

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

**ESCOLA DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL**

Táise Dalmás

**PROPOSTA DE MÉTODO DE UM FLUXO DE
TRABALHO PARA O PROCESSO DE PROJETO BIM**

Porto Alegre
Setembro 2020

TAÍSE DALMÁS

**PROPOSTA DE MÉTODO DE UM FLUXO DE
TRABALHO PARA O PROCESSO DE PROJETO BIM**

Trabalho de Diplomação apresentado à Comissão de
Graduação do curso de Engenharia Civil da Escola de
Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
como parte dos requisitos para obtenção do título de
Engenheira Civil

Orientador: Eduardo Luis Isatto

Porto Alegre
Setembro 2020

TAÍSE DALMÁS

**PROPOSTA DE MÉTODO DE UM FLUXO DE
TRABALHO PARA O PROCESSO DE PROJETO BIM**

Porto Alegre, Setembro de 2020

Prof. Eduardo Luis Isatto
Dr. Eng. (UFRGS)
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Eduardo Luis Isatto
Dr. Eng. (UFRGS)

Natacha Sauer
M. Eng. (UFRGS)

Ellen Renata Bernardi
Arq. (UFRGS)

AGRADECIMENTOS

Dedico este trabalho às pessoas importantes que participaram da minha vida durante a graduação. Obrigada à minha família em especial aos meus pais Vilceo Dalmás e Nilce Giacomini Dalmás, à minha irmã Michelle e ao avô Alcides Dalmás, que desde sempre me incentivaram, de diversas maneiras, a seguir com meus objetivos sempre sendo uma pessoa honesta e verdadeira.

Agradeço às amigas Caroline Cenci e a Daniela Vargas que conheci no curso pré-vestibular e desde lá vamos em busca dos nossos objetivos juntas, vocês são muito especiais. Agradeço aos amigos que vivenciamos comigo essa jornada desde o primeiro semestre em especial ao Alessandro Simas Franchetto, a Bianca Morandi da Silva, a Débora Dadalt, a Emili Capellari e ao Paulo Henrique Passos. Obrigada por todas as conversas, comemorações em momentos bons, ajuda em momentos difíceis, companheirismo e cumplicidade. Esse período se tornou mais leve com a presença de cada um de vocês. Juntos somos mais fortes!

Agradeço à Construtora pela oportunidade de realizar esse trabalho e em especial à minha gestora Natacha Sauer pela confiança, ensinamentos e incentivo. Também agradeço ao Alexandre Rezende, Fernanda Benezra, Débora Dadalt, Hemanuel Soares, e Pedro Muller por todo apoio e empatia. Agradeço a essa equipe pelas *calls* diárias que nos proporcionaram ficarmos juntos e nos sentirmos perto nesse momento de isolamento. Com vocês aprendi que com dedicação conseguimos superar barreiras e alcançar nossos objetivos.

Agradeço ao Professor, Eduardo Luis Isatto, meu orientador por toda dedicação, conselhos, ensinamentos, reuniões, sugestões e correções essenciais no desenvolvimento desse trabalho. Obrigada pela paciência de sempre.

O essencial é invisível aos olhos

O Pequeno Príncipe

RESUMO

Diversos são os problemas de projeto que afetam diretamente a execução das obras de construção, gerando retrabalhos, atrasos, custos adicionais e problemas de qualidade. Exemplos desses problemas são as omissões e imprecisão quanto às informações transmitidas aos projetistas contratados, atrasos nas entregas de definições de projeto para a equipe de execução da obra, e incompatibilidades de projetos identificadas somente durante a execução da obra. Este trabalho tem como objetivo propor um método de fluxo de trabalho para o processo de projeto BIM, com especial foco nos requisitos de projetos, na pontualidade da entrega das definições de projeto, na qualidade dos modelos desenvolvidos, e compatibilização de projetos. Para tanto, uma proposta inicial foi desenvolvida a partir de um estudo de caso na Construtora na qual a autora exerce atividade de coordenação de projetos. O estudo incluiu o diagnóstico e a análise crítica do processo de projeto empregado pela Construtora, seguidos da proposta de uma versão inicial do método, baseada nas evidências observadas e na literatura relevante quanto ao tema. O método proposto foi discutido e avaliado com projetistas contratados, gestores internos e a diretoria da Construtora. Com base nessa avaliação e nas sugestões recebidas, o método foi refinado e, posteriormente, detalhado e validado através de dois estudos de caso de empreendimentos da construtora.

Palavras-chave: processo de projeto, BIM, compatibilização de projetos

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Delineamento da pesquisa.	16
Figura 2 - Relação entre estudos de caso e empreendimento.	17
Figura 3 - Implantação do empreendimento A.	18
Figura 4 - Implantação - Empreendimento B.	19
Figura 5 - Curva de esforço (MacLeamy <i>curve</i>)	21
Figura 6 - Estágios de maturidade BIM.	22
Figura 7 - Fluxo do processo de projeto CAD.	24
Figura 8 - Esquema de modelo federado.	25
Figura 9 - Processo colaborativo simultâneo BIM.	26
Figura 10 - Fluxo de trabalho proposto.	32
Figura 11- <i>Brief</i> projeto elétrico.	35
Figura 12 - <i>Brief</i> projeto hidrossanitário.	36
Figura 13 - Formato de arquivos entregues nas etapas de anteprojeto e projeto executivo.	39
Figura 14 - Fluxograma de projetos das Torres referente ao Empreendimento A 40	40
Figura 15 - Fluxograma de Projetos dos Equipamentos Comunitários referente ao Empreendimento A..... 41	41
Figura 16 - Fluxograma de Projetos da Implantação referente ao Empreendimento A . 42	42
Figura 17 - Etapas auxiliares ao desenvolvimento do cronograma de projetos. 44	44
Figura 18 - Fluxo das entregas, análises, revisões e aprovações. 45	45
Figura 19 - Cronograma de Projetos – Linha de base Torres 47	47
Figura 20 - Cronograma de Projetos – Linha de base Equipamentos Comunitários..... 48	48
Figura 21 - Cronograma de Projetos – Linha de base – Implantação..... 49	49
Figura 22 - Controle visual. 51	51
Figura 23 - Compatibilização estudo de caso 1. 52	52
Figura 24- BIM 360 <i>Docs</i> : marcação de <i>issues</i> em modelo BIM 3D..... 54	54
Figura 25 - BIM 360 <i>Docs</i> : marcação de <i>issues</i> em planta baixa. 54	54
Figura 26 - Lista de <i>issues</i> na plataforma BIM 360 <i>Docs</i> 55	55
Figura 27 - Descrição de <i>issues</i> referentes ao projeto arquitetônico. 56	56
Figura 28 - Detalhe de <i>issue</i> número 49 referente ao projeto arquitetônico..... 56	56
Figura 29 - Descrição de <i>issues</i> referentes ao projeto Estrutural 58	58

Figura 30 - Exportação do <i>Revit</i> para <i>Navisworks</i> (A) plugin ferramentas externas. (B) Configuração para exportar do <i>Revit</i> para <i>Navisworks</i> arquivos vinculados..	59
Figura 31 - Relatório de <i>clashes</i> gerado pelo <i>Navisworks</i> .	60
Figura 32 - <i>Clash</i> entre viga x calha pluvial x telhado.....	61
Figura 33 - Apontamentos atribuídos ao projetista estrutural.	62
Figura 34 - Formato dos projetos entregáveis.	63
Figura 35 - Organograma de resumo da compatibilização de projetos.	65
Figura 36 - Exemplo da tabela dos apontamentos compartilhada no <i>Google Drive</i> com todos projetistas envolvidos.	66
Figura 37 - Modelo planialtimétrico e platôs arquitetônicos.....	68
Figura 38 - Modelo arquitetônico torre 1 e 2.....	69
Figura 39 - Modelo Estrutural da torre 1.....	71
Figura 40 - Análise da altura de vigas de baldrame Torre 1. Altura das vigas antes da análise (A). Diminuição da altura das vigas de baldrame (B).	72
Figura 41 - Exclusão das vigas sobre a porta o elevador (desnecessárias). Antes da análise: vigas sobre a porta do elevador (A). Após análise: vigas retiradas (B).	73
Figura 42 - Relatório de elementos duplicados gerado pelo <i>software Navisworks</i> .	74
Figura 43 - Modelo arquitetônico e estrutural torre 1.	75
Figura 44 - Divergência entre projeto estrutural e arquitetônico.....	76
Figura 45 - Vão livre para porta corta fogo. Vão livre necessário para se ter vão luz de 100 cm (112 cm) (B). Vão livre no Projeto Estrutural (107 cm) (A). Vão luz de 100 cm indicado no PPCI (C).....	77
Figura 46 - Conflito entre duto de exaustão de ar e viga estrutural. Antes da análise, o exaustor de ar passava pela viga (A). Após análise, exaustor foi posicionado antes da viga, evitando a passagem pela viga (B).	79
Figura 47 - Modelo Elétrico da torre 1 e 2.	80
Figura 48 - Divergência entre informações na planta baixa e modelo. Informações presentes na legenda do projeto (A). Informações presente no Modelo 3D (B).	81
Figura 49 - Conflito entre eletrodutos e viga. Antes da análise: eletrodutos passando em vigas sem previsão para furos (A). Após análise: furos previstos nas vigas (B).....	82
Figura 50 - Modelo hidrossanitário da torre 1 e 2.	83
Figura 51 - Modelo federado.....	84
Figura 52 - Interferência entre instalações hidrossanitárias e cortina estrutural. Conflito entre prumada das instalações hidrossanitárias e cortina (A). “Rasgo” na cortina como solução para esse conflito (B).....	86
Figura 53 - Conflito entre tubulações de água fria e vigas. Passagem da tubulação de água fria nas vigas (A). Previsão dos furos para essa passagem (B).....	87

Figura 54 - Planilha de retroalimentação.....	88
Figura 55 - Refinamento do método de fluxo de trabalho proposto.....	90
Figura 56 - Documento <i>brief</i> gerado na etapa 1.	91
Figura 57 - Documento gerado na etapa 2.....	91
Figura 58 - Documento gerado na etapa 3.....	92
Figura 59 - Documento gerado na etapa 5.....	93
Figura 60 - Ciclo de verificações e compatibilizações.	94
Figura 61 - Documento gerado na etapa 9.....	95

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Deficiências encontradas nas etapas do procedimento existente.	29
Quadro 2 - Análise individual referentes ao Projeto Arquitetônico.	68
Quadro 3 - Análise individual referente ao Projeto Estrutural.	71
Quadro 4 - Compatibilização entre projeto Estrutural e Arquitetônico.....	75
Quadro 5 - Compatibilização entre projeto de Climatização e Projeto Estrutural.	78
Quadro 6 - Análise individual Projeto Elétrico	80
Quadro 7 - Compatibilização entre Projetos Elétrico x Estrutural x Arquitetura.....	81
Quadro 8 - Análises individuais do Projeto Hidrossanitário.	83
Quadro 9 - Interferências analisadas no modelo federado.	85

