

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Elias Júnior Kerber Flach

**BIM NO PROJETO EXECUTIVO: PROTÓTIPO VIRTUAL
AUXILIANDO A DOCUMENTAÇÃO E COMPREENSÃO DE
PROJETOS**

Porto Alegre

Julho 2017

ELIAS JÚNIOR KERBER FLACH

**BIM NO PROJETO EXECUTIVO: PROTÓTIPO VIRTUAL
AUXILIANDO A DOCUMENTAÇÃO E COMPREENSÃO DE
PROJETOS**

Trabalho de Diplomação a ser apresentado ao Departamento de Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Luciani Somensi Lorenzi

Porto Alegre
Julho 2017

ELIAS JÚNIOR KERBER FLACH

**BIM NO PROJETO EXECUTIVO: PROTÓTIPO VIRTUAL
AUXILIANDO A DOCUMENTAÇÃO E COMPREENSÃO DE
PROJETOS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pelo Professor Orientador e pelo Professor Relator da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, julho de 2017

Profa. Luciani Somensi Lorenzi
Dra. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul
Orientadora

BANCA EXAMINADORA

Eduardo Luis Isatto
(UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

Luciani Somensi Lorenzi
(UFRGS)
Dra. pela Universidade Federal do Rio
Grande do Sul

João Soliman Junior
(UFRGS)
Engenheiro Civil pela Universidade Federal
do Rio Grande do Sul

Gustavo Masotti
(MASARQ)
Arquiteto e Urbanista pelo Centro
Universitário Ritter dos Reis

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Professora Luciani Somensi Lorenzi, orientadora deste trabalho, por dedicar seu tempo, opinião sincera e por ter enxergado a direção a ser seguida entre pensamentos tumultuados. Além disso, agradeço a calma e bom humor com que me auxiliou a lidar com as angústias e incertezas inerentes ao trabalho de conclusão.

Agradeço a minha família, em especial aos meus pais, pela paciência e apoio irrestrito para chegar ao final desta etapa da vida. Sem o apoio e o amor dos dois jamais conseguiria superar as dificuldades que a vida impõe.

Agradeço a Gustavo Masotti, pela visão que teve ao incentivar o estudo e aplicação de BIM enquanto pouquíssimos profissionais falavam desse assunto. Por acreditar em meu potencial e ser exemplo de caráter e profissionalismo durante estes anos de parceria.

Agradeço a minha namorada, Josiane Borsoi, pela paciência e incentivo durante o período de desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço aos meus amigos e colegas, pela alegria e companheirismo, que fizeram dessa jornada árdua uma caminhada prazerosa.

Agradeço a Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela excelência de ensino oferecido.

Tudo que é agora
Tudo que já passou
Tudo que virá
E tudo sob o sol está em sintonia
Mas o sol está coberto pela lua

Roger Waters

RESUMO

Este trabalho aborda a utilização de processos BIM, (Building Information Modeling), no desenvolvimento de projetos executivos de edificações e na interação entre equipes de projeto. Com objetivo de, ao final processo, obter um modelo paramétrico compatibilizado que se comporte como um protótipo virtual da edificação. Concomitante a isso, buscou-se definir diretrizes de modelagem e coordenação de projetos de forma a atingir esse objetivo. Fundamentado na revisão da literatura sobre o tema, foi possível observar a potencialidade do uso do BIM e os benefícios que ela traz ao desenvolvimento dos projetos. Destacou-se a importância dos níveis de desenvolvimento dos objetos paramétricos e do fluxo de trabalho utilizando BIM. O papel que a interoperabilidade representa para as informações contidas no modelo paramétrico ficarem disponíveis aos projetistas e, posteriormente, aos executores das edificações também foram abordados. O desenvolvimento da parte prática deste trabalho seguiu o formato de pesquisa ação, através de intervenções no modelo paramétrico, conforme os resultados obtidos decorrentes do processo de compatibilização. Dividiu-se o projeto em 3 etapas (projeto preliminar, compatibilização de projetos e prototipagem virtual). A etapa de compatibilização de projetos foi dividida em 3 fases (anteprojeto, projeto básico e projeto executivo). Ao final da compatibilização e da documentação do modelo paramétrico desenvolvido, foi realizada a prototipagem virtual da edificação. Constatou-se o importante papel que a modelagem paramétrica traz ao processo de compatibilização de projetos. A comunicação entre as equipes de projeto através de relatórios de compatibilização, utilizando relatórios em formato DWF, facilitou o desenvolvimento do modelo paramétrico compatibilizado. Percebe-se que o processo BIM utilizado demonstrou potencial de apresentar o modelo paramétrico desenvolvido como um protótipo virtual. A utilização de plataformas móveis para *smartphones* e *tablets* aliadas à recursos de Realidade Virtual demonstraram potencial de contribuir na documentação e compreensão dos projetos. Porém, cabe salientar, que alguns aspectos dessas tecnologias se encontram em estado de implementação incipiente, sendo necessário o treinamento dos colaboradores que vierem a utilizar esta tecnologia. Além disso, existe a necessidade de uma quebra de paradigma tecnológico na construção civil, para que os recursos de aplicativos móveis e a utilização de Realidade Virtual sejam empregados no canteiro de obras, levando assim, as informações de projeto onde o operário e o local de execução se encontram.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Diagrama das etapas do trabalho.....	17
Figura 02 - Níveis de Maturidade do BIM.	19
Figura 03 - O BIM e o ciclo de vida da edificação.....	21
Figura 04 - Níveis D do BIM.	22
Figura 05 - Elementos BIM e a evolução das suas propriedades.	29
Figura 06 – Diferenças do Fluxo de Trabalho nos Processos Tradicional e BIM.....	32
Figura 70 – Curva de Esforço (Patrick MacLeamy Curve).....	33
Figura 08 – Etapas de Desenvolvimento de Projeto.....	37
Figura 09 – Ciclo de Compatibilização do Projeto.	40
Figura 10 – Perspectivas Isométricas do empreendimento.	41
Figura 11 – Corte em Perspectiva da Edificação.....	42
Figura 12 – Planta Baixa 2º pavimento subsolo	42
Figura 13 – Planta Baixa 1º Pavimento Subsolo	43
Figura 14 – Planta Baixa do Pavimento Térreo.....	43
Figura 15 – Planta Baixa do 1º Pavimento Garden	44
Figura 16 – Planta Baixa do Pavimento Tipo.....	44
Figura 17 – Planta Baixa do Pavimento Ático	45
Figura 18 – Cronograma de Desenvolvimento do Projeto.	47
Figura 19 – Janela de Configuração do View Template.	51
Figura 20 – Janela de Configuração <i>Object Styles</i>	52
Figura 21 – Janela de Configuração <i>DWG Export</i>	53
Figura 22 – Arquivo DWG referenciado no modelo paramétrico.....	54
Figura 23 – Croqui de estudo arquitetônico do pavimento térreo.	55
Figura 24 – Vista do projeto de Estruturas em DWG referenciada no modelo paramétrico....	60
Figura 25 – Relatório de Revisão desenvolvido no software Design Review.....	61
Figura 26 – Família paramétrica LOD 300.	69
Figura 27 – Família paramétrica LOD 400	70
Figura 28 – Planta baixa grupo gerador na fase de Anteprojeto.	75
Figura 29 – Corte rampa acesso de veículos / ventilação grupo gerador.	76
Figura 30 – Planta baixa grupo gerador na fase de Projeto Executivo.....	77
Figura 31 – Planta baixa pressurização na fase de Anteprojeto.	78
Figura 32 – Planta baixa pressurização na fase de Projeto Básico.....	78
Figura 33 – Planta baixa pressurização na fase de Projeto Executivo.....	79
Figura 34 – Relatório de Compatibilização DWF - Planta baixa tubulação 2º pavimento subsolo Anteprojeto.....	80

Figura 35 – Relatório de Compatibilização DWF – Perspectiva conflito tubulação x rampa de veículos.....	81
Figura 36 - Planta baixa da tubulação do 2º pavimento subsolo compatibilizada no Projeto Executivo.....	82
Figura 37 – Perspectiva da tubulação compatibilizada com a rampa de veículos.....	82
Figura 38– Relatório de Compatibilização DWF a) Planta Baixa de Instalações 1º subsolo. b) Perspectiva do Conflito entre tubulações x vigas.....	83
Figura 39 – Planta Baixa Instalações 1º subsolo Projeto Executivo com indicações dos vãos livres abaixo das tubulações.	84
Figura 40 – Perspectiva das tubulações no 1º Pavimento Subsolo, Projeto Executivo compatibilizado.	85
Figura 41 – Relatório Compatibilização DWF - Perspectiva do conflito da drenagem do pavimento ático no 6º Pavimento - Anteprojeto.....	86
Figura 42 – Relatório Compatibilização DWF – Planta Baixa Drenagem do pavimento Ático passando pelo 6º pavimento.	86
Figura 43 – Planta baixa do Pavimento Ático – destaque grelha drenagem.	87
Figura 44 – Planta baixa 6º pavimento projeto hidrossanitário Executivo.....	88
Figura 45 – Perspectiva solução compatibilizada drenagem ático x instalações sanitários.	88
Figura 46 – a) <i>Stereo Panorama</i> das tubulações 1º pavimento subsolo b) Óculos de Realidade Virtual para <i>smartphones</i>	90
Figura 47 – Plataformas de acesso às Informações do Projeto.	92
Figura 48 – Panoramas das instalações do 1º pavimento subsolo. a) Interface das tubulações; b) Tubulações na região do hall do elevador c) Drenagem pluvial do Térreo	93
Figura 49 – Propriedades de elemento do projeto hidráulico em formato DWF no aplicativo A360.	94
Figura 50 – Perspectivas do projeto hidráulico do 1º subsolo geradas no aplicativo A360.....	95
Figura 51 – Sala de Pressurização. a) Vista da esquadria de ventilação; b) Vista da interface do equipamento com parede do shaft de pressurização;.....	96
Figura 52 – a) Panoramas da interação das instalações dos sanitários. b) Detalhe da interação das tubulações.....	97
Figura 53 – Interação com o Modelo DWF exportado. a) Projeto hidrossanitário isolado; b) Projeto elétrico isolado; c) Projeto hidrossanitário e elétrico em conjunto.....	98
Figura 54 – Parâmetros da família de luminárias utilizada.	99
Figura 55 – Configuração da Renderização. a) Configuração do modo de exposição; b) Configuração da qualidade e estilo de renderização;	100
Figura 56 – Simulação Luminotécnica da Sala Comercial. a) Sem fonte natural de Iluminação; b) Com fonte natural de iluminação;	101

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 – Comparativo entre Softwares	30
Quadro 02 – Resumo das atividades desenvolvidas durante o Anteprojeto.....	50
Quadro 03 – Principais elementos agrupados no modelo.....	57
Quadro 04 – Relação de pranchas emitidas no Anteprojeto.....	59
Quadro 05 – Relação de pranchas emitidas no Projeto Básico R00.....	63
Quadro 06 – Resumo das atividades desenvolvidas durante o Anteprojeto.....	64
Quadro 07 – Relação de pranchas emitidas no Projeto Executivo R00.	67
Quadro 08 – Resumo das atividades desenvolvidas durante o Projeto Básico.	68
Quadro 09 – Resumo das atividades desenvolvidas durante o Projeto Executivo.	72
Quadro 10 – Comparação do volume de documentação gerado por fase de projeto.	74

LISTA DE SIGLAS

AEC - Arquitetura, Engenharia e Construção Civil

BIM - *Building Information Modeling*

DWG - Extensão de arquivos de desenho em 2D e 3D nativa do software AutoCAD

DWF - *Design Web Format*

GFI - Gerenciamento Facilitado da Informação

IFC - *Industry Foundation Classes*

NBIMS-US - *National BIM Standard-United States*

MIA - Modelagem da Informação da Arquitetura

MIS - Modelagem da Informação da Simulação

MSIC - Modelagem da Informação de Simulação da Construção

MIP - Modelagem da Informação de Ponte

PLT – Extensão de arquivo de impressão específico para plotter

RA – Realidade Aumentada

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 DIRETRIZES DA PESQUISA	14
1.1.1 Questão da Pesquisa	14
1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO	14
1.2.1 Objetivo Principal	14
1.2.2 Objetivos Secundários	14
1.3 PREMISSE	15
1.4 DELIMITAÇÕES	15
1.5 LIMITAÇÕES	15
1.6 DELINEAMENTO	16
2 BIM E PROTOTIPAGEM VIRTUAL	18
2.1 BIM	18
2.2 BIM NO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO	20
2.2.1 BIM 3D – Modelo Colaborativo	22
2.2.2 BIM 4D – Cronograma	22
2.2.3 BIM 5D – Estimativa de Custos	23
2.2.4 BIM 6D – Sustentabilidade e Controle Energético	23
2.2.5 BIM 7D – Manutenção e Gestão da Edificação	23
2.3 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS	23
2.3.1 Objetos Paramétricos	24
2.3.2 Prototipagem Virtual	25
2.3.3 Realidade Virtual	26
2.3.4 LOD - Nível de Desenvolvimento	27
2.3.5 Softwares para Modelagem	29
2.4 INTEROPERABILIDADE	31
2.5 IFC - INDUSTRY FOUNDATION CLASSES	33
2.6 QUALIDADE DO PROJETO	34
3 MÉTODO	36
3.1 MÉTODO DE AÇÃO	36
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	41
4 DESENVOLVIMENTO DO MODELO PARAMÉTRICO	46
4.1 ETAPA 1: PROJETO PRELIMINAR	46
4.2 ETAPA 2 - FASE 1: ANTEPROJETO	50
4.2.1 Criação do Modelo	50
4.2.1.1 MODELO DE VISTA (VIEW TEMPLATES)	51

4.2.1.2 ESTILOS DE OBJETO (<i>OBJECT STYLES</i>).....	52
4.2.1.2 EXPORTAÇÃO DWG (<i>DWG EXPORT SETUP</i>).....	53
4.2.2 Modelagem	54
4.2.3 Emissão de Anteprojeto	58
4.2.4 Revisão de Projeto e Relatório de Compatibilização	60
4.2.5 Emissão Projeto Básico R00 e Projeto Legal	62
4.3 ETAPA 2 – FASE 2: PROJETO BÁSICO.....	64
4.3.1 Revisão de Projeto, Revisão Projeto Legal e Relatório de Compatibilização	65
4.3.2 Emissão Projeto Executivo R00 e Emissão Projeto Legal Revisado	66
4.4 ETAPA 2 - FASE 3-A E 3-B: PROJETO EXECUTIVO E PROJETO EXECUTIVO LIBERADO PARA OBRA	70
4.4.1 Revisão de Projeto e Relatório de Compatibilização	71
4.4.4 Emissão do Projeto Executivo Liberado para Obra	72
4.5 ETAPA 2: RESULTADOS DA COMPATIBILIZAÇÃO DO PROJETO.....	74
4.5.1 Grupo Gerador 1º Subsolo	74
4.5.2 Pressurização Pavimento Térreo	77
4.5.3 Tubulações do Pavimento 2º Subsolo	79
4.5.4 Tubulações do Pavimento 1º Subsolo	83
4.5.5 Drenagem Pavimento Ático	85
4.6 ETAPA 3: PROTOTIPO VIRTUAL.....	89
4.6.2 Conexões Hidrossanitárias 1º Pavimento Subsolo	92
4.6.3 Sala de Pressurização	95
4.6.4 Sala Comercial 6º Pavimento	96
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
REFERÊNCIAS	107

1 INTRODUÇÃO

A falta de qualidade na execução dos projetos da construção civil é um desafio enfrentado pelos engenheiros. Problemas que envolvem falta de informação disponível nos projetos executivos, falta de compatibilização entre as soluções adotadas pelos projetistas, falta de aderência entre projeto e execução, entre outros. Estes fatores chamam a atenção para a necessidade de maior qualidade nos projetos executivos, de maneira a garantir competitividade às empresas e satisfação dos clientes.

Dessa forma, existe uma demanda por maior controle do processo de desenvolvimento dos projetos, para que possamos perceber com antecedência erros e deficiências destes. É necessária uma maior interoperabilidade entre as equipes, maior agilidade na troca de informações e a utilização de mais tecnologia e processos inteligentes no desenvolvimento de projetos, bem como na informação apresentada para a sua execução.

Por meio do BIM (Building Information Modeling) é possível criar modelos paramétricos dos projetos, que podem simular o comportamento das edificações de maneira virtual. Utilizando o processo BIM é possível anteceder problemas de compatibilização, execução, realizar avaliações de desempenho e proporcionar aos projetistas e executores melhorias na integração da informação.

Técnicas que se aproveitam de Realidade Virtual (RV), em paralelo aos modelos BIM podem representar, em breve, maneiras inovadoras de representação de projetos. Isso resultará com que as informações, e o entendimento dessas, fiquem mais acessíveis a todos os integrantes do processo construtivo.

Percebendo a dificuldade de acesso a bibliografias, em especial na língua portuguesa, sobre temas relacionados a modelagem paramétrica e BIM, este trabalho se propõe a desenvolver práticas adequadas de modelagem paramétrica, de forma que se possa criar protótipos virtuais representativos de problemas e soluções, a fim de auxiliar no entendimento e compreensão dos projetos. Para tanto, este trabalho tem como objetivo utilizar processo informatizado BIM para desenvolver modelos paramétricos compatibilizados, que resultem em protótipos virtuais de

áreas de conflito em uma edificação. Por meio da análise destes modelos, auxiliar no entendimento e compreensão da documentação de projetos executivos das edificações.

1.1 DIRETRIZES DA PESQUISA

As diretrizes para o desenvolvimento do trabalho são descritas nos próximos itens.

1.1.1 Questão da Pesquisa

A questão de pesquisa do trabalho é: como modelar áreas de conflito da edificação utilizando processos BIM, de modo que ao final do processo se obtenha um protótipo virtual, capaz de auxiliar na compatibilização e documentação da edificação?

1.2 OBJETIVOS DO TRABALHO

Os objetivos deste trabalho estão elencados entre principal e secundários e estão descritos a seguir.

1.2.1 Objetivo Principal

O objetivo principal deste trabalho é utilizar BIM (processo informatizado) para desenvolver modelos paramétricos compatibilizados que resultem em protótipos virtuais de setores conflitantes de uma edificação, de maneira a melhorar o entendimento e a compreensão da documentação de projetos executivos, para auxiliar à produção da edificação.

1.2.2 Objetivos Secundários

Os objetivos secundários do trabalho são:

- a) relacionar o desenvolvimento do modelo paramétrico com a curva de MacLeamy, analisando o fluxo de trabalho BIM durante as diferentes fases do processo.
- b) identificar práticas adequadas de modelagem para prototipagem virtual utilizando processos BIM.

- c) conceber protótipos virtuais que possibilitem a obtenção de informações sobre as áreas conflitantes modeladas.
- d) verificar uma forma complementar de apresentação do projeto executivo e demonstrar alternativas de interação com a informação contida nos modelos paramétricos.

1.3 PREMISSA

Considerando-se que o processo BIM apresenta crescente adesão no mercado brasileiro, este trabalho tem por premissa que os protótipos virtuais desenvolvidos em BIM podem exercer papel fundamental na forma de produção e apresentação dos projetos executivos das edificações.

1.4 DELIMITAÇÕES

O trabalho delimita-se à modelagem paramétrica de ambientes conflitantes selecionados de uma torre comercial situada na cidade de São Paulo. Abaixo são listados os principais delimitantes.

- a) os projetos que servem de base para o desenvolvimento da prototipagem virtual são desenvolvidos por terceiros.
- b) não é utilizado software específico para compatibilização de projetos.
- c) as decisões do negócio não fazem parte deste trabalho.

1.5 LIMITAÇÕES

As limitações do trabalho são descritas a seguir:

- a) para o desenvolvimento dos protótipos virtuais será utilizado somente o software Autodesk Revit®, cuja licença educacional foi disponibilizada;
- b) a produção de relatórios de compatibilização foi desenvolvida utilizando o software Autodesk Design Review®, cuja licença é gratuita;
- c) a prototipagem virtual destina-se a áreas conflitantes selecionadas dentro do projeto selecionado
- d) a modelagem utilizada corresponde ao projeto de uma edificação vertical de uso comercial;

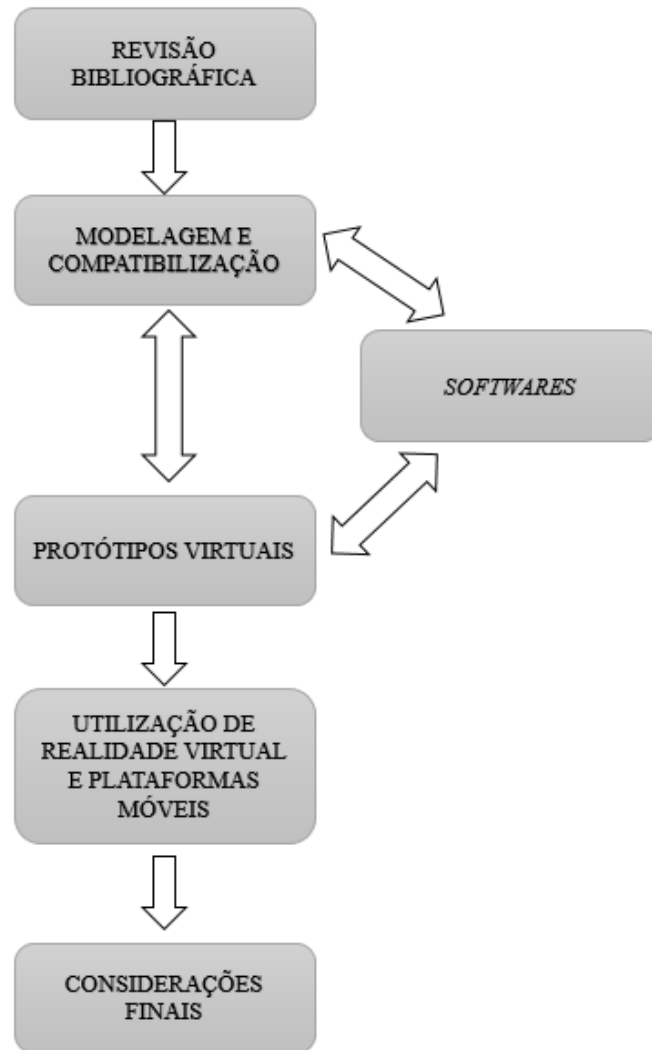
- e) a modelagem fica restrita aos sistemas referentes a infraestrutura (subsolos), supraestrutura (estrutura de concreto armado), vedações (alvenaria de blocos cerâmicos), instalações prediais (elétricas e hidrossanitárias), revestimentos (verticais e horizontais).

1.6 DELINEAMENTO

O desenvolvimento do trabalho foi realizado de acordo com as etapas apresentadas a seguir, também representadas na Figura 01:

- a) revisão bibliográfica;
- b) seleção de áreas conflitantes para modelagem dos projetos;
- c) modelagem paramétrica das áreas conflitantes selecionadas;
- d) compatibilização de projeto;
- e) prototipagem virtual com solução compatibilizada;
- f) utilização de realidade virtual e plataformas móveis para visualização do modelo paramétrico.
- g) considerações finais;

Figura 01 – Diagrama das etapas do trabalho



(fonte: elaborado pelo autor)

2 BIM E PROTOTIPAGEM VIRTUAL

O BIM (*Building Information Modeling*), pode ser considerado uma ferramenta de inovação que modernizou a tecnologia dos projetos e propõe a evolução dos **processos** que fazem parte do projeto das edificações segundo Junior (2016). Assim, através do estudo deste processo, se espera o alcance de grandes benefícios para a construção civil. Este capítulo visa a definição do BIM, apresentar suas principais características e discutir os seus benefícios. Durante este capítulo, também serão descritos os conceitos de objetos paramétricos, modelos paramétricos e sua utilização na compatibilização de projetos. Além disso será feita uma breve descrição de modelos aliados à Realidade Virtual, bem como os benefícios que a interoperabilidade traz ao projeto.

2.1 BIM

O BIM , é uma ferramenta de inovação versátil que possibilita a construção de maneira virtual dos mais diversos desafios da engenharia. Projetos desenvolvidos em BIM reúnem informações geométricas, construtivas, quantificação de materiais, quantificação de trabalhos, tempos de mão-de-obra, dados de desmontagem ao fim do ciclo de vida da edificação, entre outras possibilidades. Ao se utilizar a modelagem de informações, é possível propor aos profissionais envolvidos (engenheiros, arquitetos e instaladores), a evolução dos processos utilizados e um melhor entendimento e compreensão dos projetos das edificações (JUNIOR, 2016).

Eastman et al. (2014) apresentam BIM como:

Modelagem da Informação da Construção (em inglês, *Building Information Modeling* – BIM) é um dos mais promissores desenvolvimentos na indústria relacionada à arquitetura, engenharia e construção (AEC). Com a tecnologia BIM, um **modelo virtual preciso** de uma edificação é construído de forma digital. Quando completo, o modelo gerado computacionalmente contém geometria exata e os dados relevantes, necessários para dar suporte à construção, à fabricação e ao fornecimento de insumos necessários para a realização da construção.

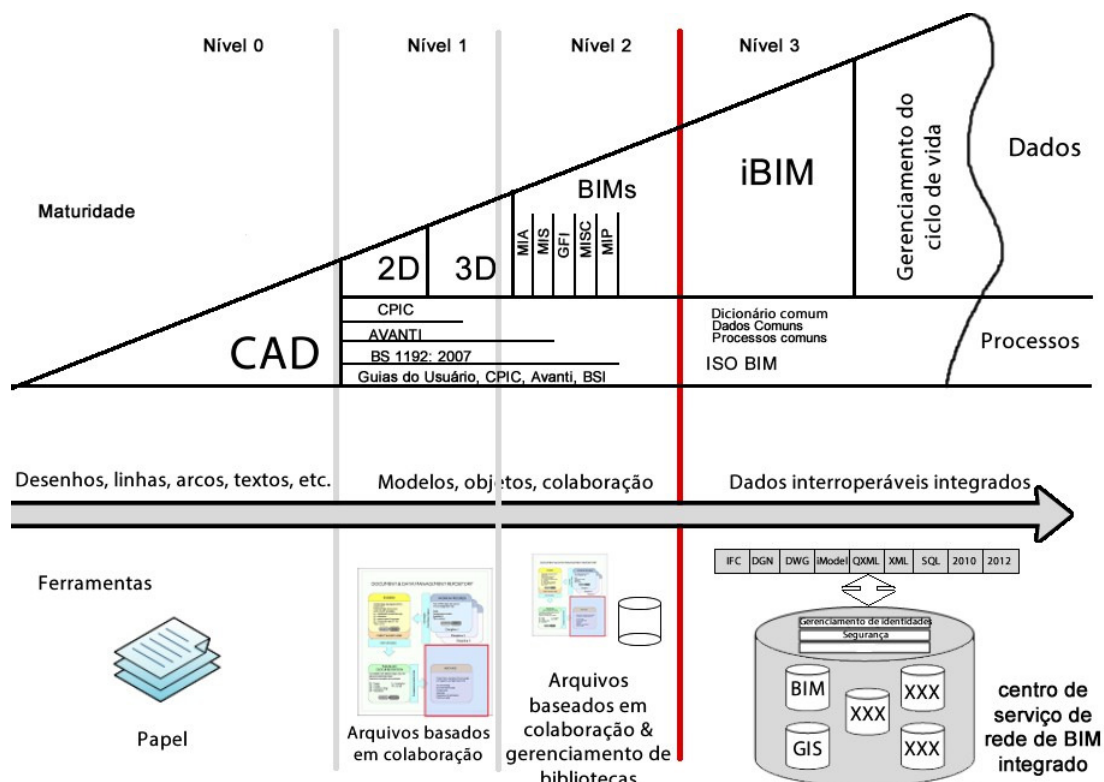
A definição de BIM acima apresentada também é corroborada pelo NBIMS-US (*National BIM Standard-United States*, 2015, tradução nossa), onde é acrescentado o conceito de que o BIM pode ter a sua abrangência aumentada para qualquer tipo de instalação.

[O BIM] É uma representação digital de características físicas e funcionais de uma instalação. O BIM também serve como um recurso de conhecimento compartilhado para obter informações sobre uma instalação, formando uma base confiável para decisões durante seu ciclo de vida desde sua concepção.

É preciso ficar atento para que não se confunda o **processo BIM** com “elaboração 3D”, pois desta forma perde-se a ideia principal do seu uso. Ferramentas de desenvolvimento BIM evoluíram nos últimos anos e os “modelos baseados em objetos paramétricos” possuem grande capacidade de armazenamento de informações sobre cada objeto. Assim, um modelo paramétrico traz, além de informações geométricas, dados sobre a construção, materiais, desempenho, entre outras características coordenadas através de bancos de dados. (ASBEA, 2015)

A Figura 02 apresenta os níveis de maturidade do BIM e demonstra o volume de dados e informações que são integrados aos projetos nos diferentes níveis de desenvolvimento.

Figura 02 - Níveis de Maturidade do BIM.



(Fonte: RICHARDS, BEW (2008). Adaptado por: GT-BIM SANTA CATARINA (2015))

MIA - Modelagem da Informação da Arquitetura

MIS - Modelagem da Informação da Simulação

GFI - Gerenciamento Facilitado da Informação

MSIC - Modelagem da Informação de Simulação da Construção

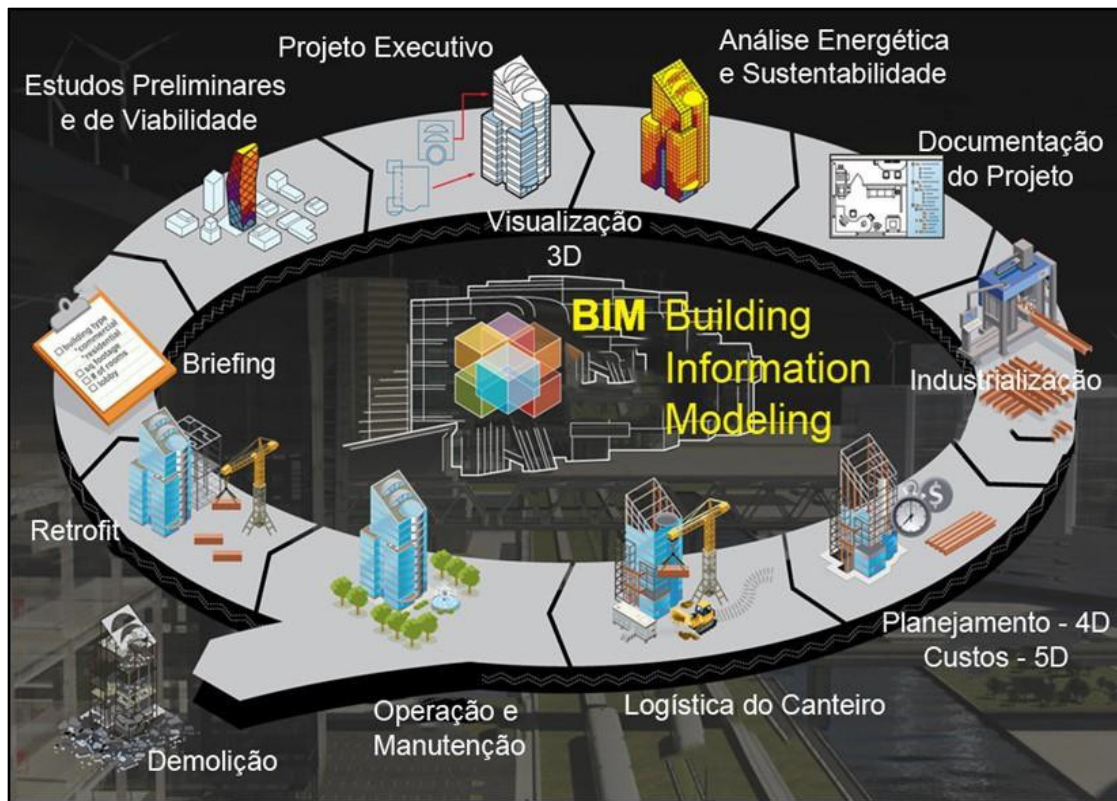
MIP - Modelagem da Informação de Ponte

Durante o desenvolvimento deste trabalho se utilizará a definição de BIM segundo Eastman et al. (2014, p. 13) “[...] uma tecnologia de modelagem e um **conjunto associado de processos** para produzir, comunicar e analisar modelos de construção.”.

2.2 BIM NO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO

Baseado nos conceitos de BIM foi possível o desenvolvimento de ferramentas que conseguem modelar e simular o comportamento de edificações frente a diversos aspectos, tais como: análises de desempenho térmico, energético, consumo de materiais, etc. (GT-BIM SANTA CATARINA, 2015). Utilizando-se desses modelos, é possível controlar todo o ciclo de vida da edificação (Figura 03) no curto, médio e longo prazo, passando pela fase de planejamento, projeto, obra, ocupação, manutenção e gestão da edificação. (ADDOR et al., 2010). Assim, após confeccionado o modelo, é obtida uma representação virtual do edifício, onde todos os seus elementos estão codificados para representar o comportamento real de seu ciclo de vida (CRESPO e RUSCHEL, 2007).

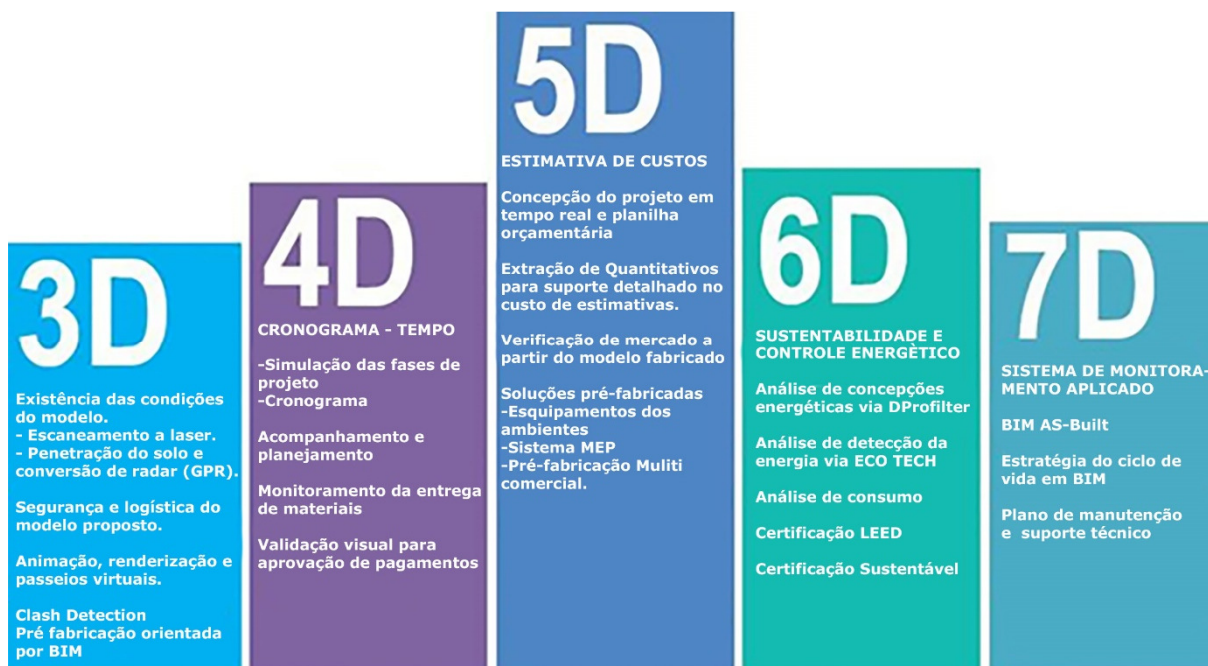
Figura 03 - O BIM e o ciclo de vida da edificação.



(Fonte: Autodesk, adaptado Manzione (2013))

A parametrização possibilita a transformação de um sistema produtivo 2D para 3D, 4D, 5D, 6D, 7D, nD dependendo do nível de informação que os projetistas inserem no modelo paramétrico. Esses subconjuntos de BIM podem representar desde aspectos volumétricos até informações sobre custo, tempo e sustentabilidade (SMITH, 2014). A figura 04 apresenta os diversos níveis D do BIM e os aspectos que cada uma dessas dimensões representa.

Figura 04 - Níveis D do BIM.



(Fonte: HAMMED (2015), adaptado pelo autor)

2.2.1 BIM 3D – Modelo Colaborativo

No BIM-3D ocorre a integração dos projetos da obra em um mesmo ambiente virtual. Assim, engenheiros, arquitetos e construtores podem analisar os modelos tridimensionais, extrair e gerar vistas, que auxiliam na solução de problemas construtivos da edificação. Durante esta etapa é realizado o processo de *clash detection* (detecção de conflitos) que verifica as incompatibilidades entre as diferentes disciplinas do projeto. A utilização do BIM 3D possibilita também uma melhor visualização do projeto, bem como uma melhor colaboração entre as diversas disciplinas de complementares. Ocasionalmente a redução dos retrabalhos e maior precisão no projeto, já que os profissionais trabalham em um ambiente integrado (HAMMED, 2015).

2.2.2 BIM 4D – Cronograma

O BIM 4D adiciona ao modelo 3D o cronograma de obra. Através desse processo é possível simular o avanço físico da obra e realizar o seu planejamento. Com a utilização do 4D o controle sobre aspectos de logística de canteiro e complexidade de processos construtivos é percebido com antecedência, possibilitando que as diferentes disciplinas adaptem seus planejamentos para um melhor andamento da obra (HAMMED, 2015)

2.2.3 BIM 5D – Estimativa de Custos

No BIM 5D ocorre a produção dos orçamentos de custos combinados com as representações gráficas do cronograma do projeto. Isso otimiza o tempo da quantificação de elementos, estimativas, melhora a assertividade dos quantitativos e permite que os profissionais responsáveis pelo levantamento de custos invistam mais tempo no processo de redução dos valores de obra (SMITH, 2014).

A otimização do processo de orçamentação aliado ao tempo possibilita também que, após as análises, sejam realizadas mudanças no escopo do projeto, escolha de materiais, equipamentos utilizados ou mudanças de mão de obra. Adequando, assim, os projetos a diferentes realidades orçamentarias (HAMMED, 2015).

2.2.4 BIM 6D – Sustentabilidade e Controle Energético

O BIM 6D auxilia na realização das estimativas de consumo energético e desempenho da edificação frente a diferentes condições ambientais (SMITH, 2014). Nesta dimensão se realizam as simulações, que resultam na obtenção de certificados *Green Buildings*. A análise destas simulações leva a uma redução global no consumo de energia e na escolha de melhores processos de instalações de alto desempenho para a edificação. (HAMMED, 2015)

2.2.5 BIM 7D – Manutenção e Gestão da Edificação

Na 7ª dimensão do BIM são gerados os projetos *As-Built*, informações relacionadas ao manual do usuário e do ciclo de vida da edificação são inseridas no modelo. Neste nível de BIM é feito o controle de datas de garantia de equipamentos, planos de manutenção, manuais de operação, contatos de fornecedores, guia de demolição, etc. (HAMMED, 2015).

2.3 COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

Segundo Melhado (2005, apud COSTA, 2013) “A compatibilização de projetos é a atividade que integra todos os projetos de uma edificação buscando o ajuste perfeito entre eles para garantir um padrão de qualidade final à obra. ”. Devido a este caráter de conciliar todas as

disciplinas do projeto, a compatibilização constitui um fator de melhoria da construtibilidade e racionalização do processo construtivo (NOVAES, 2001).

