*;
- Rede de Incêndio;
- Insuflamento da escada de incêndio.

Os Serviços Setoriais serão entregues com uma instalação sanitária completa, conjugada com uma copa, no mesmo nível da previsão para piso elevado de 23,0 cm para os Andares tipo I, e de 15,0 cm para os Andares tipo II.

Possui alimentação de água proveniente da rede pública e conta cisternas, casa de bombas e reservatórios superiores. O edifício recebe água potável da rede pública em duas cisternas no pavimento térreo, de onde é bombeada para outras duas cisternas na cobertura de onde é redistribuído para o prédio. Possui também um sistema de reaproveitamento de águas, alimentado por uma estação de tratamento de águas cinzas localizada no 1º subsolo e pela cisterna de aproveitamento de água pluvial localizada no pavimento térreo. Esse reaproveitamento consiste no reabastecimento dos vasos sanitários das unidades compreendidas entre o 9º andar e o 25º andar.

Existe uma rede de sprinkler e de incêndio no prédio. Nos pavimentos tipo, todas as salas comerciais são entregues com uma espera para instalação do sistema de *sprinkler* e existe um hidrante no hall de todos os pavimentos. Tanto a prumada de incêndio quanto de *sprinkler* passa do mesmo vazio localizado entre o hall e o elevador de emergência como é possível ver na Figura 04 e no “Anexo D”.

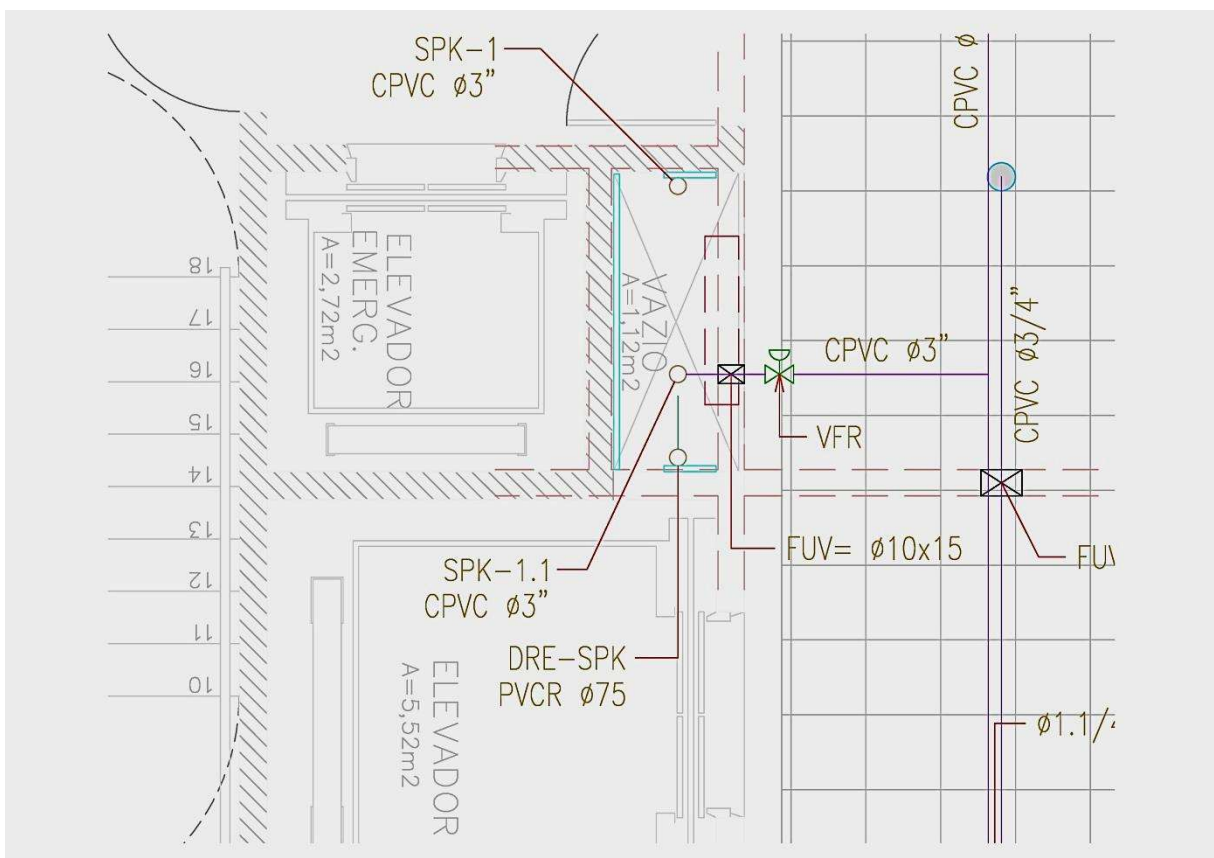


Figura 04 – Vazio para passagem de tubulações.
Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2015.

Sprinklers e hidrantes também são encontrados em todos os pavimentos de garagem e áreas comuns.

Prumadas de água potável, água de reuso, esgoto sanitário, esgoto gorduroso e águas cinzas se encontram em vazios nas proximidades dos pilares da caixa do elevador e pilares espalhados no perímetro da laje. As prumadas de água alimentam os banheiros das salas espalhadas pelo pavimento. As prumadas de águas cinzas são alimentadas pelos lavatórios dos banheiros, a de esgoto sanitário pelos vasos sanitários, esgoto gorduroso pelas pias das copas e dreno para ralo pelos ralos no piso dos banheiros.

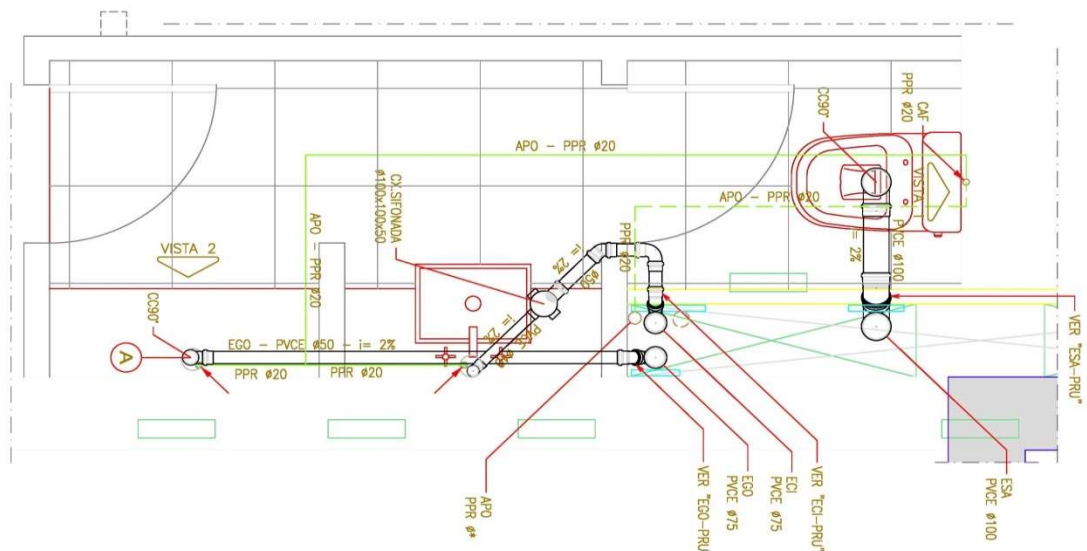


Figura 05 – Exemplo de banheiro.
Fonte: Adaptado do projeto da empresa, 2015.

A figura mostra um exemplo de banheiro que se encontra no serviço setorial de número 10 (“Anexo A”), onde EGO é esgoto gorduroso, ESA é esgoto sanitário e ECI é esgoto cinza.

4.1.4 Projeto Ar condicionado e Renovação de Ar

O sistema de renovação de ar, composto de insufladores e exaustores, instalados nas áreas comuns, nas garagens, e com infraestrutura para as áreas privativas dos serviços setoriais, é controlado e monitorado automaticamente.

Uma entrada de duto da rede de insuflamento de ar filtrado é deixada para cada sala comercial, responsável pela renovação de ar das unidades, e redes de exaustão nos banheiros. Como é possível observar no “Anexo C”, dutos de renovação de ar são ligados em um ventilador localizado nas áreas técnicas dos pavimentos. O funcionamento do sistema de renovação de ar é automático, controlado remotamente. Cada conjunto está equipado com grelhas de exaustão de ar localizadas no forro dos banheiros/copas dos conjuntos. A exaustão dos banheiros e copas está ligada em prumadas que atendem todo o edifício. Essas prumadas estão localizadas nos vazios distribuídos no pavimento.