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA.....	12
1.1 CONTEXTO E PROBLEMA DE PESQUISA	12
1.2 PROBLEMA REAL INVESTIGADO	13
2 MÉTODO DE PESQUISA	15
2.1 ABORDAGEM DA PESQUISA	15
2.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA	15
2.3 DESCRIÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS.....	17
2.3.1 Estudo de caso 1	17
2.3.2 Estudo de caso 2	18
2.4 FONTES DE EVIDÊNCIA.....	19
3 REVISÃO DA LITERATURA	20
3.1 DEFINIÇÃO E BENEFÍCIOS DO USO DO BIM	20
3.2 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO, COORDENAÇÃO DE PROJETOS E COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS.....	22
3.2.1 Coordenação de projetos	23
3.2.2 Compatibilização de projetos	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1 DIAGNÓSTICO E ANÁLISE CRÍTICA DO PROCEDIMENTO ATUALMENTE EMPREGADO PELA EMPRESA.....	27
4.2 DISCUSSÃO COM PROJETISTAS, GESTORES INTERNOS E DIRETORIA	29
4.3 PROPOSTA DO FLUXO DE TRABALHO	30
4.4 ESTUDOS DE CASOS – DETALHAMENTO DAS FASES E AVALIAÇÃO DA PROPOSTA....	33
4.4.1 Estudo de Caso 1	33
4.4.1.1 Reunião inicial (<i>Briefing</i> de projetos)	33
4.4.1.2 Mapeamento do sequenciamento dos projetos das diferentes disciplinas.....	37
4.4.1.3 Cronograma de projetos.....	43
4.4.1.4 Controle do cronograma de projetos	50
4.4.1.5 Compatibilizações e meio de comunicação com projetistas	52
4.4.1.5.1 Análise individual projeto arquitetônico	55
4.4.1.5.2 Análise individual projeto Estrutural.....	57
4.4.1.5.3 Compatibilização projeto arquitetônico e estrutural.....	58
4.4.2 Estudo de Caso 2	62
4.4.2.1 Definição e formato dos projetos entregáveis	62

4.4.2.2	Compatibilizações e o meio de comunicação com projetistas	64
4.4.2.2.1	Planialtimétrico x Arquitetura	67
4.4.2.2.2	Projeto Arquitetônico e análise individual	68
4.4.2.2.3	Projeto Estrutural: análise individual e compatibilização Arquitetura x Estrutural.....	70
4.4.2.3	Projeto PPCI: análise individual e compatibilização PPCI x Estrutural x Arquitetura.....	77
4.4.2.4	Projeto Climatização: análise individual e compatibilização Climatização x Estrutural x Arquitetura	78
4.4.2.5	Projeto Elétrico: análise individual e compatibilização Elétrico x Estrutural x Arquitetura x PPCI x Climatização	79
4.4.2.6	Projeto Hidrossanitário: análise individual.....	83
4.4.2.7	Compatibilização com o auxílio do Modelo Federado: Arquitetura x Estrutural x Elétrico x Hidrossanitário	84
4.4.2.8	Retroalimentação do processo	87
5	REFINAMENTO E DOCUMENTAÇÃO DO MÉTODO	89
6	CONCLUSÃO.....	96
	REFERÊNCIAS	

1 INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

1.1 CONTEXTO E PROBLEMA DE PESQUISA

Muitos atrasos na execução de obras e conseqüentemente aumento de custo são decorrentes dos seguintes fatores: atraso da entrega de projetos; insuficiência de detalhes; especificações inadequadas e imprecisas; incompatibilizações entre projetos distintos (NOVAES, 1998 *apud* TAVARES JUNIOR, 2001). Em muitos casos, esses erros são notados somente durante a execução da obra. Diante dessa situação, construtoras e incorporadoras começam a buscar metodologias para a gestão de projetos com o objetivo de se ter um controle de entrega e qualidade dos projetos.

A falta de uma comunicação eficiente, a qual garantiria um fluxo de informações entre clientes e projetistas, pode gerar divergências entre as expectativas daqueles e os projetos destes. Problemas oriundos de falhas de comunicação são recorrentes e acarretam retrabalho, visto que são necessários ajustes para alinhamento de expectativas. Além disso, como ocorre uma dependência multidisciplinar, é importante que em cada etapa o projeto entregue seja analisado antes de ser liberado para outra disciplina, evitando um retrabalho, caso o projeto predecessor não estiver de acordo com os requisitos. Outros problemas observados são: o atraso na entrega dos projetos, a falta de verificações individuais e compatibilizadas antes do projeto ser liberado para a obra. Tanto o atraso do entregável quanto a incompatibilidade entre projetos podem gerar atrasos na execução de determinadas etapas da obra.

Diante disso, o objetivo desse trabalho de conclusão de curso é construir um método para um fluxo de trabalho que gerencie os requisitos de projetos, prazo de projeto, qualidade e compatibilização de entregáveis. Os principais benefícios esperados são: melhor compreensão das interdependência dos projetos; minimização dos retrabalhos dos projetistas e responsável por verificação dos projetos; minimização do atraso da entrega dos projetos; melhoria na qualidade do projeto executivo; projetos entregues e conferidos antes de serem liberados para a execução da obra; minimização de problemas de projetos encontrados na execução da obra; melhoria contínua dos requisitos para próximos empreendimentos.

1.2 PROBLEMA REAL INVESTIGADO

O trabalho foi desenvolvido em uma Construtora localizada na cidade de Porto Alegre. A opção pela Construtora, deu-se pelo fato da autora ser colaboradora da empresa no setor de Engenharia. Foi trabalhando diretamente nessa área que se deparou com diversos problemas, sendo que o principal deles era a falta de um fluxo de trabalho para o processo de projeto previamente planejado.

A Construtora não tinha um setor responsável pela compatibilização de projetos, atividade que consiste justamente em sobrepor todos os projetos e encontrar as soluções para incompatibilidades na etapa de projeto. Então, grande parte dos problemas de projetos eram notados durante o desenvolvimento da obra. Além da falta de compatibilização, que abrange praticamente todos os projetos envolvidos de determinado empreendimento, também não existia uma verificação individual dos projetos entregues de cada disciplina. Essa falta de análise individual acarretava, muitas vezes, custos adicionais se comparados ao que foi orçado, pelo fato de projetos serem superdimensionados ou até mesmo uma falta de otimização de soluções. Como, por exemplo, um melhor estudo de níveis para as edificações do empreendimento a fim de compensar o corte e aterro.

Além disso, o engenheiro responsável pela execução da obra era quem comunicava os problemas encontrados aos projetistas. Logo, era ele quem questionava sobre os erros encontrados nos projetos. Desta forma, o fluxo de informações entre engenheiro da produção e projetistas dificilmente era registrado e a resposta esperada nem sempre era imediata, conseqüentemente, gerando mais atrasos na execução da obra, além da falta do histórico e aprendizagem sobre os erros. Pelo fato de a Construtora estar implementando o uso dos processos BIM e apostar nos seus benefícios, ela demonstrou grande interesse e consciência da importância da etapa de compatibilização e verificação dos projetos. Com o uso do BIM, o *clash detection*, que basicamente é a análise de conflitos dos projetos das diferentes disciplinas, é realizado no momento da compatibilização dos projetos, minimiza grande parte dos problemas que antes eram notados somente durante a execução da obra.

Essa nova etapa de análise de projetos que vem sendo realizada pela Construtora propõe: não apenas uma análise que contemple a resolução das interferências, mas também uma

reengenharia no sentido de buscar soluções mais eficientes. Ou seja, durante a verificação dos projetos, se for o caso, são propostas soluções que diminuem o custo sem comprometer a qualidade do produto.

Dessa forma, a necessidade de formalizar previamente o fluxo de trabalho no processo de desenvolvimento de projetos na Construtora, assim como o interesse na área de coordenação de projetos, motivaram o estudo sobre esse assunto bem como o desenvolvimento de um método para um fluxo de trabalho na etapa de projeto por meio de revisão bibliográfica, conversa com profissionais que trabalham nessa área, realização de cursos, etc.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Neste capítulo será abordado o método de pesquisa do presente trabalho e a descrição das etapas e atividades desenvolvidas, assim como a apresentação dos empreendimentos que servem como estudo de caso para a aplicação do fluxo de trabalho proposto e as principais fontes de evidências utilizadas.

2.1 ABORDAGEM DA PESQUISA

No que se refere à abordagem do problema, este trabalho se caracteriza como uma pesquisa qualitativa. Sendo que “o estudo qualitativo se desenvolve numa situação natural, oferecendo riqueza de dados descritivos, bem como focalizando a realidade de forma complexa e contextualizada.” (MARCONI; LAKATOS, 2017, p. 302)

2.2 DELINEAMENTO DA PESQUISA

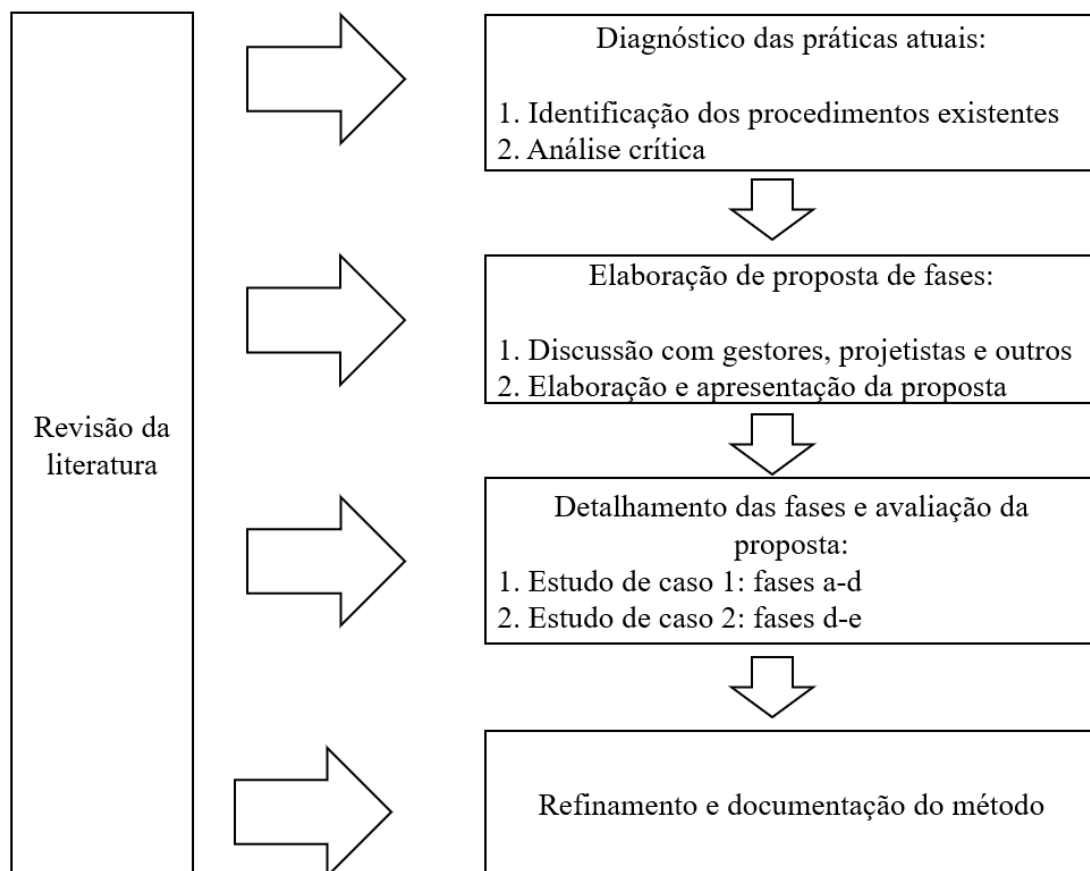
As etapas do trabalho que fazem parte do delineamento da pesquisa são as seguintes:

- (a) A pesquisa iniciou com uma revisão da literatura para identificar etapas importantes no processo de projeto;
- (b) Após a primeira etapa, foi conduzida uma análise crítica do procedimento da empresa, verificando-se quais etapas faziam parte do procedimento, as deficiências delas e observação de etapas faltantes no procedimento;
- (c) Para fins de validação interna da versão preliminar proposta, ela foi posta em discussão com gestores internos da construtora, parte da diretoria e alguns projetistas contratados;
- (d) A partir dessas análises, da revisão de literatura, observação participante e discussões (item c) foi proposta uma versão de um método para o fluxo de trabalho na etapa do processo de projeto;

(e) Após validação interna com profissionais experientes (etapa c), o fluxo de trabalho proposto foi detalhado e avaliado em dois estudos de caso. Devido a limitações decorrentes do prazo disponível para o desenvolvimento do trabalho de conclusão de curso, não foi possível analisar todo o fluxo de trabalho proposto em um mesmo empreendimento, de forma que sua análise foi distribuída ao longo de dois empreendimentos diferentes.