Utilizando a modelagem paramétrica é possível conceber um modelo que reúne as diferentes disciplinas do projeto e assim: “As informações estão concentradas em um único modelo. Todos os documentos possíveis são extraídos deste modelo. Qualquer alteração no modelo estará refletida em todos os documentos.” (ADDOR et al., 2010). Porém, é válido ressaltar que não é usual a utilização de somente um único modelo central para todo o projeto. Atualmente trabalha-se com a ideia de modelos que centralizam diferentes disciplinas de projeto, como Arquitetura, Instalações Complementares, Estrutura etc. Sendo assim, através da centralização da informação e da interação entre os modelos que o BIM proporciona, o processo de compatibilização é facilitado.

2.3.1 Objetos Paramétricos

Objetos paramétricos representam os elementos construtivos dentro dos modelos, por exemplo: portas, janelas, tubulações, etc. Estes objetos possuem parâmetros que podem ser definidos pelo usuário e outros que assumem valores fixos. Os objetos podem conter informações 2D, 3D, dados sobre construtividade, desempenho, entre outras. Para que o objeto seja considerado paramétrico é preciso que ele apresente características específicas citadas a seguir (EASTMAN et al., 2014):

- a) Consistem em definições geométricas e **dados e regras associadas**.
- b) A geometria é integrada de maneira não redundante e não permite inconsistências. Quando um objeto é mostrado em 3D, a forma não pode ser representada internamente de maneira redundante, por exemplo, como múltiplas vistas 2D. Uma planta e uma elevação de dado objeto devem sempre ser consistentes. As dimensões não podem ser "falsas".
- c) As regras paramétricas para os objetos **modificam automaticamente as geometrias associadas** quando inseridas em um modelo de construção ou quando modificações são feitas em objetos associados. Por exemplo, uma porta se ajusta imediatamente a uma parede, um interruptor se localizará automaticamente próximo ao lado certo da porta, uma parede automaticamente se redimensionará para se juntar a um teto ou telhado, etc.

- d) Os objetos podem ser definidos em diferentes **níveis de agregação**, então podemos definir uma parede, assim como seus respectivos componentes. Os objetos podem ser definidos e gerenciados em qualquer número de níveis hierárquicos. Por exemplo, se o peso de um subcomponente de uma parede muda, o peso de toda a parede também deve mudar.
- e) As regras dos objetos podem identificar quando determinada modificação viola a **viabilidade do objeto** no que diz respeito a tamanho, construtibilidade, etc.
- f) Os objetos têm a habilidade de **vincular-se a ou receber, divulgar ou exportar conjuntos de atributos**, por exemplo, materiais estruturais, dados acústicos, dados de energia, etc. para outras aplicações e modelos.

2.3.2 Prototipagem Virtual

Ao utilizar modelagem BIM é possível criar uma “edificação virtual”, que alia uma base de dados vinculada à geometria dos objetos. As mudanças que o projetista realiza nos parâmetros dos objetos resulta numa adaptação instantânea do modelo em todas as pranchas, vistas e detalhes nas mais variadas escalas. Isso resulta em uma queda substancial da quantidade de tempo necessária para a implementação de mudanças nos projetos. O ganho de produtividade observado tem aumentado concomitantemente ao aumento da capacidade de processamento dos computadores que executam os *softwares* BIM. (ARCHITECTURE RESEARCH LAB, 2011).

Ao utilizar o processo BIM para o projeto da edificação, é possível que o modelo paramétrico desenvolvido se comporte como um Protótipo Virtual da edificação. Reproduzindo, no ambiente virtual, aspectos do comportamento real que a edificação irá apresentar uma vez executada. Hernandez (2006), apresenta o conceito de modelo paramétrico e o comportamento que esse apresenta ao interagirmos com os seus parâmetros.

Um modelo paramétrico é uma representação computacional de um objeto construído com entidades geométricas que possuem atributos (propriedades) que são fixas e outras que podem variar. Os atributos variáveis recebem o nome de parâmetros e os atributos que são fixos *constrained*. O projetista muda os parâmetros no modelo paramétrico para procurar soluções alternativas no problema a ser solucionado. O modelo paramétrico responde a estas mudanças se adaptando e reconfigurando estes novos valores de parâmetros sem a necessidade de apagar ou redesenhar os objetos. (HERNANDEZ, 2006, tradução nossa)

Segundo Eastman et al. (2014) os modelos paramétricos de edificações são caracterizados da seguinte maneira:

- a) Componentes de construção, que são representados com representações digitais inteligentes (objetos) que "sabem" o que eles são, e que podem ser associados com atributos (gráficos e de dados) computáveis e regras paramétricas.
- b) Componentes que incluem dados que descrevem como eles se comportam, conforme são necessários para análises e processos de trabalho, por exemplo, quantificação, especificação e análise energética.
- c) Dados consistentes e não redundantes de forma que as modificações nos dados dos componentes sejam representadas em todas as visualizações dos componentes.
- d) Dados coordenados de forma que todas as visualizações de um modelo sejam representadas de maneira coordenada.

2.3.3 Realidade Virtual

A utilização realidade virtual surge como uma nova interface, possibilitando a interação com representações tridimensionais da realidade. Sua aplicação começou a ganhar forma a partir da década de 90, com o avanço tecnológico, porém era necessária a utilização de equipamentos especiais e caros, como, luva, capacete, mouses 3D, entre outros (KIRNER, SISCOOTTO (2007). Com a popularização de *Tablets e Smartphones* modernos tornou-se possível a utilização de recursos tecnológicos para simulação da realidade de uma maneira simplificada.

Através do acesso à tecnologia, surgiram aplicativos AEC para dispositivos móveis que já utilizam recursos de VR, porém seu uso ainda se encontra em estágio embrionário. Recursos de realidade virtual também podem ser utilizados para a interação com os modelos paramétricos em dispositivos móveis. Já existem no mercado aplicativos móveis para a visualização de modelos desenvolvidos em softwares BIM compatíveis com o formato IFC (CUPERSCHMID e FREITAS, 2013).

Além disso, o tamanho, peso, performance e valor do hardware afetam diretamente a utilização das simulações de realidade. Atualmente, os dispositivos móveis como *smartphones e tablets* ficaram menores, mais baratos e com maior poder de processamento (CHI, KANG e WANG,

2013). Desta forma, possibilitando que simulações de Realidade Virtual possam ser utilizadas em campo, de modo a proporcionar a interação com os protótipos virtuais, provenientes do modelo paramétrico.

Com foco na Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), é possível verificar que a utilização da tecnologia de simulação da realidade, nas diferentes **fases do processo de projeto**, pode representar benefícios, desde a análise de viabilidade até o processo de construção e de sistemas de gerenciamento de engenharia (CUPERSCHMID e FREITAS, 2013).

Utilizando o modelo paramétrico BIM exportado no formato IFC para aplicações de dispositivos móveis é possível ter acesso às informações do projeto de maneira remota e interativa, sendo possível acessar dados sobre os objetos modelados. Desta forma é possível solucionar problemas recorrentes no canteiro de obras como: falta de informações, incompatibilidades entre o que é projetado e o executado, falta de comunicação entre projetistas de diferentes disciplinas (CHI, KANG e WANG, 2013).

2.3.4 LOD - Nível de Desenvolvimento

Segundo BIMFORUM (2016) “O Nível de Desenvolvimento (LOD) é uma referência que permite aos integrantes de indústria AEC especificar e articular com grande nível de clareza o conteúdo e a confiabilidade dos modelos BIM em diferentes etapas do projeto e da construção.”.

O nível de detalhamento de cada disciplina do modelo se organiza em cinco níveis de forma progressiva. A referência parte do nível 100 até o 500 e cada etapa subsequente usa a anterior como ponto de partida, padronizando a quantidade de informação contida em cada elemento BIM como apresentado a seguir (ASBEA-RS, 2015):

1. Nível de desenvolvimento 100

Modelagem geral da edificação, incluindo, indicativo de áreas, alturas, volumes, localização/orientação; pode ser modelado em três dimensões ou representados por outros dados bidimensionais. Em termos gerais, caracteriza-se como o Estudo Preliminar Arquitetônico, no qual o ambiente é identificado dentro do Estudo de Massa da Edificação. Não é necessária uma maior precisão de uso, equipamentos, portas e janelas.

2. Nível de desenvolvimento 200

As categorias do Modelo (paredes, janelas, coberturas, ...) são modelados como sistemas generalizados ou conjuntos com quantidades aproximadas, tamanho, forma, localização e orientação. Em termos gerais, caracteriza-se como o Anteprojeto Arquitetônico, no qual o ambiente é melhor identificado com suas características de uso, fechamentos e equipamentos.

3. Nível de desenvolvimento 300

As categorias são modeladas como conjuntos específicos precisos em termos de quantidade, tamanho, forma, acabamento, localização e orientação. Informações não geométricas podem ser acrescentadas ao modelo. Em termos gerais caracteriza-se como Projeto Básico e Projeto Executivo com o detalhamento Arquitetônico em 2D (Alguns consideram a fase de detalhamento em 2D como LOD 350).

4. Nível de desenvolvimento 400

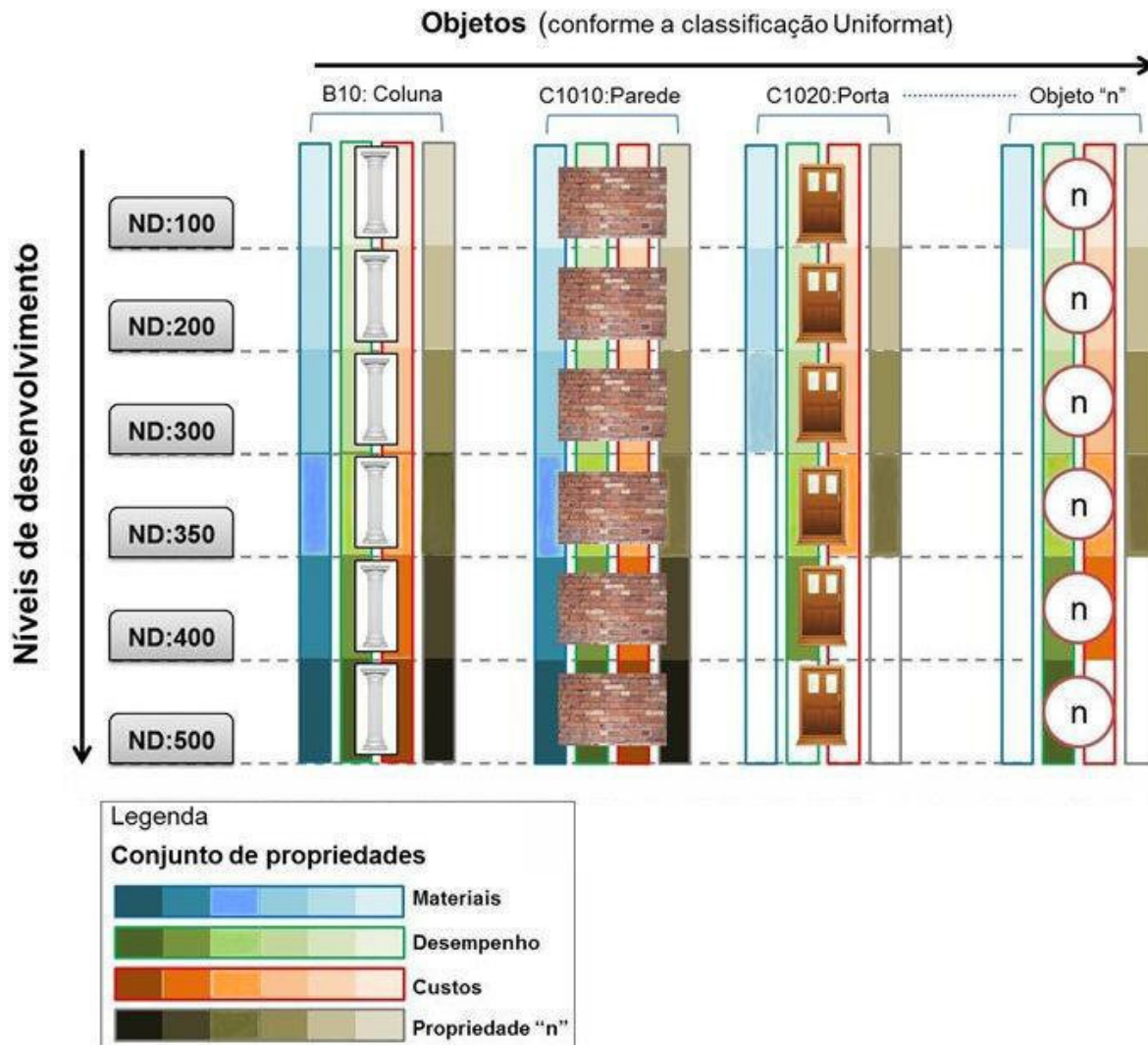
As categorias são modeladas como conjuntos específicos, e são precisas em termos do tamanho, forma, localização, quantidade, orientação; inclui completo sistema de montagem, fabricação e informações detalhadas. Em termos gerais, pode-se considerar o projeto totalmente em BIM 3D, no qual os elementos apresentados no projeto seguem o mais real possível a ser executado com todas as características técnicas do fabricante de cada especificidade.

5. Nível de desenvolvimento 500

O modelo pode ser usado para manter, alterar e adicionar elementos para retratar o projeto, conforme executado como conjuntos construídos reais (*as built*) e precisos em termos de tamanho, forma, localização, orientação e a quantidades. Em termos gerais, trata-se de um documento para ser usado durante o uso da edificação com objetivos de manutenção, substituição e administração de todas as instalações prediais.

A figura 05, apresenta a evolução dos objetos paramétricos à medida que o nível de desenvolvimento da modelagem avança. Elementos com LOD 100 apresentam características tridimensionais, ao passo que a modelagem evolui são inseridas informações sobre materiais, acabamentos, montagem etc. Cabe ressaltar que a modelagem paramétrica permite a inserção de tantas propriedades nos objetos quanto forem necessárias. O número de informações inseridas nesses objetos depende do objetivo final que moldagem se propõe.

Figura 05 - Elementos BIM e a evolução das suas propriedades.



(Fonte: Level of Development Specification, adaptado por: Manzione (2013).)

2.3.5 Softwares para Modelagem

Os *softwares* de modelagem BIM possuem plataformas específicas de cada fabricante, porém todos tem uma característica em comum: são voltados para a atividade fim do processo, o “projeto produto”. Através destes *softwares* é possível a manipulação dos modelos paramétricos e também a criação de objetos paramétricos, conhecidos como famílias. As interfaces de trabalho tendem a ser amigáveis e estão evoluindo constantemente, à medida que suas versões avançam. Existem, para todas as aplicações, comunidades virtuais que compartilham conhecimentos, tutoriais e bancos de dados de objetos para o desenvolvimento dos projetos (EASTMAN et al., 2014).

O quadro 01 apresenta um comparativo entre alguns softwares de desenvolvimento BIM existentes no mercado.

Quadro 01 – Comparativo entre Softwares

Produto	ArchiCAD	Bentley	REVIT	Vectorworks
Fabricante	Graphisoft	Bentley Systems, Incorporated	Autodesk	Nemetschek Vectorworks
Origem	Hungria / Alemanha	EUA com subsidiária no Brasil	EUA com subsidiária no Brasil	EUA
Preço	aprox.R\$13.000,00	aprox. R\$13.000,00	aprox. R\$9.000,00	R\$ 3.150,00 a R\$ 6.336,00
Língua Produto	Pt Portugal	Inglês	Português Brasil / Inglês / Outras	Português
Língua Manuais	Pt Portugal	Inglês	Português Brasil / Inglês / Outras	Português Brasil / Inglês / Outras
Língua Tutoriais	Pt Portugal	Inglês	Português Brasil / Inglês / Outras	Português / Inglês
Produtos Complementares	MEP(Instalações); ECODESING (Sustentabilidade); VBE (visualização)	Microstation (plataforma)	Vasari (Subscription), Roombook (Subscription), Navisworks, Inventor, Showcase, QTO, 3D Max, AutoCAD	Vector TILE (software para paginação de piso) e diversos volumes de bibliotecas extras
Base de dados insumos e composições de construção civil	Customizável (biblioteca, categorização e quantitativos)	Biblioteca integrada, no entanto é necessária uma customização para atender a realidade Nacional	Customizável (biblioteca, categorização e quantitativos)	Não
Interoperabilidade 1 - Arquivos IFC	Sim	Sim	Sim	Sim
Interoperabilidade 2 - Integração com outros softwares BIM:	Synchro; Solibri; Tekla Structures; TQS; Tricalc; SAP 2000; SCIA Engineer; AutoCAD; Autodesk REVIT; ECOTEC; GREEN BUILD Studio; Artlantis; Volare PINI; TCPO PINI;	DWG, DXF, Sketchup,GBXML	DWG, DXF, Sketchup, GBXML, Archicad, Bentley, Inventor, Rhinoceros, TQS, Tekla, Solibri, Solidworks, Ecotect, SAP2000, Etabs, Vectorworks, Cypacad, Strap	Não. Somente através do IFC

(Fonte: adaptado de ASBEA 2011)

No andamento deste trabalho será utilizado o Autodesk Revit que apresenta como características: é a aplicação BIM mais difundida no mercado brasileiro, na versão atual do

software todas as disciplinas do projeto (arquitetônico, estrutural, elétrico, hidráulico, climatização, etc.) podem ser modeladas em uma única plataforma. Sua interface é intuitiva e é possível criar documentação para todas as fases do projeto, desde os estudos iniciais até os detalhes executivos. Um atrativo para indústria brasileira é sua boa operacionalidade com arquivos de Autodesk AutoCad, que é um dos softwares AEC mais utilizados no Brasil (e no mundo) por empresas que ainda não adotam processos BIM.

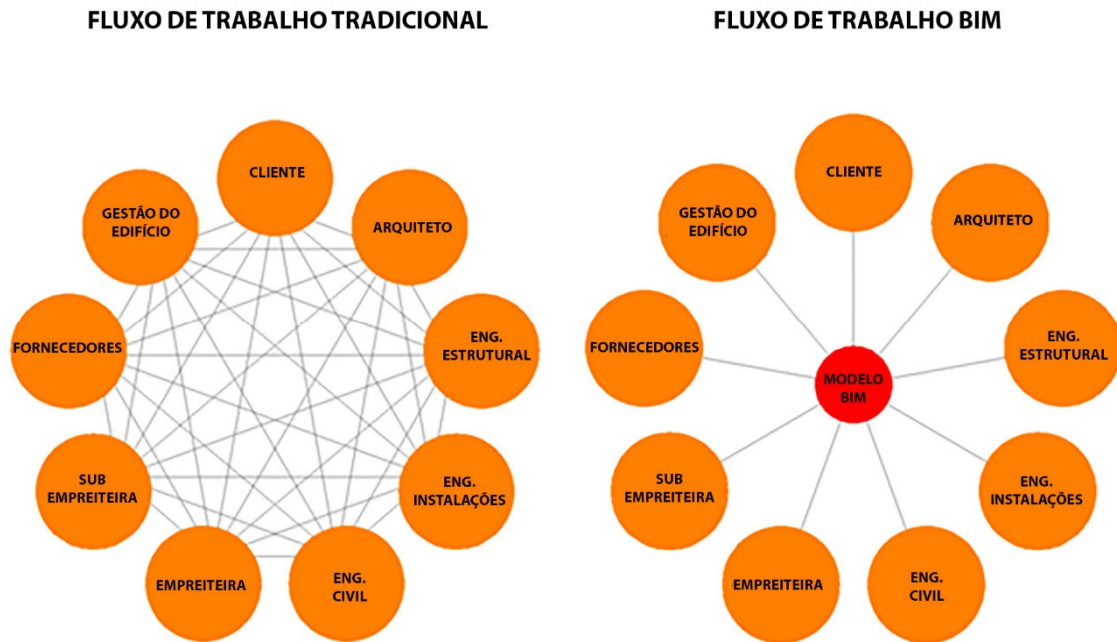
É importante ressaltar que, dentro das opções disponíveis no mercado, ainda não existem aplicações de *software* que englobam todos os aspectos da tecnologia BIM, como destaca ASBEA-RS (2015) “[...] Archicad, Revit e Vector – não são o método BIM, mas ferramentas que trabalham com a tecnologia BIM, sendo uma parte de todo o **processo** projetual.”.

O desenvolvimento destes *softwares* se encontra em constante evolução e a cada nova versão é possível comportar um maior volume de informações com processos otimizados (EASTMAN et al., 2014).

2.4 INTEROPERABILIDADE

O fluxo de trabalho tradicional ocorre de forma fragmentada, nela cada profissional (estrutural, elétrica, hidráulica, arquitetura) desenvolve de maneira independente a sua competência no projeto. Dessa forma o controle do projeto fica deficitário e acarreta em retrabalhos, informações desencontradas, incompatibilidades, falta de dinamismo, etc. Já o processo de trabalho BIM se dá de forma integrada, através de um modelo paramétrico, onde os profissionais podem atuar conjuntamente, proporcionando a percepção de incompatibilidades durante as fases iniciais de cada etapa. A Figura 06 apresenta uma representação das organizações tradicional e BIM para o fluxo de trabalho.

Figura 06 – Diferenças do Fluxo de Trabalho nos Processos Tradicional e BIM



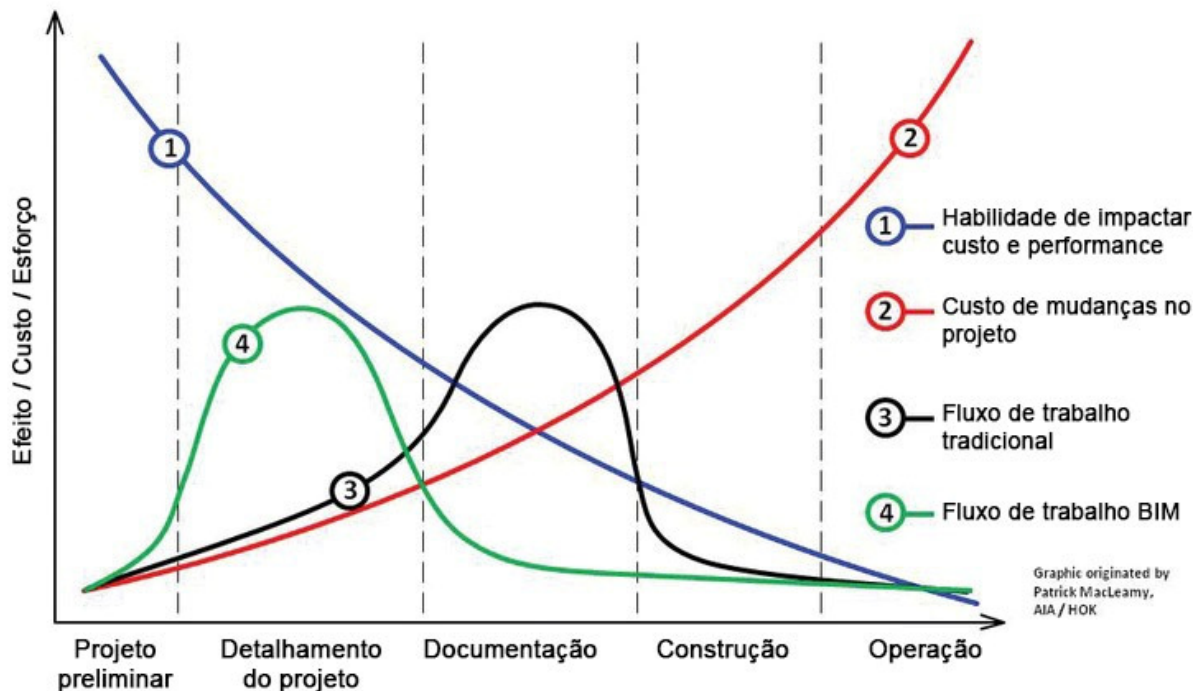
(Fonte: SMITH, TARDIF (2009), tradução nossa)

Howel e Batcheler (2004, tradução MANZIONE, 2013) destacam a importância da interoperabilidade para o sucesso do processo BIM e a necessidade de uma plataforma de dados aberta para o bom desenvolvimento do projeto.

A interoperabilidade é crítica para o sucesso do BIM. O desenvolvimento de padrões de dados abertos e o acesso "não-proprietário" para os dados do BIM é uma prioridade urgente para a indústria se quisermos evitar as ineficiências e os problemas recorrentes de reentrada de dados. A interoperabilidade permitirá o reuso de dados de projeto já desenvolvidos e assim garantindo consistência entre cada um dos modelos para as diferentes representações do mesmo edifício. Dados consistentes, acurados e acessíveis por toda a equipe de projeto irão contribuir significativamente para mitigar os atrasos e os custos adicionais.

As vantagens que a interoperabilidade do processo BIM proporciona ao projeto são demonstradas pela Curva de MacLeamy (Figura 07).

Figura 07 – Curva de Esforço (Patrick MacLeamy Curve)



(Fonte: Patrick MacLeamy, adaptado JUNIOR (2016))

Analisando o fluxo tradicional de trabalho, é perceptível que o maior volume de mobilização dos profissionais se encontra nas fases de documentação de projeto. Assim etapas fundamentais do projeto, como análises de incompatibilidades, volumétricas, escolha de materiais, entre outras, são realizadas de forma tardia e suas alterações resultam em custos elevados (MACLEAMY, 2010).

Por outro lado ao utilizar processos BIM, a fase de documentação demanda menos dos profissionais, dada a facilidade de criar vistas através do modelo tridimensional. Desta forma com o BIM as equipes podem concentrar energia em encontrar melhores alternativas tecnológicas para cada desafio do projeto durante as fases iniciais (quando o custo é inferior), resultando em um projeto melhor (MACLEAMY, 2010).

2.5 IFC - INDUSTRY FOUNDATION CLASSES

O IFC é um modelo de armazenamento de dados que apresenta grande potencial para a portabilidade das informações no desenvolvimento de projetos em BIM. Isso deve-se ao fato de ser um tipo de arquivo aberto “não proprietário”, assim diferentes empresas podem desenvolver produtos para este formato (HOWELL E BATCHELER, 2004).

A definição do modelo de dados IFC é apresentada pelo *National Bim Standard* (2007), tradução nossa)

O modelo de dados IFC consiste em definições, regras e protocolos que definem de forma única conjuntos de dados que descrevem edificações ao longo de seus ciclos de vida. Essas definições permitem que a indústria de desenvolvedores de software escrevam interfaces IFC para as suas aplicações, que assim permitem a troca e compartilhamento dos dados no mesmo formato com outras aplicações, independentemente da estrutura interna de dados do aplicativo de software individual. Softwares que têm interfaces IFC são capazes de trocar e compartilhar dados com outros aplicativos que também têm interfaces IFC.

Dentre os *softwares* mais populares de desenvolvimento BIM, boa parte possui suporte ao formato IFC. Porém, apesar do potencial prático deste formato de arquivo, ainda existem alguns obstáculos para uma implementação mais abrangente. Não é incomum ocorrer incapacidade de acesso a informações ou funcionalidades ao intercambiar um arquivo IFC para aplicações BIM de fabricantes diferentes. Este problema ainda carece de uma solução, pois os fabricantes de *softwares* resistem em criar um sistema de exportação que revele segredos comerciais de seus programas. (FERRAZ e MORAIS, 2012)

2.6 QUALIDADE DO PROJETO

Novaes (2001) ressaltou a importância da qualidade no âmbito da construção “No setor da construção de edifícios, a efetiva competitividade presente em determinados segmentos de mercado, tem provocado a conscientização dos diversos agentes intervenientes quanto à necessidade de se promover melhoras no desenvolvimento de processos e na qualidade dos produtos.”.

Na ótica da gestão de qualidade, o projeto de edificações, foi definido por Melhado (1999) como “[...] um processo que utiliza um conjunto de dados de entrada e, ao final, deve garantir como dados de saída um grupo de soluções que respondem às necessidades dos clientes a quem o edifício se destina.”.

É interessante analisar o projeto de duas maneiras distintas, como um produto e como um processo. Na esfera do projeto-produto é importante observar a conformidade das soluções, compatibilizações e a elaboração dos projetos. No projeto-processo o enfoque se encontra, além das fases de projeto e suas subdivisões, também nas etapas de produção da edificação, e assim atividades de coordenação de projetos ganham relevância. (NOVAES, 2001)

Addor et al. (2010) aponta que na indústria AEC “A relação de interdependência entre todos os participantes do setor é enorme e direta, começando no projeto, passando por planejamento, subcontratados de obra, obra, pós-ocupação e manutenção”. Conseqüentemente os processos BIM, pelo fato de centralizarem e facilitarem o acesso a informação, apresentam grande potencial para a garantia da qualidade nos projetos.

A participação dos profissionais de projeto, durante a etapa de produção da edificação, propicia o contato com as práticas produtivas e “[...] ...contribui para a elaboração dos projetos *as built* e para a retroalimentação da etapa de projeto com dados e informações que permitirão a elaboração de projetos futuros com redução de incertezas, pela maior proximidade com a realidade produtiva. ” (NOVAES, 2001).

Fica perceptível que a busca pela qualidade na construção é um processo contínuo, que evolui ao longo das vivências de canteiro, combinadas com os conhecimentos de escritório. Assim, mais uma vez, a interoperabilidade representa um papel fundamental no projeto das edificações.

3 MÉTODO

O desenvolvimento da parte prática deste trabalho seguirá o modelo de pesquisa-ação, onde o autor intervém no produto de acordo com os resultados do processo de compatibilização dos projetos. Tendo em vista que este tema de trabalho encontra certa escassez de bibliografia disponível, em especial na língua portuguesa, este trabalho foi concebido com o intuito de desenvolver os conhecimentos e as práticas adequadas para a produção dos protótipos virtuais provenientes do desenvolvimento de modelos paramétricos.

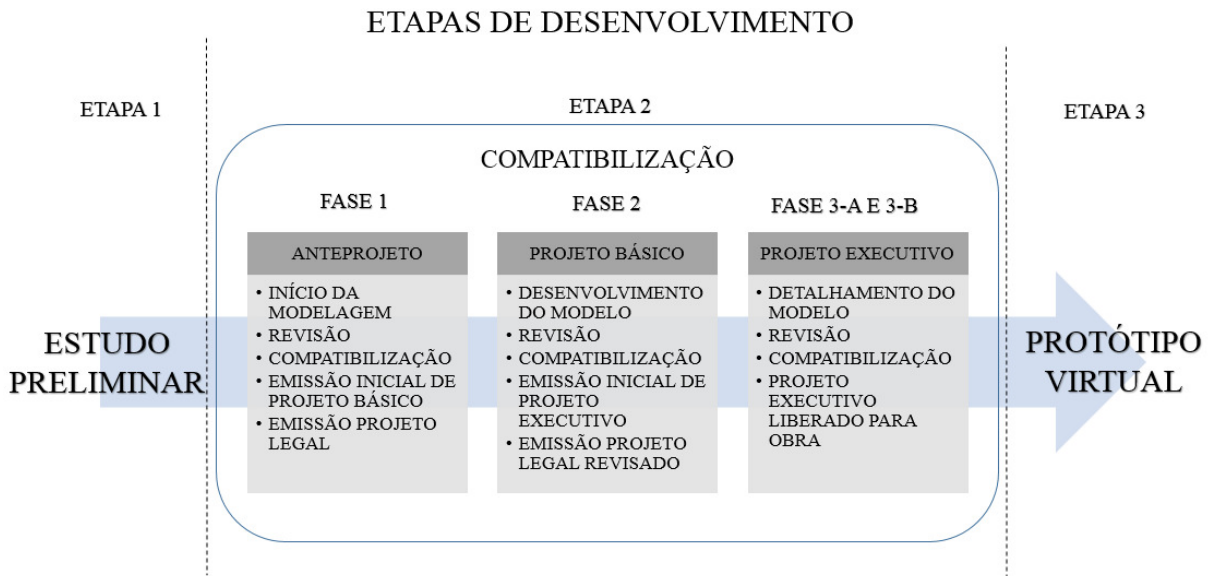
Com o intuito de atingir os objetivos, será utilizada a experiência do autor, que atua no desenvolvimento de projetos em BIM em escritório durante 5 anos. Bem como das empresas participantes deste projeto, no processo de projetar e modelar a edificação utilizando BIM. Por meio da modelagem e compatibilizações dos ambientes, desenvolveram-se práticas adequadas para a produção de protótipos virtuais, visando complementar a documentação e compreensão do projeto executivo.

3.1 MÉTODO DE AÇÃO

Para que o modelo paramétrico desenvolvido utilizando processos BIM se comporte como um protótipo virtual, é necessário o entendimento de suas etapas de desenvolvimento. Para isso, descrever um método de ação viável para que este modelo tenha o potencial de comportar-se, em alguns aspectos, como um protótipo virtual, é fundamental. Valendo-se desse processo demonstra-se como o processo BIM auxilia no fluxo de trabalho para desenvolvimento do modelo paramétrico.

Para a facilitar a documentação e o entendimento do processo de desenvolvimento do projeto estudado, este foi dividido em 3 etapas distintas (figura 08). Etapa 1: projeto preliminar. Etapa 2: compatibilização do projeto, composta pelas fases de anteprojeto, projeto básico, projeto executivo, projeto executivo liberado para obra. Etapa 3: prototipagem virtual.

Figura 08 – Etapas de Desenvolvimento de Projeto.



(elaborado pelo autor)

O conteúdo foi organizado de modo a explicar cada uma das etapas e fases do processo de desenvolvimento do modelo paramétrico em BIM, desde os estudos preliminares até obtenção de um protótipo virtual. Os temas abordados estruturam-se seguindo a organização definida no cronograma de projeto. São apresentadas descrições da interação entre os escritórios envolvidos e a forma de ação utilizada para a obtenção do protótipo virtual durante cada uma das etapas de desenvolvimento.

O desenvolvimento do projeto deu-se por meio da colaboração de 4 escritórios. Desses, três estão localizados na cidade de São Paulo e foram encarregados pelos projetos de Estruturas, Instalações Complementares (Elétrico, Hidráulico e Incêndio) e Coordenação do Projeto. Por fim, o escritório localizado em Porto Alegre foi responsável pelo projeto e modelagem dos elementos arquitetônicos e pela compatibilização entre disciplinas da edificação.

A estruturação dos arquivos do modelo paramétrico ocorreu utilizando-se de Arquivos Centrais de Revit. Nesse sistema, cada computador possui um Arquivo Usuário do modelo paramétrico que se comunica e sincroniza com o Arquivo Central contido no servidor. Desta forma, todos os usuários trabalham no mesmo modelo central, e têm acesso a todas as informações inseridas pelos projetistas no modelo paramétrico de maneira simultânea.

Nos itens apresentados abaixo ficam elencadas as atividades desempenhadas durante as etapas e fases de desenvolvimento do projeto. Estes temas foram aprofundados no desenvolvimento do capítulo 4 deste trabalho.

Etapa 1: Projeto Preliminar: Foram definidos o cronograma de projeto e realizadas as reuniões inaugurais, onde decidiram-se os padrões de arquivos a serem utilizados e os principais canais de comunicação entre os projetistas. O escritório de arquitetura recebeu da contratante esquemas básicos 2D do empreendimento. Dentro deste material constavam plantas baixas, cortes, elevações, estudos topográficos entre outras informações. A partir deste material e de informações provenientes de reuniões iniciais com os projetistas, responsáveis por diferentes disciplinas de instalações complementares, teve-se início o desenvolvimento do projeto.

Etapa 2, Fase 1: Anteprojeto: Iniciou-se a modelagem propriamente dita, juntamente com estudos para acomodação das necessidades que a edificação precisa atender. Requisitos como vagas de estacionamento, sanitários para portadores de necessidades especiais, reservatórios, áreas técnicas, ventilação de subsolos, lançamento do layout da estrutura, disposição das salas comerciais e demais demandas foram inseridas no modelo.

Após o atendimento das demandas iniciais gerou-se um conjunto de pranchas do Anteprojeto para os **projetistas complementares** utilizarem como base para o desenvolvimento de suas especialidades. Após o período definido por cronograma, receberam-se os Anteprojeto das disciplinas complementares e ocorreu a revisão e compatibilização dos projetos. Ao final da fase gerou-se o conjunto de pranchas de Projeto Básico e de Projeto Legal, para aprovação do empreendimento junto ao órgão municipal responsável. Em complemento a este material são enviados os relatórios de compatibilização para análise e adaptação dos projetos de cada disciplina.

Etapa 2, Fase 2: Projeto Básico: Discute-se em reunião os relatórios de compatibilização e alinham-se os próximos passos de desenvolvimento do projeto entre os projetistas. A modelagem entra em fase de aprofundamento. Famílias de objetos diferenciados entraram em processo de produção, elementos especiais de fechamento, portas diferenciadas, portões, grades de drenagem, entre outras foram modeladas utilizando a ferramenta de criação de famílias paramétricas do Revit e carregadas dentro do modelo.

Recebeu-se os Projetos Básicos complementares e inicia-se nova etapa de revisão e compatibilização de projetos. Realizou-se a análise das diferentes disciplinas e suas interações. A arquitetura realizou a revisão de projeto e adaptou espaços para acomodar os diferentes equipamentos de infraestrutura previstos para o edifício. Incompatibilidades encontradas foram catalogadas e se realizou a produção dos relatórios de compatibilização para cada disciplina.

Nesta fase ocorreram também modificações exigidas pelo município para a aprovação do projeto legal. Ao final da fase, a arquitetura realizou a emissão do Projeto Legal revisado e Projeto Executivo R00, que serviu, juntamente com os relatórios de compatibilização, para que os engenheiros realizassem as adaptações pendentes em seus projetos.

Etapa 2, Fase 3-A: Projeto Executivo: Ao ingressar na fase de projeto executivo iniciaram-se os trabalhos de documentação de projeto. Foram criadas pranchas específicas para diferentes regiões com necessidade de maior aprofundamento como escadas, rampas, corrimãos, floreiras, sanitários, fachadas etc.

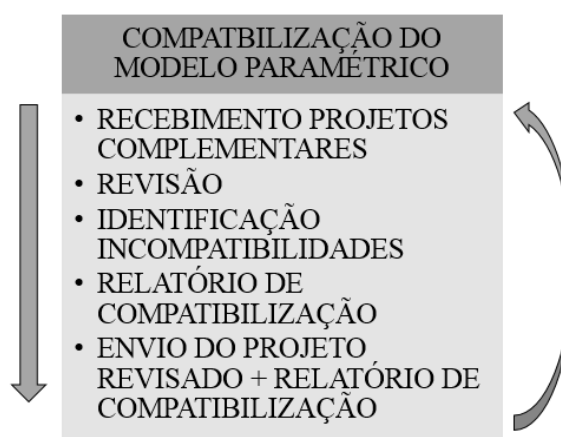
Após o período previsto no cronograma os projetistas complementares enviaram a versão Pré-Executiva de seus projetos. Realizou-se nova compatibilização de projetos e foram realizadas as modificações pertinentes na arquitetura. Concluído o detalhamento inicial do projeto e após a compatibilização dos projetos foram gerados novos relatórios de compatibilização e emissão do Projeto Executivo.

Etapa 2, Fase 3-B: Projeto Executivo Liberado para Obra: O projeto executivo liberado para obra decorreu dos últimos ajustes após a compatibilização dos projetos pré-executivos. Durante esta fase foram recebidas as revisões dos projetos executivos das instalações complementares e da estrutura. Nesta etapa, realizaram-se revisões de menor impacto, de modo a alinhar todas as disciplinas para a emissão do projeto executivo liberado para obra. O processo de revisão e compatibilização é repetido até a obtenção do modelo paramétrico compatibilizado.