4.1.5 Projeto Elétrico

As salas são entregues com um quadro de distribuição, com capacidade de 63A, contendo os disjuntores necessários para a instalação da iluminação da copa/banheiro, tomadas da copa/banheiro, condensadora do equipamento de ar-condicionado (a ser instalado pelo proprietário (a) no espaço técnico específico). Para as demais instalações de iluminações, tomadas, etc.

Do térreo ao 25º (vigésimo quinto) andar, no Espaço Técnico de Elétrica em cada andar, encontra-se a prumada das instalações de energia elétrica e também os quadros de medições, de uso exclusivo da concessionária de energia local (COPEL).

Nos pavimentos tipo, a fiação elétrica é distribuída no pavimento através de eletrocalhas localizadas acima do forro, e a partir destas para as salas comerciais com o uso de eletrodutos flexíveis. No “anexo E” verifica-se esta distribuição.

4.1.6 Análise Crítica dos Projetos

Os projetos obtidos estavam finalizados e compatibilizados, na mesma versão que foi entregue na obra. Vários erros foram encontrados nos projetos. Alguns projetos não foram seguidos na instalação, pois o encarregado pela execução verificou que não era possível seguir o que estava em projeto.

É facilmente observável a partir de uma análise superficial dos projetos nos anexos desse trabalho que existem muitas instalações passando por um espaço físico reduzido. Os dutos de ventilação foram executados em obra por último, sendo

necessário fazer a medição no local antes da fabricação das peças pois o projeto não podia ser seguido pois conflitava com outros.

Essa metodologia de trabalho é muito mais demorada do que se fizesse a compatibilização para avaliar o projeto e já produzisse as peças sabendo que a instalação está garantida. O mesmo pode ser percebido no projeto de ar condicionado, o qual não foi seguido, pois conflitava com outros e não atendia as necessidades do empreendimento.

4.2 COMPATIBILIZAÇÃO

4.2.1 Análise da Compatibilização em 2D

Além dos projetos de todas as disciplinas, foram reunidos os projetos de compatibilização realizados pela própria empresa. O projeto de compatibilização executado consistiu em sobrepor os projetos e avaliar a posição dos elementos de arquitetura, estrutura, prumadas do hidrossanitário, equipamentos do sistema de ventilação e ar condicionado e utilização dos *shafts*. Ao encontrar alguma necessidade de alteração, o item foi circulado e uma anotação em vermelho posicionada ao lado, como mostra Figura 06. O principal foco da compatibilização foi o projeto arquitetônico e a estrutura, em segundo plano foram verificados os demais conflitos. Foram feitas verificações de arquitetura contra estrutura, arquitetura contra hidrossanitário, estrutura contra hidrossanitário e estrutura contra dutos de ventilação.

Dentre os conflitos marcados em prancha, os mais comuns foram dimensão e posicionamento entre pilares e *shafts*, vigas e *shafts*, lajes e elementos arquitetônicos, pilares e prumadas de hidráulica, *shafts* e dutos de ventilação.

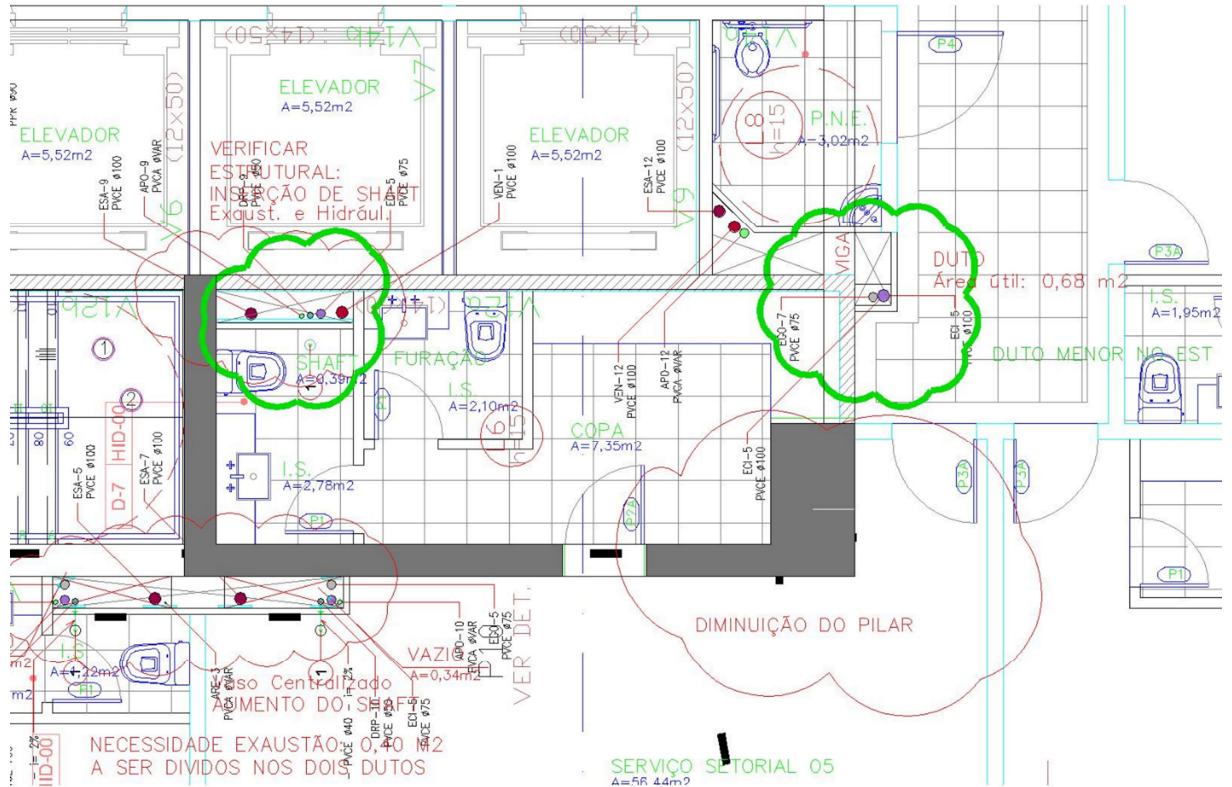


Figura 06 - Projeto de compatibilização em 2D.
Fonte: Projetos em obra.

Pode-se perceber que este projeto não foi executado com o devido cuidado pois não foram estudados os elementos horizontais de nenhuma das disciplinas. A principal causa disso é a dificuldade de avaliar os pontos críticos tendo somente vistas em planta. A complexidade de gerar cortes utilizando a ferramenta do AutoCAD também não contribui para o desenvolvimento da atividade, pois o processo é muito manual e requer bastante tempo para gerar o desenho e depois para avaliar as consequências que as alterações podem trazer.

4.2.2 Compatibilização em BIM

4.2.2.1 Processo de modelagem em BIM

Neste trabalho, buscou-se modelar o mais fielmente possível aos projetos originais em CAD para demonstrar o melhor possível as implicações que a falta de informações causa na execução e descobrir qual a efetividade que compatibilização em BIM tem em comparação com a 2D.

Uma das maiores dificuldades encontradas na modelagem foi a falta de informações contidas nos desenhos 2D. O modo como são realizados os projetos hoje não requer indicação de muitas informações pois considera-se que o executor possui conhecimento suficiente para instalar o sistema como está em projeto.

Não haviam informações sobre altura de instalação dos diferentes sistemas, principalmente em pontos em que havia mais de uma disciplina concorrendo, e detalhes específicos em alguns dos pontos de maior complexidade. Dessa forma, a definição das alturas em relação ao piso foi feita com a base no projeto da disciplina e no projeto estrutural para obtenção das alturas das vigas e lajes e localização dos furos nos mesmos.

Ao modelar os sistemas presentes nas salas técnicas dos pavimentos tipo percebe-se a necessidade de uma indicação mais detalhada dessa região, pois há tubulações de vários sistemas: esgoto sanitário, esgoto secundário, água fria, água pluvial, água de reaproveitamento, ventilação, ar condicionado, além de dutos de ventilação.

A modelagem dos sistemas no processo BIM é mais trabalhosa e demanda mais tempo do que no método CAD 2D, pois se deve levar em consideração mais um fator ao lançar os elementos: a terceira dimensão. Enquanto desenhar em 2D é muito mais simplificado, também é mais difícil de se efetuar alterações, pois é um processo muito manual. Já em BIM, quando se altera um parâmetro do desenho, todos os outros dependentes dele são automaticamente modificados. Por exemplo, quando se deseja modificar o diâmetro de uma tubulação de água fria, basta modificar o diâmetro dos tubos e todas as peças se alteram.