O delineamento pode ser melhor compreendido na Figura 1.

Figura 1 - Delineamento da pesquisa.



(Fonte: elaborado pela autora)

Conforme já informado, a aplicação foi realizada através de dois estudos de caso, sendo que cada estudo foi desenvolvido em uma obra distinta da mesma Construtora. A parte inicial do fluxo de trabalho proposto foi analisada em um empreendimento em fase de desenvolvimento de projeto. Já a parte da compatibilização dos projetos, foi realizada nos dois estudos, porém no primeiro estudo foi exercida somente entre as disciplinas de Arquitetura e Estrutura. A compatibilização com todas as disciplinas envolvidas foi

realizada no segundo estudo, no qual se considerou a compatibilização dos projetos referente às torres do empreendimento, não sendo analisados os projetos da infraestrutura e dos equipamentos comunitários. A Figura 2 ilustra a relação de empreendimentos, etapas e estudo de caso.

Figura 2 - Relação entre estudos de caso e empreendimento.

Estudo	Empreendimento	Etapas	Construtora
Estudo 1	Empreendimento A	(a) <i>briefing</i> de projetos; (b) criação do fluxograma de projetos; (c) elaboração e controle do cronograma de projetos; (d) verificações individuais e compatibilizações dos projetos (arquitetura e estrutura).	Construtora
Estudo 2	Empreendimento B	(d) verificações individuais e compatibilizações dos projetos; (e) retroalimentação de planilha que auxilia na definição dos requisitos de projetos de novos empreendimentos.	

(Fonte: elaborado pela autora)

2.3 DESCRIÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS

2.3.1 Estudo de caso 1

O Estudo de Caso 1 foi desenvolvido no empreendimento A, o qual faz parte do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) da Caixa Econômica Federal (CEF), localizado em Canoas/RS. O Empreendimento contempla 19 torres com 5 pavimentos cada (térreo + 4 pavimentos tipo) totalizando 380 unidades habitacionais. Além das 19 torres, o empreendimento contém equipamentos comunitários (*playground*, quiosque, piscina adulto e infantil, salão de festas, brinquedoteca, *fitness*, quadra esportiva, bicicletário e *coworking*) e prédio garagem. As torres têm a estrutura constituída de paredes de

concreto, enquanto nos equipamentos comunitários, adota-se alvenaria estrutural. A implantação do empreendimento pode ser visualizada na Figura 3.

Figura 3 - Implantação do empreendimento A.



(Fonte: Construtora)

A Construtora tem um diferencial de disponibilizar o uso do “Clubinho” (salão de festas, brinquedoteca e sala de jogos) para os futuros moradores durante a execução da obra. Logo, o início da execução do Empreendimento A se dá pelo salão de festas, brinquedoteca e sala de jogos. Essa é uma restrição que deve ser considerada no cronograma de projetos, ou seja, os primeiros projetos que serão utilizados para a execução da obra serão os relacionados a esses locais e implantação.

2.3.2 Estudo de caso 2

O Estudo de caso 2, desenvolveu-se no Empreendimento B que também é de habitação de interesse social pertencente ao programa MCMV da CEF localizado em Canoas – RS. Ele é composto por 250 unidades habitacionais distribuídas em três torres de 7 e 8 pavimentos cada, equipamentos comunitários (*playground*, quiosques, piscina adulto e infantil, salão de festas, brinquedoteca, *fitness*, quadra esportiva e bicicletário) e prédio garagem. Para o estudo de caso 2, somente será considerada a compatibilização dos projetos referente às torres do empreendimento. Na Figura 4, pode-se ver a implantação do Empreendimento B.

Figura 4 - Implantação - Empreendimento B.



(Fonte: Construtora)

2.4 FONTES DE EVIDÊNCIA

As principais fontes de evidências para o desenvolvimento desse trabalho foram os seguintes: (a) análise de documentos da Construtora; (b) consulta a projetistas contratados; (c) reunião com gestores internos e diretoria para discussão do fluxo de trabalho; (d) observação participante.

3 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo ocorre uma apresentação sobre *Building Information Modeling* (BIM), coordenação de projetos, compatibilização de projetos, com base em materiais encontrados na literatura.

3.1 DEFINIÇÃO E BENEFÍCIOS DO USO DO BIM

BIM é uma combinação de políticas, processos e tecnologias que gera uma metodologia. Essa metodologia serve para gerenciar o processo de projetar uma edificação ou instalação e ensaiar seu desempenho, gerenciar as suas informações e dados, com o uso de plataformas digitais que são baseadas em objetos virtuais (CBIQ, 2016).

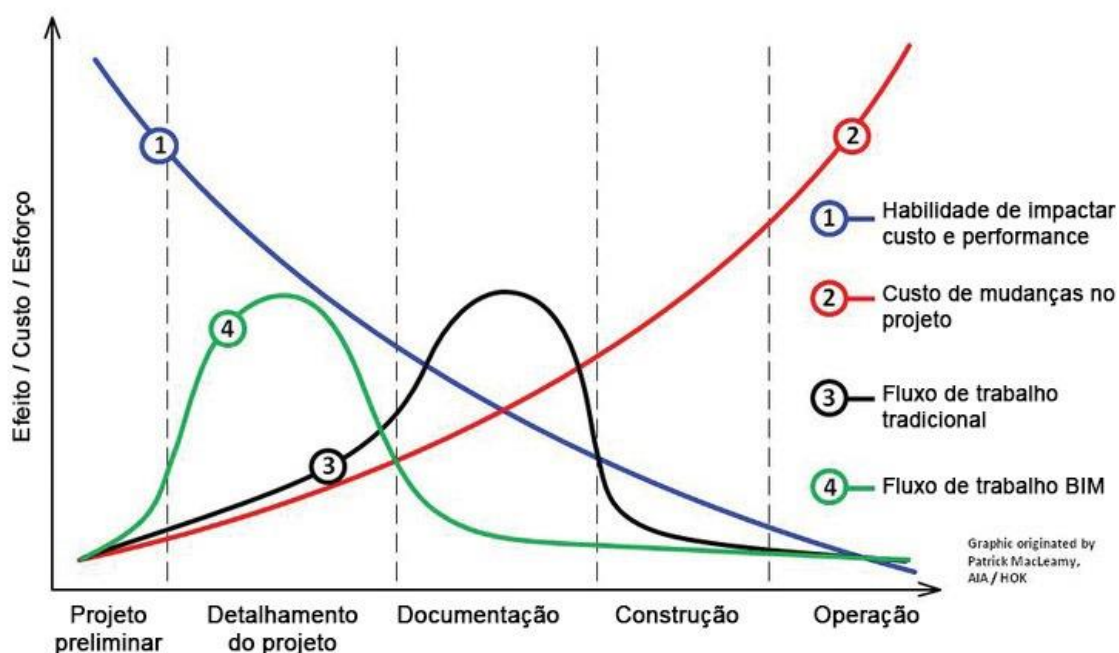
De acordo com Eastman *et al.* (2008, p. 18), usando-se BIM como tecnologia, é possível a criação de forma digital de um modelo virtual preciso. Esse modelo gerado computacionalmente contém a geometria exata e dados relevantes relativos a todas as atividades envolvidas na produção do edifício. Além disso, o autor define BIM como “uma tecnologia de modelagem associada a processos que permitem produzir, comunicar e analisar modelos de edifícios”.

Souza (2010) defende que o BIM pode ser visto como uma ferramenta a qual tem as seguintes atribuições: geração e abrigo de informações de origens diversas; simulação de diferentes possibilidades e comunicação com diversos tipos de dados. Ainda neste sentido, Kymmel (2008) associa quatro conceitos básicos da interação humana que são melhorados com o uso do BIM: colaboração, comunicação, compreensão e visualização.

O uso de BIM permite a geração de visualizações 3D logo nas fases iniciais de projeto, o que gera as seguintes vantagens: auxílio na verificação das incompatibilidades; melhor entendimento do projeto; facilitação da análise do projeto e consequentemente busca de melhores soluções. Pelo fato de se ter uma melhor compreensão do projeto, muitas questões que tradicionalmente seriam resolvidas durante a execução da obra, são definidas nas fases iniciais de projeto, diminuindo futuros retrabalhos por conta de mudanças e adequações de projeto (SOUZA, 2009; HAMMED, 2015).

A curva de esforço, representada na Figura 5, apresenta o conceito de que se houver maior compartilhamento de informações no início do processo de projeto, há maior probabilidade de se alcançar os resultados esperados como: edifícios rápidos, eficientes, eficazes e com um custo limitado (MACLEAMY, 2010).

Figura 5 - Curva de esforço (MacLeamy curve)



(Fonte: Macleamy, 2010)

Analisando a linha 3 (fluxo de trabalho tradicional), na figura 5, é perceptível que a maior mobilização ocorre na etapa da documentação dos projetos, sendo que uma mudança de projeto nessa etapa já resulta em um aumento de custo elevado, se comparado com a etapa de projeto preliminar e detalhamento do projeto. Além disso, quando as incompatibilidades são verificadas de forma ainda mais tardia, durante a produção, o aumento de custo devido a alterações de projeto cresce muito (MACLEAMY, 2010).

Uma das vantagens de se usar o fluxo de trabalho BIM (linha 4 na figura 5), é que pelo fato do maior esforço ser na etapa de detalhamento de projetos, os problemas são notados nessa etapa e nesse momento o custo de mudanças no projeto é inferior do que mudanças durante a execução. Então, é importante que se faça a compatibilização dos projetos e que as equipes concentrem energia para encontrar melhores alternativas tecnológicas de construção nesse primeiro momento (MACLEAMY, 2010).

O processo BIM é revolucionário no mercado de arquitetura, engenharia e construção, porém para se alcançar o maior potencial dessa metodologia, uma série de ferramentas e processos devem ser adotados pelas empresas. Os níveis de maturidade servem como um guia para os profissionais, a fim de medir a evolução alcançada até determinado momento. A partir do momento em que uma empresa decide pela implementação do BIM, três diferentes estágios de maturidade são propostos por Succar (2008), até o momento em que a tecnologia se encontra integralmente absorvida pela empresa.

As definições dos três estágios de maturidade BIM são descritas a seguir e estão ilustradas na Figura 6:

- Estágio 1: modelagem 3D baseada em objeto, deixa-se de desenhar objetos geométricos, inicia-se a modelagem de objetos paramétricos;
- Estágio 2: modelagem baseada em colaboração; cria-se um modelo federado e os projetistas das diferentes disciplinas trabalham de forma colaborativa;
- Estágio 3: integração baseada em rede, usa-se um servidor BIM para que equipes das diferentes disciplinas trabalhem em tempo real com integração.