O encerramento do projeto se deu após o envio do conjunto completo das pranchas. Estes arquivos foram cadastrados na plataforma online de coordenação de projeto. Todas as disciplinas analisam mais uma vez estes projetos e dão o seu aval para liberação para execução. Neste ponto encerrou-se o desenvolvimento do projeto em escritório e o projeto é considerado Liberado para Obra.

Etapa 2: Compatibilização de Projetos: O processo de compatibilização foi separado das fases de desenvolvimento do projeto. Isto se deve ao fato de a compatibilização ser um processo repetitivo que funciona em laço, figura 09. Esta medida teve o objetivo de proporcionar o entendimento facilitado do processo de compatibilização das áreas selecionadas, visto que este procedimento ocorreu durante todas as fases de desenvolvimento. Foram selecionadas regiões do projeto e cada uma delas foi apresentada de forma isolada, demonstrando a evolução destas regiões desde o estudo preliminar até o projeto executivo liberado para obra.

Figura 09 – Ciclo de Compatibilização do Projeto.



(elaborado pelo autor)

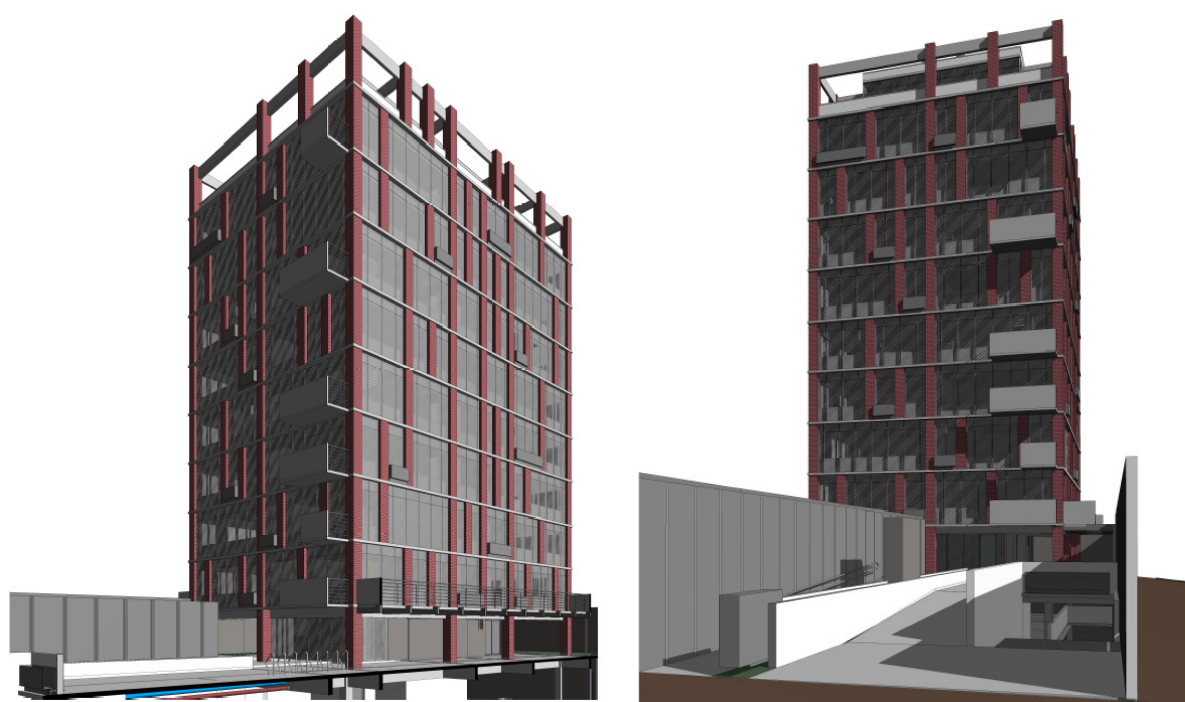
Etapa 3: Prototipagem Virtual: Concluídas as etapas de desenvolvimento do projeto e posteriormente todas as revisões de projeto executivo, O modelo paramétrico resultante deste processo apresenta características de um protótipo virtual. Neste modelo paramétrico toda a geometria do projeto está compatibilizada e interferências entre disciplinas foram sanadas. Em complemento à geometria, o modelo BIM apresenta informações adicionais para auxiliar a execução de áreas que se verificaram problemáticas durante o desenvolvimento do projeto.

Procedeu-se a configuração das cenas utilizadas para a criação das visualizações em Realidade Virtual. Geraram-se arquivos DWF de regiões selecionadas para a visualização do projeto em plataformas móveis como *smartphones* e *tablets*. Utilizou-se aplicativos para dispositivos móveis e formas alternativas de representação do projeto em Realidade Virtual, com o intuito de extrair o máximo de informação que o modelo BIM pudesse proporcionar para os construtores.

3.2 CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

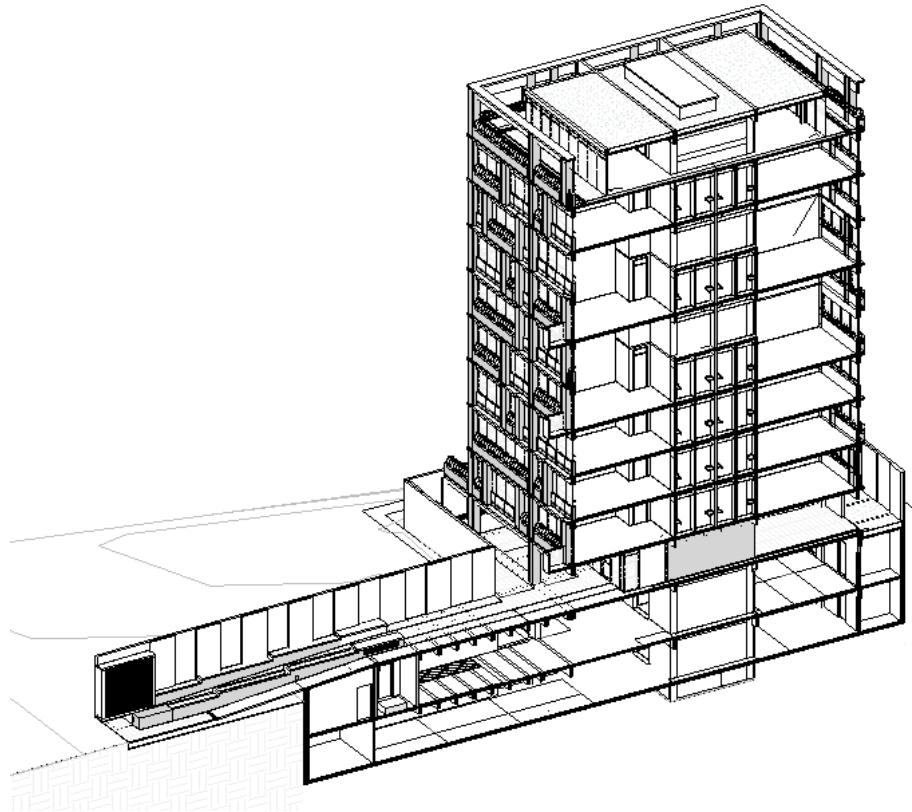
O empreendimento modelado consiste em uma torre destinada ao uso comercial. A projeto localiza-se na cidade de São Paulo, no bairro Vila Madalena. O empreendimento possui 2 subsolos, 1 térreo, 6 pavimentos de lojas comerciais e 1 ático técnico. Abaixo, a Figura 10 apresenta duas perspectivas isométrica do empreendimento. A Figura 11 mostra um corte em perspectiva passando por todos os níveis da edificação.

Figura 10 – Perspectivas Isométricas do empreendimento.



(fonte: elaborado pelo autor)

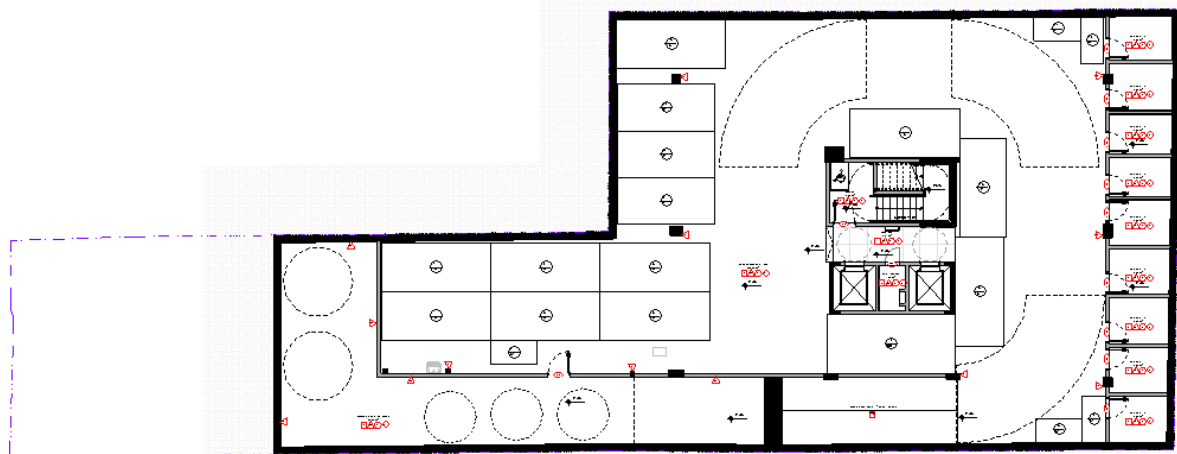
Figura 11 – Corte em Perspectiva da Edificação



(elaborado pelo autor)

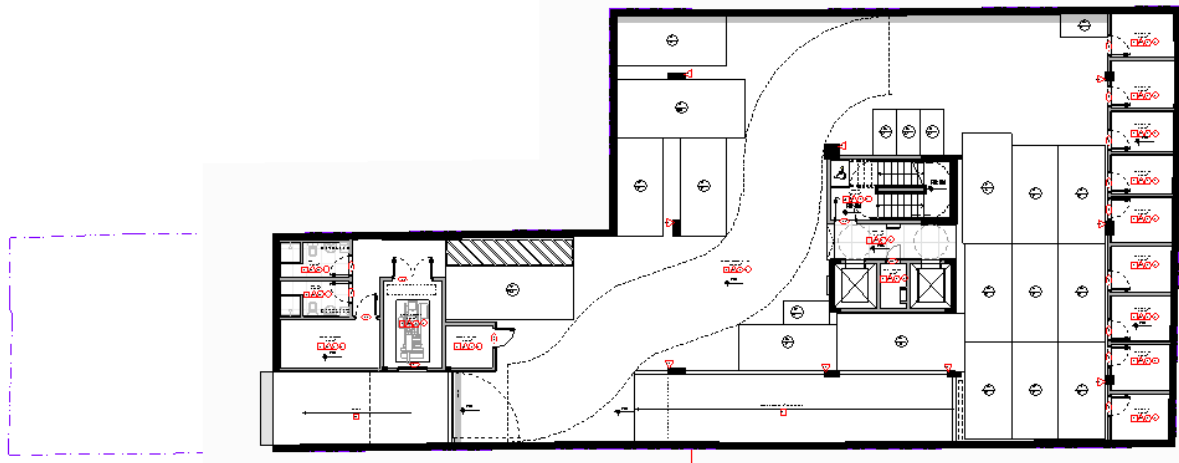
Os subsolos destinam-se à acomodação das vagas de estacionamento e alocação de reservatório, casa de bombas, grupo gerador, sala de medição, áreas técnicas, vestiários dos funcionários e depósitos destinados a cada uma das salas comercializadas. As figuras 12 e 13 apresentam as plantas baixas do 2º e 1º pavimento de subsolos respectivamente.

Figura 12 – Planta Baixa 2º pavimento subsolo



(elaborado pelo autor)

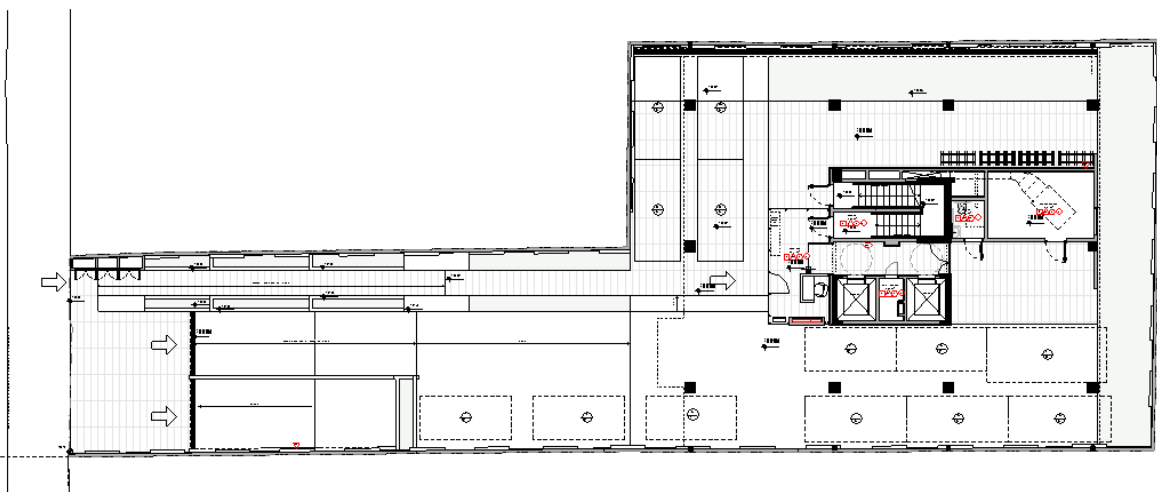
Figura 13 – Planta Baixa 1º Pavimento Subsolo



(elaborado pelo autor)

O pavimento térreo comporta a pressurização das escadas de emergência, sala técnica, recepção, acesso do edifício, rampa de acesso aos subsolos e vagas de estacionamento (Figura 14).

Figura 14 – Planta Baixa do Pavimento Térreo

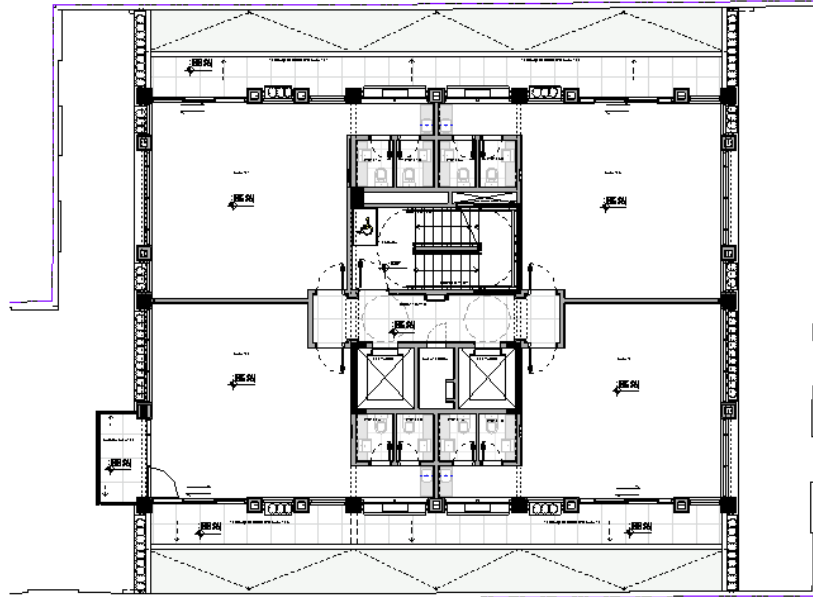


(elaborado pelo autor)

Os níveis de lojas comerciais seguem do primeiro ao sexto pavimento. Cada pavimento possui 4 salas comerciais com dois banheiros. O primeiro pavimento de salas comerciais possui um terraço descoberto com jardim. O quarto e quinto pavimento possuem salas comerciais com pé direito duplo. Todos os pavimentos tipo possuem, também, sala técnica e espaço reservado para

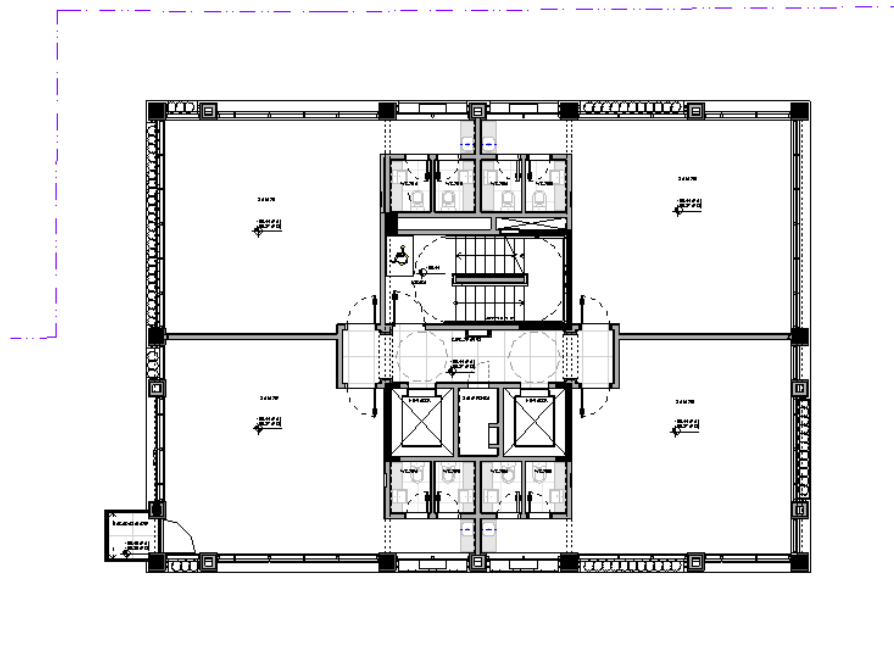
instalação do sistema de ar condicionado. As figuras 15 e 16 apresentam as plantas baixas do 1º pavimento *garden* e dos pavimentos tipo, respectivamente.

Figura 15 – Planta Baixa do 1º Pavimento Garden



(elaborado pelo autor)

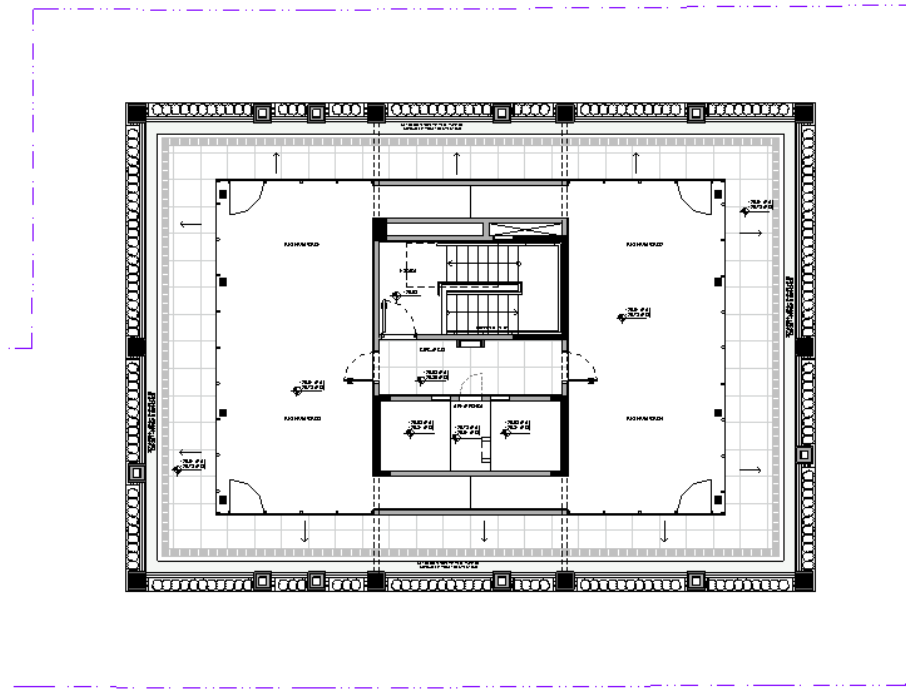
Figura 16 – Planta Baixa do Pavimento Tipo



(elaborado pelo autor)

O pavimento ático abriga espaço destinado ao reservatório superior e ao terraço com canteiros paisagísticos. A figura 17 apresenta a planta baixa do pavimento ático

Figura 17 – Planta Baixa do Pavimento Ático



(elaborado pelo autor)

4 DESENVOLVIMENTO DO MODELO PARAMÉTRICO

Neste capítulo são descritas etapas de desenvolvimento de projeto e os resultados que foram alcançados para um modelo paramétrico compatibilizado, representando as regiões de um edifício de forma virtual. Após a apresentação das fases de desenvolvimento e da compatibilização, são ilustradas maneiras alternativas de representar o modelo paramétrico em aplicativos móveis multiplataforma e recursos de Realidade Virtual.

4.1 ETAPA 1: PROJETO PRELIMINAR

Antecedente ao início da modelagem, ocorreram reuniões presenciais entre os escritórios envolvidos para definições de aspectos importantes para o andamento do trabalho. Foram discutidos os cronogramas, nomenclatura a ser adotada nos arquivos, canais de comunicação oficiais, formatos de arquivo utilizados e demais particularidades para um bom fluxo de trabalho entre os projetistas.

Acordou-se o cronograma, definindo-se datas para o desenvolvimento e entrega de cada etapa do projeto. Na figura 18 é possível a visualização das datas de início e fim de cada etapa, bem como o tempo previsto aos projetistas desenvolverem cada uma das etapas. Após o término de cada uma das fases, agendaram-se reuniões presenciais entre os projetistas para o alinhamento das ações para a fase seguinte.

Figura 18 – Cronograma de Desenvolvimento do Projeto.

ID	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish
1			140 days	Wed 02/04/14	Tue 14/10/14
3	✓	AR - EST - R00	36 days	Wed 02/04/14	Wed 21/05/14
4	✓	AP - ELE - R00	36 days	Wed 02/04/14	Wed 21/05/14
5	✓	AP - HID - R00	36 days	Wed 02/04/14	Wed 21/05/14
6	✓	AP - ARC - R00	36 days	Wed 02/04/14	Wed 21/05/14
7	✓	REUNIÃO ALINHAMENTO COMPLEMENTARES	1 day	Thu 22/05/14	Thu 22/05/14
8	✓	PB - ARQ - R00	15 days	Tue 24/06/14	Mon 14/07/14
9	✓	RELATÓRIO COMPATIBILIZAÇÃO	1 day	Tue 15/07/14	Tue 15/07/14
10	✓	REUNIÃO START-PB COMPLEMENTARES	0 days	Mon 21/07/14	Mon 21/07/14
11		PB - FUN - R00	45 days	Mon 02/06/14	Fri 01/08/14
12		PB - EST - R00	10 days	Mon 04/08/14	Fri 15/08/14
13		REUNIÃO INTERMEDIÁRIA-PB COMPLEMENTARES	1 day	Mon 18/08/14	Mon 18/08/14
14		PB - ELE - R00	12 days	Mon 11/08/14	Tue 26/08/14
15		PB - HID - R00	12 days	Mon 11/08/14	Tue 26/08/14
16		PB - ARC - R00	12 days	Mon 11/08/14	Tue 26/08/14
17		PE - ARQ - R00	8 days	Wed 27/08/14	Fri 05/09/14
18		RELATÓRIO COMPATIBILIZAÇÃO	1 day	Mon 08/09/14	Mon 08/09/14
19		REUNIÃO START-EX COMPLEMENTARES	0 days	Thu 11/09/14	Thu 11/09/14
20		PE - FUN - R00	5 days	Fri 12/09/14	Thu 18/09/14
21		PE - EST - R00	5 days	Wed 17/09/14	Tue 23/09/14
22		REUNIÃO INTERMEDIÁRIA-EX COMPLEMENTARES	1 day	Wed 24/09/14	Wed 24/09/14
23		PE - ELE - R00	5 days	Mon 22/09/14	Fri 26/09/14
24		PE - HID - R00	5 days	Mon 22/09/14	Fri 26/09/14
25		PE - ARC - R00	5 days	Mon 22/09/14	Fri 26/09/14
26		LO - ARQ - R00	5 days	Mon 29/09/14	Fri 03/10/14
27		RELATÓRIO COMPATIBILIZAÇÃO	1 day	Mon 06/10/14	Mon 06/10/14
28		REUNIÃO LO	0 days	Thu 09/10/14	Thu 09/10/14
29		LO - FUN - R00	3 days	Fri 10/10/14	Tue 14/10/14
30		LO - EST - R00	3 days	Fri 10/10/14	Tue 14/10/14
31		LO - ELE - R00	3 days	Fri 10/10/14	Tue 14/10/14
32		LO - HID - R00	3 days	Fri 10/10/14	Tue 14/10/14
33		LO - ARC - R00	3 days	Fri 10/10/14	Tue 14/10/14

(fonte: elaborado pelo autor)

Para a gestão integrada do projeto definiu-se a plataforma online *Construmanager*. Esta plataforma facilita a todos os agentes envolvidos o cadastro de seus arquivos e o acesso a informações produzidas pelos demais projetistas. Dados sobre prazos de entrega, registros de revisões, padronizações e atas de reuniões também podem ser acessados nesta plataforma. Assim facilita-se ao coordenador do projeto a interação com os projetistas e o acesso dos arquivos do projeto.

Outro aspecto discutido entre os projetistas envolvidos foi a padronização da forma como seria compartilhada a informação. A troca das informações mereceu atenção especial visto que o projeto estrutural e de fundações utilizou desenhos 2D produzidos em *AutoCad*, enquanto que arquitetura e demais projetos de instalações complementares desenvolveram-se em *Revit*. Desta forma, necessitou-se que os escritórios utilizassem formatos de arquivos compatíveis entre

diferentes *softwares*. Assim, convencionaram-se formatos de arquivos padrão para os arquivos a serem trocados e cadastrados no sistema pelos projetistas durante o processo.

Definiu-se o formato DWG, PLT e PDF para plantas baixas, cortes, elevações e demais desenhos técnicos. O formato DWG também é o padrão exigido pela prefeitura de São Paulo para o cadastro do projeto legal. Os formatos DWF e PDF para revisões e relatórios de incompatibilidades. Por fim o formato RVT foi utilizado em complemento aos formatos anteriores para a troca de informação entre os modelos paramétricos da arquitetura e de instalações complementares.

A decisão de utilizar o formato DWG como padrão em um projeto desenvolvido em BIM pode parecer incoerente. Porém o fato deste trabalho envolver escritórios com diferentes níveis de maturidade na utilização de BIM fez com que o DWG fosse a escolha mais segura para a continuidade do projeto, tendo em vista a familiaridade que os projetistas já tinham com esse formato.

Além disso os desafios técnicos para a transmissão de dados de um modelo BIM, que ocupa volume de armazenamento em disco muito maior que um arquivo DWG, impossibilitariam um fluxo ágil de troca de informação entre os projetistas utilizando armazenamento em nuvem de dados. Com o intuito de sanar a falta de informação disponível para os projetistas foi utilizado, em complemento ao DWG, o formato DWF para relatórios de compatibilização.

O DWF (*Design Web Format*) é um formato de arquivo desenvolvido pela *Autodesk* que permite a utilização *software Design Review* para a visualização de projetos de forma gratuita. Nas pranchas exportadas em formato DWF é possível a visualização de informações adicionais dos elementos presentes nos desenhos. Com a utilização do *Design Review*, é possível a inserção e controle de revisões e comentários sobre os projetos. Outro aspecto importante do DWF é o seu tamanho reduzido, que proporciona um bom fluxo de dados entre os projetistas.

Em complemento às definições da organização de arquivos, cronograma e comunicação, também se discutiu aspectos técnicos do projeto. Os projetistas apresentaram as principais demandas técnicas de seus projetos. Para melhor compreensão das particularidades do projeto, os projetistas apresentaram pré-dimensionamentos de áreas técnicas destinadas à reservatórios, grupos geradores, pressurização das escadas de emergência, salas de medição, entre outros.

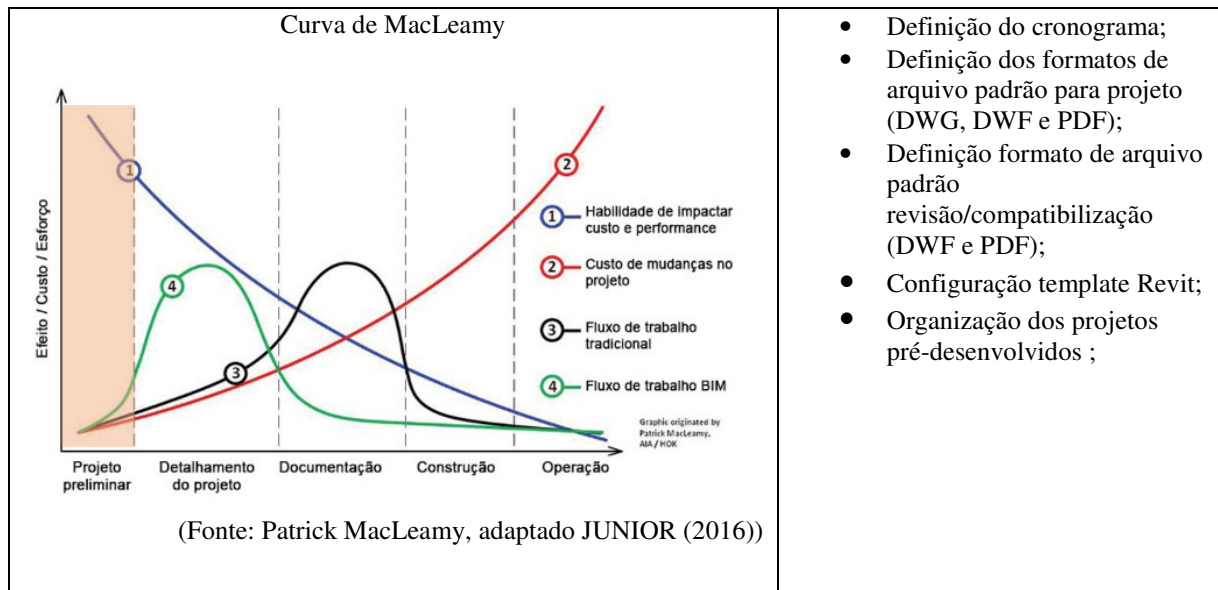
As reuniões iniciais entre os projetistas se mostraram importantes para o processo de trabalho BIM. O alinhamento de ideias durante os primeiros passos do projeto faz com que os projetistas entendam melhor a abrangência do trabalho a ser desenvolvido e tenham conhecimento de quais elementos paramétricos, famílias de objetos e materiais precisam ser criados e selecionados para a produção do modelo.

Definiu-se que as estruturas do edifício seriam executadas *in-loco* a equipe de projetistas configura, dentro do arquivo base do modelo, as famílias de objetos referentes a pilares, vigas e lajes. Configura-se também o material que representará o concreto e aplica-se este material às famílias de elementos estruturais. Paralelamente, os projetistas removem do modelo as famílias de objetos destinadas à modelagem de estruturas pré-moldadas. Desta forma o arquivo resultante fica enxuto e exige menor processamento dos computadores.

Ressalta-se que, mesmo que determinado tipo de elemento não tenha sido pré-carregado ao arquivo de *template*, este pode ser inserido no modelo paramétrico posteriormente. Equitativamente é possível remover elementos que estão em desuso, porém este processo nem sempre é trivial para usuários menos experientes dos programas de modelagem.

Como ilustra a região destacada da curva de MacLeamy no quadro 02, ao analisarmos a relação entre as curvas 1 e 4 constatamos que as decisões tomadas no início do processo têm grande potencial de impactar os custos do projeto e maior facilidade de serem assimiladas pelos projetistas que desenvolvem o modelo BIM. Isso acontece devido à facilidade de modificar técnicas construtivas ou elementos da edificação em um modelo que ainda possui baixo volume de informações.

Quadro 02 – Resumo das atividades desenvolvidas durante o Anteprojeto.



(fonte: elaborado pelo autor)

Ao final desta, o projeto encontra-se com um nível de detalhamento LOD – 100. Neste nível de desenvolvimento possui-se representações bidimensionais da edificação e indicativos iniciais de área, altura e volumes.

4.2 ETAPA 2 - FASE 1: ANTEPROJETO

Após o período inicial de reuniões iniciou-se o desenvolvimento do anteprojeto pelos escritórios. Para isso os projetistas se basearam no material desenvolvido durante os estudos preliminares.

Recebeu-se da contratante levantamentos e projetos preliminares desenvolvidos durante os estudos de mercado e formato de produto. Estes estudos foram produzidos no software AutoCad e eram compostos por topografia, plantas baixas dos pavimentos, layout preliminar da estrutura e cortes esquemáticos da edificação.

4.2.1 Criação do Modelo

O modelo paramétrico foi gerado a partir do arquivo de *template* padrão, desenvolvido previamente pelo escritório, que foi modificado para atender as características específicas do projeto a ser desenvolvido. Foram inseridos no *template* de projeto elementos específicos deste trabalho, como a prancha com selo padrão do projeto, configurações dos *layers* para exportação

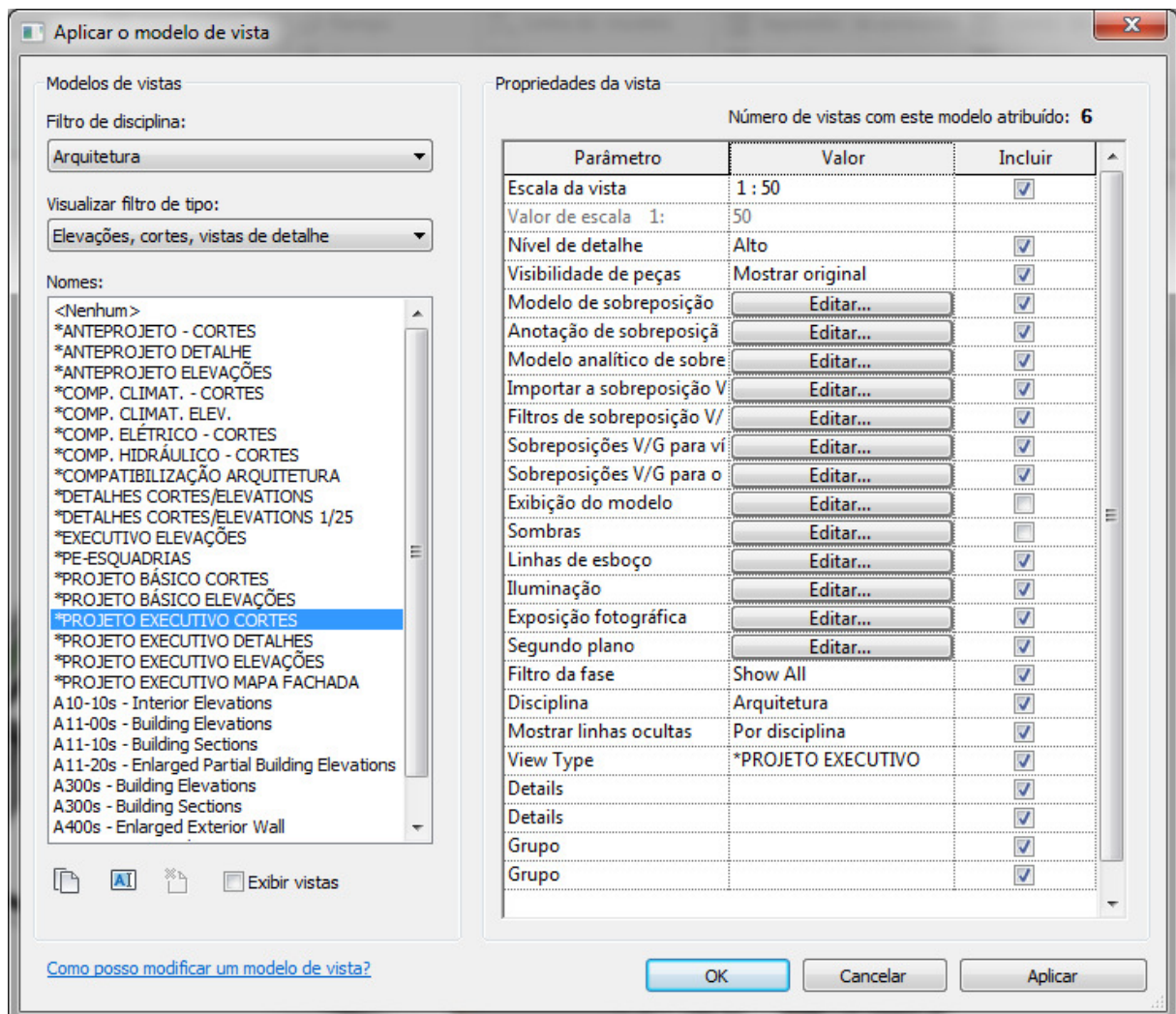
DWG, famílias de objetos paramétricos, padrões de anotações e cotas de acordo com os requisitos para aprovação de projeto legal da prefeitura de São Paulo.

Configuraram-se os grupos de vistas (Arquitetura, Compatibilização, Grupo de Trabalho, etc.), *view templates* de projeto e compatibilização, organização dos grupos de pranchas, *object styles*, entre outros.

4.2.1.1 MODELO DE VISTA (VIEW TEMPLATES)

O Modelo de Vista (*View Template*) engloba um conjunto de configurações e propriedades das vistas. Através do modelo de vista é possível acessar diversas propriedades das vistas e ajustar aspectos como a escala, nível de detalhamento, disciplinas de projeto, agrupamento de vistas, configurações de visibilidade, filtros, entre outros parâmetros (figura 19).

Figura 19 – Janela de Configuração do Modelo de Vista.



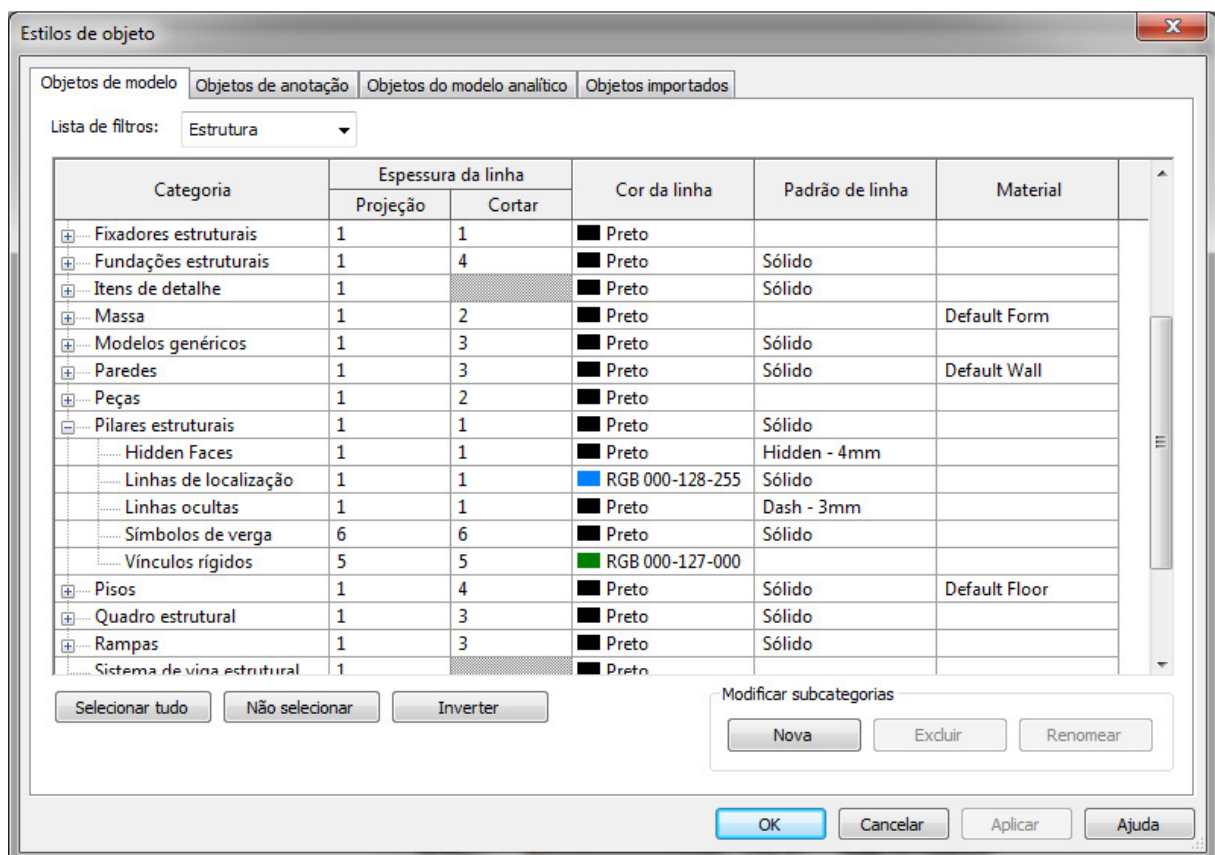
(fonte: elaborado pelo autor)

O uso do modelo de vista permite um fluxo de trabalho mais ágil. Por exemplo, o tempo utilizado para ajustar as configurações gráficas em uma determinada vista, para após isso ter de repetir o procedimento mecanicamente para cada nova vista criada no projeto. Fazendo um paralelo, é isto que acontece ao configurar os layouts dos projetos que são desenvolvidos em *AutoCad*. Através do modelo de vista é possível criar diversos padrões de vista pré-configurados, que serão utilizados por diferentes pessoas em diferentes etapas e vistas do projeto, mantendo constante o padrão visual e organizacional do projeto.