Desenvolveu-se o modelo arquitetônico com base nas informações que constam nas pranchas do projeto arquitetônico, sem avaliação prévia dos outros projetos a fim de evitar alterações no modelo que pudessem alterar a quantidade de conflitos obtidos na ferramenta de compatibilização. Também, como o objetivo do trabalho é somente testar a eficiência da compatibilização, não foram inseridas informações nos modelos, relativos aos materiais como revestimentos, acabamentos, cores, texturas, entre outros tantos de informações possíveis de se adicionar ao programa.



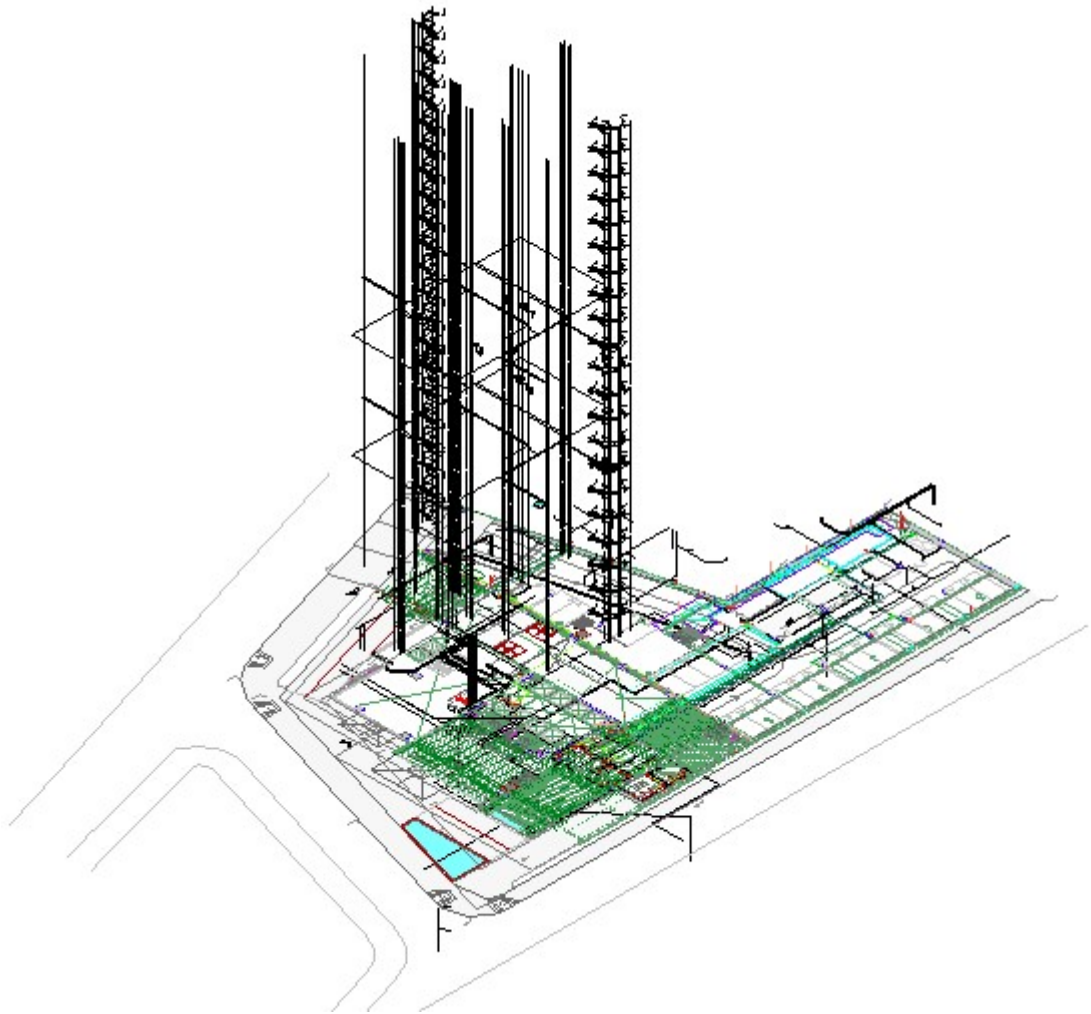
**Figura 07 - Projeto arquitetônico modelado no Revit.
Fonte: Autoria própria.**

Obteve-se o modelo estrutural a partir do TQS, software que foi utilizado para o dimensionamento estrutural. Esse software já exporta o arquivo em formato IFC, permitindo que seja aberto em outros softwares de modelagem como o Revit por exemplo. Utilizou-se para a conversão do arquivo um plugin que garante que menos informações sejam perdidas nessa interoperabilidade.



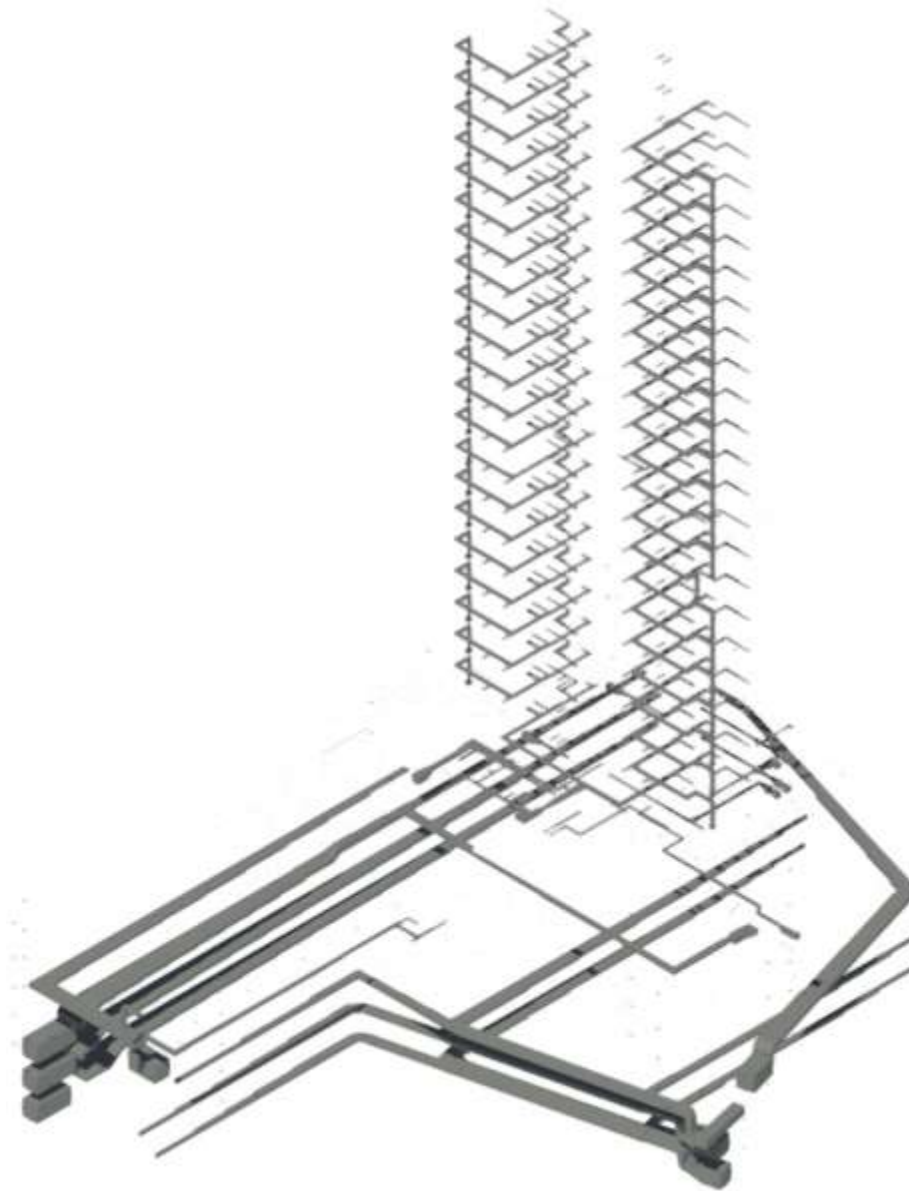
**Figura 08 - Projeto estrutural modelado no TQS.
Fonte: Projeto da empresa.**

Para a modelagem do hidrossanitário, definiu-se modelar as tubulações de água potável, água de reúso, água pluvial, esgoto sanitário e esgoto cinza com foco principalmente nas prumadas e nas tubulações de esgoto dos banheiros e distribuição de água nos pavimentos. As tubulações de água fria passantes pela parede foram desconsideradas na modelagem.