Figura 6 - Estágios de maturidade BIM.



(Fonte: Succar, 2008)

3.2 PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO, COORDENAÇÃO DE PROJETOS E COMPATIBILIZAÇÃO DE PROJETOS

De acordo com Novaes (2001) é importante que o projeto seja analisado de duas maneiras diferentes: como um processo e como um produto. Como processo, ganham relevância as atividades voltadas à coordenação, pelo fato de se encontrar, além das fases de projeto e suas subdivisões, também nas etapas de produção da edificação.

Lawson (1980) também defende que o projeto deve ser caracterizado como processo e produto. Como produto ocorre através da produção de uma solução e como processo a partir da busca da resolução de problemas encontrados durante o ato de projetar.

3.2.1 Coordenação de projetos

De acordo com Picoral & Solano (1996), por meio de uma coordenação de projetos eficiente, consegue-se os seguintes benefícios: redução de perdas oriundas de retrabalhos devidos a erros de projetos; aumento da qualidade do produto final; redução de custos (sem redução de padrão de qualidade). Esses benefícios ocorrem através do controle e avaliação do projeto de forma mais técnica e menos intuitiva, racionalização de aspectos na fase de projetos, otimização das soluções dos projetos e detalhamentos adequados seguindo as soluções adotadas.

Em grande parte das empresas de engenharia, o projeto se desenvolve por intermédio da atividade de vários profissionais que trabalham externos. Segundo Melhado (1995), o coordenador de projetos deve ser um líder, o qual deve resolver problemas que surgem no decorrer do processo de projeto de mais de uma especialidade, devendo ser capaz de conseguir o comprometimento de todos os membros da equipe.

O contratante deve informar quais são as necessidades e datas limites para cada projeto assim como as responsabilidades, interdependências, precedências e marcos de projeto que devem ser acordados com os projetistas contratados. Além disso, é muito importante a atualização constantemente do cronograma de projetos, a qual deve ser feita através do controle do cronograma (AsBea, 2019).

Para Melhado (2001), no segmento das edificações o papel da coordenação de projetos tem se tornado cada vez mais importante. Sendo que, o projeto tem possibilidade e potencialidade para auxiliar quanto aos procedimentos, controles, sequências e detalhes para execução da obra. Logo, tendo-se uma boa coordenação de projetos existe a possibilidade de uma execução mais racionalizada e eficiente, reduzindo custos e eliminando incertezas da obra.

Petrucci (2003) sugere algumas práticas de gestão, que podem ser de responsabilidade do Coordenador de projetos como:

- Determinar procedimentos gerenciais para utilização do projeto (controle de arquivos, controle de atualização de plantas etc.);
- Organização do fluxo de informações e da forma com que essas informações são transmitidas para determinado especialista;
- Elaboração de procedimentos gerenciais (procedimentos de convocação e coordenação de reuniões, elaboração e controle do cronograma de projetos, registro das decisões adotadas pelos projetistas em comum acordo com o contratante).

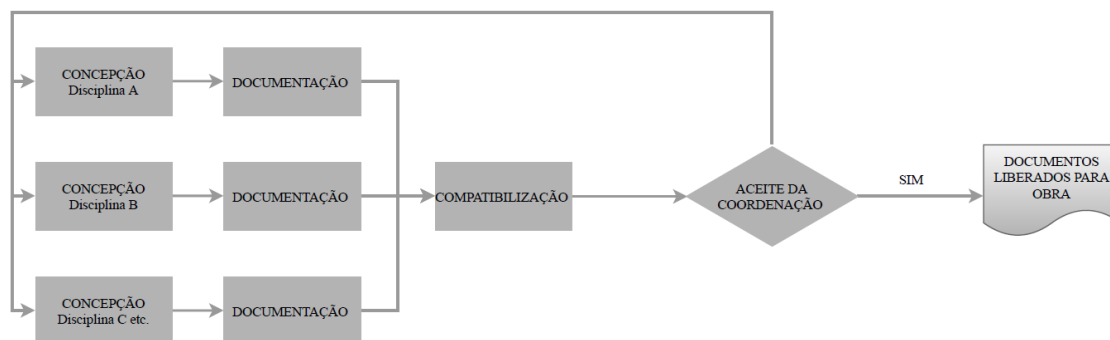
O conceito de proceder um fluxo de trabalho é exatamente para conseguir abranger várias etapas diferentes em um mesmo processo. Dessa forma, as práticas de gestão citadas nesta seção foram levadas em consideração na proposta de fluxo.

3.2.2 Compatibilização de projetos

Segundo Melhado (2005) *apud* Costa (2013), a compatibilização de projetos é a atividade que requer a integração de todos os projetos de uma edificação na busca do ajuste perfeito entre eles para garantir um melhor padrão à obra. Scheer e Mikaldo (2008) *apud* Graziano (2003), definem compatibilização de projetos como sendo a análise de componentes de diferentes sistemas, para que não ocupem espaços iguais entre si e que proporciona soluções integradas entre as diversas áreas que tornam um empreendimento factível.

No fluxo do processo de projeto *Computer Aided Design* (CAD), ilustrado na Figura 7, são organizados intercâmbios e definidas fases ou etapas de projetos, para a realização de verificações, ou seja, se as soluções de cada disciplina são compatíveis entre si, essa é a atividade definida de “compatibilização” (LEUSIN, 2020).

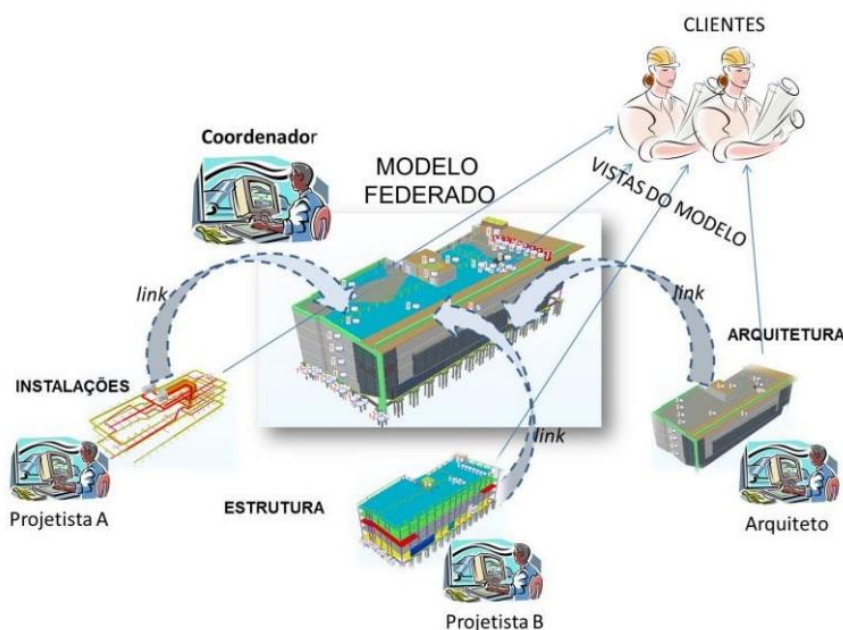
Figura 7 - Fluxo do processo de projeto CAD.



(Fonte: Adaptado de Leusin ,2020)

Para uma melhor compatibilização usando projetos em BIM, faz-se o uso do modelo federado. Para Lowe e Muncey (2009), o modelo federado é um modelo composto por modelos de diferentes disciplinas de projetos e ligados logicamente, no qual suas fontes de dados não perdem a identidade ou integridade por estarem ligadas. Portanto, uma mudança em um modelo não cria mudanças nos demais componentes do modelo federado. Na Figura 8, observa-se o esquema de um modelo federado.

Figura 8 - Esquema de modelo federado.



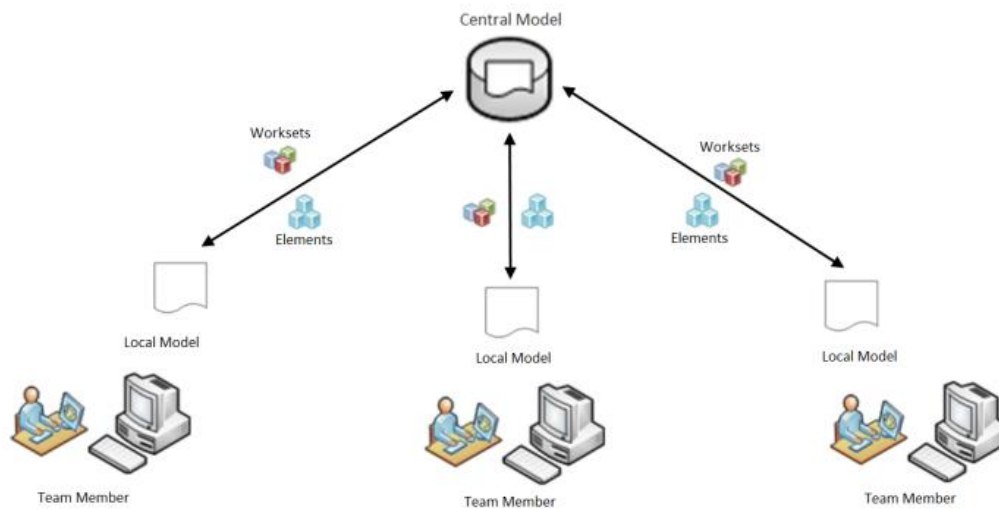
(Fonte: Manzione, 2013)

A vinculação de todos modelos, cada um de uma especialidade técnica e alguns subdivididos em partes da edificação, constitui o modelo federado, que todos podem acessar, mas onde cada um só consegue alterar o que for de sua própria autoria. Ou seja, todos projetistas podem visualizar as demais disciplinas em um modelo único, porém só podem mudar o modelo autoral correspondente a disciplina da responsabilidade dele (LEUSIN, 2020).

No Estágio 1 de maturidade BIM, o modelo federado é utilizado como forma auxiliar na compatibilização de projetos e podem ser exportados entregáveis baseados em dados e modelos 3D, porém a entrega dos projetos complementares ainda não ocorre de forma simultânea (RODRIGUES, 2018). Logo, no estágio 1 a compatibilização usando o modelo federado é realizada quando o último modelo autoral é entregue.

Ainda de acordo com Leusin (2020), a comunicação entre os projetistas em processo BIM pode ocorrer de maneira síncrona e bidirecional durante o desenvolvimento dos projetos, pois todos podem acessar um banco de dados comum, o modelo BIM central, como ilustra a Figura 9. Logo, diferente do modelo federado, no modelo central o processo ocorre de modo colaborativo e simultâneo. Esse modelo colaborativo ocorre nos Estágios 2 e 3 de maturidade BIM. A maioria das empresas não se encontram nesses estágios devido a diversos motivos, sendo alguns deles: tempo muito longo para sincronismo devido à lentidão no tráfego da rede; infraestrutura tecnológica, muitas vezes, de alto custo e *software* pagos.

Figura 9 - Processo colaborativo simultâneo BIM.



(Fonte: Autodesk, 2018)

A Construtora onde esse trabalho foi desenvolvido se encontra no estágio de maturidade 1. Então, utiliza-se o modelo federado como forma auxiliar para a realização das compatibilizações entre as diferentes disciplinas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo serão apresentados os seguintes itens: análise do procedimento da Construtora; observações participante; proposta do fluxo de trabalho; discussão com projetistas e gestores; comentários referentes aos resultados da aplicação nos dois estudos de caso.