4.2.1.2 ESTILOS DE OBJETO (*OBJECT STYLES*)

A configuração de penas no Revit não ocorre através de layers como no AutoCad. Este ajuste se dá através da ferramenta Estilo de Objeto que opera por grupos de famílias de objetos. Utilizando as opções disponíveis nesta funcionalidade determinam-se as, espessuras, cores, estilos de linhas e materiais utilizados em diferentes categorias e subcategorias de famílias de objeto (figura 20).

Figura 20 – Janela de Configuração Estilos de Objeto.



(fonte: elaborado pelo autor)

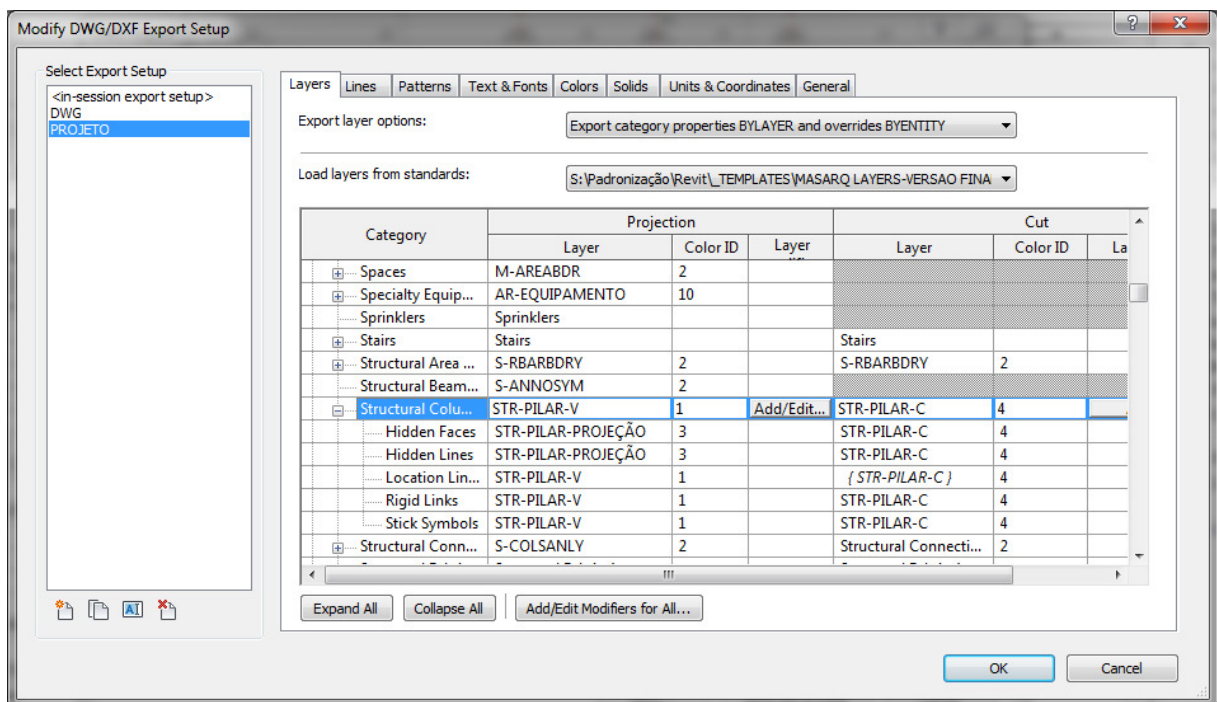
Estas configurações podem ser aplicadas em objetos modelados (paredes, vigas, equipamentos, etc.), anotações (textos, cotas, etc.) e arquivos importados em DWG. Nas representações em DWG é possível definir um peso, cor e tipo de linha para cada *layer* existente no arquivo.

4.2.1.2 EXPORTAÇÃO DWG (*DWG EXPORT SETUP*)

Devido ao tipo padrão de troca de arquivos definido como DWG, necessitou-se a utilização da ferramenta de exportação DWG. Para que o arquivo DWG resultante da exportação esteja organizado e com as representações de linhas corretas é necessário configurar suas propriedades através do Configurações de Exportação DWG.

Neste ajuste é possível determinar a nomenclatura e cor dos *layers* que cada tipo de objeto estará inserido na exportação. É possível diferenciar *layers* para elementos em projeção ou corte bem como determinar *layers* específicos para subcategorias inseridas nas famílias de objeto (figura 21).

Figura 21 – Janela de Configuração Exportação DWG.

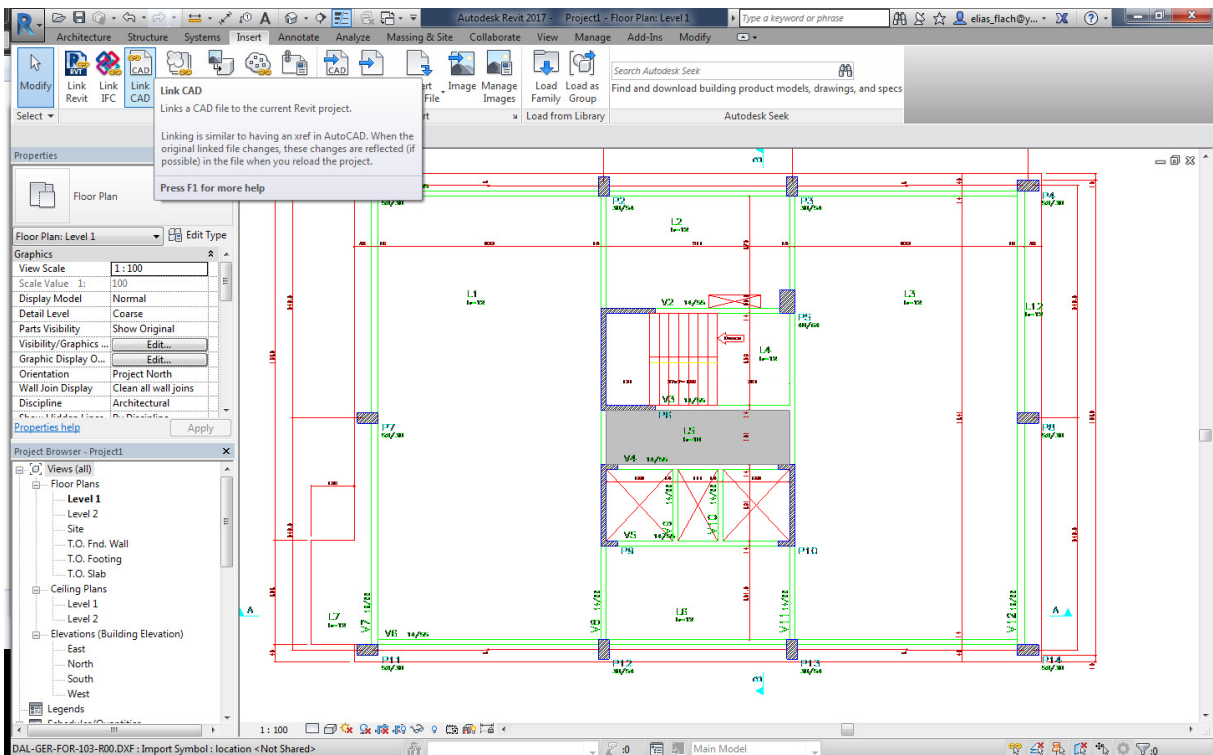


(fonte: elaborado pelo autor)

4.2.2 Modelagem

Inicialmente foram gerados no arquivo os níveis arquitetônicos e estruturais, que servem de referência para a modelagem. Após a preparação inicial do arquivo, foram vinculados em seus respectivos níveis os arquivos DWG com os estudos do projeto preliminar para servirem de guia da modelagem. Na figura 22 é possível visualizar uma planta baixa do pavimento tipo do estudo preliminar que foi inserida no arquivo de Revit através da ferramenta *Link CAD*. Estes arquivos DWG inseridos no modelo serviram como base para a modelagem da arquitetura.

Figura 22 – Arquivo DWG referenciado no modelo paramétrico.

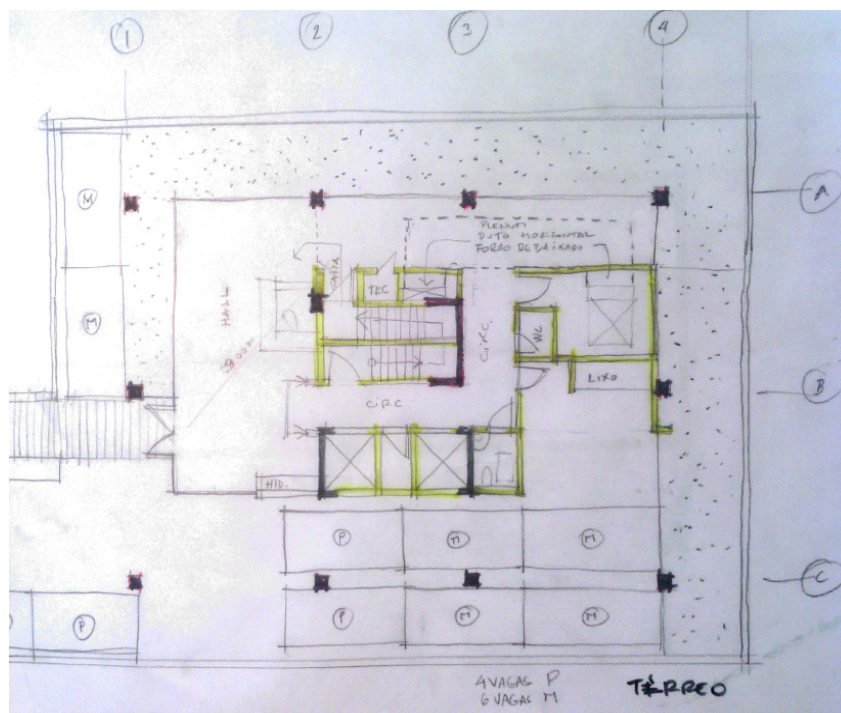


(fonte: elaborado pelo autor)

Os estudos preliminares recebidos ainda se encontravam em estado embrionário, faltando ainda o estudo de uso do espaço de diversas áreas. Assim, necessitou-se que a arquitetura propusesse soluções aprofundadas para maximizar a utilização dos ambientes, diminuindo a quantidade de circulações, otimizando os espaços técnicos e ampliando os espaços de vivência, dentro dos limites volumétricos recebidos no estudo preliminar.

Para isso, utilizou-se também croquis feitos a mão de modo dar maior liberdade ao processo criativo e dinamismo no estudo de diferentes soluções. A figura 23 apresenta um croqui produzido pelo arquiteto responsável pelo projeto para uma solução do pavimento térreo do empreendimento. O uso de croquis acelera o processo pois, assim, evita-se que sejam modeladas várias soluções ineficientes até a obtenção de uma solução satisfatória.

Figura 23 – Croqui de estudo arquitetônico do pavimento térreo.



(fonte: elaborado pelo autor)

Nos subsolos e no pavimento térreo foram desenvolvidos estudos para adequar as áreas reservadas para grupo gerador, reservatórios, sala de medições, vestiários, depósitos, estacionamento, pressurização da escada de emergência, entre outras atividades.

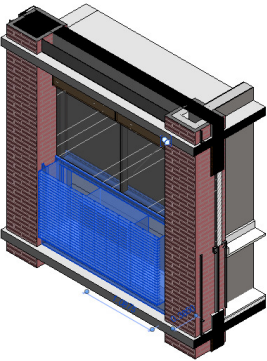
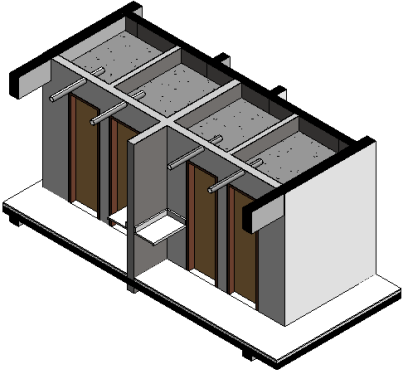
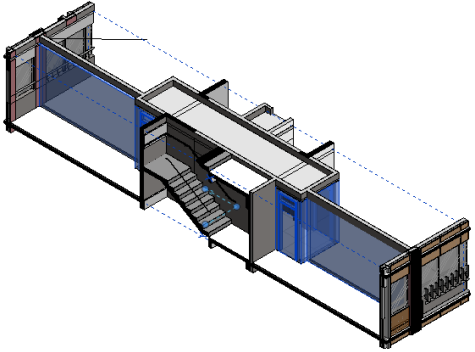
Nos pavimentos tipo foram dispostas as salas comerciais e conjuntos de sanitários. Nos pavimentos tipo com pé direito duplo foram estudadas soluções com mezanino em estrutura metálica. No pavimento ático foi estudado espaço para futura ampliação das salas comerciais do 6º pavimento e terraço com floreiras.

Um dos principais desafios para a equipe de projetistas, durante a confecção do modelo paramétrico, foi encontrar uma forma de otimizar o processo, reduzindo retrabalhos e obtendo um arquivo enxuto. Para isso foi necessário que os projetistas fizessem um planejamento

estratégico de como organizar o modelo e quais as regiões mereciam maior atenção durante a modelagem.

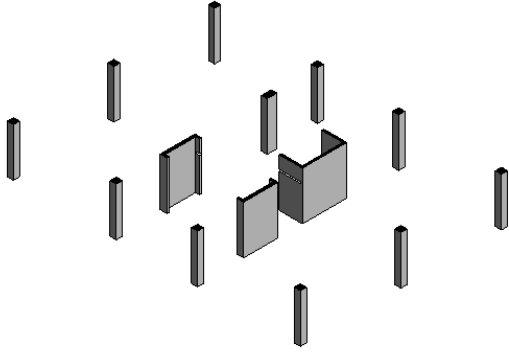
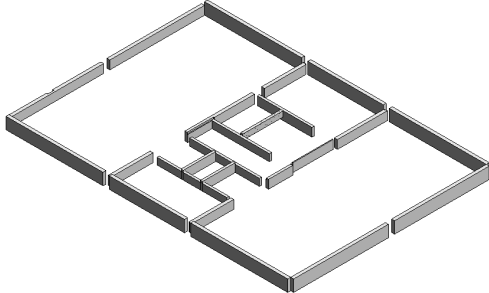
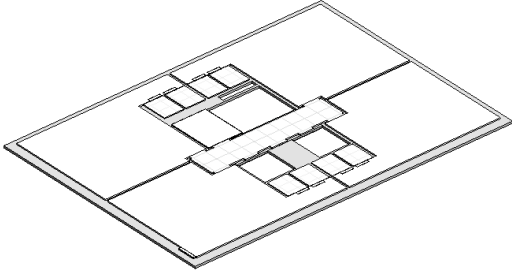
Para tanto, foi feita uma análise dos principais elementos do projeto a serem modelados e identificou-se quais as regiões que possuem elementos que se repetiam em diferentes pavimentos do projeto. Estes elementos foram modelados e reunidos em grupos, chamados de *model groups*, para replicarem-se em seus respectivos níveis. Desta forma, ao alterar um *model group* de um nível, todos os níveis que possuem este grupo se alteram automaticamente. O quadro 03 apresenta os principais elementos agrupados dentro do modelo e os pavimentos onde eles se repetem.

Quadro 03 – Principais elementos agrupados no modelo.

DESCRIÇÃO DO GRUPO	PAVIMENTOS EM QUE O ELEMENTO SE REPETE	PERSPECTIVA ISOMÉTRICA DO ELEMENTO
SUPORTE AR-CONDICIONADO	1º PAVIMENTO GARDEN E PAVIMENTOS TIPO	
SANITÁRIOS SALAS COMERCIAIS	1º PAVIMENTO GARDEN E PAVIMENTOS TIPO	
DIVISA ENTRE SALAS COMERCIAIS	1º PAVIMENTO GARDEN E PAVIMENTOS TIPO	

(fonte: elaborado pelo autor)

Quadro 03 – Principais elementos agrupados no modelo (continuação)

DESCRIÇÃO DO GRUPO	PAVIMENTOS EM QUE O ELEMENTO SE REPETE	PERSPECTIVA ISOMÉTRICA DO ELEMENTO
PILARES	TÉRREO AO ÁTICO	
VIGAS	1º PAVIMENTO GARDEN E PAVIMENTOS TIPO	
LAJES, CONTRAPISOS E PISOS	1º PAVIMENTO GARDEN E PAVIMENTOS TIPO	

(fonte: elaborado pelo autor)

4.2.3 Emissão de Anteprojeto

Concluído o período destinado à etapa de modelagem, gerou-se o primeiro conjunto de pranchas denominado Anteprojeto. Os projetistas de Arquitetura, Hidráulica, Elétrica e Estruturas cadastraram seus Anteprojeto na plataforma *Construmanager*.

O projeto arquitetônico cadastrado constituiu-se de 9 pranchas sendo a prancha 01 de perspectivas para contextualização geral e de ambientes do empreendimento, pranchas 02 até 05 plantas baixas dos pavimentos e da cobertura, pranchas 06 até 09 cortes e elevações. Nestas pranchas inclui-se também informações sobre as áreas construídas, áreas permeáveis, vagas de estacionamento, etc. Todos os arquivos foram cadastrados em 3 formatos distintos, DWG, PDF e um conjunto das pranchas agrupadas em formato DWF para extração de informações pelos demais escritórios participantes do projeto. O quadro 04 apresenta as pranchas cadastradas na emissão do anteprojeto. Este conjunto de pranchas também foi encaminhado para aprovação do projeto junto à prefeitura de São Paulo (Projeto Legal).

Quadro 04 – Relação de pranchas emitidas no Anteprojeto

EMISSÃO ANTEPROJETO		
	TÍTULO	DESCRIÇÃO
1	DAL-ARQ-AP-01	PERSPECTIVAS
2	DAL-ARQ-AP-02	PLANTA 1ºSUBSOLO E 2º SUBSOLO
3	DAL-ARQ-AP-03	PLANTA TÉRREO E COBERTURA
4	DAL-ARQ-AP-04	PLANTA 1º PAVIMENTO E PAVTO TIPO
5	DAL-ARQ-AP-05	PLANTA DUPLEX -6º PAVTO - ÁTICO
6	DAL-ARQ-AP-06	CORTE AA-BB
7	DAL-ARQ-AP-07	CORTE CC
8	DAL-ARQ-AP-08	ELEVAÇÕES OESTE-SUL
9	DAL-ARQ-AP-09	ELEVAÇÕES NORTE-LESTE

(fonte: elaborado pelo autor)

Após o período de cadastro de projeto ocorreu a reunião para alinhamento dos projetos complementares prevista no cronograma. Nesta reunião os projetistas apresentaram os trabalhos desenvolvidos durante a fase de anteprojeto.

Neste estágio é possível identificar o nível de detalhamento do projeto em LOD 200. Sendo possível a obtenção de quantitativos aproximados e características de regiões da edificação que permitem a identificação de equipamentos, tipos de uso e técnicas construtivas.

O projeto arquitetônico emitido, com maior nível de desenvolvimento, fornece os dados necessários aos projetistas de instalações para o dimensionamento de regiões técnicas pré-dimensionadas durante a fase de anteprojeto. Devido às mudanças que os projetos complementares sofrerão após os dimensionamentos, espera-se que na fase de projeto básico o projeto sofra alterações em regiões técnicas de instalação de equipamentos.

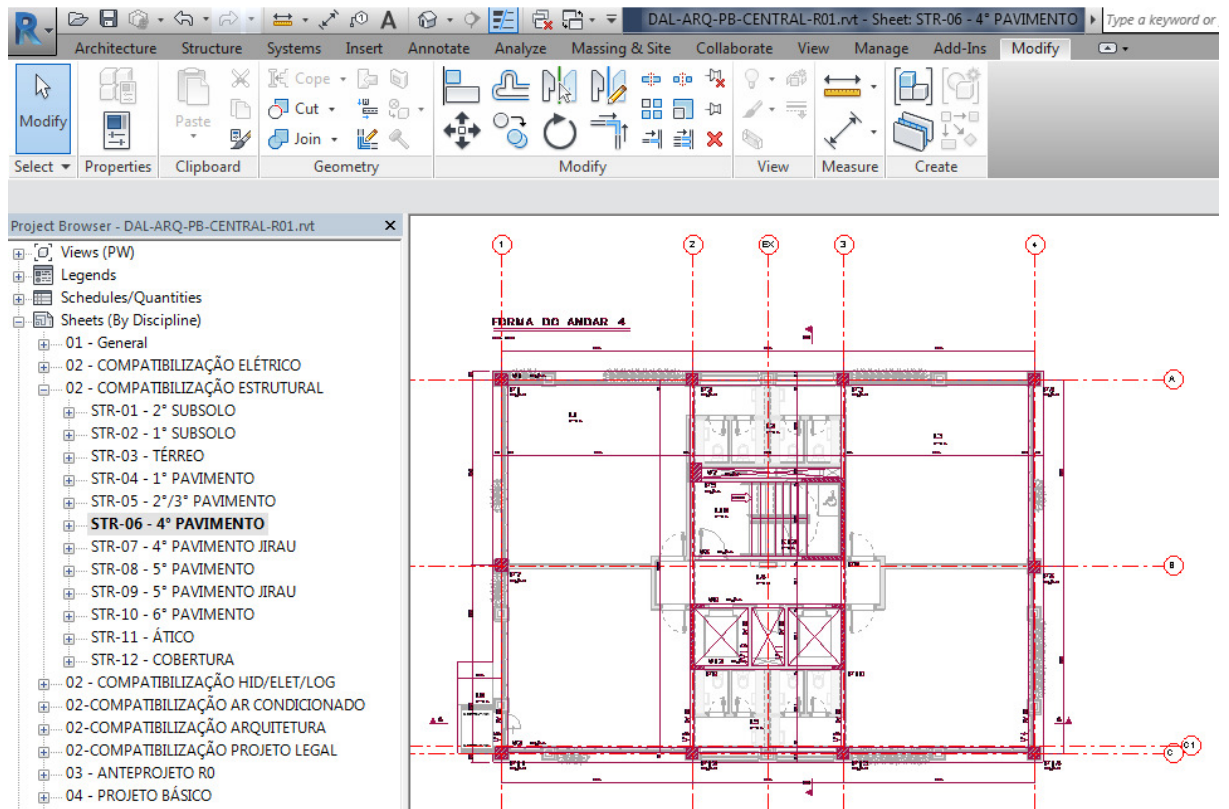
4.2.4 Revisão de Projeto e Relatório de Compatibilização

Durante a revisão de projeto reuniu-se os projetos emitidos por todas as disciplinas e foram realizadas as análises de interferências. Para isso foram criados, dentro do modelo, conjuntos de pranchas específicas para cada especialidade de projeto.

Em seguida os projetos em DWG foram referenciados nestas pranchas, sobre a base arquitetônica desenvolvida. Este procedimento se repetiu para todas as disciplinas do projeto.

A figura 24 apresenta uma vista do projeto de estruturas inserida sobre a base arquitetônica

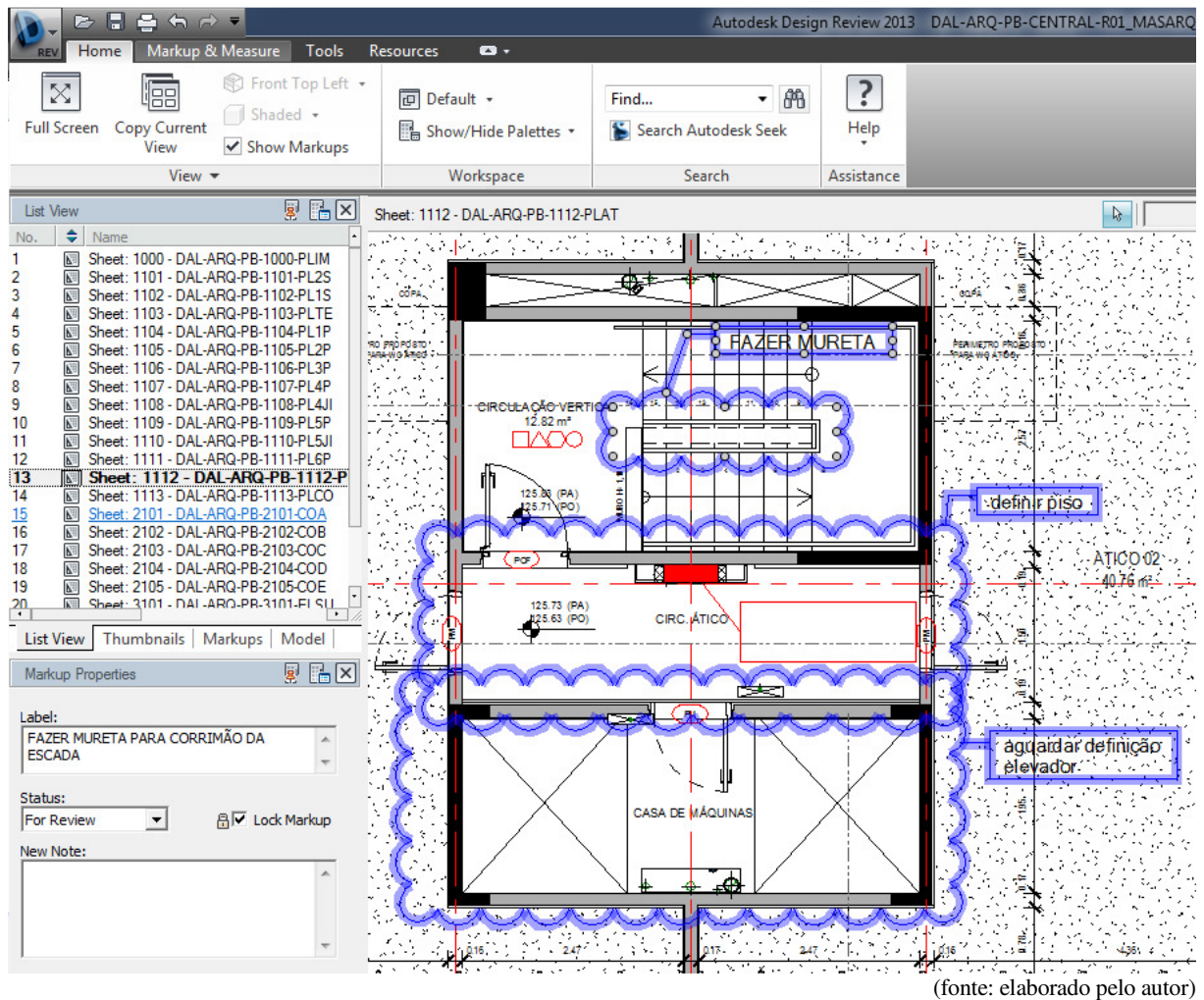
Figura 24 – Vista do projeto de Estruturas em DWG referenciada no modelo paramétrico.



(fonte: elaborado pelo autor)

Após o referenciamento das disciplinas em seus respectivos grupos de vistas, cada um destes projetos foi analisado em busca de alterações que a arquitetura necessita absorver para se adequar aos projetos. Para a organização das alterações a serem executadas, gerou-se um arquivo DWF do projeto arquitetônico. Neste documento foram cadastradas as revisões a serem executadas. Na figura 25 visualiza-se uma tela do programa Design Review com a lista de pranchas do relatório de revisão e o status de uma das revisões.

Figura 25 – Relatório de Revisão desenvolvido no software Design Review.



As alterações no modelo foram realizadas pela equipe de arquitetura. Com a base arquitetônica revisada, foram gerados arquivos DWF para os grupos de pranchas de cada disciplina complementar com os respectivos arquivos DWG do anteprojeto referenciados. Estes arquivos serviram como base para o cadastramento das incompatibilidades dos projetos complementares.

Valendo-se destes arquivos DWF, com os projetos referenciados, analisou-se cada uma das disciplinas as incompatibilidades encontradas foram assinaladas para serem corrigidas na entrega da fase seguinte. Foram gerados relatórios de Elétrica, Hidráulica, Estruturas e Equipamentos. Estes relatórios foram cadastrados na plataforma *Construmanager* nos formatos DWF e PDF.

4.2.5 Emissão Projeto Básico R00 e Projeto Legal

Finalizadas as revisões de anteprojeto e confeccionados os relatórios de compatibilização, realizou-se o cadastramento do Projeto Básico no *Construmanager* para ficar à disposição do restante dos projetistas envolvidos no projeto.

Realizando um comparativo do volume de informação disponível, durante o anteprojeto foram geradas 09 pranchas para cadastramento na entrega. No momento do cadastro da versão inicial do projeto básico 23 pranchas foram emitidas e estas se dividiam entre plantas baixas, cortes e elevações. A coordenação do projeto utilizou este material para estimativas iniciais de orçamento.

O quadro 04 apresenta a relação geral do material produzido para entrega e demonstra a evolução do volume de informação gerada com o avanço da modelagem. No sistema de nomenclatura adotado para a organização dos arquivos, ficou definido que as pranchas com a numeração 1100 representam plantas baixas, 2100 cortes e 3100 elevações. Em complemento a essa nomenclatura, a sigla PB significa Projeto Básico e ARQ o projeto arquitetônico.

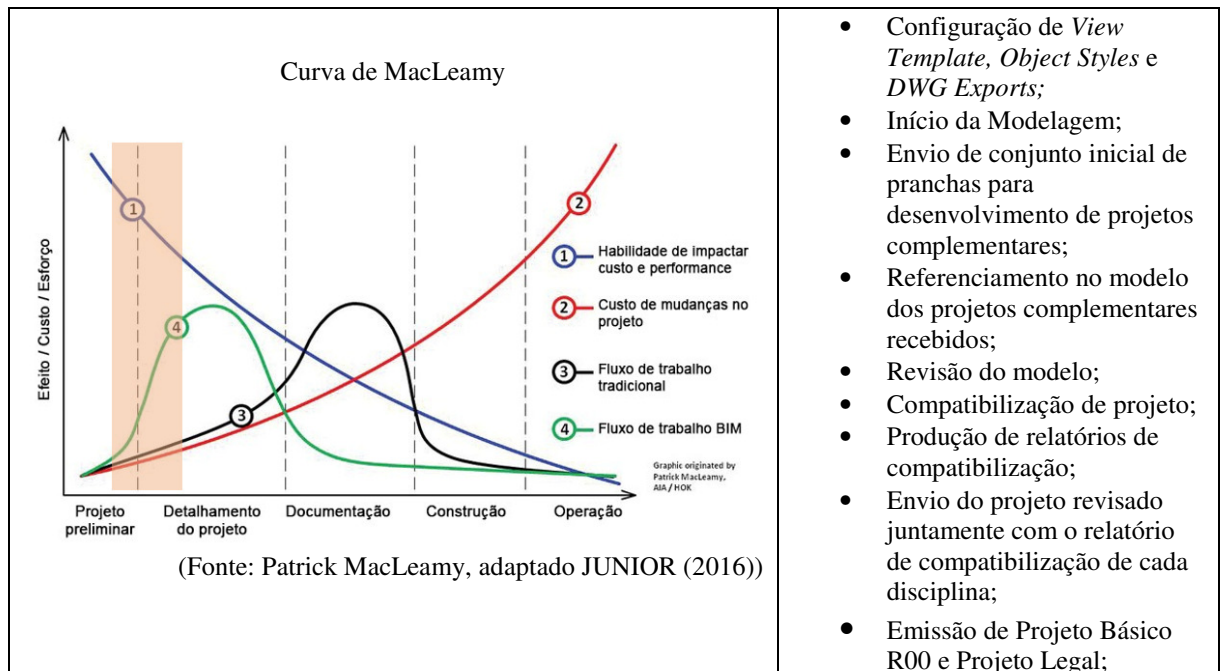
Quadro 05 – Relação de pranchas emitidas no Projeto Básico R00.

EMISSÃO PROJETO BÁSICO		
	TÍTULO	DESCRIÇÃO
1	DAL-ARQ-PB-1000-PLIM	IMPLANTAÇÃO
2	DAL-ARQ-PB-1101-PL2S	PLANTA 2º SUBSOLO
3	DAL-ARQ-PB-1102-PL1S	PLANTA 1º SUBSOLO
4	DAL-ARQ-PB-1103-PLTE	PLANTA TÉRREO
5	DAL-ARQ-PB-1104-PL1P	PLANTA 1º PAVIMENTO GARDEN
6	DAL-ARQ-PB-1105-PL2P	PLANTA 2º PAVIMENTO
7	DAL-ARQ-PB-1106-PL3P	PLANTA 3º PAVIMENTO
8	DAL-ARQ-PB-1107-PL4P	PLANTA 4º PAVIMENTO
9	DAL-ARQ-PB-1108-PL4JI	PLANTA 4º PAVIMENTO JIRAU
10	DAL-ARQ-PB-1109-PL5P	PLANTA 5º PAVIMENTO
11	DAL-ARQ-PB-1110-PL5JI	PLANTA 5º PAVIMENTO JIRAU
12	DAL-ARQ-PB-1111-PL6P	PLANTA 6º PAVIMENTO
13	DAL-ARQ-PB-1112-PLAT	PLANTA ÁTICO
14	DAL-ARQ-PB-1113-PLCO	PLANTA COBERTURA
15	DAL-ARQ-PB-2101-COA	CORTE AA
16	DAL-ARQ-PB-2102-COB	CORTE BB
17	DAL-ARQ-PB-2103-COC	CORTE CC
18	DAL-ARQ-PB-2104-COD	CORTE DD
19	DAL-ARQ-PB-2105-COE	CORTE EE
20	DAL-ARQ-PB-3101-ELSU	ELEVAÇÃO SUL
21	DAL-ARQ-PB-3102-ELNO	ELEVAÇÃO NORTE
22	DAL-ARQ-PB-3103-ELOE	ELEVAÇÃO OESTE
23	DAL-ARQ-PB-3104-ELLE	ELEVAÇÃO LESTE

(fonte: elaborado pelo autor)

Durante o desenvolvimento desta fase do projeto um grande volume de informações foi adicionado ao modelo. Configurações de aspectos técnicos do modelo, como os *view templates*, que acompanham o desenvolvimento do projeto, do início ao fim do processo, foram definidas. Dados sobre a volumetria e materiais constituintes de paredes, elementos estruturais, esquadrias, portas, entre outros, foram inseridos no modelo paramétrico. O quadro 06 apresenta um resumo das atividades realizadas durante o desenvolvimento dessa fase do projeto. A região destacada da Curva de MacLeamy demonstra que durante essa fase de projeto (no fluxo de trabalho BIM), um esforço relativamente pequeno, possibilita um acréscimo grande no volume de informações disponíveis dentro do modelo paramétrico.

Quadro 06 – Resumo das atividades desenvolvidas durante o Anteprojeto.



- Configuração de *View Template, Object Styles e DWG Exports*;
- Início da Modelagem;
- Envio de conjunto inicial de pranchas para desenvolvimento de projetos complementares;
- Referenciamento no modelo dos projetos complementares recebidos;
- Revisão do modelo;
- Compatibilização de projeto;
- Produção de relatórios de compatibilização;
- Envio do projeto revisado juntamente com o relatório de compatibilização de cada disciplina;
- Emissão de Projeto Básico R00 e Projeto Legal;

(fonte: elaborado pelo autor)

4.3 ETAPA 2 – FASE 2: PROJETO BÁSICO

Dando continuidade ao cronograma estabelecido, realiza-se a reunião que marca o início do Projeto Básico. Nesta reunião, os projetistas discutem as incompatibilidades detectadas e as alterações efetuadas na revisão do anteprojeto. Definem-se também quais as próximas ações para cada uma das disciplinas e se inicia a fase de detalhamento do projeto.

O escritório de arquitetura inicia o processo de detalhamento de projeto. Definem-se as especificações de acabamentos para pisos, paredes, forros e esquadrias. Geram-se pranchas para detalhamento de esquadrias, áreas molhadas, floreiras, rampas, escadas, e detalhamentos diversos.

Após o período estabelecido em cronograma, ocorre a reunião intermediária para alinhamento dos projetos complementares. Nesta reunião os projetistas de fundações e estruturas apresentam seus projetos. Com as informações do projeto de estruturas atualizadas, os demais projetistas possuem dados para aprofundar suas soluções e realizarem adaptações em suas disciplinas caso seja necessário.

Na data estipulada em cronograma os projetos são cadastrados na plataforma *Construmanager*. A arquitetura envia as 23 pranchas, o mesmo conjunto de desenhos emitidos ao final da etapa

de anteprojeto (Projeto Básico R00), com as informações de estrutura e acabamento atualizadas. Os demais projetistas enviam seus projetos, agora dimensionados, e com isso inicia-se um novo ciclo de revisões e compatibilização das disciplinas.

4.3.1 Revisão de Projeto, Revisão Projeto Legal e Relatório de Compatibilização

De maneira similar a fase de anteprojeto, a revisão de projeto se iniciou com a atualização dos arquivos DWG dos projetos complementares. Estes arquivos foram referenciados dentro dos grupos de pranchas de revisão criados no modelo durante a fase anterior.

Durante a etapa de revisão de projeto básico aconteceram as modificações mais impactantes no projeto. Isto ocorreu devido ao dimensionamento detalhado de áreas técnicas por parte dos projetistas de instalações complementares. Foram recebidos os dimensionamentos necessários para a caixa dos elevadores, bem como as dimensões necessárias para poço e casa de máquinas dos mesmos. Estas alterações resultaram em modificações em elementos estruturais que foram assinaladas e inseridas no relatório de compatibilização de Estruturas.

No 1º pavimento subsolo ocorreram modificações na sala de medição e grupo gerador, de modo a acomodar a ventilação do grupo gerador. A adaptação foi necessária devido ao conflito da rampa de acesso de veículos com a janela de ventilação do grupo gerador.

No pavimento térreo foram necessárias modificações na sala de pressurização. Suprimiu-se a área destinada para copa e deslocou-se o sanitário PNE de modo a aumentar a área disponível para acomodar os equipamentos da pressurização e garantir circulações mínimas nesta sala técnica.