**Figura 09 - Projeto hidrossanitário modelado no Revit.
Fonte: Autoria própria.**

O modelo de ar condicionado e renovação de ar foi produzido com base nas plantas e cortes fornecidos. Foram modelados apenas os dutos e equipamentos executados em obra, sem considerar as instalações posteriores feitas pelo proprietário. Como as alturas e localização dos dutos não foram fornecidas, os dutos foram modelados seguindo as exatas localizações conforme apresentadas nas plantas e cortes dos pavimentos.



**Figura 10 - Projeto de ar condicionado e renovação de ar modelado no Revit.
Fonte: Autoria própria.**

Modelou-se os projetos arquitetônico, hidráulico e de renovação de ar por inteiro no Revit, porém, devido à dimensão da tarefa, os projetos de incêndio e elétrico foram modelados somente para o pavimento tipo. Essa consideração foi necessária para realizar o estudo, permitindo, ainda, que se atinja o objetivo deste trabalho.

4.2.2.2 Compatibilização em BIM

A ferramenta de compatibilização do Navisworks permite que sejam importados os modelos do Revit diretamente. Ao iniciar a ferramenta de compatibilização, deve-se escolher os modelos a serem estudados e os parâmetros de estudo. Definiu-se cruzar os modelos aos pares e estudar as interferências excluindo interferências dentro dos próprios modelos para que se obtivesse somente problemas entre um projeto e outro.

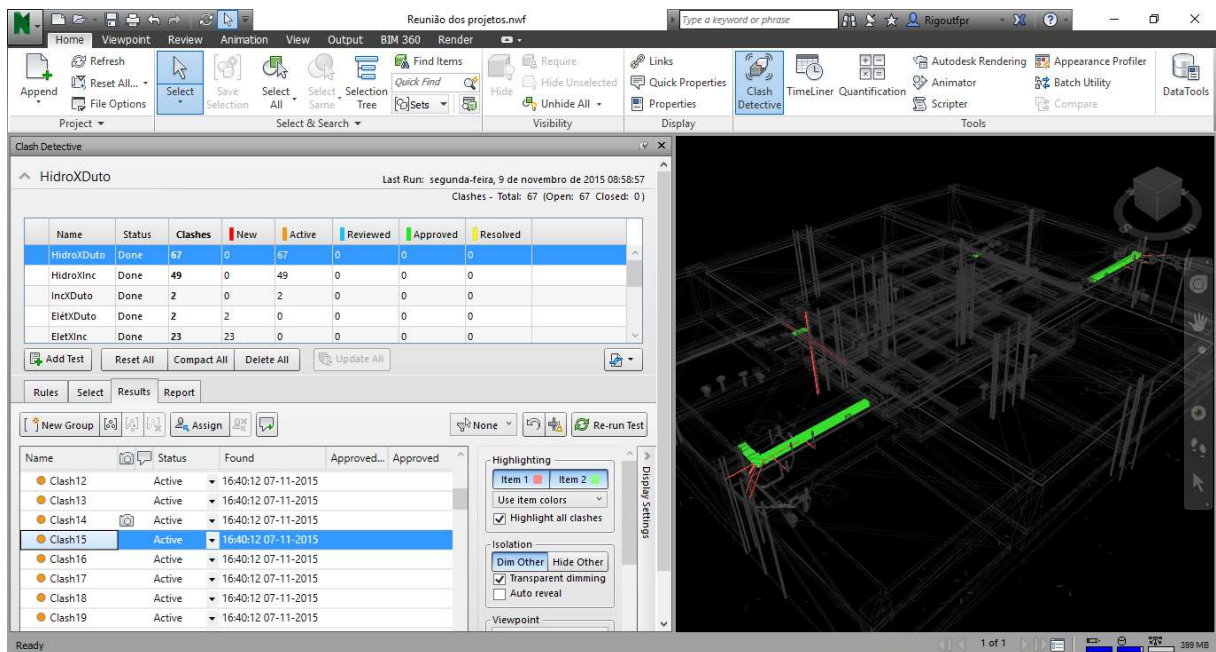


Figura 11 - Relatório gerado no Navisworks.
Fonte: Própria autoria.

Os resultados são dispostos em lista, apresentando o nome de cada interferência, a data do relatório, o material, o tipo de sistema, a descrição do tipo de interferência e permitindo que se adicione um responsável pela correção além de alterar o status entre ativo, revisado, aprovado e resolvido. Este relatório pode ser exportado juntamente com imagens dos problemas encontrados para que sejam enviados para os projetistas responsáveis, como exemplificado na Figura 12.





Image	Clash Name	Status	Distance	Description	Date Found	Clash Point	Item 1				Item 2			
							Item ID	Layer	Item Name	Item Type	Item ID	Layer	Item Name	Item Type
	Clash1	New	-0.021	Hard	2015/11/9 10:59.08	x:-4.686, y:12.922, z:51.449	Element ID: 756890	Level 1	Cable Tray with Fittings	Solid	Element ID: 1485904	16º PAV TIPO 2 46,59	CPVC	Solid
	Clash2	New	-0.019	Hard	2015/11/9 10:59.08	x:-4.374, y:8.985, z:51.819	Element ID: 751786	Level 1	Cable Tray with Fittings	Solid	Element ID: 1474824	16º PAV TIPO 2 46,59	CPVC	Solid
	Clash3	New	-0.019	Hard	2015/11/9 10:59.08	x:-4.834, y:8.979, z:51.817	Element ID: 756973	Level 1	Cable Tray with Fittings	Solid	Element ID: 1474824	16º PAV TIPO 2 46,59	CPVC	Solid
	Clash4	New	-0.019	Hard	2015/11/9 10:59.08	x:-3.933, y:11.025, z:51.819	Element ID: 752015	Level 1	Cable Tray with Fittings	Solid	Element ID: 1474857	16º PAV TIPO 2 46,59	CPVC	Solid

Figura 12 - Relatório exportado do Navisworks.
Fonte: Própria autoria.

4.3 RESULTADOS E ANÁLISE

Modelados os projetos, exportou-se o modelo do Revit para o Navisworks Manage 2016 e foi feita a verificação de interferências utilizando este programa. Os modelos foram comparados aos pares e as incompatibilidades catalogadas conforme a Quadro 01.

Disciplina		Disciplina	Número de conflitos encontrados	Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 3
Estrutural	vs	Elétrico	7	7			
Estrutural		Hidrossanitário	121	121			
Estrutural		Incêndio	11	11			
Estrutural		Ventilação	14	14			
Elétrico		Hidrossanitário	13		13		
Elétrico		Incêndio	23		23		
Elétrico		Ventilação	2		2		
Hidrossanitário		Incêndio	49		24	25	
Hidrossanitário		Ventilação	67				67
Incêndio		Ventilação	2				2

Quadro 01 - Conflitos encontrados na verificação com Navisworks.
Fonte: Própria autoria.

A análise dos resultados da ferramenta de avaliação de conflitos nos permite caracterizar as incompatibilidades encontradas entre a estrutura e as demais disciplinas como Nível 0, conflitos apontados pelo software e que quando analisados não se caracterizam como conflitos relevantes. Esse resultado já era esperado, pois os projetos adquiridos já haviam sido previamente compatibilizados. Estas interferências encontradas se devem à furos nas vigas e lajes que estão indicados

em projeto mas não estavam presentes no modelo exportado do TQS além de detalhes de dutos de ventilação, tubulações e eletrocalhas.

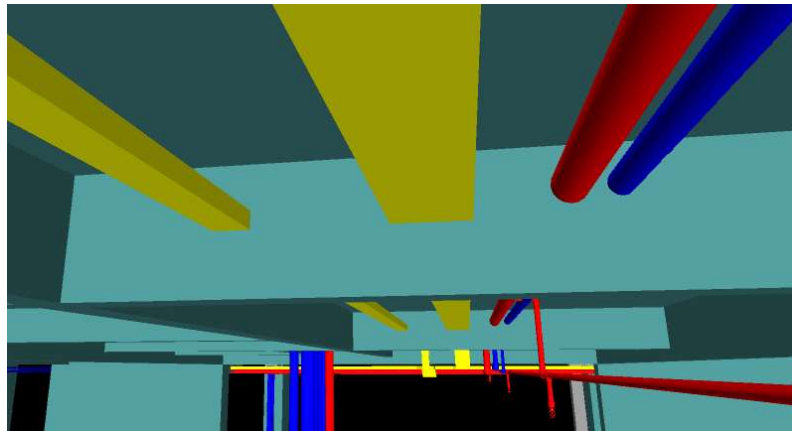


Figura 13 - Incompatibilidades de nível 0.
Fonte: Própria autoria.