4.1 DIAGNÓSTICO E ANÁLISE CRÍTICA DO PROCEDIMENTO ATUALMENTE EMPREGADO PELA EMPRESA

Foi realizada uma análise do procedimento da Construtora, com o intuito de verificar quais etapas são presentes no procedimento. A seguir, serão descritas as etapas que compõem o procedimento da Construtora.

- (a) **Cronograma de elaboração de projetos:** constitui-se de uma etapa relacionada a elaboração de um cronograma de projetos, especifica-se que nesse cronograma deve haver datas marco para a entrega de determinadas etapas de projetos assim como a validação daquela entrega;
- (b) **Entradas do projeto:** relaciona-se ao preenchimento de um formulário para as entradas do projeto;
- (c) **Saídas de projetos:** no procedimento existe um item relacionado à conferência das saídas de projeto antes de serem liberados para a obra. Conforme os projetos vão sendo entregues, seguindo o cronograma de projetos elaborado, iniciam-se as verificações individuais e compatibilizações necessárias;
- (d) **Liberação dos projetos para obra:** a liberação dos projetos para a execução da obra ocorre após todas as verificações individuais, compatibilizações e ajustes necessários.

Embora no procedimento da Construtora existisse um formulário para preenchimento das premissas dos projetos, não ocorria o processo de *briefing*, processo no qual as necessidades e restrições de projeto devem ser identificadas e esclarecidas a fim de serem consideradas no desenvolvimento do mesmo (PEGORARO, 2016). Em consequência

disso, esse documento presente no procedimento da Construtora não atingia o objetivo esperado: servir como base para o desenvolvimento dos projetos atendendo aos requisitos do contratante. Logo, a falta de definições antes do início do desenvolvimento do projeto gerava retrabalho por parte dos projetistas e por quem analisava os projetos: pelo fato das premissas das diferentes disciplinas de projetos não serem definidas e informadas antecipadamente ao desenvolvimento dos projetos, observou-se a ocorrência de projetos desenvolvidos de forma equívoca gerando retrabalho.

A realização de um fluxograma para entendimento das dependências de projetos é fundamental, porém no procedimento analisado não havia nada relacionado a essa questão. Então, foi observada a falta de clareza no sequenciamento e dependências de projetos: como o fluxo dos projetos é complexo, as diferentes disciplinas sofrem influências, ou seja, uma alteração em um projeto de determinada disciplina pode acarretar à mudança dos projetos que a sucedem.

No procedimento da Construtora há uma etapa com a especificação de desenvolvimento de um cronograma de projetos, contudo ele não era desenvolvido com o auxílio e orientações dos projetistas e nem mesmo validado, então as datas apontadas nele não eram respeitadas. Em paralelo ao desenvolvimento dos projetos, deveria ocorrer o controle das entregas, essa etapa de controle não foi mencionada no procedimento da Construtora. Essa deficiência acarretava projetos entregues em um tempo inadequado tanto para a realização das análises dos projetos quanto para orçamentação da obra.

Segundo AsBea (2019), o contratante deve realizar uma análise crítica do projeto verificando o atendimento às necessidades do cliente, premissas definidas nos dados de entrada de projeto, exigências de contrato e demais requisitos. Todos os apontamentos e solicitações de correções devem ser registrados, de modo a gerar o compromisso dos envolvidos e subsidiar as fases posteriores. No procedimento analisado, existe um item relacionado a conferência das saídas de projeto antes de serem liberados para a obra. Porém, anteriormente à criação do fluxo de trabalho proposto, essa etapa não era realizada. Logo, antes dos estudos de caso, as incompatibilidades eram encontradas durante a execução da obra.

As deficiências apresentadas em cada etapa do procedimento podem ser observadas no Quadro 1:

Quadro 1 - Deficiências encontradas nas etapas do procedimento existente.

ETAPAS DO PROCEDIMENTO EXISTENTE	DEFICIÊNCIA OBSERVADA NA ETAPA
PLANEJAMENTO DA ELABORAÇÃO DO PROJETO	<ul style="list-style-type: none"> - Cronograma de projetos não desenvolvido em conjunto com contratados; - Cronograma de projetos não validado por diretoria da contratante e nem pelos contratados responsáveis pelos projetos; - Não ocorrência de controle do cronograma de projetos.
ENTRADAS DO PROJETO	<ul style="list-style-type: none"> - Não ocorrência de reuniões para definição e informação de premissas aos contratados (<i>briefing</i>); - Não ocorrência do preenchimento de documento para definição de premissas antes do desenvolvimento dos projetos, documento preenchido após o desenvolvimento dos projetos.
SAÍDAS DE PROJETO: ANÁLISE CRÍTICA E VERIFICAÇÃO DO PROJETO	<ul style="list-style-type: none"> - Análises individuais não realizadas; - Compatibilizações não realizadas.
LIBERAÇÃO DO PROJETO PARA EXECUÇÃO DA OBRA	<ul style="list-style-type: none"> - Projeto liberado para execução sem as devidas verificações individuais e compatibilizações, tendo como consequência muitos problemas em projetos encontrados durante a execução da obra.

(Fonte: elaborado pela autora)

4.2 DISCUSSÃO COM PROJETISTAS, GESTORES INTERNOS E DIRETORIA

Conforme descrito nas seções anteriores, o método foi proposto com base na revisão de literatura e procedimento de projetos da Construtora. Além disso, os gestores internos da Construtora com certa *expertise* nesse assunto também foram consultados durante o desenvolvimento do fluxo de trabalho. Após a consulta com os gestores internos, os quais fizeram sua avaliação, o fluxo de trabalho foi apresentado a um representante da diretoria da Construtora, o qual também fez críticas construtivas que foram levadas em consideração na criação do método para o fluxo de trabalho.

Para as etapas relacionadas ao fluxograma de projetos e cronograma de projetos, as quais serão informadas no modelo proposto, alguns projetistas também foram consultados a fim de se ter um maior entendimento de como essas etapas poderiam ser elaboradas. Por fim, essas duas etapas foram desenvolvidas em conjunto com os projetistas, os quais participaram diretamente delas, emitindo algumas informações necessárias para a elaboração das mesmas, conforme será apresentado na Seção 5.

4.3 PROPOSTA DO MÉTODO PARA O FLUXO DE TRABALHO

A primeira etapa do método de fluxo de trabalho é o processo de *briefing* o qual origina o documento *brief*. O processo de *briefing* envolve informar a equipe de projeto sobre as intenções dos clientes a respeito do projeto e documentar objetivos, necessidades e requisitos em um documento, o *brief* (YU, 2006). O processo de *briefing* ocorre através de uma reunião inicial para cada disciplina com a participação dos responsáveis pela transmissão dos requisitos exigidos pela parte contratante para os contratados. Essa reunião sempre deve ocorrer antes do desenvolvimento dos projetos pelo fato do principal objetivo ser a passagem das premissas.

O fluxograma é a segunda etapa do fluxo de trabalho, ele foi embasado na literatura. Tztortzopoulos (1999) aponta a importância de que todas as disciplinas de projetos sejam retratadas em um modelo para ele representar a visão multidisciplinar daqueles que desenvolvem projetos.

Com base no fluxograma, o qual informa os projetos predecessores e sucessores, ocorre a criação do cronograma de projetos. Ele deve ser elaborado com o auxílio dos projetistas responsáveis pelos projetos. Mais do que uma formalidade, o cronograma de projetos deve ajudar a equipe a ter a disciplina quanto ao tempo e prazos, de maneira a priorizar a atividade prevista no cronograma (GEMPAR, 2018).

O desenvolvimento dos projetos inicia após as três primeiras etapas serem concluídas. Nesse momento, já foram informados e validados com os projetistas as premissas e prazos para a entrega de cada etapa do projeto. Durante o desenvolvimento dos projetos ocorre o controle dos entregáveis. Segundo Formoso *et al.* (1999), planejamento é um processo gerencial que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos

procedimentos necessários para atingi-los, sendo eficaz apenas quando realizado em conjunto com o controle.

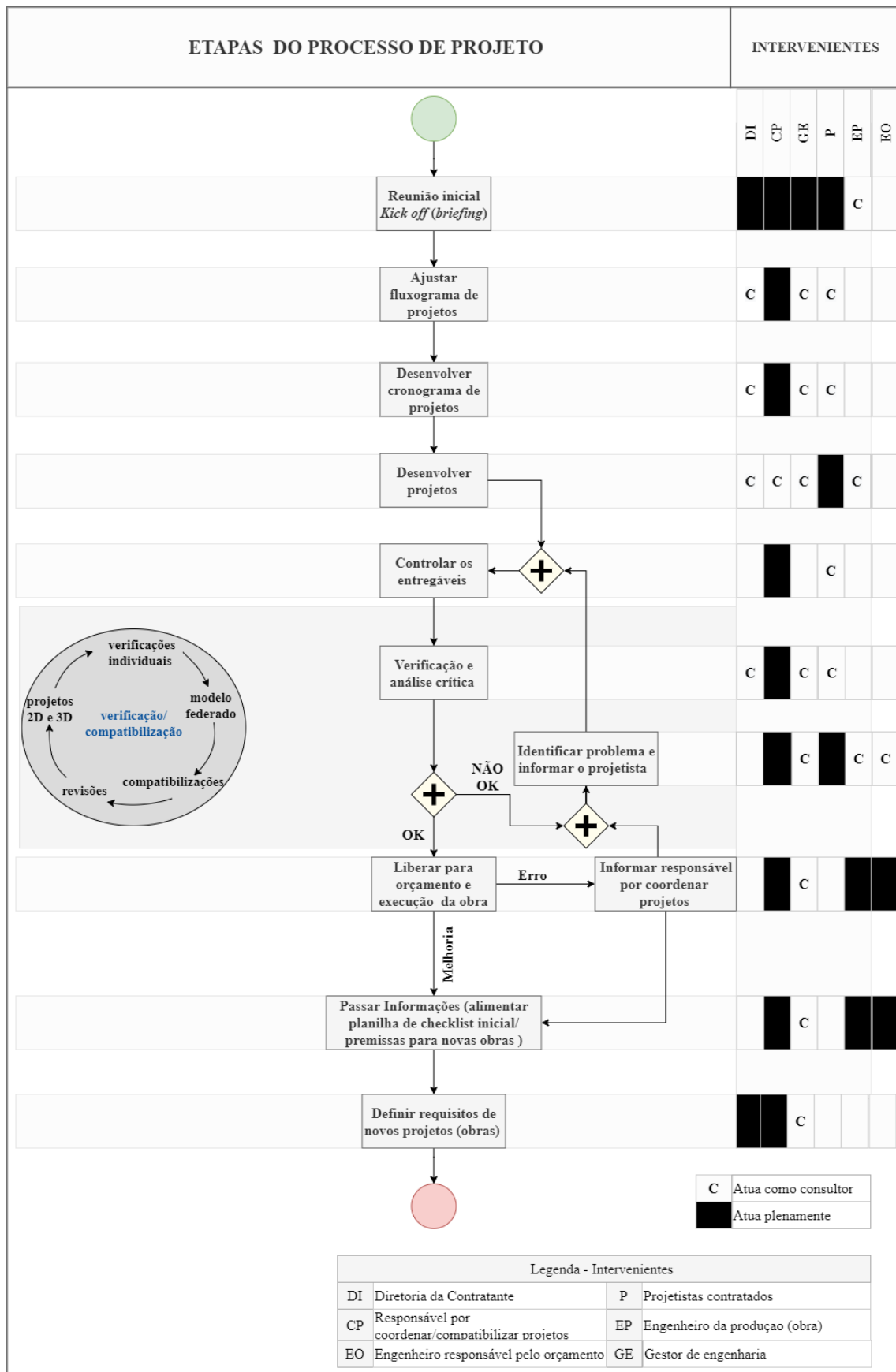
Conforme os projetos vão sendo entregues, seguindo o cronograma de projetos elaborado, iniciam-se as verificações individuais e as compatibilizações necessárias. Além de estar no procedimento da Construtora, essa etapa de conferência de projetos também foi fundamentada na literatura. Segundo Rodríguez e Heineck (2001) *apud* Souza (2014), a compatibilização se torna muito importante pelo fato de integrar as soluções das diferentes disciplinas e verificar se há interferências geométricas entre elas. Caso ocorram incompatibilidades, serão resolvidas na etapa de projeto, evitando esse tipo de problema na etapa de execução da obra. Essa etapa é representada por um ciclo, onde ocorrem verificações individuais, compatibilizações e revisões de projeto até o projeto entregue ser validado e liberado para execução da obra.