Devido a uma escolha técnica dos projetistas junto à coordenação de projeto, a edificação não utilizará sistema de ar condicionado central. Sendo assim, necessitou-se o estudo de uma solução para acomodar as máquinas condensadoras em cada pavimento e separá-las individualmente para cada sala comercial.

Recebeu-se através da prefeitura de São Paulo o parecer sobre o projeto legal. Neste parecer foi estabelecido que algumas adaptações deveriam ser realizadas para a liberação definitiva do projeto. Necessitou-se a remoção dos mezaninos das salas do 4º e 5º pavimentos, devido a

impossibilidade de aumentar os índices construtivos para a região da cidade onde o projeto estará situado. Para adequar o projeto a esta limitação, definiu-se que as salas comerciais do 4º e 5º pavimentos serão executadas com pé direito duplo.

4.3.2 Emissão Projeto Executivo R00 e Emissão Projeto Legal Revisado

Ao final da segunda fase de revisões e compatibilizações é efetuado o cadastramento do projeto executivo R00 (pré-executivo) no sistema *Construmanager*. Concomitantemente, são encaminhadas para a Prefeitura de São Paulo as pranchas referentes ao projeto legal revisado.

O quadro 07 apresenta as pranchas cadastradas no Projeto Executivo R00, onde nota-se o aumento do volume de pranchas e informações em relação à entregue no Projeto básico. Complementando a nomenclatura apresentada na fase anterior, as numerações utilizadas nas pranchas representam: 4100, detalhamento de áreas molhadas; 5100, detalhamento das escadas; 6100, detalhamento das fachadas; 7100, detalhamento de portas e 8100 detalhamentos diversos. A sigla PE significa projeto executivo.

Quadro 07 – Relação de pranchas emitidas no Projeto Executivo R00.

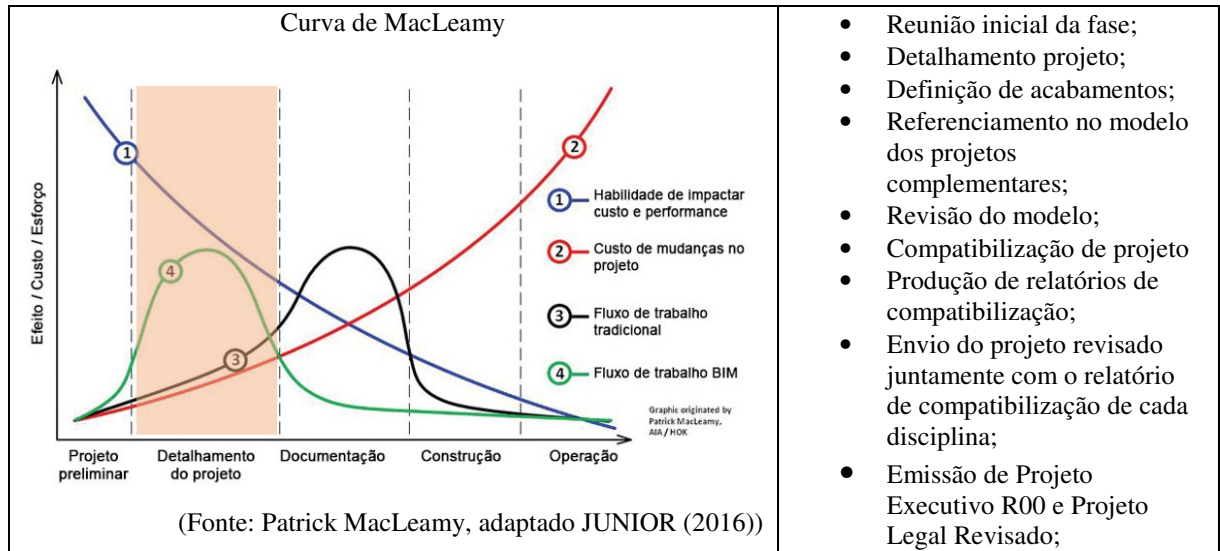
EMISSÃO PROJETO EXECUTIVO		
	TÍTULO	DESCRIÇÃO
1	DAL-ARQ-PE-1100-PLIM-R00	IMPLANTAÇÃO
2	DAL-ARQ-PE-1101-PL2S-R00	PLANTA 2º SUBSOLO
3	DAL-ARQ-PE-1102-PL1S-R00	PLANTA 1º SUBSOLO
4	DAL-ARQ-PE-1103-PLTE-R00	PLANTA TÉRREO
5	DAL-ARQ-PE-1104-PL1P-R00	PLANTA 1º PAVIMENTO GARDEN
6	DAL-ARQ-PE-1105-PL2P-R00	PLANTA 2º PAVIMENTO
7	DAL-ARQ-PE-1106-PL3P-R00	PLANTA 3º PAVIMENTO
8	DAL-ARQ-PE-1107-PL4P-R00	PLANTA 4º PAVIMENTO
9	DAL-ARQ-PE-1108-PL4D-R00	PLANTA 4º PAVIMENTO JIRAU
10	DAL-ARQ-PE-1109-PL5P-R00	PLANTA 5º PAVIMENTO
11	DAL-ARQ-PE-1110-PL5D-R00	PLANTA 5º PAVIMENTO JIRAU
12	DAL-ARQ-PE-1111-PL6P-R00	PLANTA 6º PAVIMENTO
13	DAL-ARQ-PE-1112-PLAT-R00	PLANTA ÁTICO
14	DAL-ARQ-PE-1113-PLCO-R00	PLANTA COBERTURA
15	DAL-ARQ-PE-2101-COAA-R00	CORTE AA
16	DAL-ARQ-PE-2102-COBB-R00	CORTE BB
17	DAL-ARQ-PE-2103-COCC-R00	CORTE CC
18	DAL-ARQ-PE-2104-CODD-R00	CORTE DD
19	DAL-ARQ-PE-2105-COEE-R00	CORTE EE
20	DAL-ARQ-PE-3101-ELSU-R00	ELEVAÇÃO SUL
21	DAL-ARQ-PE-3102-ELNO-R00	ELEVAÇÃO NORTE
22	DAL-ARQ-PE-3103-ELOE-R00	ELEVAÇÃO OESTE
23	DAL-ARQ-PE-3104-ELLE-R00	ELEVAÇÃO LESTE
24	DAL-ARQ-PE-4101-AMMO-R00	DET. ÁREAS MOLHADAS
25	DAL-ARQ-PE-4102-AMMO-R00	DET. ÁREAS MOLHADAS
26	DAL-ARQ-PE-5101-AMES-R00	DET. ESCADAS
27	DAL-ARQ-PE-5102-AMES-R00	DET. ESCADAS
28	DAL-ARQ-PE-6101-AMCX-R00	DET. ESQUADRIAS FACAHDAS
29	DAL-ARQ-PE-7101-AMPO-R00	DET. PORTAS
30	DAL-ARQ-PE-7102-AMPO-R00	DET. PORTAS
31	DAL-ARQ-PE-8101-AMDT-R00	DET. HALL ELEVADORES
32	DAL-ARQ-PE-8102-AMDT-R00	DET. DIVERSOS

(fonte: elaborado pelo autor)

Encerrada a fase de projeto básico, com a emissão do projeto pré-executivo, é possível validar novamente a relação que o processo de desenvolvimento de projetos em BIM tem com a curva 4 da Curva MacLeamy. A etapa de projeto básico e detalhamento de soluções concentrou o maior volume de trabalho e esforço. Em contrapartida, foi nessa fase a inserção do maior

volume de informação dentro do modelo paramétrico. Este fluxo de trabalho está representado na região destacada da imagem contida no quadro 08 onde também é apresentado um resumo das atividades desenvolvidas durante a fase de Projeto Básico.

Quadro 08 – Resumo das atividades desenvolvidas durante o Projeto Básico.



(fonte: elaborado pelo autor)

Foi perceptível que as alterações de projeto ficaram cada vez mais complicadas à medida que o modelo paramétrico evoluiu, como fica representado na curva 2. As mudanças no projeto básico, como a sala de geradores e a sala de pressurização, ocorreram de forma mais trabalhosa devido ao nível de desenvolvimento avançado que a região se encontrava no momento da revisão.

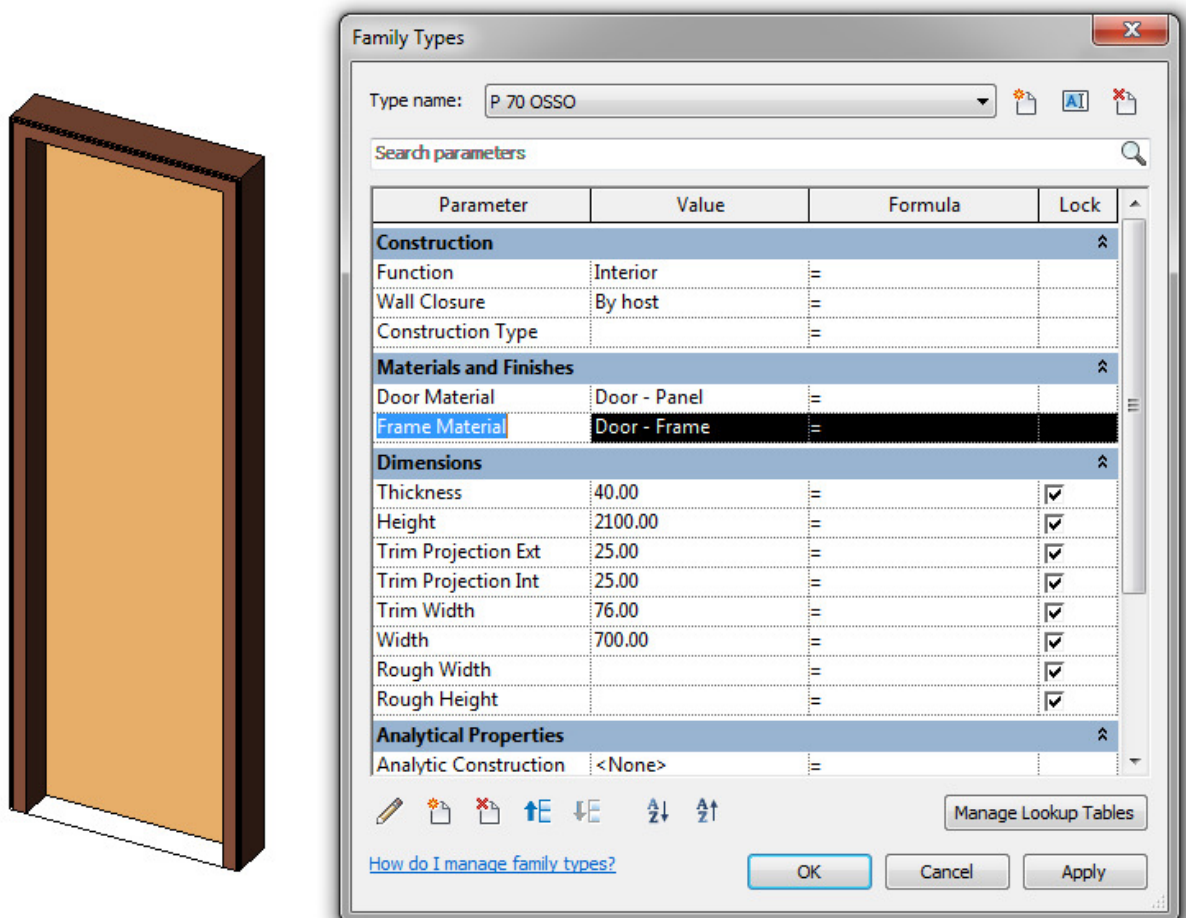
Isto aconteceu devido a quantidade de elementos do modelo paramétrico que ficam interligados uns aos outros. Por exemplo ao alterar-se a posição de uma parede, precisamos verificar se os limites do ambiente configurados, perímetros de piso, forro, vigas, pilares e equipamentos não foram impactados por esta mudança. Este impacto se estendeu também aos demais projetistas pois todos precisaram atualizar seus projetos em função desses ajustes. Assim quanto mais complexa e desenvolvida é a modelagem, mais trabalhoso será realizar alguma modificação significativa no projeto.

O nível de desenvolvimento do projeto neste momento se encontra próximo do LOD 300. Com este LOD, o modelo paramétrico já permite a extração de informações geométricas e não geométricas como acabamentos, descrições, materiais, fabricantes, notas dos projetistas, entre outros.

É importante ressaltar que nem todos os elementos do modelo serão desenvolvidos a ponto de chegar ao nível de detalhamento 300 ou 400. Como o objetivo do projeto desenvolvido é a produção do projeto executivo, existem elementos que não necessitam de detalhamento aprofundado. Desenvolver toda a edificação no nível de detalhamento 400 seria custoso, demandaria muito processamento e armazenamento. Portanto, elementos, que foram julgados pela equipe de projetistas, importantes para facilitar a produção do projeto executivo, tiveram seu nível de desenvolvimento aprofundado durante o processo de modelagem.

Na figura 26 está apresentada uma família de objetos com LOD 300. Este objeto possui informações geométricas precisas que representam como o elemento será após executado. Além disso, informações quanto ao material constituinte da folha da porta e de sua guarnição também estão disponíveis. Este nível de desenvolvimento foi considerado suficiente para a produção do projeto arquitetônico executivo. Informações adicionais como resistência ao fogo e técnicas para a sua execução ficaram restritas ao memorial descritivo.

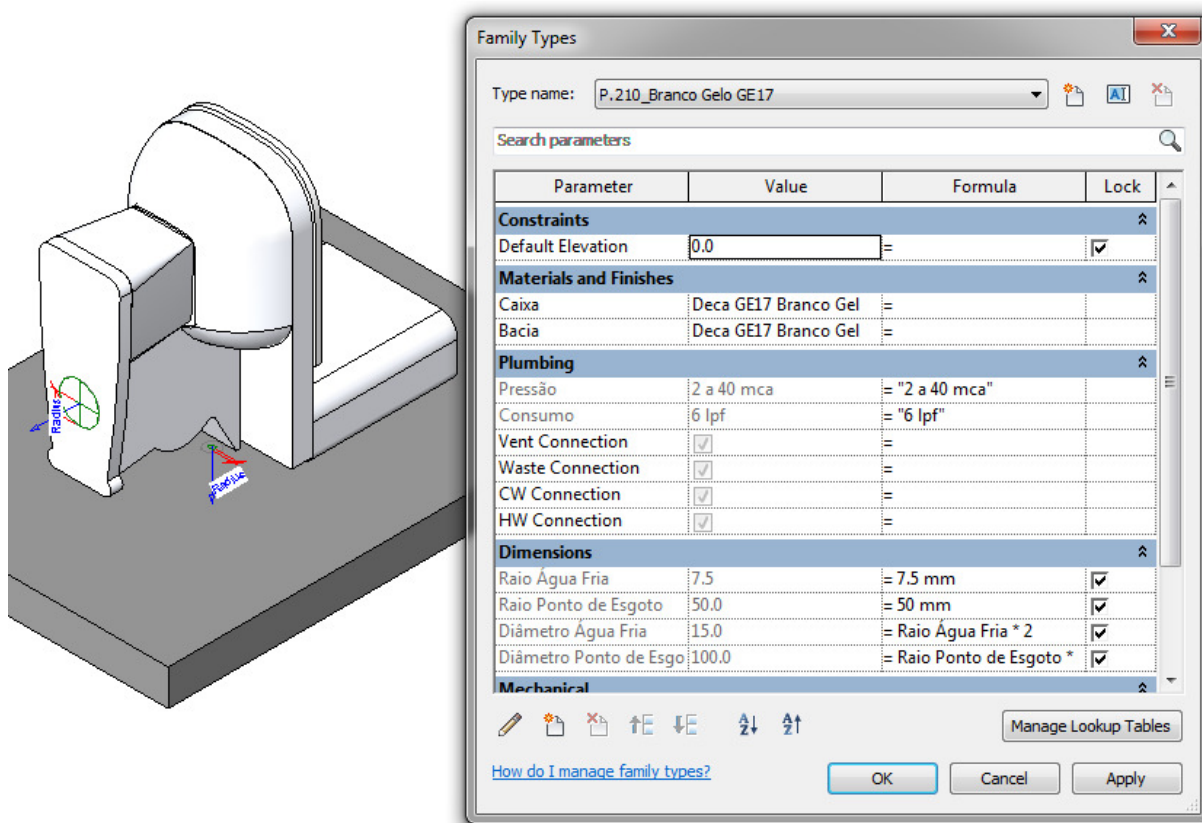
Figura 26 – Família paramétrica LOD 300.



(fonte: elaborado pelo autor)

A figura 27 exemplifica um objeto com LOD 400, constituinte do modelo paramétrico que apresenta, além das informações geométricas, dados sobre seu desempenho. Como é possível ver na figura, o vaso sanitário apresenta consumo de 6 litros por fluxo. Este valor foi definido pelo fabricante, baseado nas normas de desempenho vigentes, e inserido por ele dentro da família. Dados como os raios das conexões e pressões de operação também estão disponíveis na família paramétrica.

Figura 27 – Família paramétrica LOD 400



(fonte: elaborado pelo autor)

4.4 ETAPA 2 - FASE 3-A E 3-B: PROJETO EXECUTIVO E PROJETO EXECUTIVO LIBERADO PARA OBRA

O processo de desenvolvimento da etapa de projeto executivo aconteceu sob o mesmo ciclo que as etapas anteriores. Primeiramente ocorreu a reunião presencial onde os projetistas apresentaram seus projetos. Discutiram-se as incompatibilidades encontradas e adaptações de projeto necessárias para a confecção dos projetos executivos.

Enquanto os projetos de instalações complementares são desenvolvidos, a arquitetura entra em fase de detalhamentos e documentação de projeto. São introduzidas nas pranchas de detalhamento, criadas na fase de projeto básico, as plantas e vistas dos elementos a serem detalhados. Detalhes de escadas, corrimãos, floreiras, áreas molhadas, portas, janelas e demais detalhamentos são confeccionados. Insere-se as anotações, textos, etiquetas e cotas nas plantas, vistas e detalhes de projeto executivo.

Ocorre a reunião intermediária onde os projetistas de estruturas apresentam seus projetos executivos. Com as informações definitivas do projeto de estruturas, os demais escritórios adaptam seus projetos e após o tempo previsto em cronograma ocorre a emissão do projeto executivo.

4.4.1 Revisão de Projeto e Relatório de Compatibilização

Em posse dos projetos executivos, a arquitetura realiza nova revisão de projetos. Nesta fase os projetos encontram-se com nível de desenvolvimento próximo ao executivo librado para obra.

Ocorrem poucas revisões, sendo o trabalho mais voltado para a adaptação da paginação de fechadas, detalhamento final de esquadrias, adaptação das ventilações dos sanitários das salas comerciais, detalhamento do espaço reservado para as máquinas condensadoras do ar condicionado e detalhamento das drenagens das floreiras.

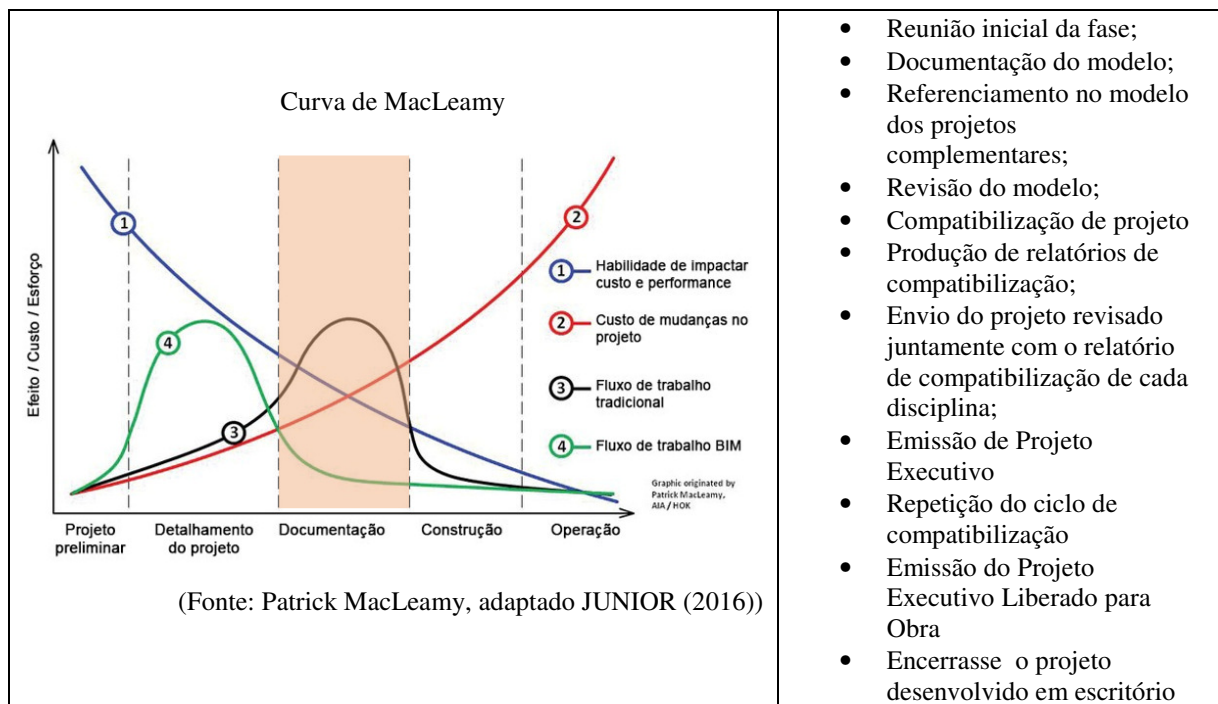
É gerado o relatório de compatibilização com as alterações necessárias para que o projeto fique liberado para obra. Nesta etapa restaram apenas algumas modificações de geometria em algumas vigas e lajes e adaptações do posicionamento dos elementos de drenagem das floreiras do pavimento ático.

O ciclo de emissão, revisão e compatibilização se repete até que o projeto esteja completamente compatibilizado. Após ocorrerem tantas revisões quanto forem necessárias, o projeto está caracterizado como **Liberado para Obra** e obtendo-se um modelo paramétrico capaz de representar a edificação como um protótipo virtual compatibilizado.

4.4.4 Emissão do Projeto Executivo Liberado para Obra

Após as revisões e compatibilizações finais, cadastra-se no *Construmanager* o projeto executivo liberado para obra. A fase de documentação desenvolveu-se de maneira rápida devido a grande parte dos objetos constituintes do modelo serem paramétricos e possuem informações vinculadas cadastradas durante o processo. Novamente foi possível verificar que o desenvolvimento do processo está alinhado com a região destacada da curva 4 na Curva de esforço de MacLeamy (quadro 09).

Quadro 09 – Resumo das atividades desenvolvidas durante o Projeto Executivo.



(fonte: elaborado pelo autor)

Isto ocorreu devido à documentação de projeto executivo consistir em gerar as vistas dos objetos modelados e aplicar cotas e etiquetas específicas para cada informação que se deseja extrair destes objetos paramétricos. Por exemplo é possível utilizar uma etiqueta que extraia o material do objeto e outra que extraia o fabricante, acabamento, etc.

Porém nem todos os objetos foram modelados com um nível de detalhamento suficiente para a documentação de projeto executivo. Nestes casos eram geradas vista de elaboração (*drafting views*) que permitem ao projetista o desenho 2D, semelhante ao convencional de AutoCad. Então, mais uma vez, foi possível perceber que a curva de esforço de MacLeamy é válida,

porém agora o esforço empregado se assemelha a curva 3 na região destacada do gráfico (quadro 09).

Assim, o modelo compatibilizado pode ser considerado como possuindo um nível de detalhamento LOD 350. Neste modelo paramétrico existem áreas que estão precisas na sua geometria e possuem informações não geométricas carregadas dentro de suas famílias constituintes. Nestes elementos é possível a inserção e extração de informações que auxiliem na sua fabricação, montagem, quantitativos, etc.

Concluído o processo de desenvolvimento de projeto, é possível fazer uma comparação do volume de informação produzido após a finalização de cada fase do projeto e as atividades que cada uma dessas fases liberou (quadro 10). Nota-se que após o anteprojeto a quantidade de informações passíveis de extrair do modelo crescem de forma consistente, em um curto período de tempo. Da mesma forma durante as fases de documentação de detalhamentos (Projeto Executivo), gera-se desenhos técnicos de forma agilizada. Isto deve-se às famílias paramétricas utilizadas que possuem informações adicionais às geométricas.

Quadro 10 – Comparação do volume de documentação gerado por fase de projeto.

ANTEPROJETO			PROJETO BÁSICO			PROJETO EXECUTIVO																																																																																																																																																																																																																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">EMISSÃO ANTEPROJETO</th> </tr> <tr> <th>TÍTULO</th> <th colspan="2">DESCRIÇÃO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>DAL-ARQ-AP-01</td><td>PERSPECTIVAS</td></tr> <tr><td>2</td><td>DAL-ARQ-AP-02</td><td>PLANTA 1º SUBSOLO E 2º SUBSOLO</td></tr> <tr><td>3</td><td>DAL-ARQ-AP-03</td><td>PLANTA TERREO E COBERTURA</td></tr> <tr><td>4</td><td>DAL-ARQ-AP-04</td><td>PLANTA 1º PAVIMENTO E PAVT</td></tr> <tr><td>5</td><td>DAL-ARQ-AP-05</td><td>PLANTA DÍPLEX-6º PAVTTO- A</td></tr> <tr><td>6</td><td>DAL-ARQ-AP-06</td><td>CORTE AA-BB</td></tr> <tr><td>7</td><td>DAL-ARQ-AP-07</td><td>CORTE CC</td></tr> <tr><td>8</td><td>DAL-ARQ-AP-08</td><td>ELEVAÇÕES OESTE-SUL</td></tr> <tr><td>9</td><td>DAL-ARQ-AP-09</td><td>ELEVAÇÕES NORTE-LESTE</td></tr> </tbody> </table>			EMISSÃO ANTEPROJETO			TÍTULO	DESCRIÇÃO		1	DAL-ARQ-AP-01	PERSPECTIVAS	2	DAL-ARQ-AP-02	PLANTA 1º SUBSOLO E 2º SUBSOLO	3	DAL-ARQ-AP-03	PLANTA TERREO E COBERTURA	4	DAL-ARQ-AP-04	PLANTA 1º PAVIMENTO E PAVT	5	DAL-ARQ-AP-05	PLANTA DÍPLEX-6º PAVTTO- A	6	DAL-ARQ-AP-06	CORTE AA-BB	7	DAL-ARQ-AP-07	CORTE CC	8	DAL-ARQ-AP-08	ELEVAÇÕES OESTE-SUL	9	DAL-ARQ-AP-09	ELEVAÇÕES NORTE-LESTE	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">EMISSÃO PROJETO BÁSICO</th> </tr> <tr> <th>TÍTULO</th> <th colspan="2">DESCRIÇÃO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>DAL-ARQ-PB-1009-PLIM</td><td>IMPLANTACÃO</td></tr> <tr><td>2</td><td>DAL-ARQ-PB-1101-PL2S</td><td>PLANTA 2º SUBSOLO</td></tr> <tr><td>3</td><td>DAL-ARQ-PB-1102-PL1S</td><td>PLANTA 1º SUBSOLO</td></tr> <tr><td>4</td><td>DAL-ARQ-PB-1103-PLTE</td><td>PLANTA TERREO</td></tr> <tr><td>5</td><td>DAL-ARQ-PB-1104-PL1P</td><td>PLANTA 1º PAVIMENTO GARDEN</td></tr> <tr><td>6</td><td>DAL-ARQ-PB-1105-PL2P</td><td>PLANTA 2º PAVIMENTO</td></tr> <tr><td>7</td><td>DAL-ARQ-PB-1106-PL3P</td><td>PLANTA 3º PAVIMENTO</td></tr> <tr><td>8</td><td>DAL-ARQ-PB-1107-PL4P</td><td>PLANTA 4º PAVIMENTO</td></tr> <tr><td>9</td><td>DAL-ARQ-PB-1108-PL4J</td><td>PLANTA 4º PAVIMENTO JIRAU</td></tr> <tr><td>10</td><td>DAL-ARQ-PB-1109-PL5P</td><td>PLANTA 5º PAVIMENTO</td></tr> <tr><td>11</td><td>DAL-ARQ-PB-1110-PL4J</td><td>PLANTA 5º PAVIMENTO JIRAU</td></tr> <tr><td>12</td><td>DAL-ARQ-PB-1111-PL6P</td><td>PLANTA 6º PAVIMENTO</td></tr> <tr><td>13</td><td>DAL-ARQ-PB-1112-PLAT</td><td>PLANTA ATICO</td></tr> <tr><td>14</td><td>DAL-ARQ-PB-1113-PLCO</td><td>PLANTA COBERTURA</td></tr> <tr><td>15</td><td>DAL-ARQ-PB-2101-COA</td><td>CORTE AA</td></tr> <tr><td>16</td><td>DAL-ARQ-PB-2102-COB</td><td>CORTE BB</td></tr> <tr><td>17</td><td>DAL-ARQ-PB-2103-COC</td><td>CORTE CC</td></tr> <tr><td>18</td><td>DAL-ARQ-PB-2104-COD</td><td>CORTE DD</td></tr> <tr><td>19</td><td>DAL-ARQ-PB-2105-COE</td><td>CORTE EE</td></tr> <tr><td>20</td><td>DAL-ARQ-PB-3101-ELSU</td><td>ELEVAÇÃO SUL</td></tr> <tr><td>21</td><td>DAL-ARQ-PB-3102-ELNO</td><td>ELEVAÇÃO NORTE</td></tr> <tr><td>22</td><td>DAL-ARQ-PB-3103-ELOE</td><td>ELEVAÇÃO OESTE</td></tr> <tr><td>23</td><td>DAL-ARQ-PB-3104-ELLE</td><td>ELEVAÇÃO LESTE</td></tr> </tbody> </table>			EMISSÃO PROJETO BÁSICO			TÍTULO	DESCRIÇÃO		1	DAL-ARQ-PB-1009-PLIM	IMPLANTACÃO	2	DAL-ARQ-PB-1101-PL2S	PLANTA 2º SUBSOLO	3	DAL-ARQ-PB-1102-PL1S	PLANTA 1º SUBSOLO	4	DAL-ARQ-PB-1103-PLTE	PLANTA TERREO	5	DAL-ARQ-PB-1104-PL1P	PLANTA 1º PAVIMENTO GARDEN	6	DAL-ARQ-PB-1105-PL2P	PLANTA 2º PAVIMENTO	7	DAL-ARQ-PB-1106-PL3P	PLANTA 3º PAVIMENTO	8	DAL-ARQ-PB-1107-PL4P	PLANTA 4º PAVIMENTO	9	DAL-ARQ-PB-1108-PL4J	PLANTA 4º PAVIMENTO JIRAU	10	DAL-ARQ-PB-1109-PL5P	PLANTA 5º PAVIMENTO	11	DAL-ARQ-PB-1110-PL4J	PLANTA 5º PAVIMENTO JIRAU	12	DAL-ARQ-PB-1111-PL6P	PLANTA 6º PAVIMENTO	13	DAL-ARQ-PB-1112-PLAT	PLANTA ATICO	14	DAL-ARQ-PB-1113-PLCO	PLANTA COBERTURA	15	DAL-ARQ-PB-2101-COA	CORTE AA	16	DAL-ARQ-PB-2102-COB	CORTE BB	17	DAL-ARQ-PB-2103-COC	CORTE CC	18	DAL-ARQ-PB-2104-COD	CORTE DD	19	DAL-ARQ-PB-2105-COE	CORTE EE	20	DAL-ARQ-PB-3101-ELSU	ELEVAÇÃO SUL	21	DAL-ARQ-PB-3102-ELNO	ELEVAÇÃO NORTE	22	DAL-ARQ-PB-3103-ELOE	ELEVAÇÃO OESTE	23	DAL-ARQ-PB-3104-ELLE	ELEVAÇÃO LESTE	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">EMISSÃO PROJETO EXECUTIVO</th> </tr> <tr> <th>TÍTULO</th> <th colspan="2">DESCRIÇÃO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>DAL-ARQ-PE-1100-PLIM-R00</td><td>IMPLANTACÃO</td></tr> <tr><td>2</td><td>DAL-ARQ-PE-1101-PL2S-R00</td><td>PLANTA 2º SUBSOLO</td></tr> <tr><td>3</td><td>DAL-ARQ-PE-1102-PL1S-R00</td><td>PLANTA 1º SUBSOLO</td></tr> <tr><td>4</td><td>DAL-ARQ-PE-1103-PLTE-R00</td><td>PLANTA TERREO</td></tr> <tr><td>5</td><td>DAL-ARQ-PE-1104-PL1P-R00</td><td>PLANTA 1º PAVIMENTO GARDEN</td></tr> <tr><td>6</td><td>DAL-ARQ-PE-1105-PL2P-R00</td><td>PLANTA 2º PAVIMENTO</td></tr> <tr><td>7</td><td>DAL-ARQ-PE-1106-PL3P-R00</td><td>PLANTA 3º PAVIMENTO</td></tr> <tr><td>8</td><td>DAL-ARQ-PE-1107-PL4P-R00</td><td>PLANTA 4º PAVIMENTO</td></tr> <tr><td>9</td><td>DAL-ARQ-PE-1108-PL4J-R00</td><td>PLANTA 4º PAVIMENTO JIRAU</td></tr> <tr><td>10</td><td>DAL-ARQ-PE-1109-PL5P-R00</td><td>PLANTA 5º PAVIMENTO</td></tr> <tr><td>11</td><td>DAL-ARQ-PE-1110-PL4J-R00</td><td>PLANTA 5º PAVIMENTO JIRAU</td></tr> <tr><td>12</td><td>DAL-ARQ-PE-1111-PL6P-R00</td><td>PLANTA 6º PAVIMENTO</td></tr> <tr><td>13</td><td>DAL-ARQ-PE-1112-PLAT-R00</td><td>PLANTA ATICO</td></tr> <tr><td>14</td><td>DAL-ARQ-PE-1113-PLCO-R00</td><td>PLANTA COBERTURA</td></tr> <tr><td>15</td><td>DAL-ARQ-PE-2101-COA-R00</td><td>CORTE AA</td></tr> <tr><td>16</td><td>DAL-ARQ-PE-2102-COB-R00</td><td>CORTE BB</td></tr> <tr><td>17</td><td>DAL-ARQ-PE-2103-COC-R00</td><td>CORTE CC</td></tr> <tr><td>18</td><td>DAL-ARQ-PE-2104-COD-R00</td><td>CORTE DD</td></tr> <tr><td>19</td><td>DAL-ARQ-PE-2105-COE-R00</td><td>CORTE EE</td></tr> <tr><td>20</td><td>DAL-ARQ-PE-3101-EL-R00</td><td>ELEVAÇÃO SUL</td></tr> <tr><td>21</td><td>DAL-ARQ-PE-3102-ELNO-R00</td><td>ELEVAÇÃO NORTE</td></tr> <tr><td>22</td><td>DAL-ARQ-PE-3103-ELOE-R00</td><td>ELEVAÇÃO OESTE</td></tr> <tr><td>23</td><td>DAL-ARQ-PE-3104-ELLE-R00</td><td>ELEVAÇÃO LESTE</td></tr> <tr><td>24</td><td>DAL-ARQ-PE-4101-AMMO-R00</td><td>DET. ÁREAS MOLHADAS</td></tr> <tr><td>25</td><td>DAL-ARQ-PE-4102-AMMO-R00</td><td>DET. ÁREAS MOLHADAS</td></tr> <tr><td>26</td><td>DAL-ARQ-PE-5101-AMES-R00</td><td>DET. ESCADAS</td></tr> <tr><td>27</td><td>DAL-ARQ-PE-5102-AMES-R00</td><td>DET. ESCADAS</td></tr> <tr><td>28</td><td>DAL-ARQ-PE-6101-AMCX-R00</td><td>DET. ESCADARIAS FACIADAS</td></tr> <tr><td>29</td><td>DAL-ARQ-PE-7101-AMPO-R00</td><td>DET. PORTAS</td></tr> <tr><td>30</td><td>DAL-ARQ-PE-7102-AMPO-R00</td><td>DET. PORTAS</td></tr> <tr><td>31</td><td>DAL-ARQ-PE-8101-AMDT-R00</td><td>DET. HALL ELEVADORES</td></tr> <tr><td>32</td><td>DAL-ARQ-PE-8102-AMDT-R00</td><td>DET. DIVERSOS</td></tr> </tbody> </table>			EMISSÃO PROJETO EXECUTIVO			TÍTULO	DESCRIÇÃO		1	DAL-ARQ-PE-1100-PLIM-R00	IMPLANTACÃO	2	DAL-ARQ-PE-1101-PL2S-R00	PLANTA 2º SUBSOLO	3	DAL-ARQ-PE-1102-PL1S-R00	PLANTA 1º SUBSOLO	4	DAL-ARQ-PE-1103-PLTE-R00	PLANTA TERREO	5	DAL-ARQ-PE-1104-PL1P-R00	PLANTA 1º PAVIMENTO GARDEN	6	DAL-ARQ-PE-1105-PL2P-R00	PLANTA 2º PAVIMENTO	7	DAL-ARQ-PE-1106-PL3P-R00	PLANTA 3º PAVIMENTO	8	DAL-ARQ-PE-1107-PL4P-R00	PLANTA 4º PAVIMENTO	9	DAL-ARQ-PE-1108-PL4J-R00	PLANTA 4º PAVIMENTO JIRAU	10	DAL-ARQ-PE-1109-PL5P-R00	PLANTA 5º PAVIMENTO	11	DAL-ARQ-PE-1110-PL4J-R00	PLANTA 5º PAVIMENTO JIRAU	12	DAL-ARQ-PE-1111-PL6P-R00	PLANTA 6º PAVIMENTO	13	DAL-ARQ-PE-1112-PLAT-R00	PLANTA ATICO	14	DAL-ARQ-PE-1113-PLCO-R00	PLANTA COBERTURA	15	DAL-ARQ-PE-2101-COA-R00	CORTE AA	16	DAL-ARQ-PE-2102-COB-R00	CORTE BB	17	DAL-ARQ-PE-2103-COC-R00	CORTE CC	18	DAL-ARQ-PE-2104-COD-R00	CORTE DD	19	DAL-ARQ-PE-2105-COE-R00	CORTE EE	20	DAL-ARQ-PE-3101-EL-R00	ELEVAÇÃO SUL	21	DAL-ARQ-PE-3102-ELNO-R00	ELEVAÇÃO NORTE	22	DAL-ARQ-PE-3103-ELOE-R00	ELEVAÇÃO OESTE	23	DAL-ARQ-PE-3104-ELLE-R00	ELEVAÇÃO LESTE	24	DAL-ARQ-PE-4101-AMMO-R00	DET. ÁREAS MOLHADAS	25	DAL-ARQ-PE-4102-AMMO-R00	DET. ÁREAS MOLHADAS	26	DAL-ARQ-PE-5101-AMES-R00	DET. ESCADAS	27	DAL-ARQ-PE-5102-AMES-R00	DET. ESCADAS	28	DAL-ARQ-PE-6101-AMCX-R00	DET. ESCADARIAS FACIADAS	29	DAL-ARQ-PE-7101-AMPO-R00	DET. PORTAS	30	DAL-ARQ-PE-7102-AMPO-R00	DET. PORTAS	31	DAL-ARQ-PE-8101-AMDT-R00	DET. HALL ELEVADORES	32	DAL-ARQ-PE-8102-AMDT-R00	DET. DIVERSOS
EMISSÃO ANTEPROJETO																																																																																																																																																																																																																										
TÍTULO	DESCRIÇÃO																																																																																																																																																																																																																									
1	DAL-ARQ-AP-01	PERSPECTIVAS																																																																																																																																																																																																																								
2	DAL-ARQ-AP-02	PLANTA 1º SUBSOLO E 2º SUBSOLO																																																																																																																																																																																																																								
3	DAL-ARQ-AP-03	PLANTA TERREO E COBERTURA																																																																																																																																																																																																																								
4	DAL-ARQ-AP-04	PLANTA 1º PAVIMENTO E PAVT																																																																																																																																																																																																																								
5	DAL-ARQ-AP-05	PLANTA DÍPLEX-6º PAVTTO- A																																																																																																																																																																																																																								
6	DAL-ARQ-AP-06	CORTE AA-BB																																																																																																																																																																																																																								
7	DAL-ARQ-AP-07	CORTE CC																																																																																																																																																																																																																								
8	DAL-ARQ-AP-08	ELEVAÇÕES OESTE-SUL																																																																																																																																																																																																																								
9	DAL-ARQ-AP-09	ELEVAÇÕES NORTE-LESTE																																																																																																																																																																																																																								
EMISSÃO PROJETO BÁSICO																																																																																																																																																																																																																										
TÍTULO	DESCRIÇÃO																																																																																																																																																																																																																									
1	DAL-ARQ-PB-1009-PLIM	IMPLANTACÃO																																																																																																																																																																																																																								
2	DAL-ARQ-PB-1101-PL2S	PLANTA 2º SUBSOLO																																																																																																																																																																																																																								
3	DAL-ARQ-PB-1102-PL1S	PLANTA 1º SUBSOLO																																																																																																																																																																																																																								
4	DAL-ARQ-PB-1103-PLTE	PLANTA TERREO																																																																																																																																																																																																																								
5	DAL-ARQ-PB-1104-PL1P	PLANTA 1º PAVIMENTO GARDEN																																																																																																																																																																																																																								
6	DAL-ARQ-PB-1105-PL2P	PLANTA 2º PAVIMENTO																																																																																																																																																																																																																								
7	DAL-ARQ-PB-1106-PL3P	PLANTA 3º PAVIMENTO																																																																																																																																																																																																																								
8	DAL-ARQ-PB-1107-PL4P	PLANTA 4º PAVIMENTO																																																																																																																																																																																																																								
9	DAL-ARQ-PB-1108-PL4J	PLANTA 4º PAVIMENTO JIRAU																																																																																																																																																																																																																								
10	DAL-ARQ-PB-1109-PL5P	PLANTA 5º PAVIMENTO																																																																																																																																																																																																																								
11	DAL-ARQ-PB-1110-PL4J	PLANTA 5º PAVIMENTO JIRAU																																																																																																																																																																																																																								
12	DAL-ARQ-PB-1111-PL6P	PLANTA 6º PAVIMENTO																																																																																																																																																																																																																								
13	DAL-ARQ-PB-1112-PLAT	PLANTA ATICO																																																																																																																																																																																																																								
14	DAL-ARQ-PB-1113-PLCO	PLANTA COBERTURA																																																																																																																																																																																																																								
15	DAL-ARQ-PB-2101-COA	CORTE AA																																																																																																																																																																																																																								
16	DAL-ARQ-PB-2102-COB	CORTE BB																																																																																																																																																																																																																								
17	DAL-ARQ-PB-2103-COC	CORTE CC																																																																																																																																																																																																																								
18	DAL-ARQ-PB-2104-COD	CORTE DD																																																																																																																																																																																																																								
19	DAL-ARQ-PB-2105-COE	CORTE EE																																																																																																																																																																																																																								
20	DAL-ARQ-PB-3101-ELSU	ELEVAÇÃO SUL																																																																																																																																																																																																																								
21	DAL-ARQ-PB-3102-ELNO	ELEVAÇÃO NORTE																																																																																																																																																																																																																								
22	DAL-ARQ-PB-3103-ELOE	ELEVAÇÃO OESTE																																																																																																																																																																																																																								
23	DAL-ARQ-PB-3104-ELLE	ELEVAÇÃO LESTE																																																																																																																																																																																																																								
EMISSÃO PROJETO EXECUTIVO																																																																																																																																																																																																																										
TÍTULO	DESCRIÇÃO																																																																																																																																																																																																																									
1	DAL-ARQ-PE-1100-PLIM-R00	IMPLANTACÃO																																																																																																																																																																																																																								
2	DAL-ARQ-PE-1101-PL2S-R00	PLANTA 2º SUBSOLO																																																																																																																																																																																																																								
3	DAL-ARQ-PE-1102-PL1S-R00	PLANTA 1º SUBSOLO																																																																																																																																																																																																																								
4	DAL-ARQ-PE-1103-PLTE-R00	PLANTA TERREO																																																																																																																																																																																																																								
5	DAL-ARQ-PE-1104-PL1P-R00	PLANTA 1º PAVIMENTO GARDEN																																																																																																																																																																																																																								
6	DAL-ARQ-PE-1105-PL2P-R00	PLANTA 2º PAVIMENTO																																																																																																																																																																																																																								
7	DAL-ARQ-PE-1106-PL3P-R00	PLANTA 3º PAVIMENTO																																																																																																																																																																																																																								
8	DAL-ARQ-PE-1107-PL4P-R00	PLANTA 4º PAVIMENTO																																																																																																																																																																																																																								
9	DAL-ARQ-PE-1108-PL4J-R00	PLANTA 4º PAVIMENTO JIRAU																																																																																																																																																																																																																								
10	DAL-ARQ-PE-1109-PL5P-R00	PLANTA 5º PAVIMENTO																																																																																																																																																																																																																								
11	DAL-ARQ-PE-1110-PL4J-R00	PLANTA 5º PAVIMENTO JIRAU																																																																																																																																																																																																																								
12	DAL-ARQ-PE-1111-PL6P-R00	PLANTA 6º PAVIMENTO																																																																																																																																																																																																																								
13	DAL-ARQ-PE-1112-PLAT-R00	PLANTA ATICO																																																																																																																																																																																																																								
14	DAL-ARQ-PE-1113-PLCO-R00	PLANTA COBERTURA																																																																																																																																																																																																																								
15	DAL-ARQ-PE-2101-COA-R00	CORTE AA																																																																																																																																																																																																																								
16	DAL-ARQ-PE-2102-COB-R00	CORTE BB																																																																																																																																																																																																																								
17	DAL-ARQ-PE-2103-COC-R00	CORTE CC																																																																																																																																																																																																																								
18	DAL-ARQ-PE-2104-COD-R00	CORTE DD																																																																																																																																																																																																																								
19	DAL-ARQ-PE-2105-COE-R00	CORTE EE																																																																																																																																																																																																																								
20	DAL-ARQ-PE-3101-EL-R00	ELEVAÇÃO SUL																																																																																																																																																																																																																								
21	DAL-ARQ-PE-3102-ELNO-R00	ELEVAÇÃO NORTE																																																																																																																																																																																																																								
22	DAL-ARQ-PE-3103-ELOE-R00	ELEVAÇÃO OESTE																																																																																																																																																																																																																								
23	DAL-ARQ-PE-3104-ELLE-R00	ELEVAÇÃO LESTE																																																																																																																																																																																																																								
24	DAL-ARQ-PE-4101-AMMO-R00	DET. ÁREAS MOLHADAS																																																																																																																																																																																																																								
25	DAL-ARQ-PE-4102-AMMO-R00	DET. ÁREAS MOLHADAS																																																																																																																																																																																																																								
26	DAL-ARQ-PE-5101-AMES-R00	DET. ESCADAS																																																																																																																																																																																																																								
27	DAL-ARQ-PE-5102-AMES-R00	DET. ESCADAS																																																																																																																																																																																																																								
28	DAL-ARQ-PE-6101-AMCX-R00	DET. ESCADARIAS FACIADAS																																																																																																																																																																																																																								
29	DAL-ARQ-PE-7101-AMPO-R00	DET. PORTAS																																																																																																																																																																																																																								
30	DAL-ARQ-PE-7102-AMPO-R00	DET. PORTAS																																																																																																																																																																																																																								
31	DAL-ARQ-PE-8101-AMDT-R00	DET. HALL ELEVADORES																																																																																																																																																																																																																								
32	DAL-ARQ-PE-8102-AMDT-R00	DET. DIVERSOS																																																																																																																																																																																																																								
LIBERA:	LIBERA:	LIBERA:																																																																																																																																																																																																																								
<ul style="list-style-type: none"> • DESENVOLVIMENTO COMPLEMENTARES • COMPATIBILIZAÇÃO • PROJETO BÁSICO • PROJETO LEGAL 	<ul style="list-style-type: none"> • DESENVOLVIMENTO COMPLEMENTARES • COMPATIBILIZAÇÃO • PROJETO EXECUTIVO • PROJETO LEGAL REVISADO 	<ul style="list-style-type: none"> • DESENVOLVIMENTO COMPLEMENTARES • RELATÓRIO COMPATIBILIZAÇÃO • PROJETO EXECUTIVO LIBERADO PARA OBRA • PROTÓTIPO VIRTUAL 																																																																																																																																																																																																																								