Conflitos que podem ser corrigidos de forma simples, sem o auxílio do projetista ou do engenheiro de obra, e que o encarregado pela execução do serviço será capaz de fazê-lo corretamente foram classificados como Nível 1. Nesse grupo foram compreendidas as interferências de cruzamento entre sistemas em mesmo nível que podem ser resolvidas simplesmente organizando ou fazendo pequenas alterações sem influências no dimensionamento.

A maior parte dos conflitos desta classe ocorreu na verificação entre projeto hidrossanitário e prevenção contra incêndio e projeto elétrico e prevenção contra incêndio onde foram encontrados problemas de tubulações ocupando o mesmo espaço, concorrência entre peças hidrossanitárias e tubulação e eletrocalhas e tubulação.

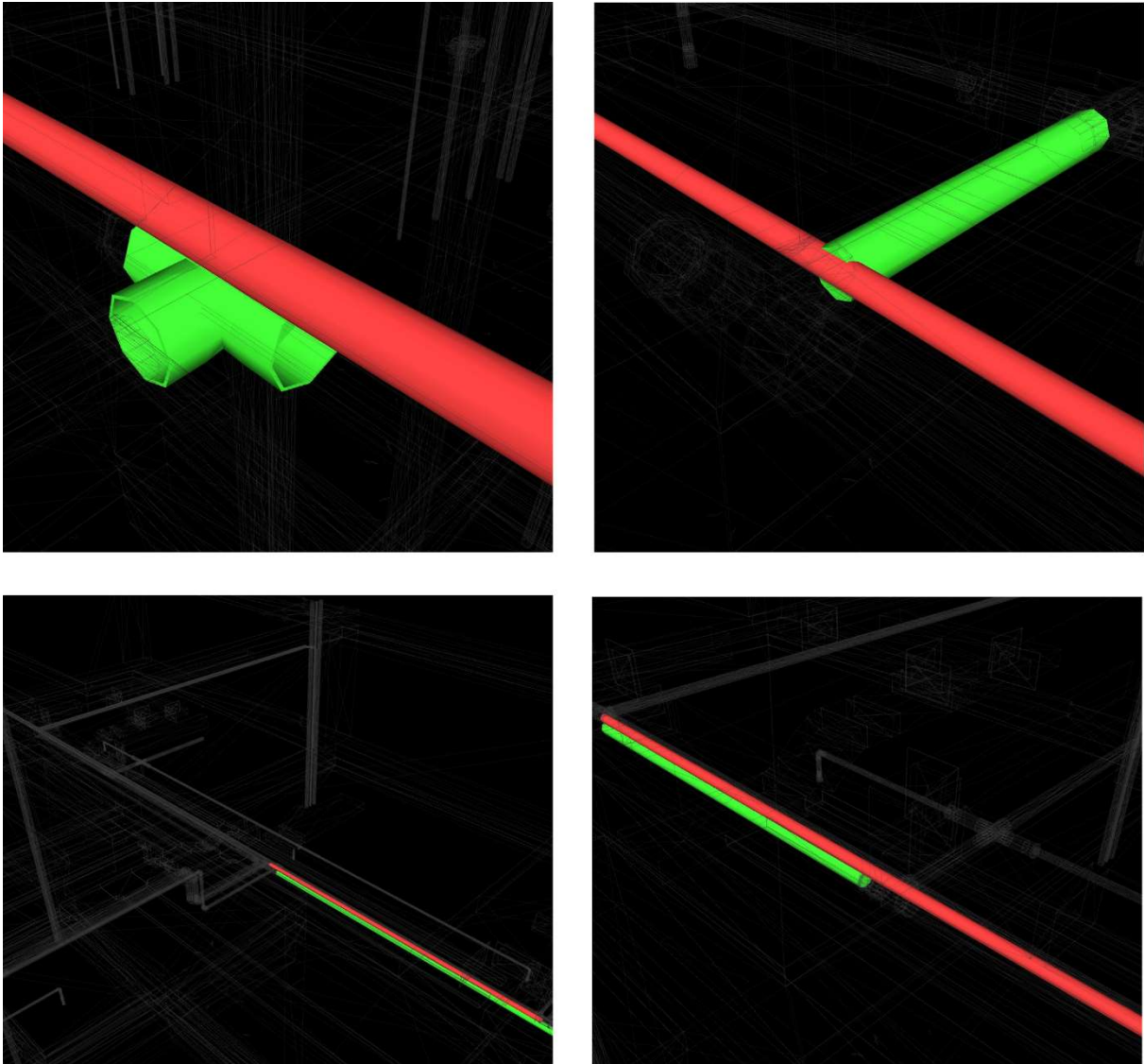


Figura 14 - Incompatibilidades de nível 1.
Fonte: Própria autoria.

Os conflitos mais complexos, que exigem conhecimento técnico mais específico para correção pois as alterações impactam no funcionamento do sistema e portanto requerem acompanhamento do engenheiro de obras foram considerados como Nível 2. Foram selecionados aqui os conflitos que fazem com que seja necessário alterar caminhamento, inclinação ou adicionar elementos mas que não comprometem o projeto. Esses conflitos foram causados, principalmente, por tubulações cruzando dutos de ventilação, dutos de ventilação cruzando prumadas do hidrossanitário, tubulações concorrendo com eletrodutos.

Nesses casos não há a necessidade de fazer um projeto as built pois as modificações não são significativas e não justificam tal medida.

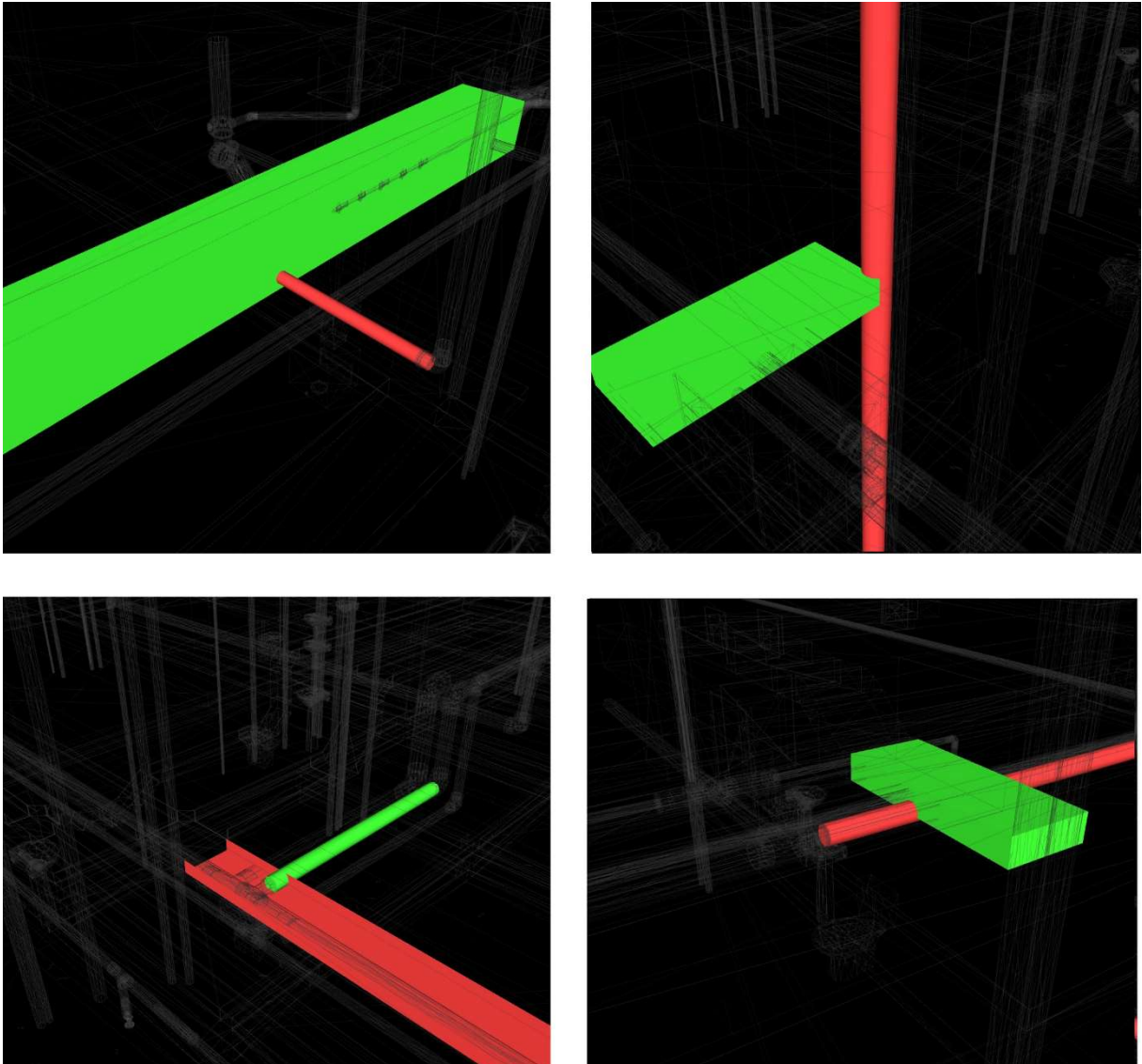


Figura 15 - Incompatibilidades de nível 2.
Fonte: Própria autoria.