Apesar de existir a etapa de conferência de projetos, ainda podem surgir alguns problemas notados durante a execução da obra. Para essa questão, foi proposta a retroalimentação de uma planilha de *checklist* inicial. Essa planilha é alimentada com problemas e melhorias identificados durante o processo executivo das obras e também no momento da realização da orçamentação da obra. Os dados coletados podem ser utilizados para retroalimentar novos projetos buscando possibilitar a retroalimentação efetiva e a formação de um ciclo permanente de melhorias (TZTORTZOPOULOS, 1999).

Logo, a última etapa do método proposto se relaciona com a definição de novos requisitos para futuros empreendimentos, com base nos problemas e melhorias identificados durante a execução das obras. De acordo com Tztortzopoulos (1999), os dados coletados durante a execução da obra podem fornecer informações relevantes para a tomada de decisão e avaliação da viabilidade de novos empreendimentos. Através da análise destas informações, medidas preventivas devem ser estabelecidas sempre que pertinente.

O método de fluxo de trabalho para o processo de trabalho proposto, assim como os intervenientes, foi ilustrado na Figura 10.

Figura 10 – Método para o fluxo de trabalho proposto.



(Fonte: elaborado pela autora)

4.4 ESTUDOS DE CASOS – DETALHAMENTO DAS FASES E AVALIAÇÃO DA PROPOSTA

Nesta seção serão apresentados os dois estudos de caso que se referem a aplicação do fluxo de trabalho proposto, desse modo, serão apresentados os detalhes das fases e avaliação da proposta.

4.4.1 Estudo de Caso 1

Nesse capítulo serão apresentados os seguintes assuntos: processo de *briefing*, elaboração de um fluxograma de projetos com uso da notação *Business Process Model and Notation* (BPMN); criação de um cronograma de projetos; criação de uma planilha visual para controle do cronograma de projetos; compatibilização entre as disciplinas de Arquitetura e Estrutura; meio de comunicação entre responsável por coordenar os projetos e projetistas terceirizados e centralização de apontamentos. No Estudo de Caso 1, foram propostas etapas a serem realizadas antes e durante o desenvolvimento dos projetos.

4.4.1.1 Reunião inicial (*Briefing* de projetos)

Com o objetivo de resolver o problema da falta de definições antes do início do desenvolvimento do projeto, observadas durante o diagnóstico, foi proposta uma reunião inicial (*Kick off*) com os responsáveis pela elaboração dos projetos do Empreendimento A, para definição das premissas dos projetos. Essas reuniões com cada projetista fazem parte do processo de *briefing* de projetos, nelas se preenche o documento *brief*, o qual serve também como registro das premissas definidas pela empresa contratante.

Após análise da viabilidade econômica tendo a definição que determinado empreendimento será executado e os projetistas contratados, foi proposta reuniões iniciais com cada projetista responsável pelos projetos das diferentes disciplinas envolvidas no empreendimento. Essas reuniões têm como objetivo: definição do meio de comunicação entre os envolvidos no processo de projeto, determinação das entradas dos projetos por meio do preenchimento do *brief* de projeto e esclarecimento de itens de modelagem que constam no BIM *Execution Plan* (BEP), se necessário. Este trabalho parte do pressuposto que a Construtora já faz uso de um BEP, sendo que é nesse documento que se encontrarão informações como: uso e objetivos do modelo BIM 3D; *software* e versões; padronização de nomenclaturas dos arquivos, bibliotecas para modelagem etc. Logo, essas informações não serão abordadas no presente trabalho.

De acordo com a *International Organization for Standardization* (ISO, 9001:2015), a organização que executará o projeto deve determinar os requisitos essenciais para os tipos específicos de produtos e serviços a serem projetados e desenvolvidos. Logo, o *briefing* é o processo de identificação dos requisitos do cliente no processo inicial de *design* de um projeto de construção (ANN TW YU *et al.* 2007). No entanto, para o sucesso do *briefing* é essencial que ele seja realizado no momento adequado, ou seja, antes do anteprojeto iniciar. Assim, se desde o anteprojeto os requisitos do cliente são atendidos, evita-se um provável retrabalho por não atendimento das exigências do contratante.

O *brief* utilizado pela Construtora é um documento onde constam perguntas referentes a premissas de projetos e a requisitos do cliente que nesse caso é a Construtora. O *brief* foi preenchido em uma reunião entre a diretoria da Construtora, colaborador responsável pela coordenação de projetos, gestor de engenharia e projetistas dos projetos complementares (Elétrica e Hidrossanitário). Após seu preenchimento, esse documento serviu como base para o contratado desenvolver os projetos.

Nas Figuras 11 e 12, pode-se visualizar uma parte do *brief* proposto para os projetos de Instalações Elétricas e Instalações Hidrossanitárias. Para as perguntas que não se tem respostas binárias de “SIM” ou “NÃO”, criou-se uma coluna de “OBSERVAÇÃO” e é nesse local que se deve colocar a premissa definida. Nesse trabalho somente foi abordado o *briefing* referente às disciplinas de Instalações Elétricas e Hidrossanitárias, pelo fato de os projetos das outras disciplinas já estarem em processo de desenvolvimento no início desse trabalho.

Figura 11- Brief projeto elétrico.

BRIEF DE PROJETO - ENTRADAS DO PROJETO						
Empreendimento :					Cidade:	
Projetista:					Data:	
PREENCHIMENTO EM CONJUNTO COM PROJETISTA						
1- ELÉTRICO						
TEM	DESCRIÇÃO	SIM	NÃO	NA	A.C.P.	OBSERVAÇÃO
1	Posicionamento do traçado da rede e das caixas de inspeção preferencialmente em áreas gramadas, calçadas, vias pavimentadas ou					
2	Os postes utilizados para iluminação externa serão acionados por fotocélula ou manualmente?					
3	Existe estudo de postemanto de acordo com a arquitetura?					
4	Qual o tipo das lâmpadas que serão utilizadas para os postes de iluminação externa ?					
5	O painel de medidores estará localizado externo ao bloco, em abrigo ou interno ao bloco?					
6	Deverá ser previsto painel fotovoltaico?					
7	Deverá ser previsto gerador?					
8	Deverá ser prevista espera para elevador?					
9	Deverá ser prevista tomada para hidrômetro?					
10	Deverá ser prevista tomada para caixa do interfone?					
11	As tubulações para alimentação dos circuitos de ar condicionado serão secas ou possuirão indicação de fiação?					
12	Prever pontos de alimentação de ar condicionado de acordo com a					
13	Em quais locais das áreas condominiais deverão ser previstos pontos de alimentação para ar condicionado?					
14	Em quais locais deverão ser previstos pontos de alimentação para chuveiro elétrico?					
15	O QDC do apartamento será embutido na parede ou sobreposto?					
16	A alimentação das unidades será feita por coluna montante ou dentro da unidade?					
17	Quais circuitos deverão ser protegidos pelo Dispositivo Residual (DR)?					
18	Deverá ser previsto Disjuntor Geral individual para cada unidade ou somente no painel de medidores?					
19	Para a instalação das tubulações deverá ser previsto Kit Polvo?					
20	Existe padrão de altura de pontos?					
21	CD - localização que não ocupe a parede de mobiliário (sala/circulação)					
22	Sensor de presença deve ter afastamento mínimo 1,00 m das luminárias ou conforme orientação do fabricante. No corredor será com fotocélula					
23	Tomadas - verificar mínimo conforme planta mobiliada e norma					
24	Quais shafts e dimensões são necessários ?					
25	Prever iluminação no pórtico de entrada?					
2- TELECOMUNICAÇÃO						
26	Pontos de interfone: Previsão nas áreas condominiais? Em quais locais?					
27	A prumada de alimentação dos interfones será interna à unidade ou independente?					
28	Para a instalação das tubulações deverá ser previsto Kit Polvo?					
29	As caixas de distribuição da implantação serão compartilhadas?					
3- SPDA						
30	Qual será o tipo de fundação do empreendimento?					
31	Qual será o tipo de aterramento?					
32	Quais serão as estruturas metálicas do empreendimento (gradis,					
33	Serão utilizados cabos ou barras chatas?					
34	Serão utilizados anéis de aterramento? Caso sim, serão de cobre ou galvanizados?					
4- ENTRADA DE ENERGIA						
35	Aerea ?					
36	Subterrânea?					
37	Gerador de energia - previsão de demanda ?					
38	subestação transformadora ?					
5- AR CONDICIONADO						
39	Prever esperar em todos apartamentos ? Em quais locais ?					
40	Prever esperas no salão de festas? Quantas?					
41	Prever fiação da ventilação mecânica onde for necessário ?					

(Fonte: elaborado pela autora)

Figura 12 - Brief projeto hidrossanitário.