(fonte: elaborado pelo autor)

4.5 ETAPA 2: RESULTADOS DA COMPATIBILIZAÇÃO DO PROJETO

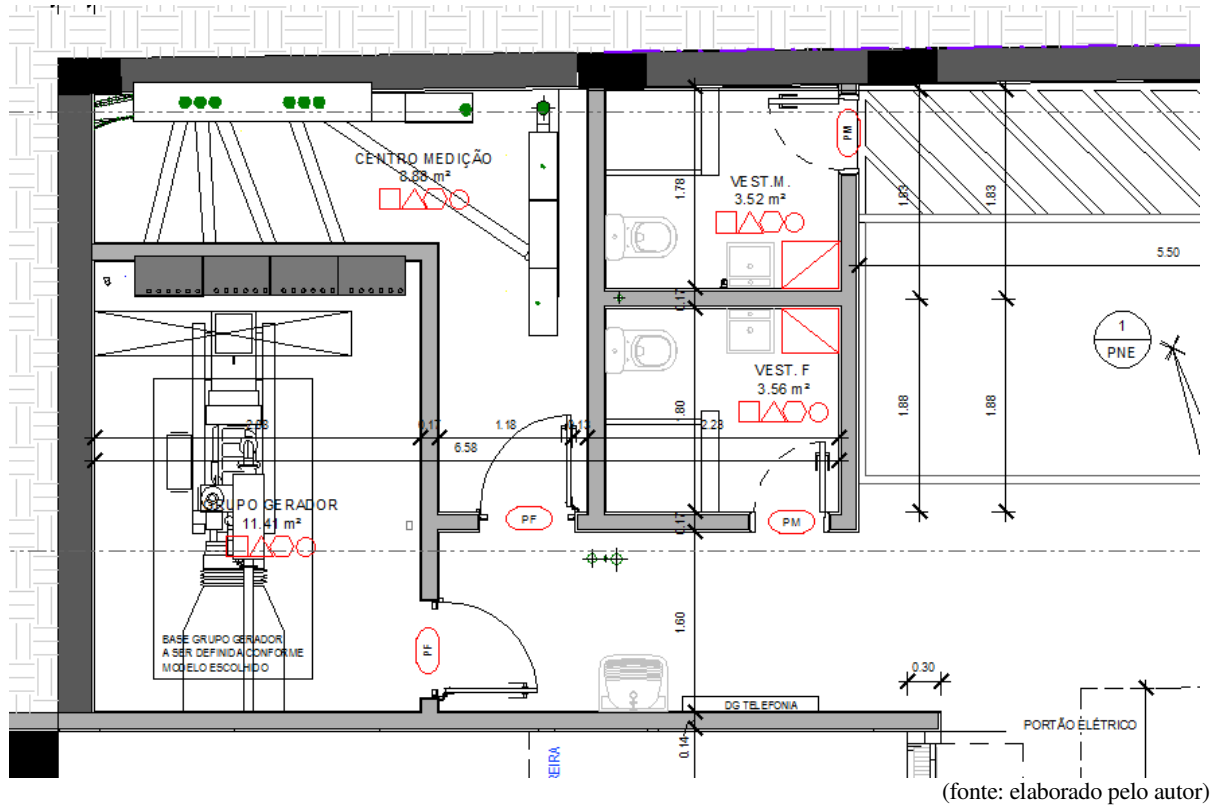
Com o intuito de melhorar entendimento do processo de compatibilização de regiões selecionadas do projeto, separou-se este tema das demais fases de desenvolvimento de projeto. Tomou-se esta medida pelo fato de a compatibilização ser um processo contínuo, que progrediu durante todas as fases de desenvolvimento do trabalho. Assim, é mais oportuno demonstrar a evolução da compatibilização destas áreas de forma individualizada.

4.5.1 Grupo Gerador 1º Subsolo

Localizada no 1º pavimento subsolo a área técnica destinada aos vestiários dos funcionários, centro de medição e grupo gerador foi projetada inicialmente com a configuração apresentada

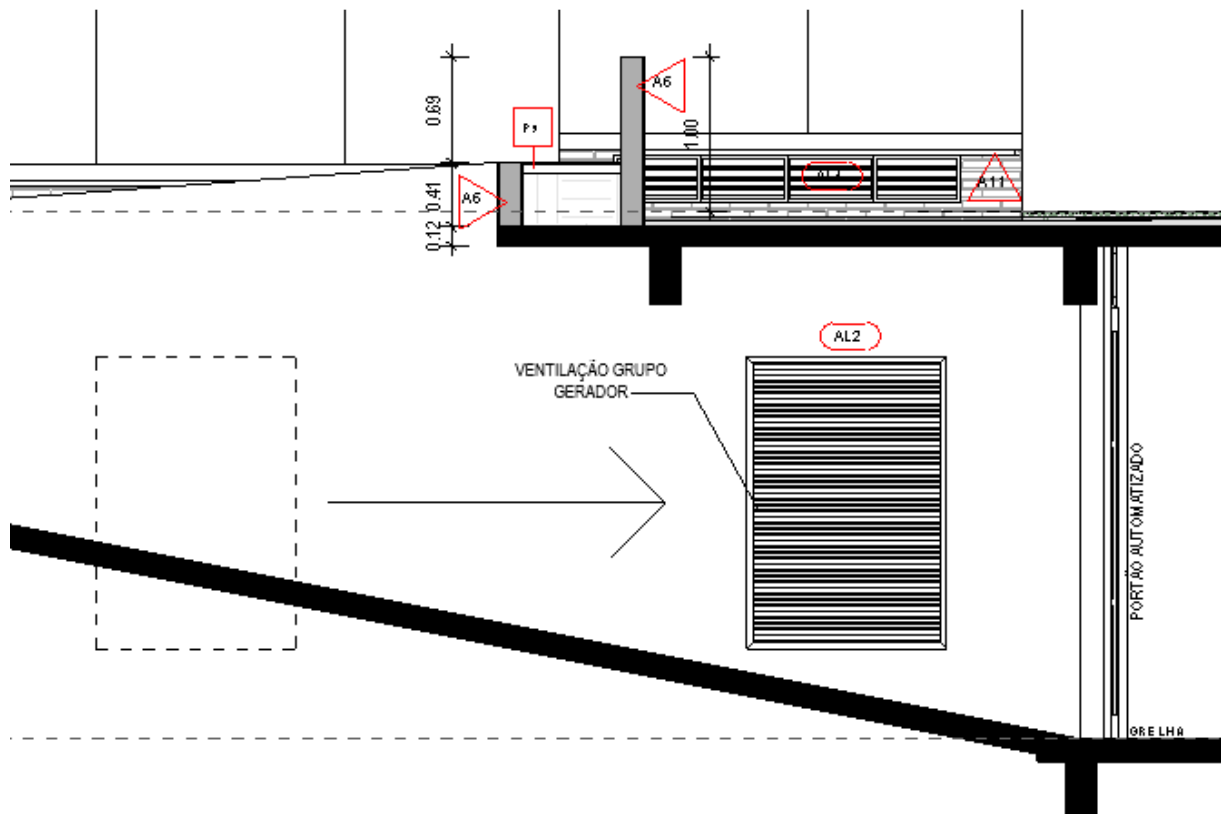
na figura 28. Esta foi a versão emitida na etapa de anteprojeto, quando o dimensionamento do grupo gerador e da área necessária para ventilação e circulações do mesmo ainda não haviam sido calculados.

Figura 28 – Planta baixa grupo gerador na fase de Anteprojeto.



Porém durante a fase de projeto básico foi constatado em reunião junto ao projetista que a atual configuração não atenderia a área de ventilação necessária. Isto ocorreu devido à interferência entre a área necessária para a instalação da ventilação do grupo gerador e a rampa de acesso de veículos. O corte apresentado na figura 29 evidencia a incompatibilidade detectada.

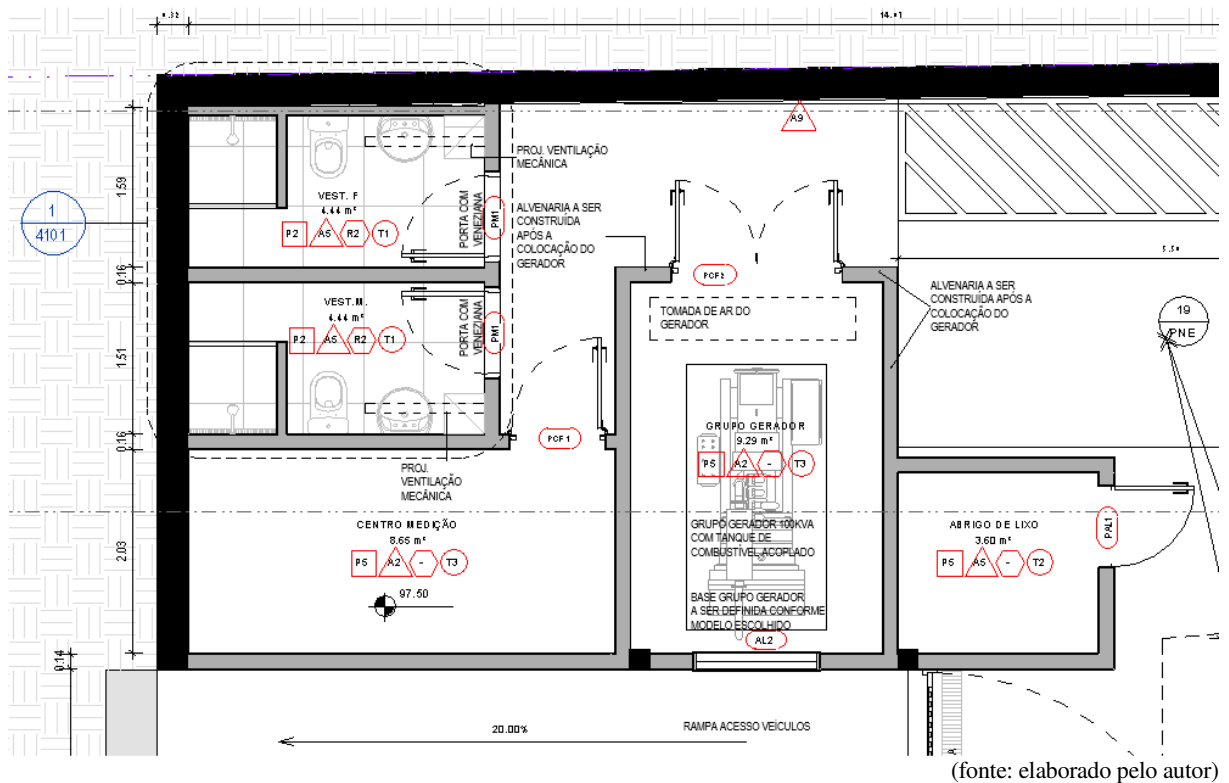
Figura 29 – Corte rampa acesso de veículos / ventilação grupo gerador.



(fonte: elaborado pelo autor)

Para sanar esta incompatibilidade estudou-se novamente a região de modo a encontrar uma posição adequada para a sala do grupo gerador. Para tanto, foi necessário modificar a configuração dos ambientes adjacentes, resultando na disposição apresentada na figura 30. Esta foi a configuração consolidada no projeto pré-executivo.

Figura 30 – Planta baixa grupo gerador na fase de Projeto Executivo.

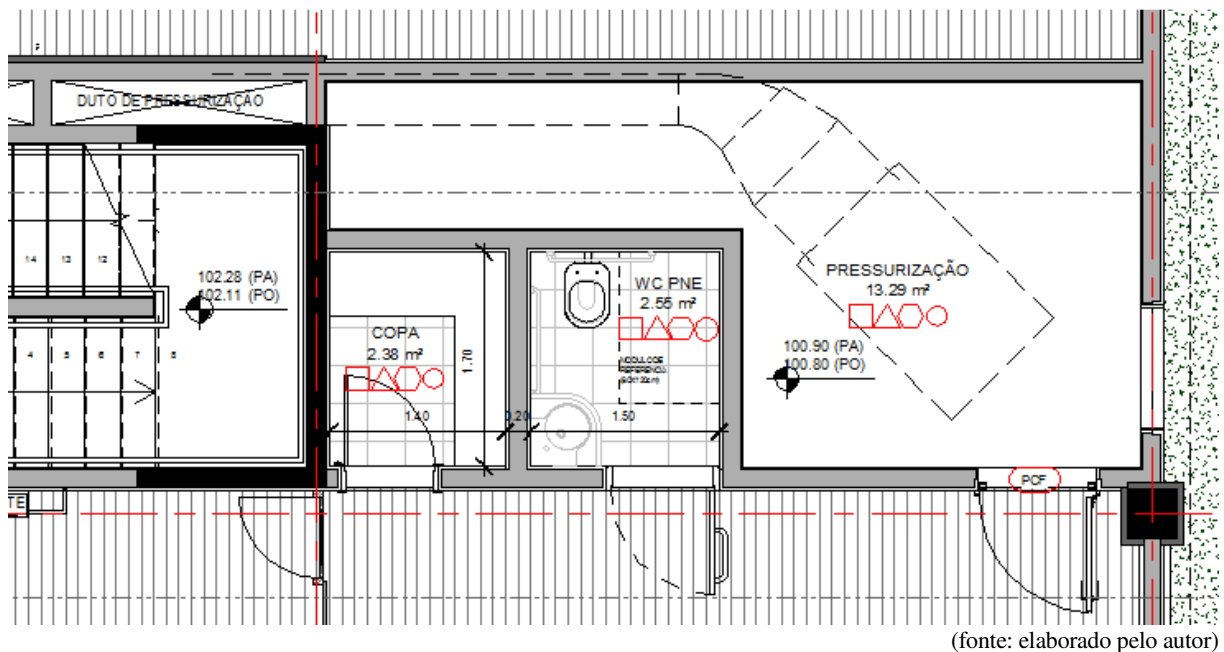


Com esta nova disposição da região consolidada, foi necessário que os projetos de elétrica e hidráulica se adaptassem a nova configuração. Para isso gerou-se no relatório de compatibilização destas disciplinas notas comunicando a alteração e solicitando as alterações cabíveis nos projetos para que o projeto executivo fosse liberado para obra.

4.5.2 Pressurização Pavimento Térreo

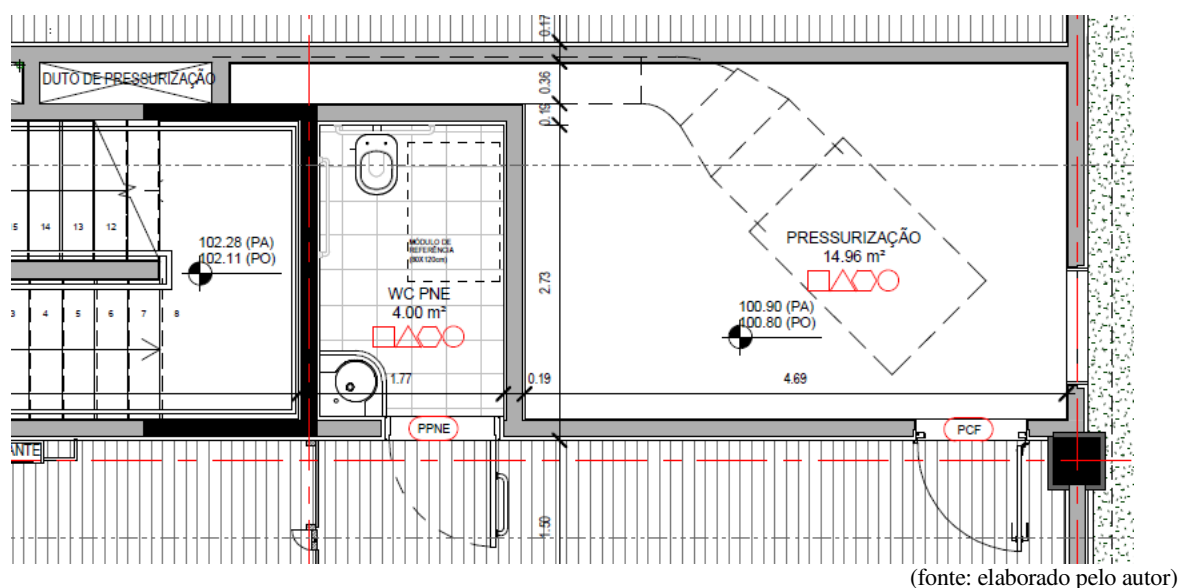
Localizada no pavimento térreo, próxima a escada de emergência, a pressurização das escadas de emergência foi acomodada ao lado da copa e do sanitário direcionado a pessoas com necessidades especiais (figura 31). O equipamento de pressurização tem por finalidade evitar que entre fumaça dentro das escadas de emergência em caso de incêndio.

Figura 31 – Planta baixa pressurização na fase de Anteprojeto.



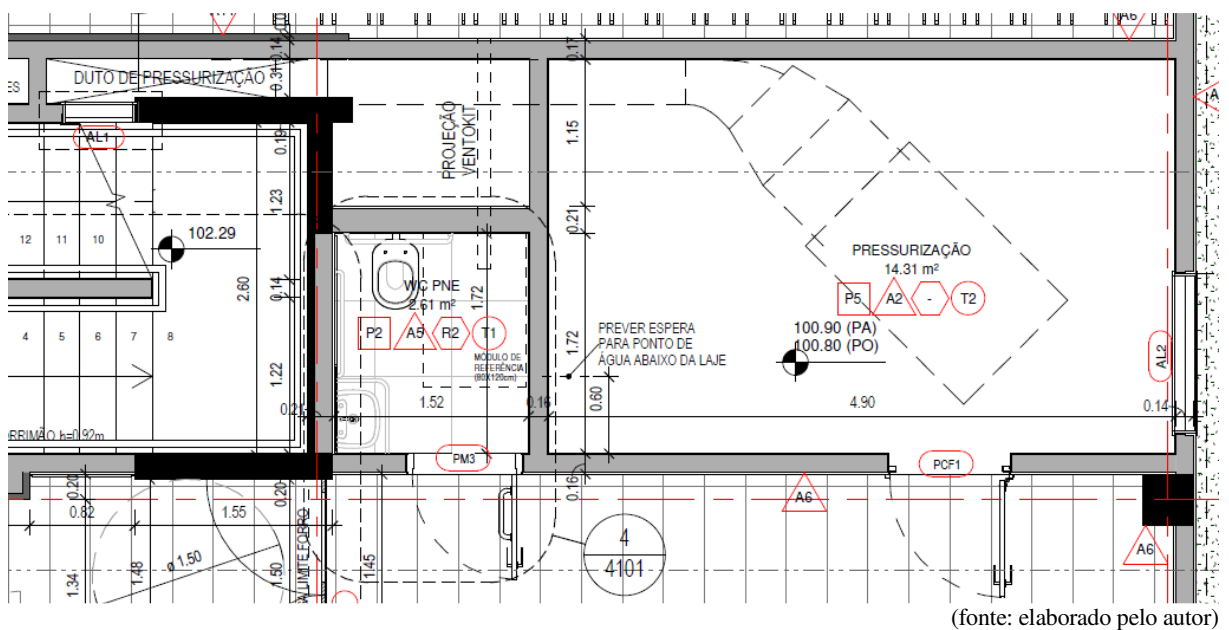
Porém, após a entrega do anteprojeto, foi constatado pelo projetista responsável pela pressurização que o espaço necessário para acomodar todos os equipamentos e circulações mínimas era deficitário. Portanto necessitou-se a adaptação do projeto e suprimiu-se a área destinada à copa (figura 32). A versão revisada foi emitida ao final do projeto básico na emissão de projeto executivo R00. Juntamente à versão revisada, foram emitidos relatórios de compatibilização para que as outras disciplinas afetadas por essa mudança adaptassem seus projetos.

Figura 32 – Planta baixa pressurização na fase de Projeto Básico.



Durante a fase de projeto executivo percebeu-se que as dimensões do sanitário PNE excediam as mínimas exigidas para atender os parâmetros técnicos da norma. Portanto com o intuito de economizar em acabamentos adaptou-se este banheiro para o tamanho mínimo exigido. Também foi modelado o fechamento vertical em alvenaria anexo ao sanitário PNE para que a pressurização na escada de emergência fosse garantida. A configuração abaixo apresenta a solução dimensionada e compatibilizada final da sala de pressurização e sanitário PNE (figura 33).

Figura 33 – Planta baixa pressurização na fase de Projeto Executivo.

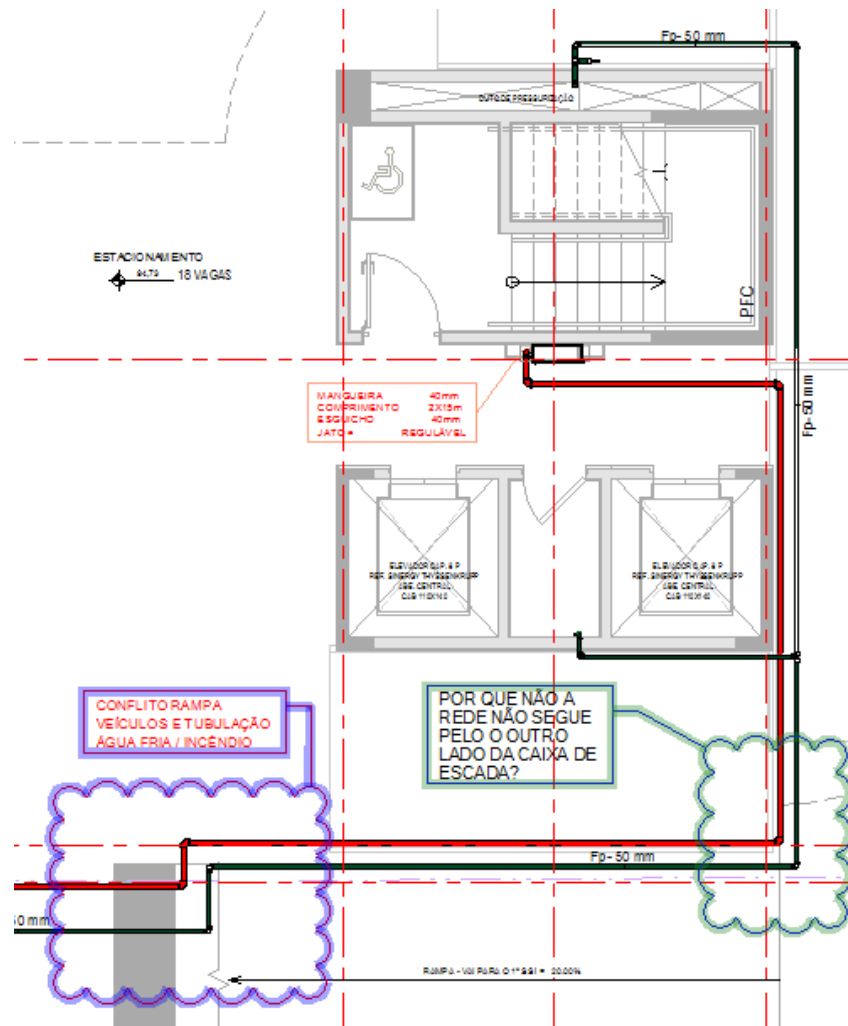


4.5.3 Tubulações do Pavimento 2º Subsolo

No 2º pavimento subsolo encontra-se, além das vagas de estacionamento, a área técnica destinada aos reservatórios da edificação. Esta região necessitou atenção especial devido ao grande número de elementos estruturais interagindo com componentes do projeto hidráulico.

Uma das incompatibilidades encontradas no projeto de instalações hidráulicas foi o conflito existente entre as tubulações de água fria e incêndio com a rampa de acesso de veículos do 1º para o 2º pavimento de subsolos. A figura 34 apresenta uma imagem do relatório de compatibilização de projeto hidráulico, onde são destacadas as duas incompatibilidades observadas durante a revisão de projeto, as tubulações de incêndio estão representadas na cor vermelha e a de água fria na cor verde.

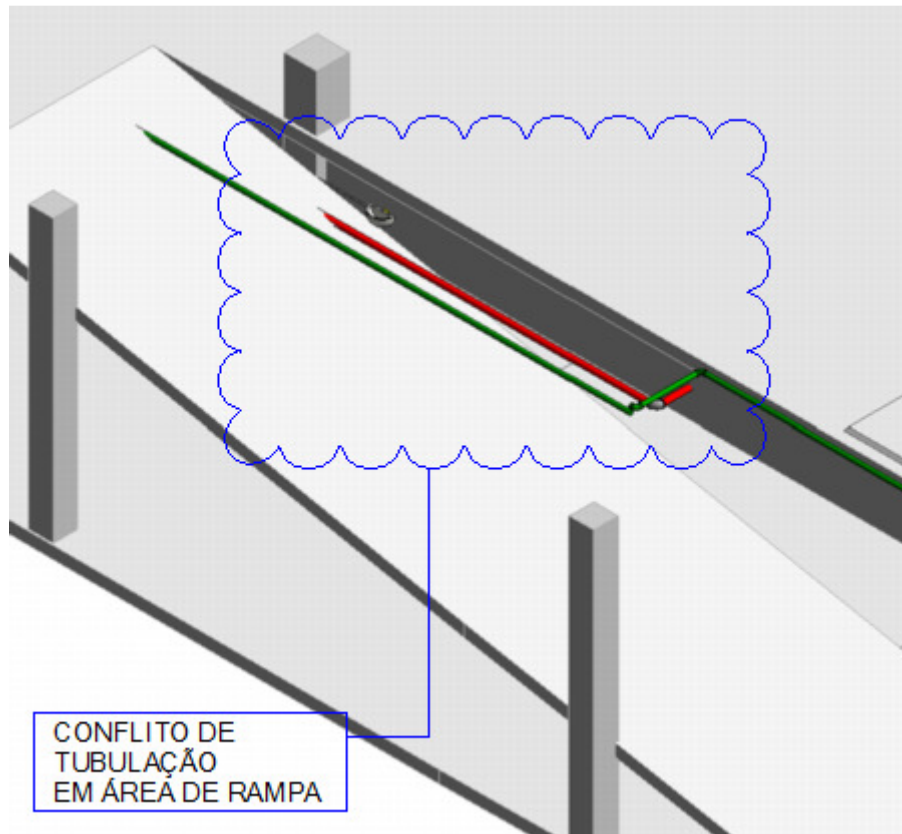
Figura 34 – Relatório de Compatibilização DWF - Planta baixa tubulação 2º pavimento subsolo Anteprojetado.



(fonte: elaborado pelo autor)

Na figura 35 percebe-se a importância que a modelagem representa para a percepção de incompatibilidades. Enquanto a análise da figura 34 nos induz a pensar que não existe conflito entre a rampa de veículos e as tubulações, a perspectiva (figura 35) obtida através do modelo paramétrico evidencia a interferência entre estes elementos.

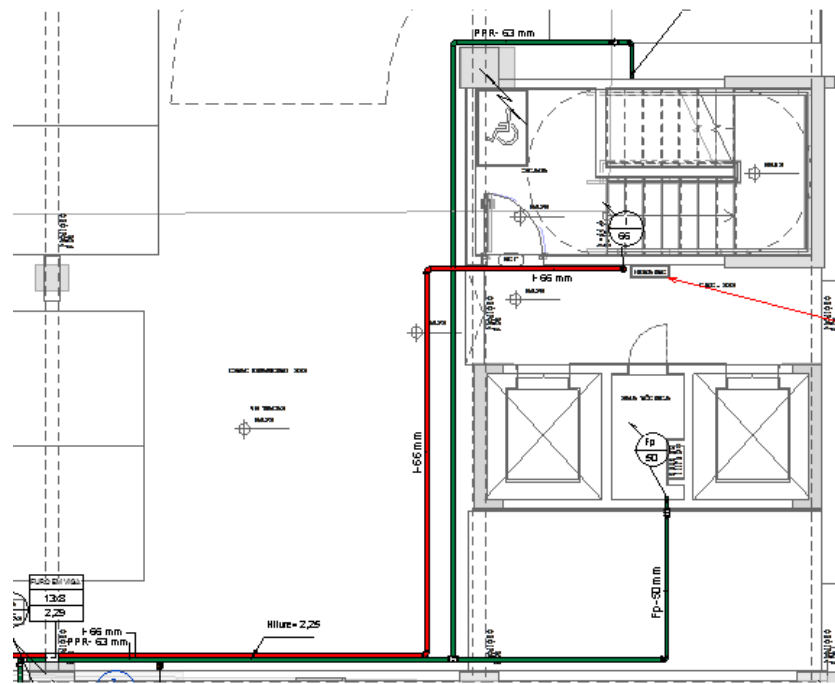
Figura 35 – Relatório de Compatibilização DWF – Perspectiva conflito tubulação x rampa de veículos.



(fonte: elaborado pelo autor)

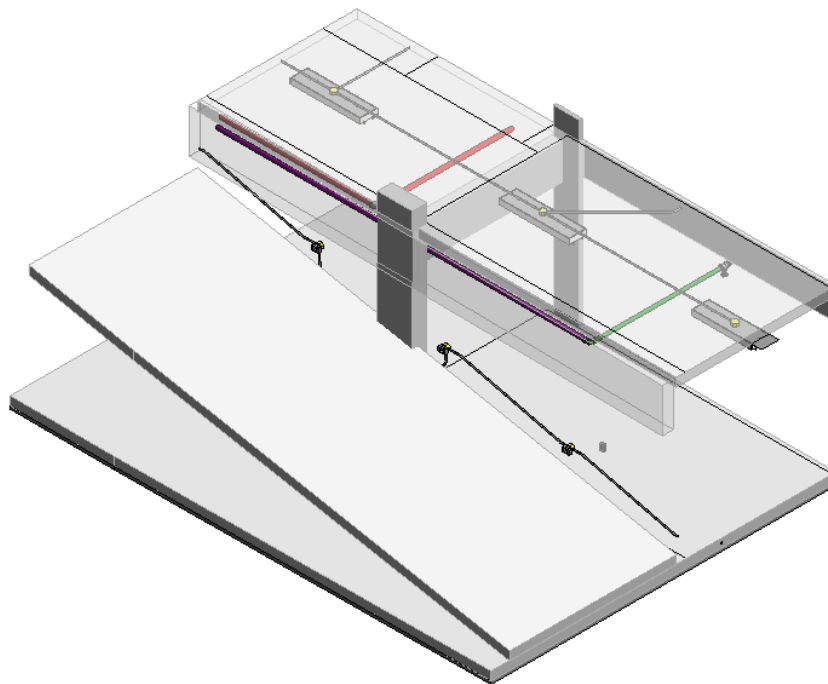
Estas incompatibilidades foram inseridas no relatório de compatibilização do projeto hidráulico e encaminhadas para revisão. Após as adaptações, a versão compatibilizada apresentou novo layout das tubulações e a solução da interferência entre as instalações e a rampa. As figuras 36 e 37 apresentam a planta baixa e a perspectiva isométrica da solução compatibilizada do projeto hidráulico.