Conflitos ou erros de projeto que requerem auxílio dos projetistas para execução foram definidos como os mais graves e de Nível 3. Dentro deste grupo estão os conflitos que requerem grande alteração nos projetos, como mudança em sistemas com peças fabricadas, grandes alterações de caminhamento ou prumadas. Esses conflitos geram modificações nos sistemas que necessitam ser recalculadas e redesenhadas, pois há a necessidade de modificar peças e alterar a montagem.

Foram considerados nesse grupo os conflitos com o sistema de ventilação, sendo encontradas interferências com prumadas de água, tubulações de esgoto, ventilação, e ar condicionado principalmente nas áreas técnicas.

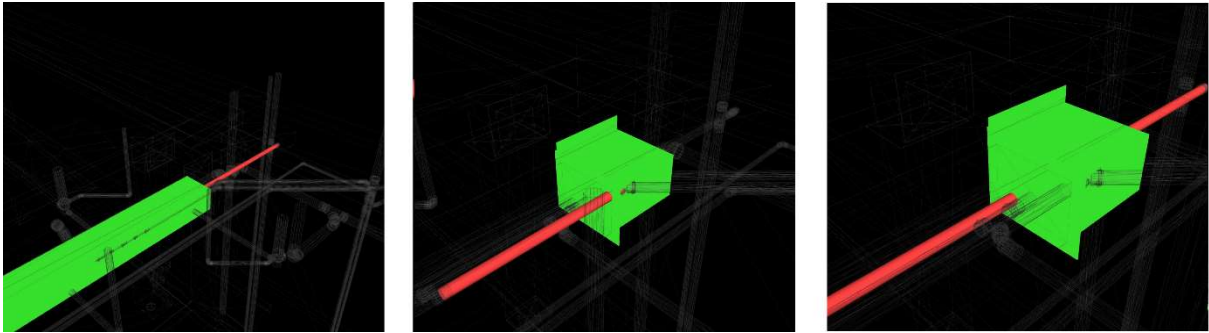


Figura 16 - Incompatibilidades de nível 3.
Fonte: Própria autoria.

Os resultados obtidos com a aplicação da ferramenta de detecção de interferências em BIM podem ser medidos a partir da avaliação da quantidade de conflitos encontrados apesar da compatibilização executada pela construtora. Este estudo é muito importante para determinar a eficiência da tecnologia e verificar a necessidade de aplicação da mesma. O resumo dos conflitos encontrados pode ser verificado no Quadro 02.

Tabela de resumo dos conflitos	Número de conflitos encontrados	Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 3
TOTAL	309	153	62	25	69
TOTAL em %	100%	50%	20%	8%	22%

Quadro 02 - Resumo dos conflitos encontrados.
Fonte: Própria autoria.

Em uma avaliação inicial, verificou-se que as incompatibilidades de nível 0 já foram todas compreendidas pela compatibilização em 2D e portanto não tem efeito sobre esse trabalho. É importante demonstrar que falsos conflitos podem ocorrer, dependendo da qualidade do modelo e da experiência do projetista.

Nota-se que a simples aplicação da ferramenta não garante que os resultados encontrados têm relevância, é necessária a avaliação dos dados por parte do projetista para o processo de resolução dos conflitos.

Os conflitos de nível 0 foram, então, desconsiderados, pois avalia-se que foram problemas de conversão do modelo do TQS para o Revit, portanto já se encontram resolvidos e não necessitam de ação por parte dos projetistas. Dessa forma, excluem-se do Quadro 02 esses dados, caracterizando novamente a compatibilização conforme Quadro 03.

Tabela de resumo dos conflitos	Número de conflitos encontrados	Nível 1	Nível 2	Nível 3
TOTAL	156	62	25	69
TOTAL em %	100%	40%	16%	44%

Quadro 03 - Resumo dos conflitos encontrados.

Fonte: Própria autoria.

Pode-se perceber que 40% são de nível 1 e podem ser considerados de fácil resolução e o restante, 60%, são mais complexos e demandam mais tempo e recursos. Os conflitos de Nível 2 e 3, que se encontram em maior quantidade, são os principais responsáveis por atrasos, pois impedem o desenvolvimento da atividade e podem gerar atrito entre os responsáveis pela execução dos projetos, muitas vezes de empresas diferentes.

Além disso, esses problemas consomem tempo do engenheiro e do mestre de obras, que se veem encarregados de solucionar os problemas em obra e consultar os projetistas, e dos próprios projetistas que devem fazer um projeto “*as built*”.

5 CONCLUSÃO

A evolução da atividade de projetos de 2D para 3D já é uma realidade e vem ocorrendo cada vez mais rapidamente entre as empresas de engenharia e arquitetura do Brasil e já é bastante comum em países da Europa e Estados Unidos, com a tecnologia BIM sendo uma obrigatoriedade em licitações de obras públicas.

O desenvolvimento deste trabalho pôde demonstrar a efetividade do processo de compatibilização utilizando a tecnologia BIM. Mesmo utilizando projetos previamente compatibilizados, foi possível demonstrar que uma grande quantidade de conflitos ainda foi encontrada devido à falta de informações presentes nos modelos CAD 2D. Estes conflitos acabam sendo verificados somente na fase de execução da obra e geram grande desgaste do pessoal, desperdícios, atrasos e retrabalhos, além de um maior gasto que poderia ser evitado se utilizasse uma tecnologia mais precisa como o BIM.

Nota-se que o estudo dos resultados encontrados no programa pelo projetista é extremamente importante para a avaliação qualitativa. A simples aplicação da ferramenta não garante que não ocorrerão conflitos na etapa de execução, sendo necessário que o gestor de projetos verifique os conflitos encontrados e determine quais são os relevantes e quais as medidas necessárias para solucionar cada um deles. Nesse sentido, a tecnologia vem ao auxílio do profissional de gestão de projetos e não se caracteriza como uma ameaça ao cargo.

Pode-se concluir que a tecnologia BIM traz uma melhoria na qualidade dos projetos, conferindo maior precisão e melhorando a visualização dos dados e informações do projeto. Dessa forma, traz ganhos também para o processo de projeto pois permite uma melhor troca de informações, amplia a participação dos projetistas na concepção do empreendimento e auxilia o coordenador de projetos a detectar interferências entre os mesmos.

Ainda há um longo caminho a ser percorrido para se alcançar melhores padrões de qualidade e menor impacto ambiental nas edificações, porém certamente o BIM será decisivo nessa evolução. A partir disso, trabalhos futuros podem ser desenvolvidos avaliando a influência da tecnologia BIM em *Lean Construction* e avaliação de impactos ambientais das obras.

REFERÊNCIAS

FLORIO, W. Contribuições do building information modeling no processo de projeto em arquitetura, In: SEMINÁRIO TIC 2007 – TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Porto Alegre, 2007.

EASTMAN, Chuck; TEICHOLZ, Paul; SACKS, Rafael; LISTON, Kathleen. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors. New Jersey, John Wiley & Sons Inc, 2008.

MELHADO, S. B. Qualidade do projeto na construção de edifícios: aplicação ao caso das empresas de construção civil e projeto de edifícios. São Paulo, EPUSP, Depto de Engenharia de Construção Civil, 1994.

IBRAHIM, M. et al. Two approaches to BIM: A comparative Study. In: ECAADE, 2004, Dinamarca.