BRIEF DE PROJETO - ENTRADAS DO PROJETO						
Empreendimento :					Cidade:	
Projetista:					Data:	
PRENCHIMENTO EM CONJUNTO COM PROJETISTA						
1- PROJETO HIDROSSANITÁRIO: REDES DE ÁGUA DA IMPLANTAÇÃO						
ITEM	DESCRIÇÃO	SIM	NÃO	NA	A.C.P	OBSERVAÇÃO
1	Qual material utilizado para a rede de alimentação da implantação? (PVC, PEAD ou outros)					
2	Armazenamento inferior: Castelo d'água metálico, reservatório em concreto, tanques poliméricos, outros?					
3	O abastecimento se dá por pressurizador ou gravidade?					
4	Alimentação de áreas condominiais com rede independente ou alimentação direta?					
5	Necessidade de Reserva Técnica de Incêndio?					
6	Espaço na arquitetura reservado para áreas de apoio (casa de bombas, hidrômetro, reserva inferior)?					
7	Alcum critério para disposição de torneiras de jardim?					
8	Registro de interrupção do fornecimento em frente ao bloco, no pé da prumada de distribuição ou outro?					
2- PROJETO HIDROSSANITÁRIO: DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NA TIPOLOGIA						
8	Medição individualizada ou coletiva?					
9	Posição da medição individualizada (hall, térreo, barrilete)?					
10	A distribuição no apartamento será em PVC, PEX ou outros?					
11	A distribuição no apartamento será em PVC, PEX ou outros?					
12	Utilização de forro ou sanca?					
13	Pontos de água quente? Quais?					
14	Terá aquecedor de passagem?					
15	Necessários shafts ? Quais suas dimensões .					
4. PROJETO HIDROSSANITÁRIO: ESGOTAMENTO SANITÁRIO						
16	Posicionamento das caixas de inspeção e poços de visita preferencialmente em áreas gramadas, calçadas, vias pavimentadas ou vagas de estacionamento?					
17	Estação de Bombeamento de Esgoto: qual a tipologia utilizada (aduelas de concreto, moldada in loco, compacta ou outra)?					
18	Estação de Tratamento de Esgoto: qual a tipologia utilizada (aduelas de concreto, moldada in loco, compacta ou outra)?					
4. PROJETO HIDROSSANITÁRIO: DRENAGEM						
19	Superficial?					
20	Profunda?					
21	Especificar o posicionamento das caixas de inspeção e poços de visita: preferencialmente em áreas gramadas calçadas, vias pavimentadas ou vagas de estacionamento					
22	Especificar se será utilizado boca de lobo, grelha, canaleta ou outro para captação.					
23	Grelha para drenagem em frente a porta de entrada dos blocos?					
24	Especificar como será o despejo da água dos telhados: em sarjetas ou tubular toda rede.					
25	Utilização de reúso de águas pluviais?					
26	Coletar prumadas de ar condicionado?					
4. BANHEIROS - EQUIPAMENTOS E METAIS						
27	Vaso com caixa acoplada?					
28	Vaso convencional?					
29	Lavatório com pedestal (meio/coluna / coluna) ?					
30	Especificar se a cuba é embutida ou sobrepor com tampo de granito.					
31	Terá Misturador ?					
32	Terá torneira monocomando ?					
33	Tubulação será aparente com carenaagem?					
34	Tubulação será embutida na parede ? (Obs: não colocar na alvenaria estrutural)					
4. DETALHAMENTO HIDRO						
35	Especificar torneira do tanque : bancada ou na parede.					
36	Especificar torneira da pia : bancada ou na parede.					
37	Furo do sanitário na laje com folga para ajuste em obra?					
38	Furo das tubulações com um diâmetro acima do especificado para o tubo?					
39	Especificar furo dos shafts totalmente aberto ou furo por tubulação .					
40	Especificar forma de fixação das tubulações suspensas.					
41	Especificar PV adquirido c/ fundo (não realiza fundo separado).					
42	Especificar altura do tanque (normalmente altura 80 cm)					
43	Especificar fixação do tanque: coluna ou fixação na parede.					
44	Terá um registro exclusivo para fechamento da água fria da cozinha ?					
45	Terá um registro exclusivo para fechamento da água fria do banheiro ?					
46	Terá um registro geral dentro da unidade?					

(Fonte: elaborado pela autora)

4.4.1.2 Mapeamento do sequenciamento dos projetos das diferentes disciplinas

O entendimento do fluxo dos projetos por todos os envolvidos no processo de projeto é de muita importância. Durante o diagnóstico, foi possível observar que havia uma falta de clareza na sequência e dependências de projetos, que resultava em retrabalhos e aumentos de prazo. Para se ter um melhor entendimento das interdependências entre as disciplinas, quais são os predecessores e sucessores, foi sugerida uma etapa para mapear o sequenciamento dos projetos das diferentes disciplinas, considerando as etapas de anteprojeto e projeto executivo.

Para a realização desse mapeamento do processo de projeto, foi usada a notação BPMN. Sendo que o objetivo principal de uma notação BPMN é a criação de uma notação simples que seja padronizada e conhecida pelos *stakeholders*, os analistas de negócios, desenvolvedores e analistas dos processos (OMG, 2013).

Para a realização do mapeamento de um processo, deve-se reunir, analisar e estruturar o conhecimento que está distribuído por toda organização. Assim sendo, criar um modelo que represente corretamente o processo, o qual sintetize de forma coerente o processo para os usuários, requer bastante esforço (DUMAS; AALST; HOFSTEDDE, 2005). Segundo Tshibende (2015), com o uso de um modelo de processo de negócio, os problemas referentes ao processo atual mapeado podem ser mais bem identificados. Além disso, o modelo auxilia na percepção de melhorias do processo analisado.

A definição inicial do fluxo de projetos foi realizada por meio de reuniões, telefonemas e troca de *e-mails* com os projetistas envolvidos no processo de projetos. Algumas dificuldades no mapeamento do processo de projetos citadas em Tztortzopoulos (1999) também foram enfrentadas nesse trabalho, sendo elas: (a) processo complexo; (b) o grande número de participantes (intervenientes) envolvidos; (c) ser necessário um longo período para seu desenvolvimento; (d) dificuldade em relação a definição da nomenclatura das etapas utilizadas, a qual, as vezes, apresenta sentido distinto para diferentes participantes.

Houve várias discussões a respeito da nomenclatura dos projetos pelo fato de não se ter uma definição de nomenclatura padrão para cada etapa de projeto, por exemplo, o que era denominado estudo preliminar para alguns, para outros era anteprojeto. Além disso, inicialmente não havia convergência entre o entendimento de cada etapa de projetos pelos

diferentes projetistas. Então, após essas conversas com projetistas externos e gestores internos, foi definido um padrão para a nomenclatura das etapas de projeto e com base nessas definições o fluxo de projetos foi criado.

Para a criação do desenho do fluxograma foram determinadas algumas diretrizes:

- As etapas contemplam o anteprojeto e projeto executivo das diferentes disciplinas;
- As etapas representadas no fluxo de projetos devem ser as mais parecidas possíveis do cronograma de projetos. Desse modo, é possível fazer um vínculo direto entre o fluxograma dos projetos e o cronograma de projetos;
- Diversas etapas dos projetos requerem aprovação da Construtora, e diante de uma reprovação devem ser refeitas. Para fins de simplificação, essa etapa de aprovação não foi considerada no fluxograma.

As disciplinas de projetos são distribuídas no fluxo conforme suas dependências. Então, o fluxo representa todos os predecessores e sucessores de cada etapa de projeto. Diante disso, o fluxo representado com essas dependências servirá para o desenvolvimento do planejamento das entregas dos projetos.

Dessa forma, o mapeamento do processo foi realizado considerando todas as disciplinas de projetos envolvidas para o Empreendimento A, sendo elas: Arquitetura, Estrutura, Instalações Hidráulicas, Instalações Elétricas, Fundações, Projeto de Prevenção Contra Incêndio, Pavimentação, Gás e Paisagismo.

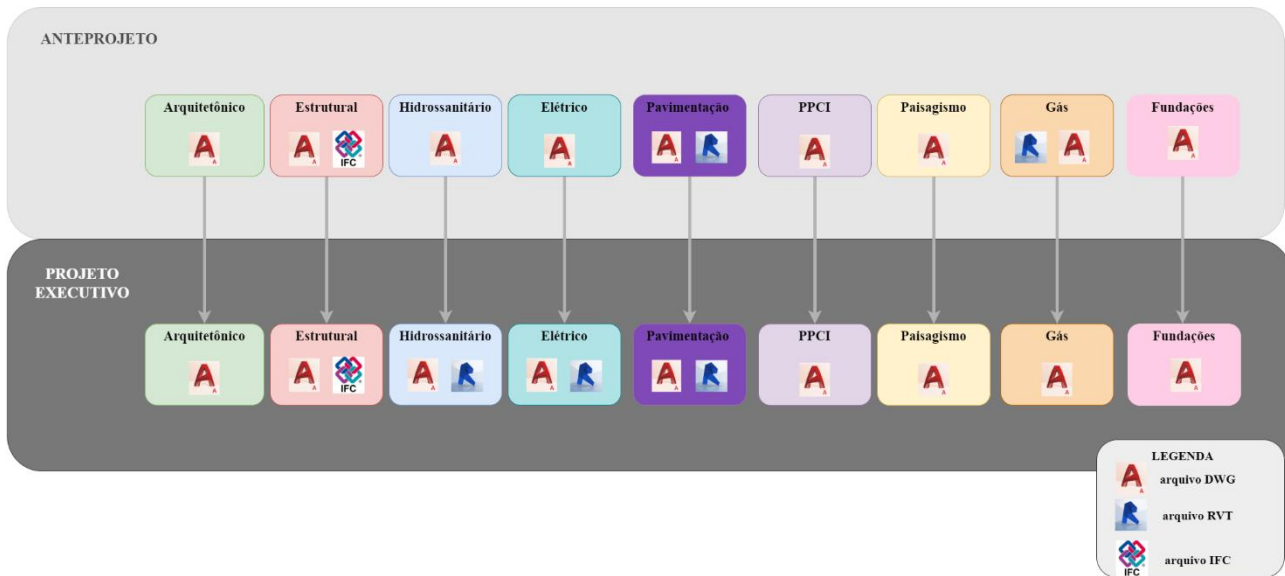
Conforme descrito nas diretrizes, os projetos foram separados em anteprojeto e projeto executivo. Sendo que basicamente a definição geral de cada etapa foi a seguinte:

- Anteprojeto: projeto entregue em formato *DraWinG format* (DWG) o qual não possui todo detalhamento a nível executivo. Esse projeto será usado para entrega no órgão financiador do empreendimento e após realizadas as análises pelo contratante serve como base para o projeto executivo;
- Projeto executivo: projeto entregue em formato DWG e nas disciplinas de Estrutura, Gás, Pavimentação, Instalações Hidrossanitárias e Elétricas também

em formato RVT, o projeto executivo tem todo detalhamento a nível de execução da obra.

As etapas e formato do arquivo enviado foram ilustradas na Figura 13:

Figura 13 - Formato de arquivos entregues nas etapas de anteprojeto e projeto executivo.