Figura 36 - Planta baixa da tubulação do 2º pavimento subsolo compatibilizada no Projeto Executivo.



(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 37 – Perspectiva da tubulação compatibilizada com a rampa de veículos.

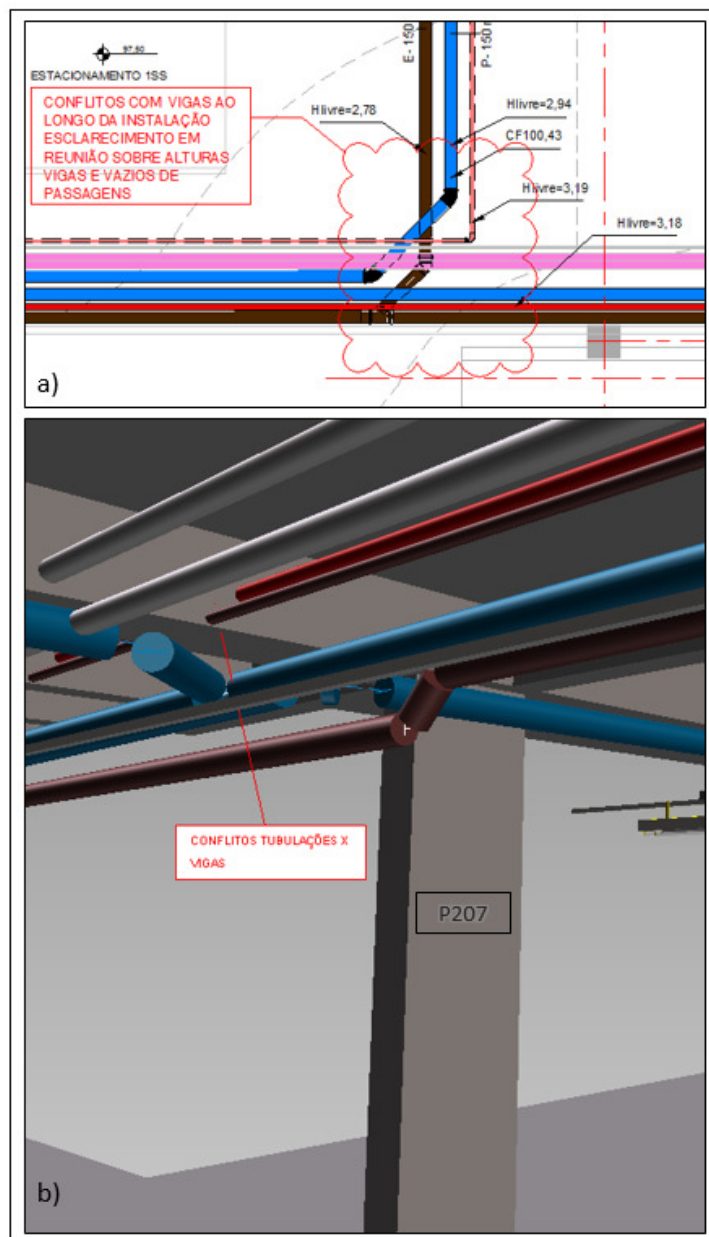


(fonte: elaborado pelo autor)

4.5.4 Tubulações do Pavimento 1º Subsolo

Um grande volume de instalações passa pelo 1º pavimento do subsolo. O lançamento inicial do projeto de instalações hidrossanitárias apresentava grande número de incompatibilidades entre tubulações e elementos estruturais (figura 38). Estes problemas foram inseridos no relatório de compatibilização de projeto e encaminhados, juntamente com o modelo em Revit da arquitetura e estrutura, para o escritório responsável pelo projeto hidrossanitários.

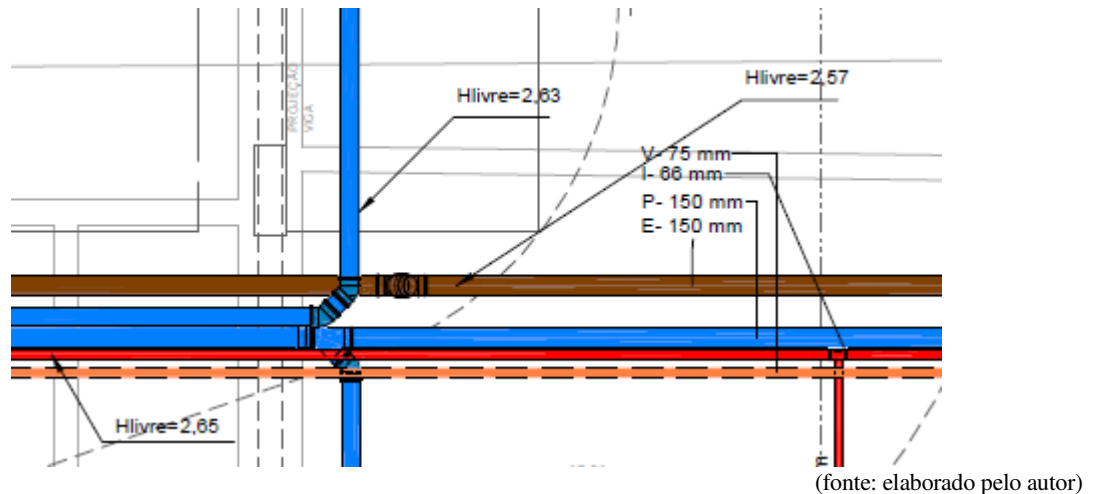
Figura 38– Relatório de Compatibilização DWF a) Planta Baixa de Instalações 1º subsolo. b) Perspectiva do Conflito entre tubulações x vigas.



(fonte: elaborado pelo autor)

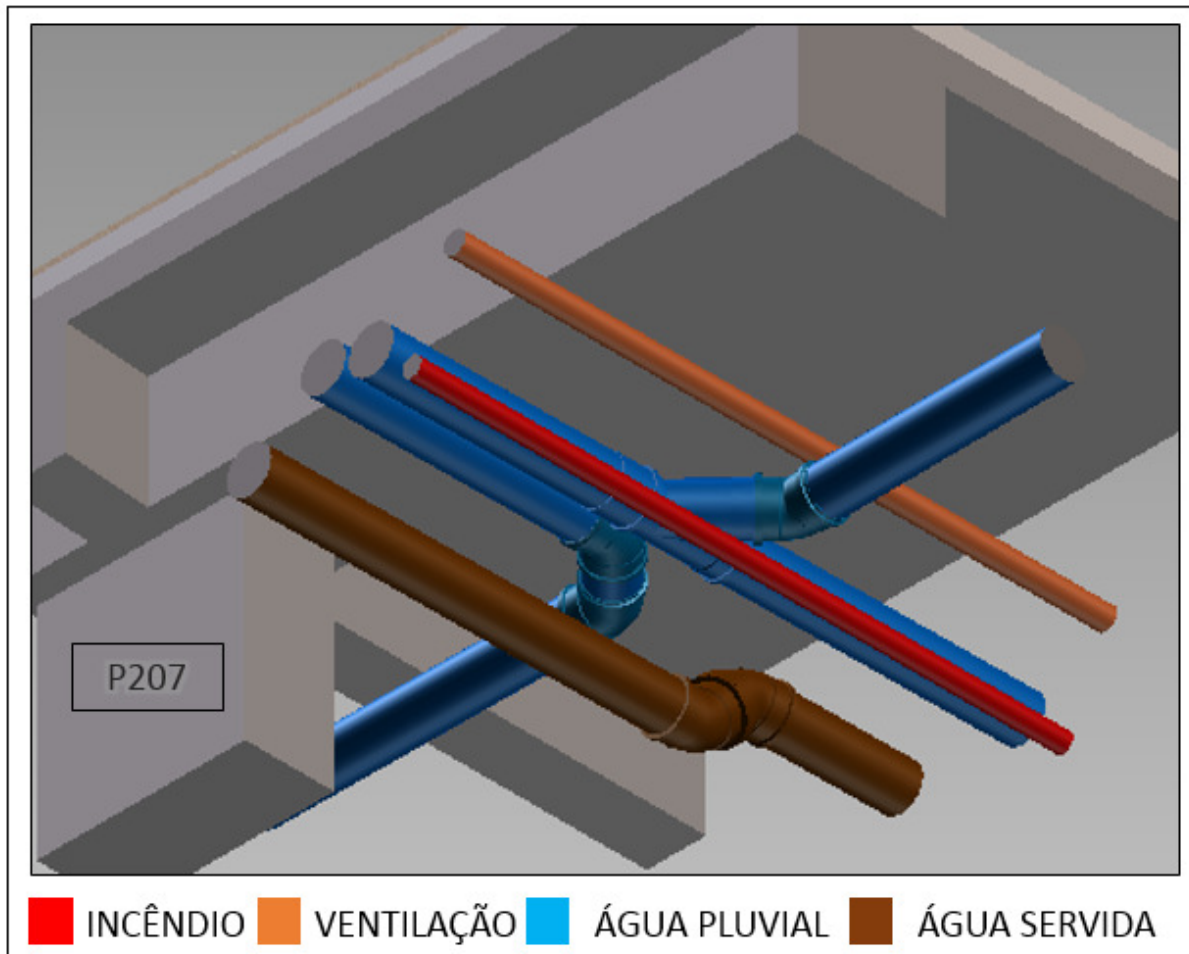
Em posse do modelo arquitetônico e estrutural da edificação foram propostas mudanças que adaptaram as instalações às limitações do pavimento subsolo. Um item importante contemplado pelo projeto foi a necessidade de respeitar os vãos livres mínimos de passagem de veículos, exigidos pela prefeitura de São Paulo (figura 39).

Figura 39 – Planta Baixa Instalações 1º subsolo Projeto Executivo com indicações dos vãos livres abaixo das tubulações.



Outro aspecto importante do projeto de instalações desenvolvido em BIM é a possibilidade de apresentar as soluções adotadas de maneira tridimensional. Este tipo de visualização tem por objetivo auxiliar o entendimento dos construtores em relação ao modo de realizar a instalação desses sistemas (figura 40).

Figura 40 – Perspectiva das tubulações no 1º Pavimento Subsolo, Projeto Executivo compatibilizado.



(fonte: elaborado pelo autor)

4.5.5 Drenagem Pavimento Ático

No pavimento ático, a solução adotada no anteprojeto para a drenagem pluvial do pavimento consistia em tubulações que passavam abaixo da laje do Pavimento Ático, desta forma ficando aparentes no teto do 6º Pavimento e criando conflito com as luminárias (figura 41). Esta solução se mostrou problemática devido as salas comerciais não possuírem forro. Nas imagens a seguir a cor azul representa as tubulações de águas pluviais, cor verde tubulações de água fria e laranja a ventilação das tubulações.

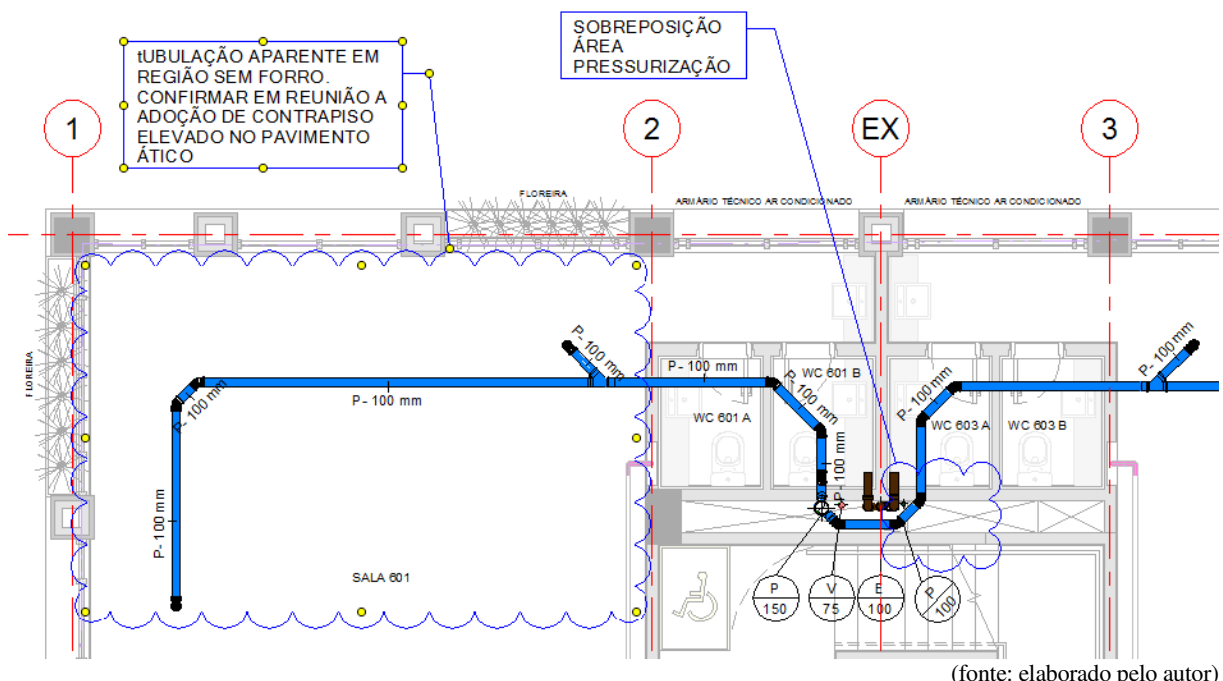
Figura 41 – Relatório Compatibilização DWF - Perspectiva do conflito da drenagem do pavimento ático no 6º Pavimento - Anteprojeto.



(fonte: elaborado pelo autor)

Além disso, verificou-se outra incompatibilidade na passagem da rede pluvial por dentro do espaço destinado a pressurização da escada de emergência (figura 42). Assim foi solicitado, por meio do relatório de compatibilização, que se estudasse uma solução alternativa para a drenagem do pavimento ático.

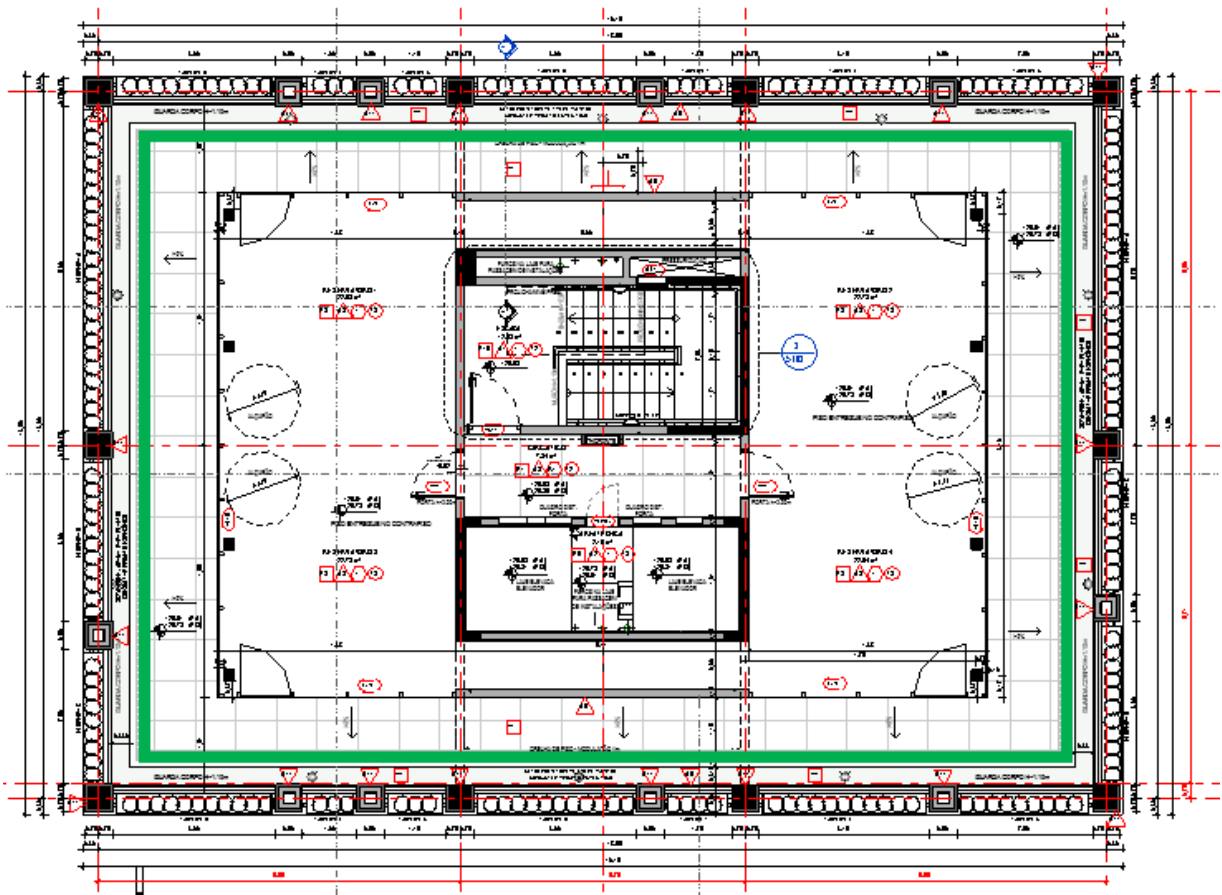
Figura 42 – Relatório Compatibilização DWF – Planta Baixa Drenagem do pavimento Ático passando pelo 6º pavimento.



(fonte: elaborado pelo autor)

Para a contornar estes problemas, foi tratado em reunião que o pavimento ático seria executado com enchimento extra no contrapiso de modo a comportar um sistema de drenagem por grelha. A região destacada em verde na figura 43 demonstra a localização da rede de drenagem por grelha. Desta forma, a rede pluvial seguirá abaixo da laje, porém acima do forro na região dos sanitários das salas comerciais, evitando, assim, a tubulação aparente neste ambiente.

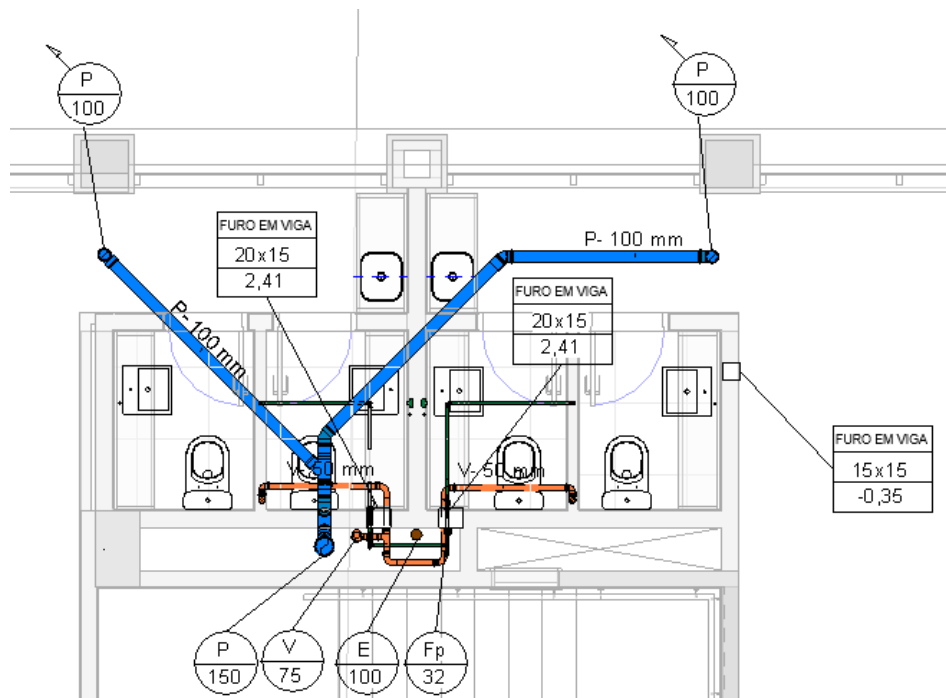
Figura 43 – Planta baixa do Pavimento Ático – destaque grelha drenagem.



(fonte: elaborado pelo autor)

A figura 44 apresenta o layout da rede pluvial na região de forro da sala comercial do 6º pavimento. Nota-se que na solução apresentada a incompatibilidade das tubulações com o *shaft* de pressurização foi eliminada.

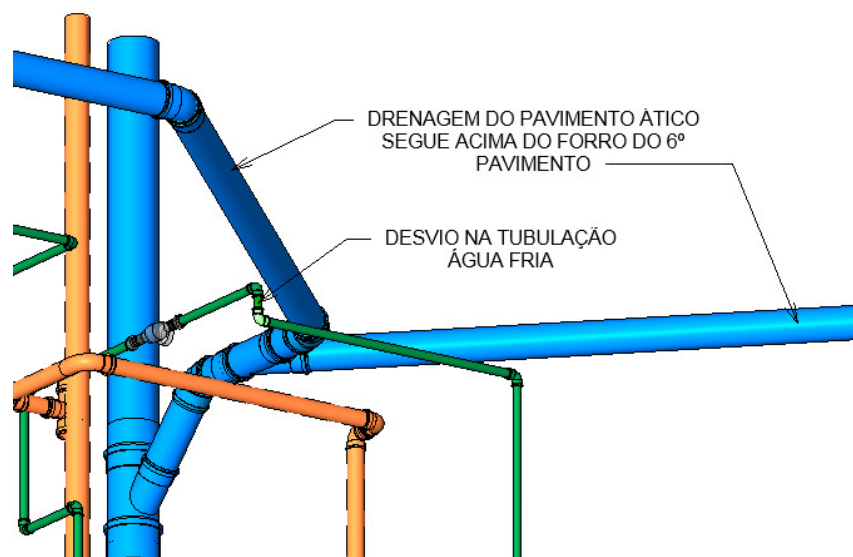
Figura 44 – Planta baixa 6º pavimento projeto hidrossanitário Executivo.



(fonte: elaborado pelo autor)

A perspectiva apresentada na figura 45 demonstra a adaptação necessária na tubulação de água fria para que não houvesse conflito entre a rede pluvial e a instalação hidráulica do sanitário do 6º pavimento.

Figura 45 – Perspectiva solução compatibilizada drenagem ático x instalações sanitários.



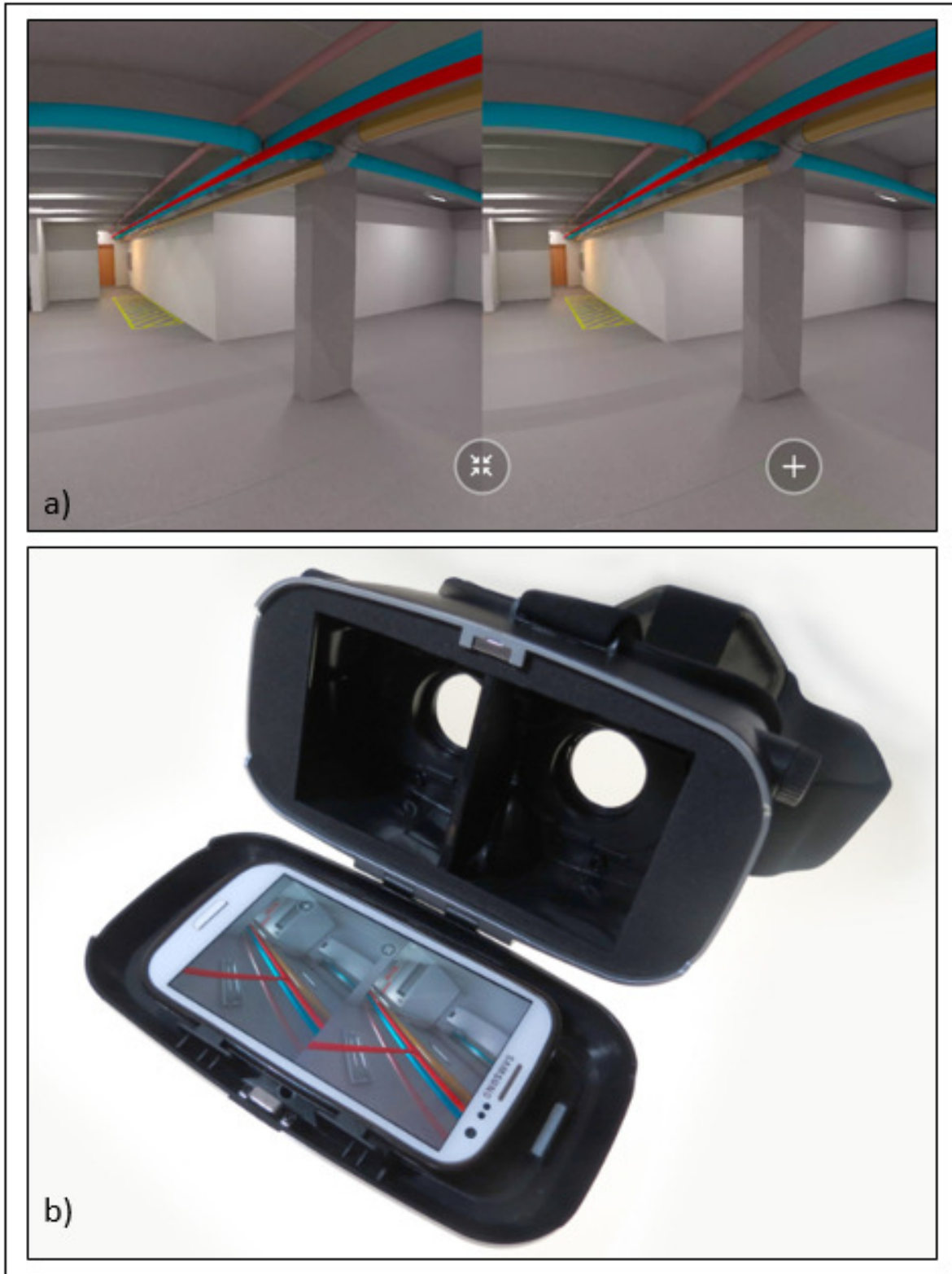
(fonte: elaborado pelo autor)

4.6 ETAPA 3: PROTOTIPO VIRTUAL

Em posse do modelo paramétrico compatibilizado é possível caracterizar diferentes regiões da edificação como um protótipo virtual. Para a visualização destas regiões, utilizou-se o formato DWF para exportação do modelo paramétrico e imagens panorâmicas estéreo (*Stereo Panoramas*) para a visualização em Realidade Virtual.

As imagens utilizadas na visualização em realidade virtual são compostas por duas cenas panorâmicas renderizadas com pontos de fuga distintos (Figura 46 a). Estas cenas combinadas criam o efeito de profundidade gerando a visualização de Realidade Virtual. A renderização das cenas foi realizada através do serviço de processamento em nuvem da Autodesk. Para a visualização da Realidade Virtual é necessário a utilização de óculos de realidade virtual combinado com um smartphone compatível com o navegador *Google Chrome (Android)* ou navegador *Safari (IOS)*, (figura 46 b).

Figura 46 – a) *Stereo Panorama* das tubulações 1º pavimento subsolo b) Óculos de Realidade Virtual para smartphones.



(fonte: elaborado pelo autor)

A utilização deste recurso coloca o usuário em pontos de observação dentro do modelo paramétrico. Assim zonas de convergência de disciplinas de projeto são observadas numa

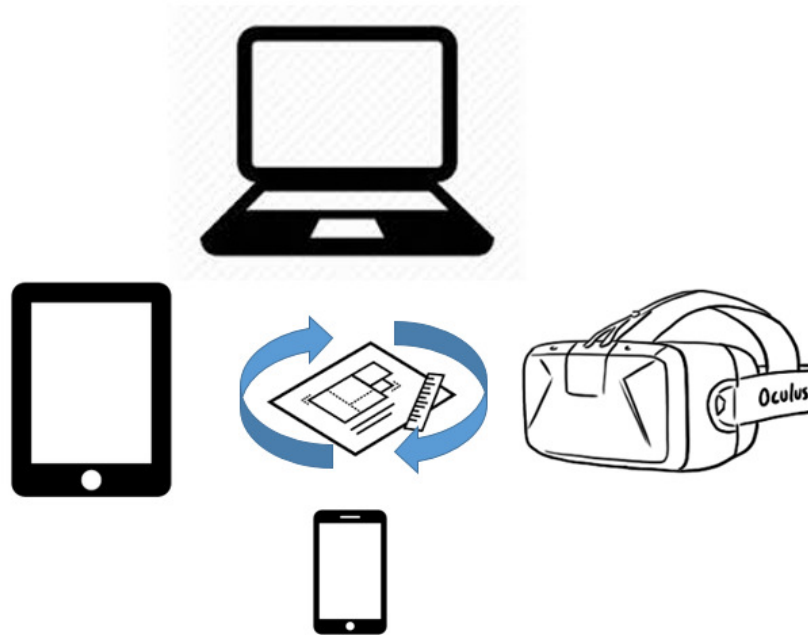
simulação da realidade e facilitam a compreensão da interação dos diferentes elementos do projeto nesta determinada área.

Para a interação com os modelos exportados para o formato DWF, utilizou-se a aplicação gratuita desenvolvida pela Autodesk A360. Esta aplicação é disponível para computadores, *smartphones* e *tablets*. Utilizando o A360 é possível visualizar e interagir com o modelo paramétrico. O formato IFC não foi utilizado devido a melhor comunicação que o formato DWF possui com o aplicativo A360 tendo em vista que tanto o aplicativo quanto o formato de arquivo são desenvolvidos pela Autodesk.

Dentro dos arquivos DWF é possível armazenar plantas baixas, cortes, elevações, modelos 3D, entre outros e extrair informações adicionais que estão armazenadas dentro dos objetos paramétricos. Parâmetros de visibilidade de disciplinas de projeto e de elementos podem ser alterados de modo a facilitar a visualização do projeto. É possível isolar elementos, aplicar transparências e realizar medidas no modelo de forma a auxiliar na compreensão dos projetos.

A combinação da interação com o modelo exportado em DWF e a inserção virtual no ambiente, por meio de Realidade Virtual, proporcionam um complemento aos métodos convencionais de representação de projeto em plantas, cortes e vistas. Com a utilização das representações alternativas, possibilita-se aos construtores uma percepção clara dos resultados que se pretende alcançar ao final da obra. O acesso aos dados do projeto em plataformas alternativas combinadas com os métodos convencionais caracterizam a portabilidade da informação (Figura 47).

Figura 47 – Plataformas de acesso às Informações do Projeto.

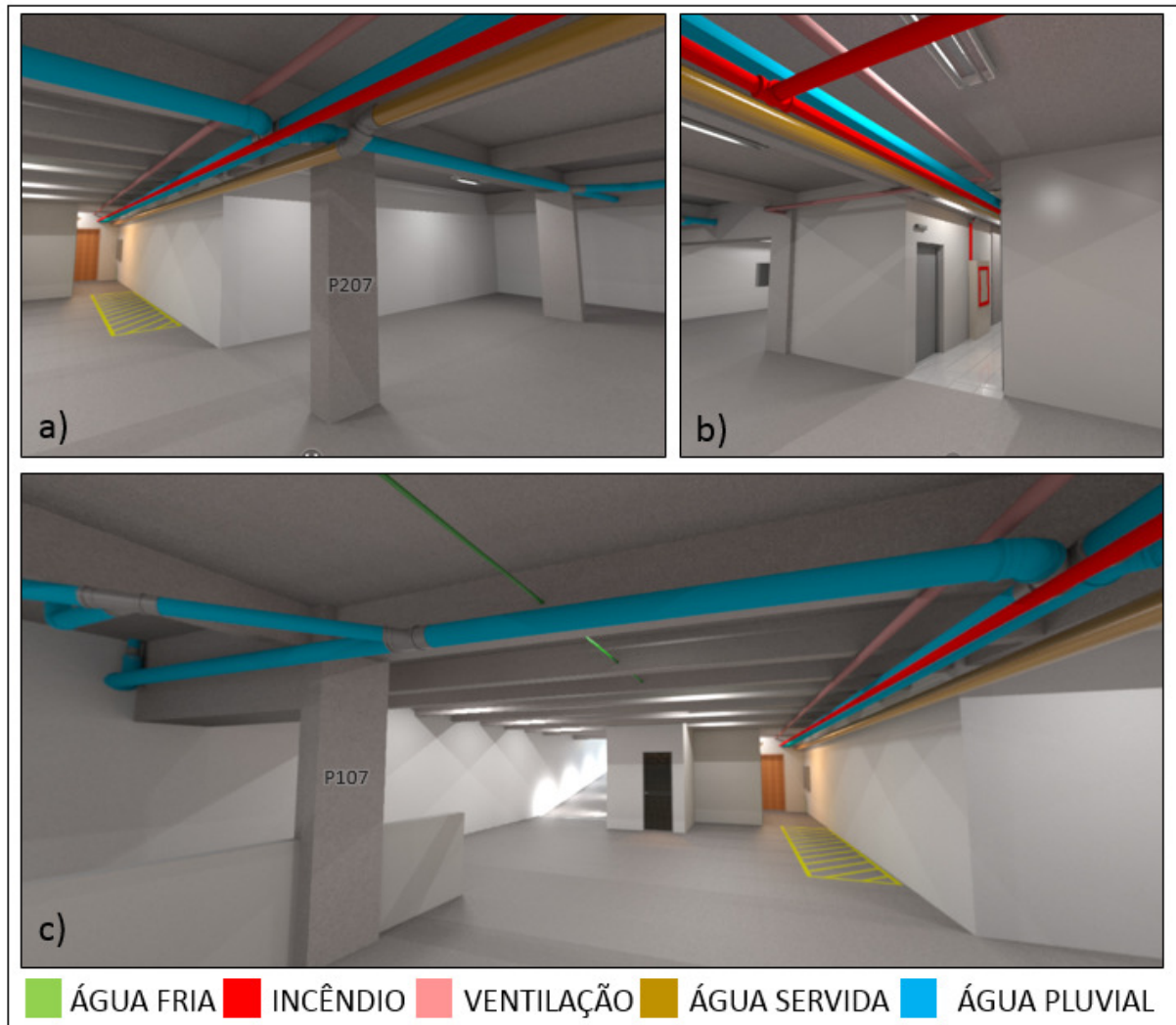


(fonte: elaborado pelo autor)

4.6.2 Conexões Hidrossanitárias 1º Pavimento Subsolo

A região de passagem de tubulações localizada no 1º pavimento subsolo recebeu atenção especial durante o projeto devido a necessidade de garantir altura mínima de passagem para veículos. Após as alterações e compatibilizações o modelo representa uma solução viável para a passagem destas tubulações. Com o uso da Realidade Virtual propicia-se perceber com nitidez a interação dos elementos do projeto hidráulico com o projeto estrutural (Figura 48).

Figura 48 – Panoramas das instalações do 1º pavimento subsolo. a) Interface das tubulações; b) Tubulações na região do hall do elevador c) Drenagem pluvial do Térreo



(fonte: elaborado pelo autor)

A interação do modelo exportado para DWF nos aplicativos móveis podemos verificar e interagir com quais tipos peças estão sendo utilizadas (figura 49), como se dará o encaixe entre estas peças e diferentes perspectivas da região selecionada (figura 50).

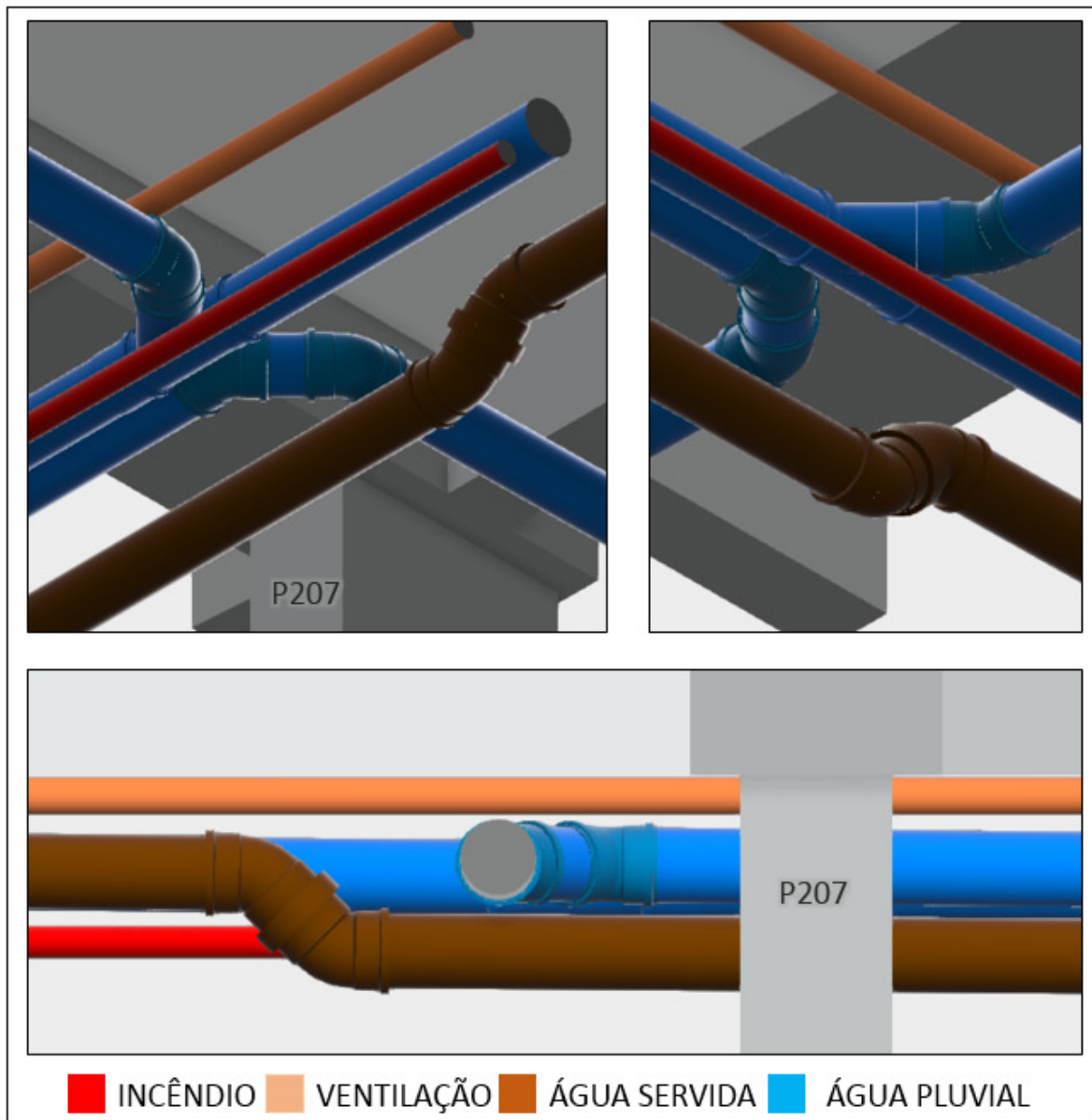
Figura 49 – Propriedades de elemento do projeto hidráulico em formato DWF no aplicativo A360.



JUNCAO - SERIE NORMAL - ESGOTO - M.X	
Size	ø150 mm-ø150 mm-ø150 mm
Volume	0 ,01
Ângulo	45,00°
Ângulo 1	45,00°
▲ Mechanical	
System Classification	Domestic Cold Water
System Name	Domestic Cold Water 89
System Type	Domestic Cold Water
▲ Outros	
label	Juncao - Serie Normal - Esgoto - MEP - Tigre1 [4361288]
Inverter Sentido da Luva _ Somente Tê	No
Ligação em Conexão	No
Bolsa Direita	Yes

(fonte: elaborado pelo autor)

Figura 50 – Perspectivas do projeto hidráulico do 1º subsolo geradas no aplicativo A360.