AYRES, C. et al. Diferentes abordagens do uso do cad no processo de projeto arquitetônico. Curitiba, 2007.

CRESCO, Cláudia C. et al. Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto. In: SEMINÁRIO TIC 2007 – TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Porto Alegre, 2007.

HUANG, Ting, et al. A virtual prototyping system for simulating construction processes. Automation in Construction, 2007.

BUILDOFFSITE. Building Information Modelling (BIM) Seminar. In: Buildoffsite, London, (2011).

JIM STEEL; DROGEMULLER, R.; TOTH, B. Model interoperability in building modelling. Software & Systems Modeling, v.11, 2012.

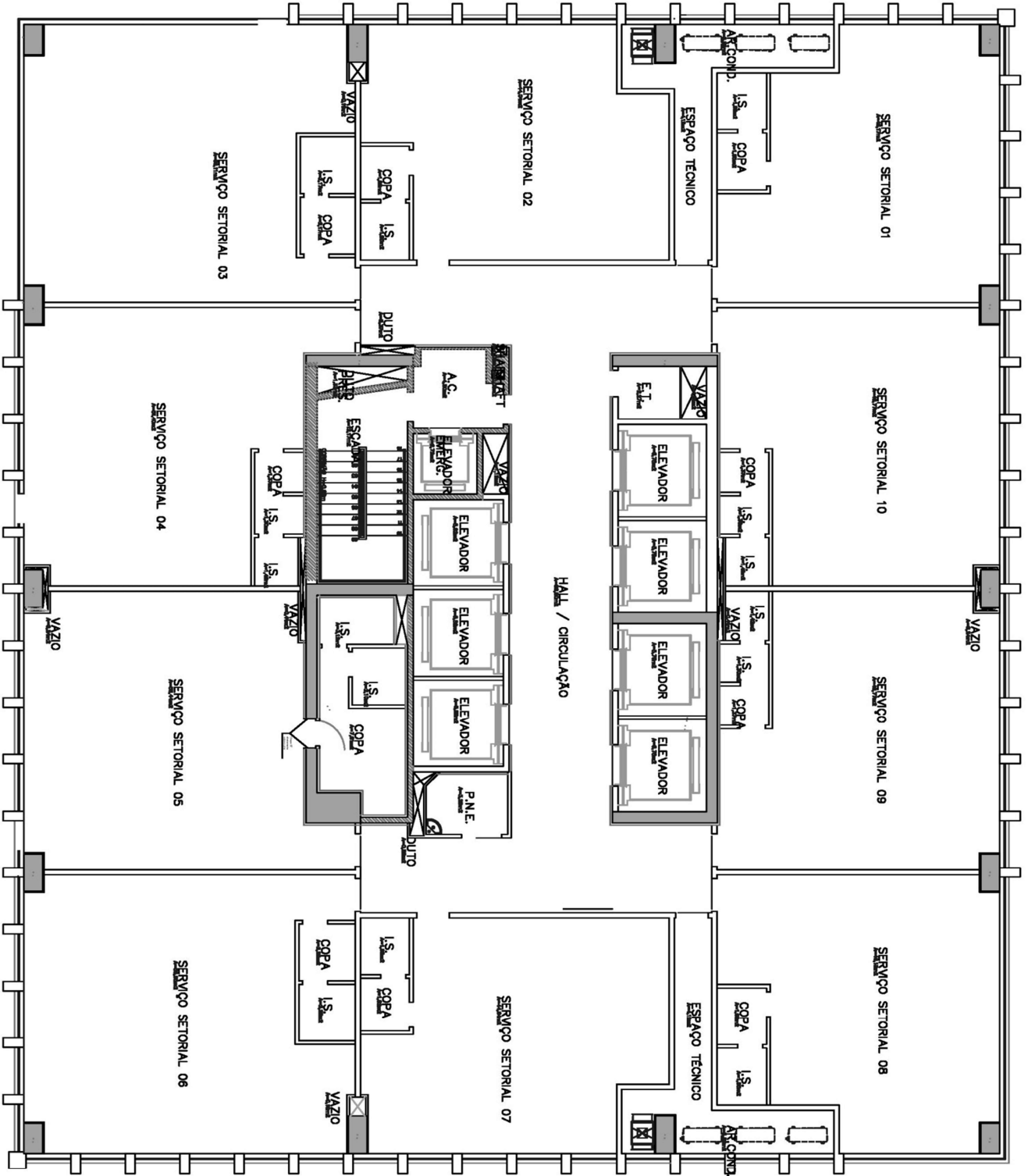
COSTA, E. N. Avaliação da metodologia BIM para compatibilização de projetos. Ouro Preto, 2013.

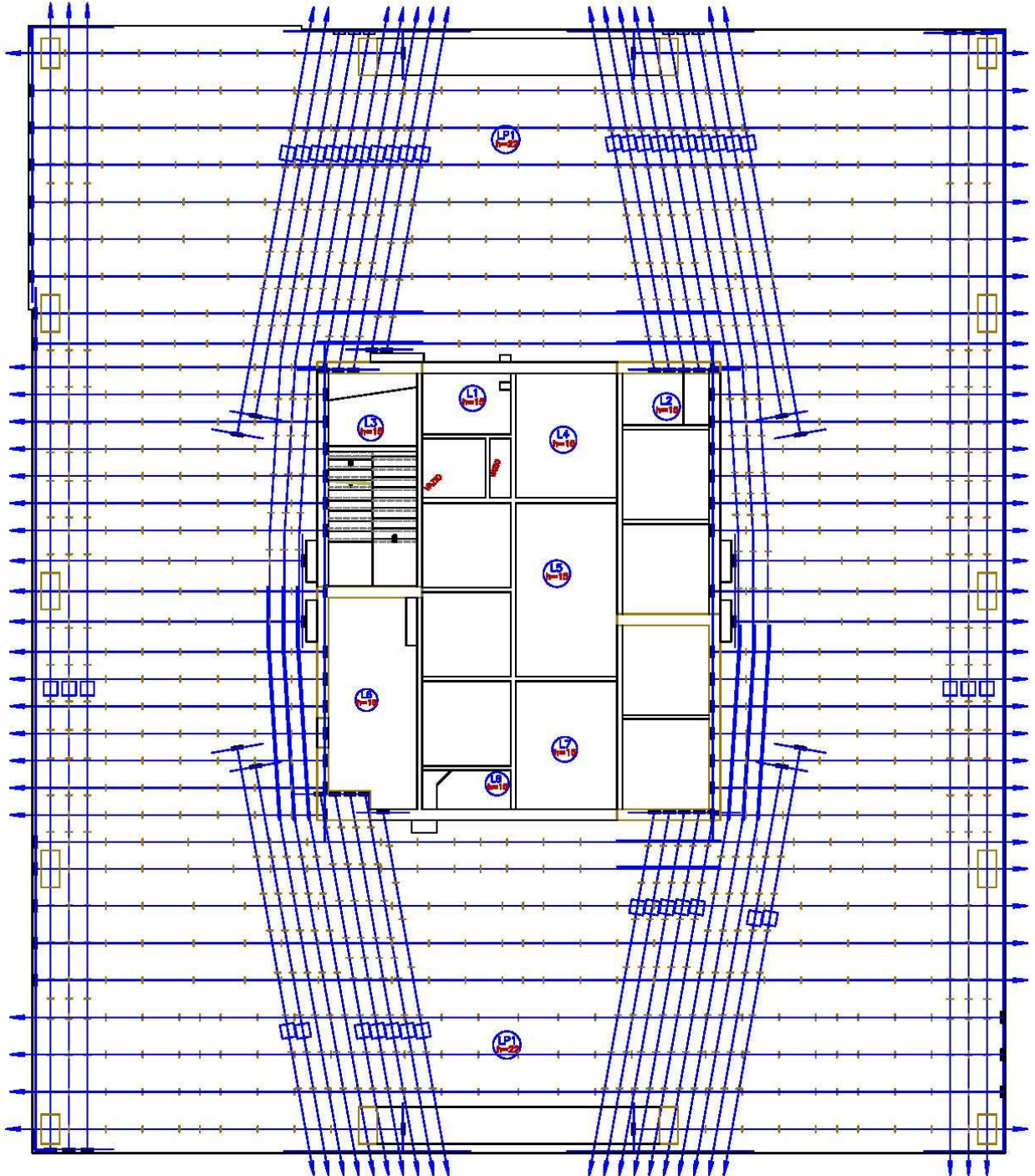
PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos (Guia PMBOK), Quinta Edição em Português. EUA, 2013.