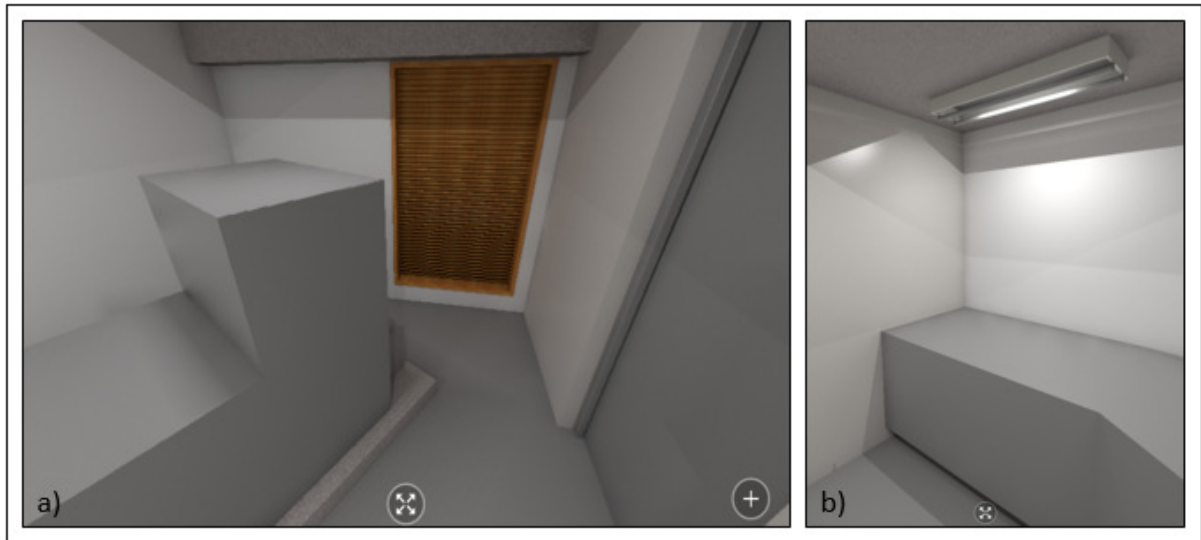
(fonte: elaborado pelo autor)

4.6.3 Sala de Pressurização

A sala de pressurização da escada de emergência, localizada no pavimento térreo, apresentou grande número de interferências entre disciplinas durante as fases de desenvolvimento de projeto. Isto ocorreu devidos às modificações decorrentes da remoção da copa e reposicionamento do sanitário PNE para adequação dos espaçamentos necessários para acomodação dos equipamentos de pressurização.

Entretanto, após a revisão e compatibilização desta área, o projeto resultante é relativamente simples. Desta forma a utilização do recurso de Realidade Virtual pretende auxiliar os executores a perceberem a disposição dos equipamentos na área técnica e criar a consciência dos espaçamentos que ficarão disponíveis para estes após a execução do projeto (Figura 51).

Figura 51 –Sala de Pressurização. a) Vista da esquadria de ventilação; b) Vista da interface do equipamento com parede do shaft de pressurização;



(fonte: elaborado pelo autor)

4.6.4 Sala Comercial 6º Pavimento

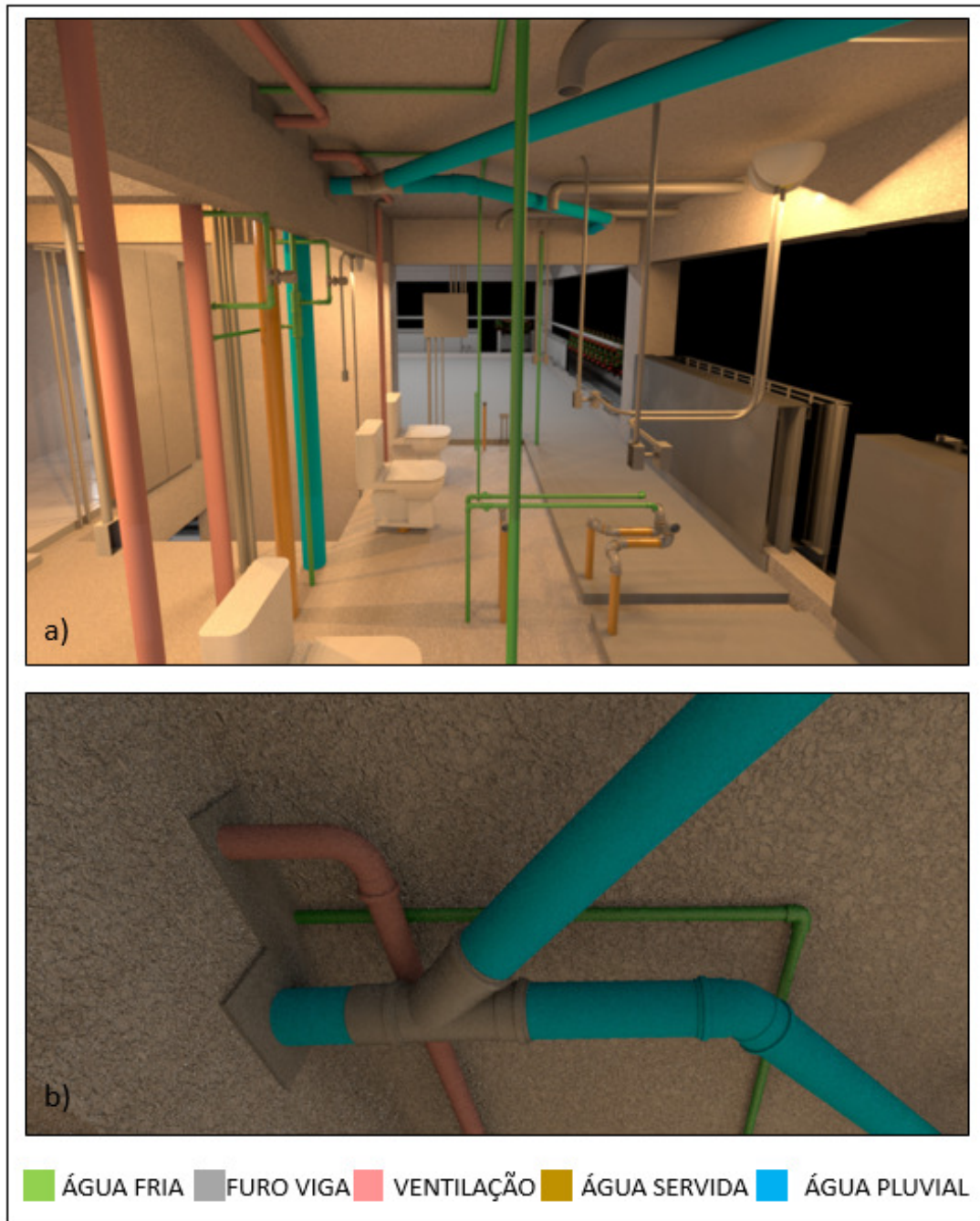
Durante o desenvolvimento do projeto a drenagem do pavimento ático representou uma preocupação para os projetistas devido ao grande número de interferências com as tubulações dos sanitários das salas comerciais. A modelagem resultante após as revisões e compatibilizações representa uma solução que acomoda todas as tubulações que precisam compartilhar o espaço acima do forro dos sanitários do 6º pavimento.

Para que a simulação de realidade virtual demonstre estes elementos de forma satisfatória, foi necessário a configuração de um *view template* que ocultasse os objetos que obstruíam a visualização deste aspecto do modelo como paredes, forros, portas, etc. O processo de configuração dos *view templates* para a renderização de Realidade Virtual funciona de maneira análoga a que foi utilizada durante as fases de desenvolvimento do projeto.

Com as visibilidades da cena de Realidade Virtual configuradas, foi possível visualizar as adaptações realizadas nas instalações para acomodar as atividades necessárias no espaço

disponível. Na figura é possível visualizar um panorama da distribuição das tubulações no conjunto de sanitários (figura 52 a) e a interação entre as tubulações pluviais, de água fria e ventilação na região do forro dos sanitários após concluídas as compatibilizações (figura 52 b).

Figura 52 – a) Panoramas da interação das instalações dos sanitários. b) Detalhe da interação das tubulações.

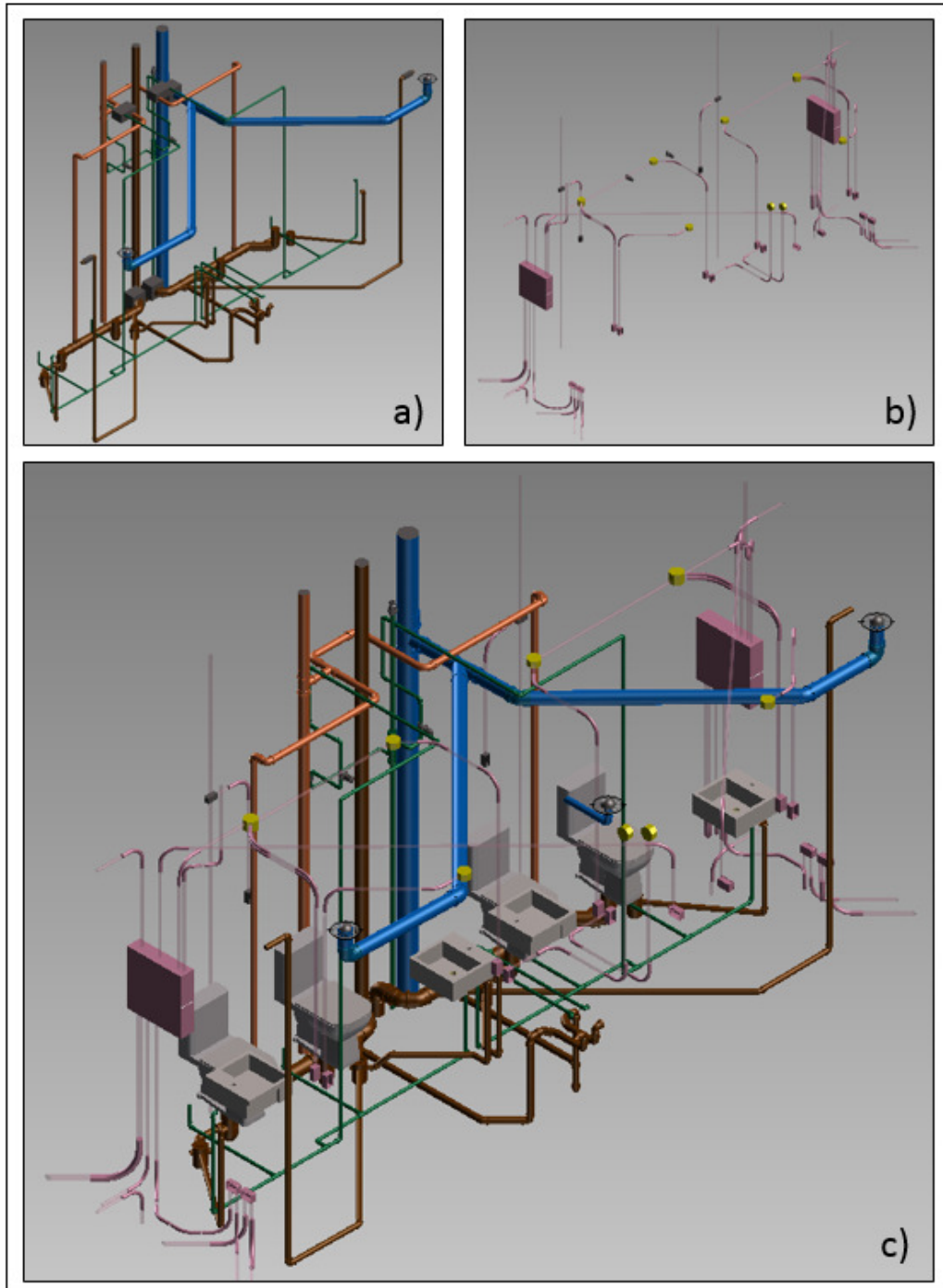


(fonte: elaborado pelo autor)

O modelo DWF desta região nos possibilita visualizar as instalações dos sanitários de forma isolada. Na figura 53 estão representadas as instalações hidrossanitárias (a), elétricas (b) e a

combinação destas (c) na região dos sanitários do 6º pavimento. Estas formas de visualização foram obtidas através do controle de visibilidade do modelo contido no arquivo DWF.

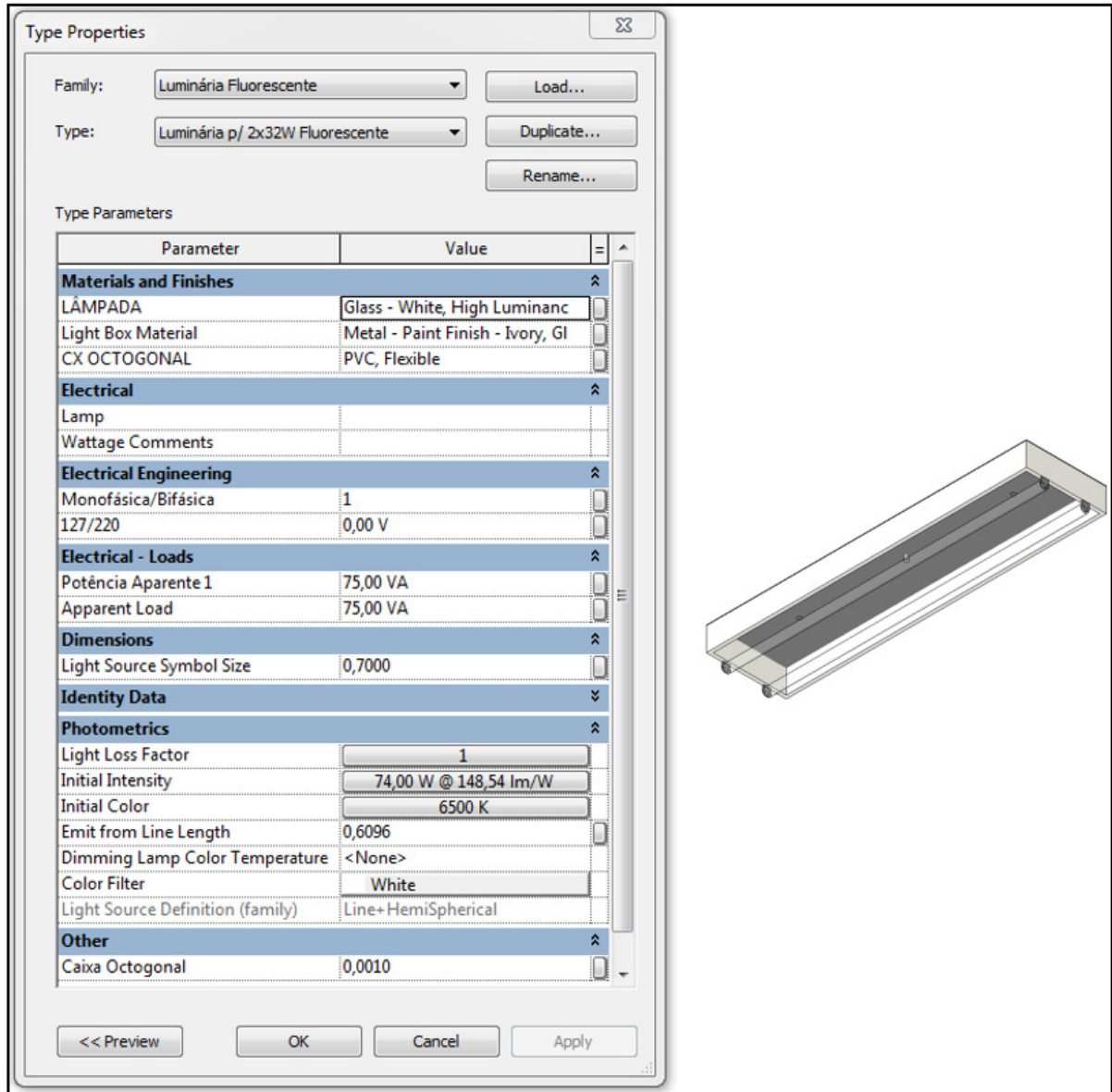
Figura 53 – Interação com o Modelo DWF exportado. a) Projeto hidrossanitário isolado; b) Projeto elétrico isolado; c) Projeto hidrossanitário e elétrico em conjunto.



(fonte: elaborado pelo autor)

Através do modelo paramétrico também possível realizar a simulação luminotécnica da sala comercial. Isto deve-se às famílias paramétricas das luminárias utilizadas na modelagem possuírem informações quanto a seu desempenho e performance (figura 54).

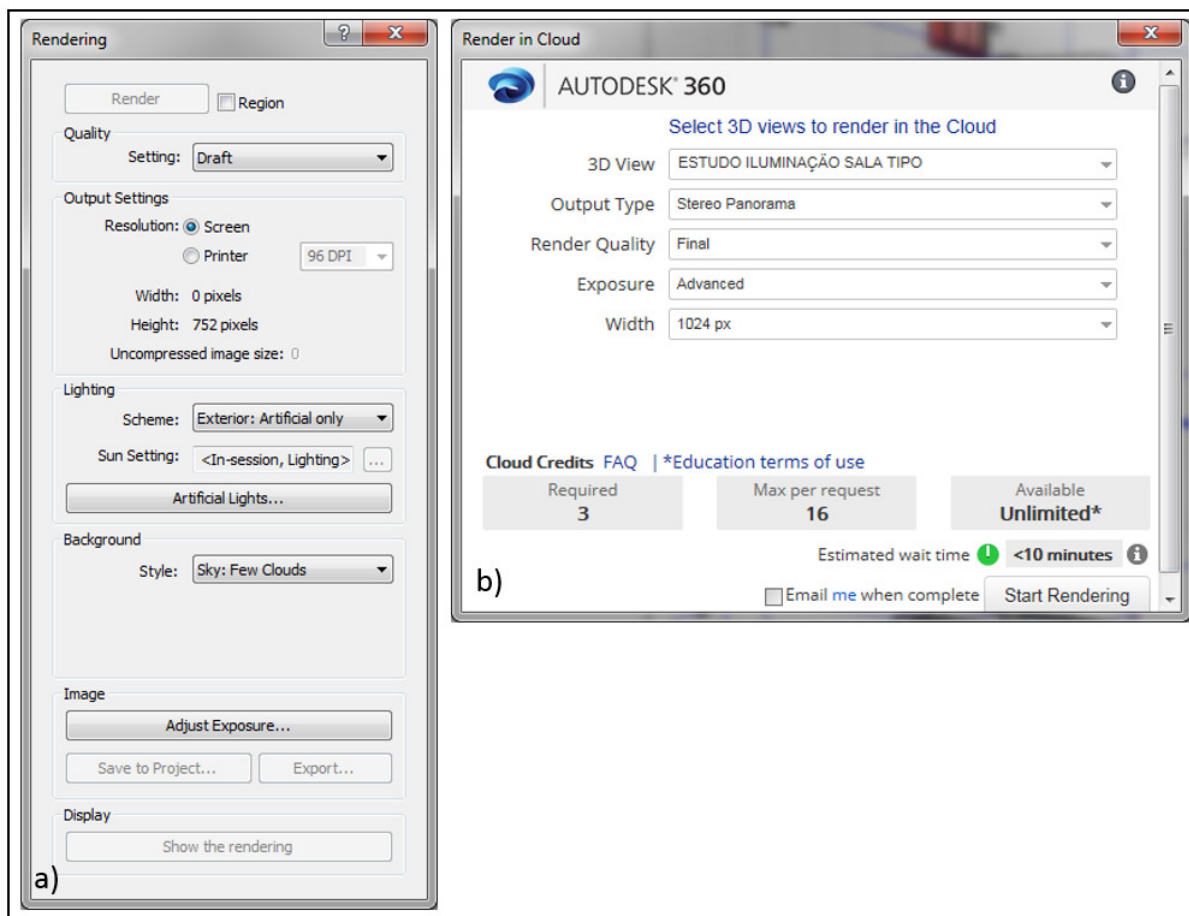
Figura 54 – Parâmetros da família de luminárias utilizada.



(fonte: elaborado pelo autor)

Ao preparar a cena para renderização é preciso configurar a exposição do modelo, podendo ser utilizada luz artificial ou luz natural (figura 55 a). Em complemento a este ajuste é necessário a definição dos parâmetros para renderização na nuvem. Nesta configuração define-se o estilo de imagem (panorâmica, panorâmica estéreo ou imagem estática), a qualidade final da renderização e a largura da imagem em pixels (figura 55 b).

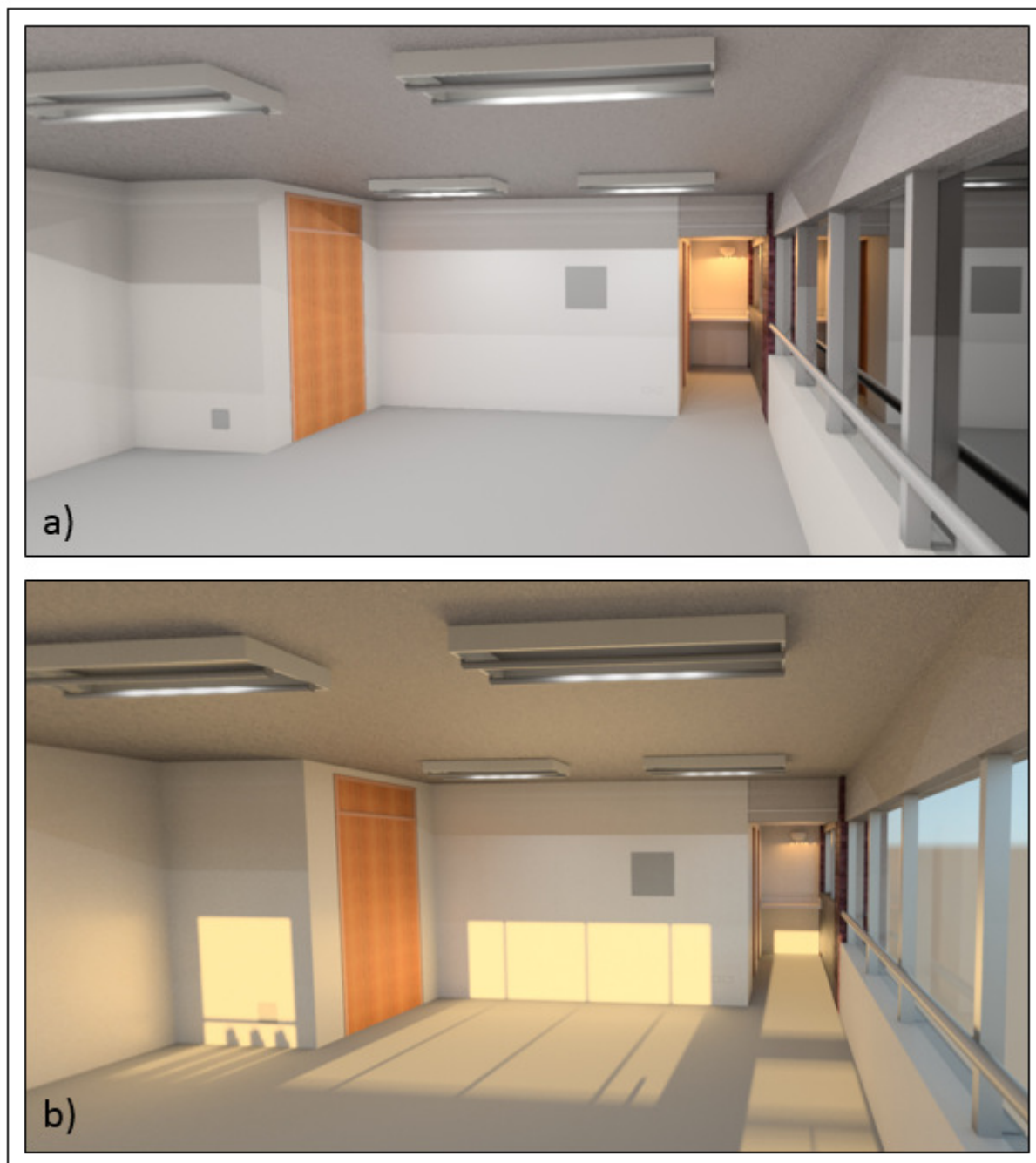
Figura 55 – Configuração da Renderização. a) Configuração do modo de exposição; b) Configuração da qualidade e estilo de renderização;



(fonte: elaborado pelo autor)

Após as configurações de posição de câmera e renderização, gerou-se um estudo luminotécnico da sala comercial do edifício (figura 56). Com a análise deste estudo é possível verificar se a iluminação projetada cumpre satisfatoriamente o resultado pretendido. Este tipo estudo pode complementar os cálculos desenvolvidos para o dimensionamento da iluminação, auxiliando projetistas na escolha de equipamentos adequados a serem instalados.

Figura 56 – Simulação Luminotécnica da Sala Comercial. a) Sem fonte natural de Iluminação; b) Com fonte natural de iluminação;



(fonte: elaborado pelo autor)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo de desenvolvimento de um modelo paramétrico utilizando processos BIM pode variar conforme as etapas de projeto são coordenadas. Estabelecer diretrizes de desenvolvimento de projeto que se adequem a finalidade do modelo é de grande importância ao fluxo de trabalho BIM.

As considerações apresentadas a seguir estão condicionadas ao processo de desenvolvimento do modelo paramétrico (que foi seguido), aos *softwares* utilizados durante esse processo e ao objetivo final da modelagem, que é a obtenção do protótipo virtual.

Este trabalho propôs encontrar métodos de como modelar áreas de conflito da edificação por meio de processos BIM, de modo que, ao final do processo de desenvolvimento do modelo paramétrico, se obtenha um “protótipo virtual”, capaz de auxiliar na compatibilização, compreensão e documentação do projeto da edificação. Através da análise dos assuntos abordados durante os capítulos anteriores pode-se afirmar que o objetivo principal deste trabalho foi atingido, dentro dos limites pré-estabelecidos.

Durante este trabalho foi possível verificar um método de ação capaz de fazer com que um modelo paramétrico se comporte em alguns aspectos como um protótipo virtual. Porém, a utilização de diferentes métodos de ação, *softwares* de desenvolvimento ou finalidade do modelo podem alterar os resultados obtidos.

O estudo demonstrou que a coordenação do projeto realizada durante o processo de desenvolvimento do modelo paramétrico, representou vital importância para a evolução satisfatória do projeto. Aliado a isso, a coordenação de projeto desempenhou, também um papel fundamental na comunicação e nas tomadas de decisão durante o processo, visto que, os escritórios de projeto operaram à distância, e grande parte da comunicação se deu através de mecanismos online. Em complemento a isso, foram realizadas reuniões presenciais no início de cada fase do projeto, estas foram proveitosas para o alinhamento e compreensão de soluções adotadas.

Contudo, a troca de informações foi realizada utilizando o formato de arquivos DWG. Apesar deste formato de arquivos reduzir a quantidade de informação disponível nos desenhos, seu uso se fez necessário devido às limitações técnicas de transferência de arquivos online e de alguns

escritórios de projetos ainda não trabalham com BIM. Nesse contexto, a plataforma *Construmanager* auxiliou a organização e o controle de revisões de cada etapa.

A produção dos relatórios de compatibilização em formato DWF auxiliaram o controle de notas de revisão. A funcionalidade presente nesse formato de arquivo para agrupar várias pranchas em um único documento otimizou a organização dos relatórios e o controle de status das notas de revisão, resultando assim, em um processo de compatibilização harmonioso entre as equipes de projeto. A seguir estão listados alguns benefícios verificados com o uso dos relatórios utilizando o formato DWF.

- a) Arquivo único agrupando várias pranchas de projeto;
- b) Tamanho do arquivo. (32 pranchas equivalem aprox. 14mb);
- c) Controle de status das revisões;
- d) Possibilidade de extrair informações adicionais as contidas nos desenhos 2D, auxiliando projetistas que não utilizam BIM;

O escritório que desenvolveu os projetos de instalações prediais em BIM conseguiu aderir de forma mais eficiente às revisões durante as fases de desenvolvimento do modelo paramétrico e conseqüentemente do Projeto Executivo. Entretanto, não é possível garantir que a capacidade de aderir às revisões esteja unicamente vinculada a utilização de BIM. Fatores externos que este trabalho não teve controle podem ter influenciado no desempenho dos projetistas, como por exemplo, a falta de interesse de utilizar processo BIM nos projetos. Entretanto, a utilização de BIM é uma evolução natural e irreversível no desenvolvimento de projetos, logo, a tendência é que escritórios comecem a se familiarizar com processos BIM em um horizonte próximo.

O comprometimento da equipe de projetistas ao sistema de trabalho contribuiu de forma decisiva para o alcançar o objetivo do projeto executivo e da prototipagem virtual. Possuir uma equipe capacitada e focada em obter resultados satisfatórios garantiu que aspectos técnicos dos arquivos do modelo paramétrico se mantivessem constantes durante o processo. Trabalhou-se de forma a manter um modelo enxuto, organizado e com padrão de representação visual homogêneo durante todo o processo. É possível otimizar aspectos relacionados à nomenclatura de famílias, inserção de dados em objetos e padronização de condutas ao interagir com escritórios durante um trabalho desenvolvido à distância. As configurações propostas para organizar as vistas e visibilidades desempenharam papel positivo significativo no resultado final do projeto executivo.

A manutenção de *logs* dos arquivos enviados e recebidos durante todo o processo forneceu um fomento importante para a documentação deste trabalho. Por meio da análise das informações, mantidas nesses *logs*, foi possível a percepção da evolução do projeto seguindo aspectos que foram estudados na revisão bibliográfica, como a Curva de MacLeamy e os níveis de desenvolvimento LOD. Verificou-se que o desenvolvimento do modelo paramétrico se adequou à curva do fluxo de trabalho em BIM proposta por Patrick MacLeamy. Um ponto interessante, ao combinar o processo BIM com a Curva de MacLeamy, foi o impacto que mudanças tardias representam no processo. Nesses casos o processo passou a se comportar de maneira semelhante ao fluxo tradicional de trabalho. As modificações, em fases avançadas do projeto, fizeram com que as alterações fossem muito mais trabalhosas, representando um aumento de custo e esforço para adequação do projeto.

Nas etapas iniciais do desenvolvimento do projeto (anteprojeto), grandes volumes de informação foram adicionados ao modelo paramétrico. Durante esse período a capacidade de impactar custo e performance da edificação era facilitado devido à versatilidade de testar diferentes soluções de projeto nos *softwares* de desenvolvimento BIM. A etapa de detalhamento de projeto (projeto básico), concentrou o maior volume de dados inseridos ao modelo paramétrico. Neste ponto, alterações significativas no modelo passaram a ser mais onerosas. A etapa de documentação do projeto (projeto executivo) foi facilitada devido à quantidade de informação pré-inserida durante as fases anteriores, sendo assim, durante o projeto executivo o maior volume de trabalho esteve concentrado em gerar vistas e anotações em elementos previamente especificados.

Parte do modelo resultante do processo de desenvolvimento da modelagem paramétrica apresentou capacidade de comportar-se como um protótipo virtual. As informações inseridas durante o desenvolvimento do projeto, proporcionaram a realização das simulações luminotécnicas, que dependem das capacidades de iluminação associadas as luminárias e às configurações de materiais dos elementos modelados. As utilizações dos protótipos virtuais para gerar inserções de Realidade Virtual facilitaram a compreensão de regiões de convergência de disciplinas dentro da edificação. O acesso às informações do modelo com o uso de aplicativos móveis e a utilização da portabilidade demonstra a potencialidade que estes recursos podem agregar à construção civil.

As formas de interação com o protótipo virtual desenvolvido, por meio de aplicativos móveis, ainda apresentam limitações de operação. Dificuldades ligadas a quantidade de informação proveniente do modelo paramétrico que é exportada para arquivos de formato aberto se devem à resistência das desenvolvedoras de *software* liberarem seus códigos para desenvolvimento. Algumas informações que estavam disponíveis dentro do modelo Revit não puderam ser acessadas no momento em que foi utilizada a exportação para os formatos compatíveis com aplicativos para dispositivos móveis. Além disso, por esse tipo de ferramenta ainda ser pouco difundido, existe a necessidade de treinar os indivíduos integrantes das equipes de trabalho, para esses estarem familiarizados com utilização dessas ferramentas.

A utilização de representações de áreas do projeto executivo, proveniente do modelo paramétrico, produzidas em Realidade Virtual possibilitaram constatar o potencial que esta tecnologia simboliza para o futuro da construção civil. A aplicação de Realidade Virtual combinada aos protótipos virtuais apresenta grande potencial de melhorar o processo de desenvolvimento e compatibilização dos projetos. Abaixo ficam elencadas algumas vantagens que essa tecnologia pode proporcionar.

- a) Auxílio na compreensão de regiões selecionadas do projeto;
- b) Auxílio na percepção de incompatibilidades;
- c) Mudança de paradigma tecnológico, levando a tecnologia ao canteiro, onde o operário e o local da execução estão;
- d) Baixo custo do equipamento;
- e) Portabilidade facilitada;

Apesar de ser uma técnica que se encontra em condição incipiente no atual cenário da construção civil, o uso de Realidade Virtual auxilia de forma efetiva a compreensão das regiões por ela retratadas. O estudo desse recurso em canteiro de obras deve ser melhor desenvolvido e explorado, para que, os benefícios do uso de Realidade Virtual virem uma alternativa tecnológica efetiva na indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção Civil.

Pelo fato deste trabalho não realizar o acompanhamento do projeto durante as fases de execução e operação da edificação, a análise da Curva de MacLeamy para estas etapas não foi realizada. Assim, seria oportuno desenvolver estudos que acompanhem também o aspecto do uso da Realidade Virtual e da portabilidade de informações do projeto para plataformas alternativas em situações que envolvam a produção e operação da edificação. Da mesma forma, estudos

sobre métodos de trabalho para o desenvolvimento de um modelo voltado a outras finalidades, como a orçamentação ou a análise de desempenho, ainda carecem de análise mais aprofundada.

REFERÊNCIAS

Addor, Miriam Roux A; Castanho, Miriam Dardes de Almeida; Cambiaghi, Henrique; Delatorre, Joyce Paula Martin; Nardelli, Eduardo Sampaio; Oliveira, André Lompreta de. **Colocando o "i" no BIM**, 2010. Disponível em <http://www.usjt.br/arq.urb/numero_04/arqurb4_06_miriam.pdf> acesso em 19 de nov. 2016

ARCHITECTURE RESEARCH LAB. **History of BIM**. Disponível em: <<http://www.architectureresearchlab.com/ar/2011/08/21/bim-history/>>. Acesso em: 10 nov. 2016.

ASBEA. **Tabela Comparativa de Softwares**. 2011. Disponível em: <http://www.asbea.org.br/download/Tabela_Comparativa_Softwares_BIM.xls>. Acesso em 03 fev. 2017.

ASBEA-RS. **Caderno técnico AsBEA-RS Volume dois: Migração BIM**.1. ed. Porto Alegre: AsBEA-RS, 2015.

ARC.BIM, **BIM - What is it and how will it affect me?** – 2012. Disponível em: <<http://www.slideshare.net/arcmc/future-tech-presentation>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

AZUMA, R.T. **A Survey of Augmented Reality**. Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 6(4), Agosto 1997, p. 355-385. Disponível em: <<http://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/pres.1997.6.4.355>>. Acesso em: 15 nov. 2016.

BIMFORUM, **Level of Development Specification** – 2016. Disponível em: <<https://bimforum.org/lod/>>. Acesso em: 14 nov. 2016.

BOMFIM, C. A. A.; LISBOA, B. T. W.; DE MATOS, P. C. C. Gestão de Obras com BIM– Uma nova era para o setor da Construção Civil. **Blucher Design Proceedings**, v. 3, n. 1, p. 556-560, 2016.

CHI, H.-L.; KANG, S.-C.; WANG, X. **Research trends and opportunities of augmented reality applications in architecture, engineering, and construction**. Automation in Construction, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2012.12.017>>. Acesso em: 20 nov. 2016.

COSTA, E. N. **Avaliação da metodologia bim para a compatibilização de projetos**. 04 de out. 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Engenharia Civil da Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. 2013

CRESPO, C.; RUSCHEL, R. **Ferramentas BIM: um desafio para a melhoria no ciclo de vida do projeto**. In: III ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 3, 2007, Porto Alegre. Anais ... Porto Alegre: Integração em Sistemas em Arquitetura, Engenharia e Construção, 2007.

CUPERSCHMID, A. R. M.; FREITAS, M. R. **Possibilidades de Uso de Realidade Aumentada Móvel para AEC.** In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 3.; ENCONTRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 5. Campinas, SP. Anais...Campinas,2013.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **Manual de BIM: um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores.**1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2014.

FERRAZ, M.; MORAIS, R.; **O conceito BIM e a especificação IFC na indústria da construção e em particular na indústria de pré-fabricação em Betão.** Encontro Nacional Betão Estrutural - BE2012, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto (FEUP), outubro de 2012.

GT-BIM SANTA CATARINA; **Caderno de Apresentação de Projetos em BIM.** agosto 2015 .Disponível em: <<http://gt-bim-sc.blogspot.com.br/2015/08/caderno-de-apresentacao-de-projetos-bim.html>>. Acesso em: 5 out. 2016

HAMMED, L. **BIM do 3D ao 7D.** outubro de 2015. Disponível em: <<https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>>. Acesso em: 20 jan. 2017

HERNANDEZ, C. **Thinking parametric design: introducing parametric Gaudi.** In: Design Studio, 27, 2006 309-324: ELSEVIER. 2006. Disponível em <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0142694X05000876>>

HOWELL, I.; BATCHELER, B. **Building Information Modeling Two Years Later - Huge Potential, Some Success and Several Limitations.** Newforma white paper, p.9, 2004.

JUNIOR, F.G. **BIM - o que você precisa saber sobre essa ferramenta de inovação.** AltoQi 2016. Disponível em <http://maisengenharia.altoqi.com.br/noticias/manual-bim-o-que-voce-precisa-saber-sobre-essa-ferramenta-de-inovacao/>

KIRNER, Cláudio; SISCOOTTO, Robson. Realidade virtual e aumentada: conceitos, projeto e aplicações. In: **Livro do IX Symposium on Virtual and Augmented Reality, Petrópolis (RJ), Porto Alegre: SBC.** 2007.

MACLEAMY, P. **The Future of the Building Industry - The Effort Curve.** 2010. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=9bUIBYc_Gl4>. Acesso em: 25 jan. 2017.

MANZIONE, L. **Proposição de uma Estrutura Conceitual de Gestão do Processo de Projeto Colaborativo com o uso do BIM.** 2013. 343 p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

MELHADO, S. B. **O plano da qualidade dos empreendimentos e a engenharia simultânea na construção de edifícios.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE RODUÇÃO, 1999, Rio de Janeiro. Anais...Rio de Janeiro: UFRJ/ABEPRO, 1999.

NATIONAL BIM STANDARD. **National Building Information Modeling Standard Version 1 – Part 1: Overview, Principles, and Methodologies.** Buildingsmartalliance, 2007

NATIONAL BIM STANDARD. **NBIMS-US FactSheet**. Disponível em: <https://www.nationalbimstandard.org/files/NBIMS-US_FactSheet_2015.pdf>. Acesso em: 15 nov. 2016.

NOVAES. C. C. **Ações para controle e garantia da qualidade de projetos na construção de edifícios**. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS,1, 2001. São Carlos. Anais... São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos - USP, 2001.

SMITH, Dana K.; TARDIF, Michael. **Building information modeling: a strategic implementation guide for architects, engineers, constructors, and real estate asset managers**. John Wiley & Sons, 2009.

SMITH, P. (2014). **BIM & the 5D project cost manager**. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 119, 475-484.