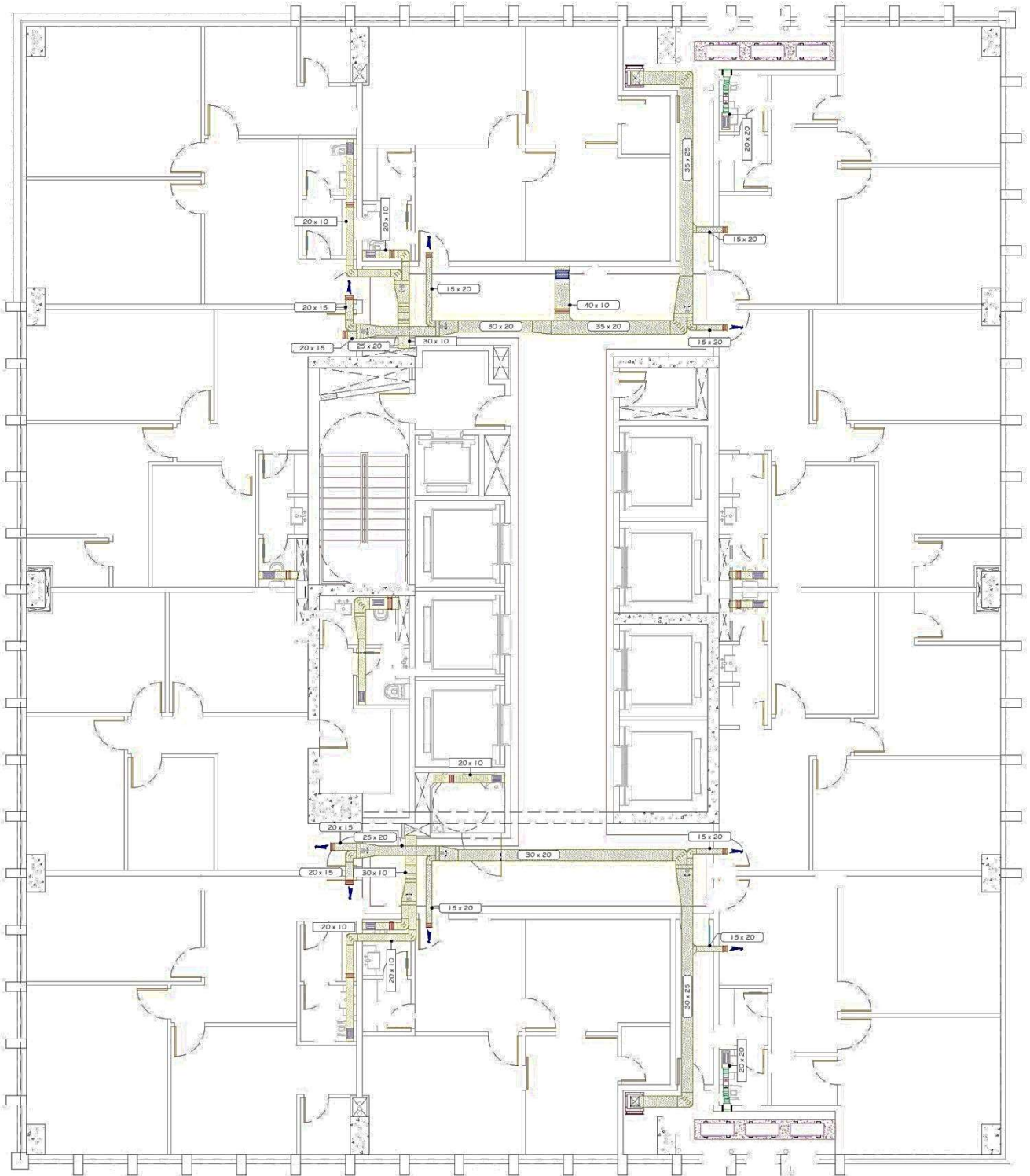
PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. A Guide to the Project Management Body of Knowledge – PMBOK Guide. Pennsylvania, USA : Project Management Institute, 2000.

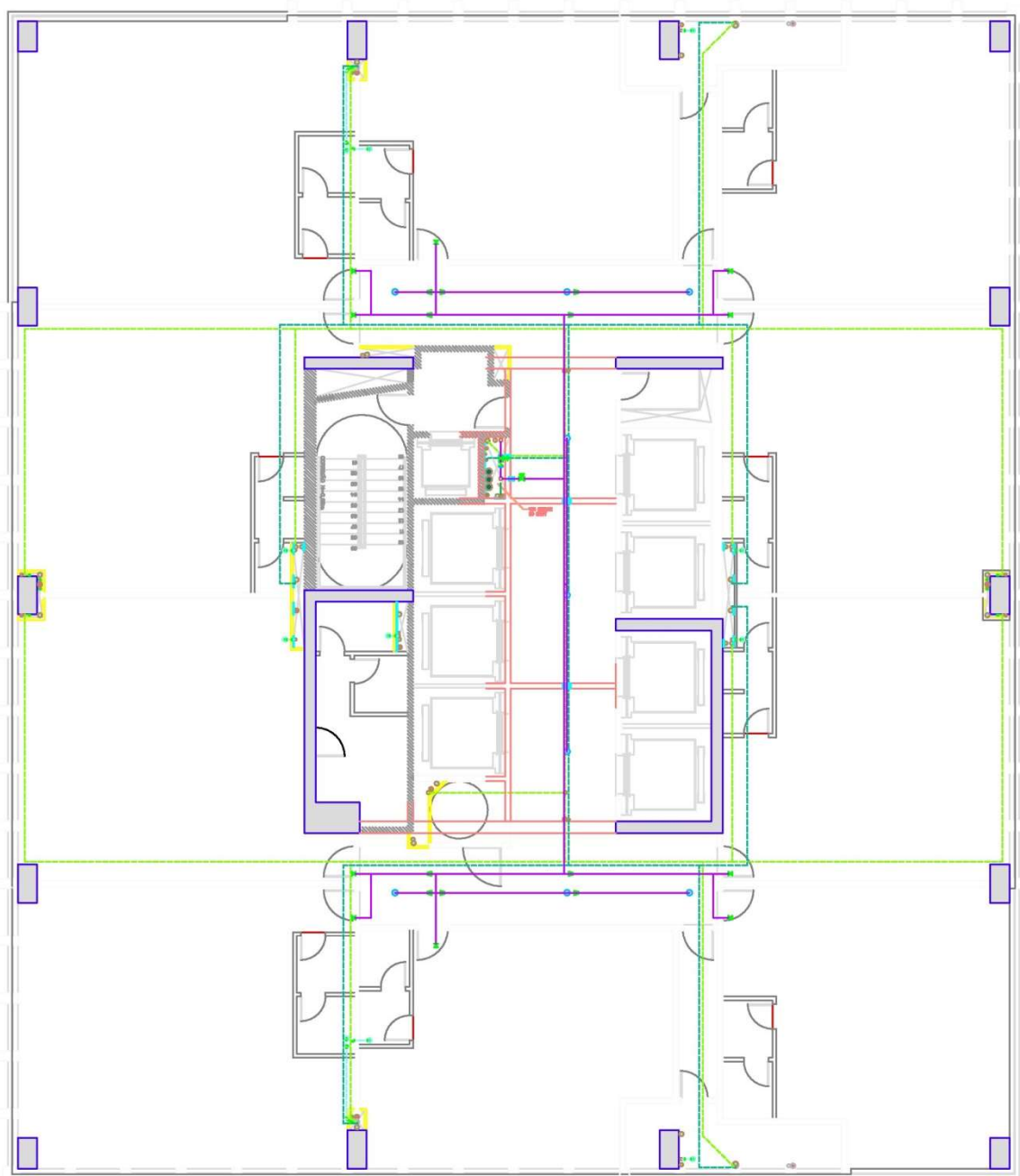
VARGAS, Ricardo V. Gerenciamento de projetos: Estabelecendo diferenciais competitivos. 6.ed. Rio de Janeiro, 2005.

ANEXO A – Planta tipo 2 (13º ao 25º pavimento)



ANEXO B – Projeto de protensão do pavimento tipo 2

ANEXO C – Projeto de dutos de renovação de ar do tipo 2

ANEXO D – Projeto hidráulico do teto do pavimento tipo 2

— SPRINKLER
— ÁGUA DE REUSO
— ÁGUA POTÁVEL

ANEXO E – Projeto elétrico do pavimento tipo 2