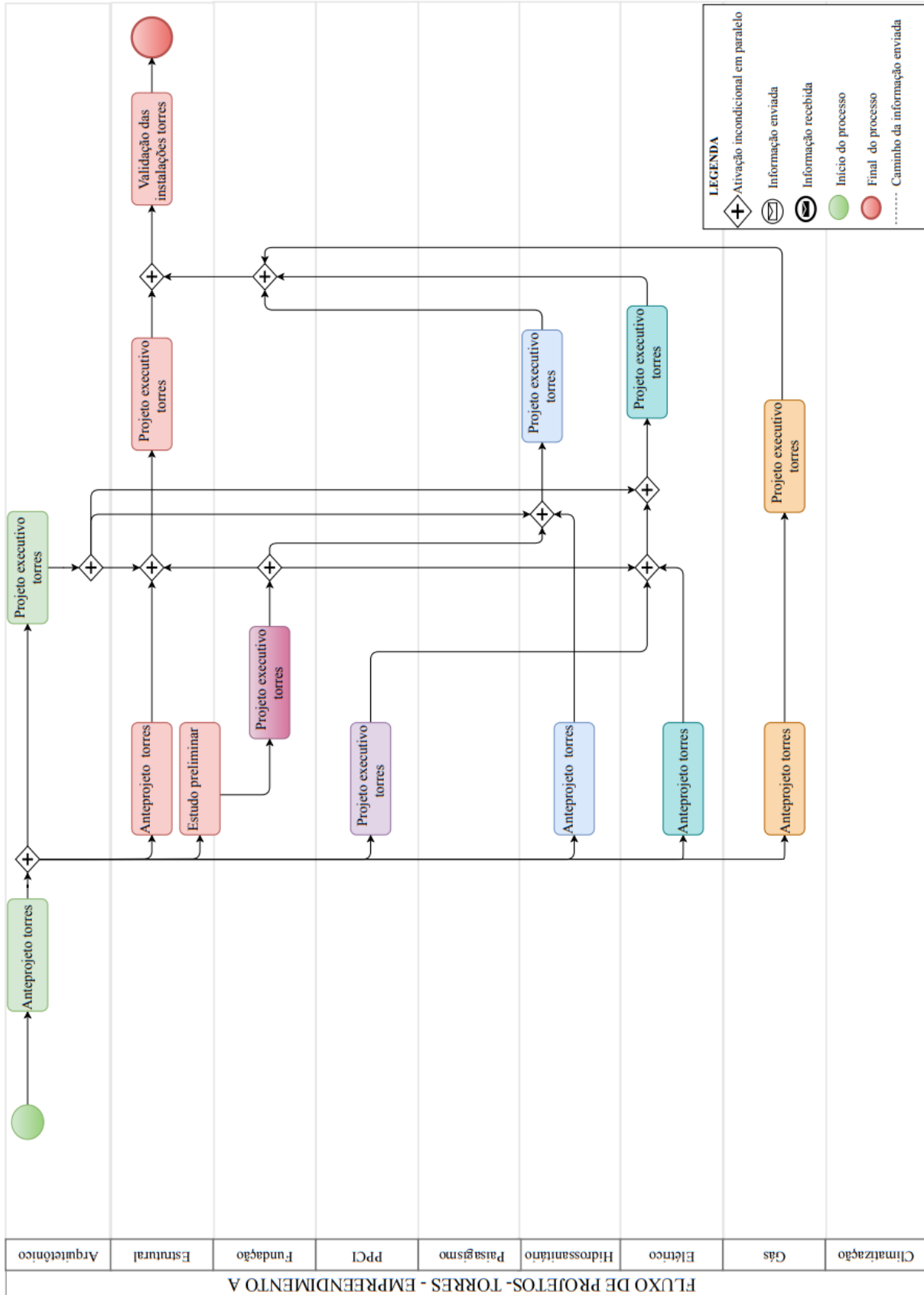


(Fonte: elaborado pela autora)

A etapa de anteprojeto das instalações hidrossanitárias e elétricas são em formato DWG a fim de agilizar a entrega para o banco financiador, que precisa de um projeto básico para realizar a contratação e quantificação dos materiais para posterior liberação do financiamento.

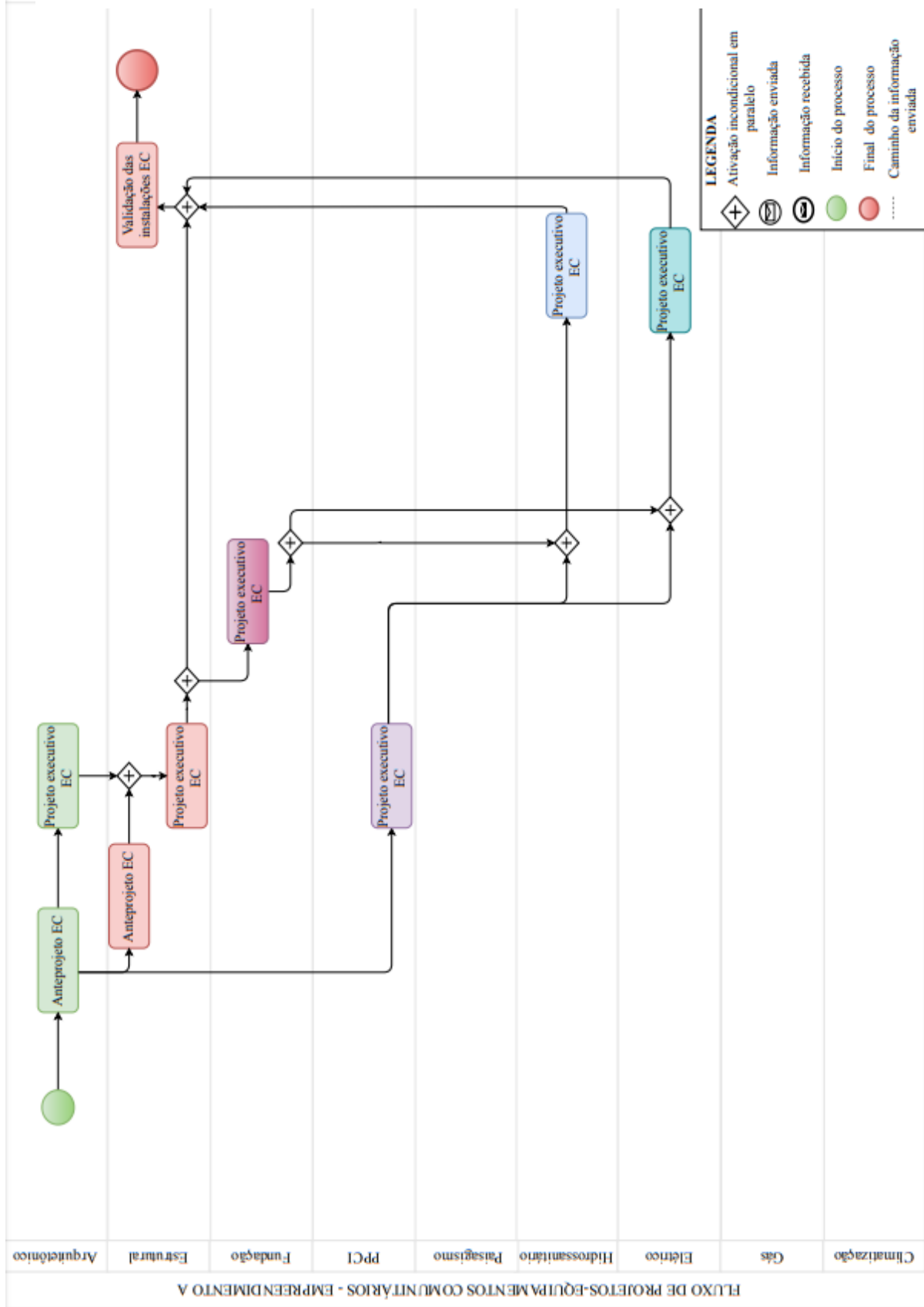
O fluxograma dos projetos relacionados às torres, aos equipamentos comunitários e à implantação podem ser visualizados nas Figuras 14,15 e 16 respectivamente.

Figura 14 - Fluxograma de projetos das Torres referente ao Empreendimento A



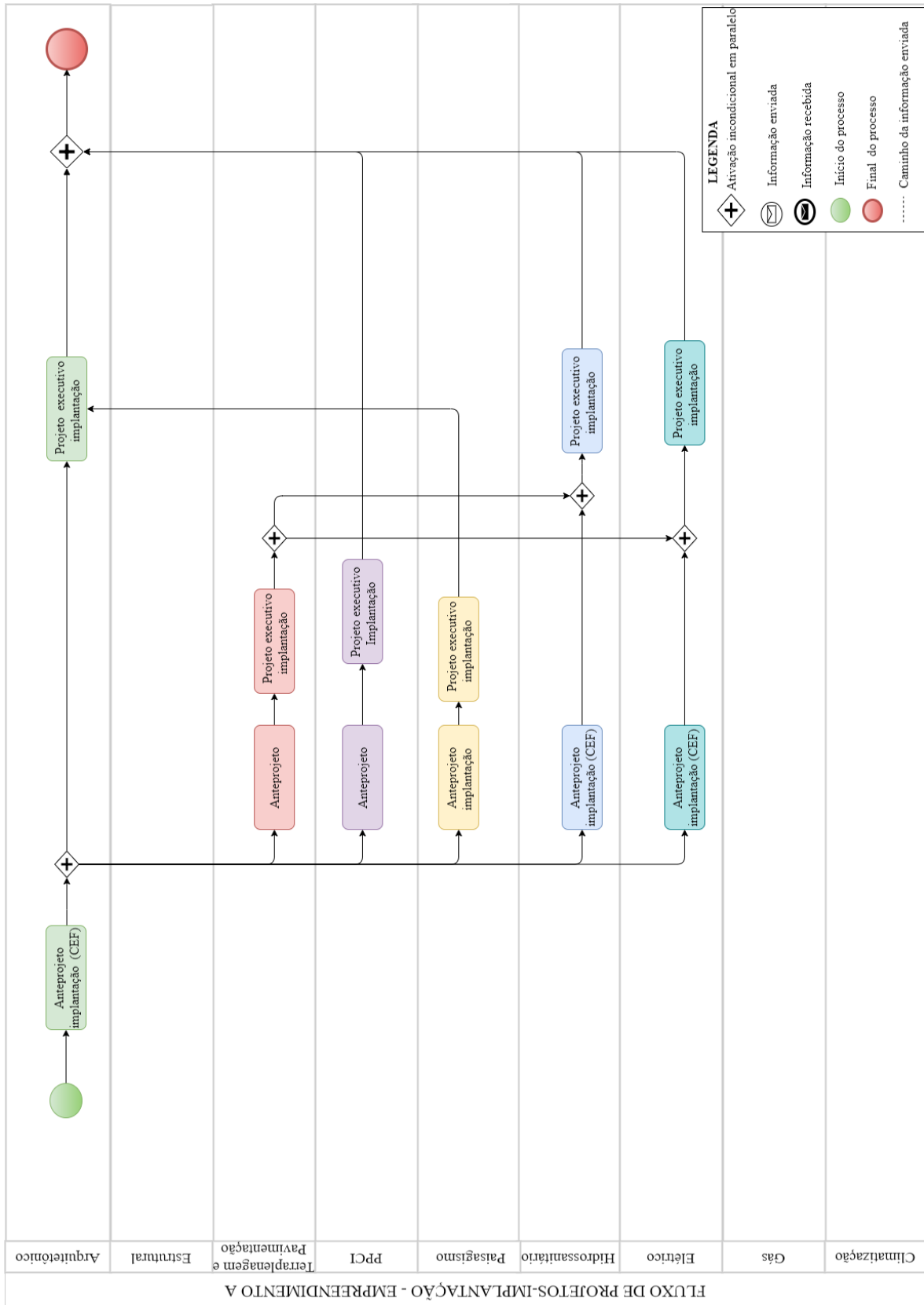
(Fonte: elaborado pela autora)

Figura 15 - Fluxograma de Projetos dos Equipamentos Comunitários referente ao Empreendimento A



(Fonte: elaborado pela autora)

Figura 16 - Fluxograma de Projetos da Implantação referente ao Empreendimento A



(Fonte: elaborado pela autora)

4.4.1.3 Cronograma de projetos

O gerenciamento do tempo é uma das áreas que devem ser administradas em um projeto, a sua não execução pode ter como consequência a conclusão do projeto em tempo inadequado. O gerenciamento do tempo consiste em: definição e sequenciamento das atividades; estimativas de recursos e de duração das atividades; criação e controle de cronograma de projetos (PMBOK, 2014).

No diagnóstico foi possível observar que os projetos eram entregues em um tempo inadequado tanto para a realização das análises dos projetos quanto para orçamentação e execução da obra. Visando um melhor controle dos projetos que devem ser entregues e em que momento, foi recomendada a elaboração de um cronograma de projetos, tomando por base a data de lançamento da obra. Nesse cronograma, são apontadas as datas de entrega assim como datas das análises e aprovação dos projetos.

Para a criação do cronograma de projetos, foram coletadas informações em diferentes locais e com diversos profissionais (arquitetos, projetistas estruturais, e de instalações, diretoria da contratante etc.). As etapas que fizeram parte do desenvolvimento do cronograma de projetos são as seguintes:

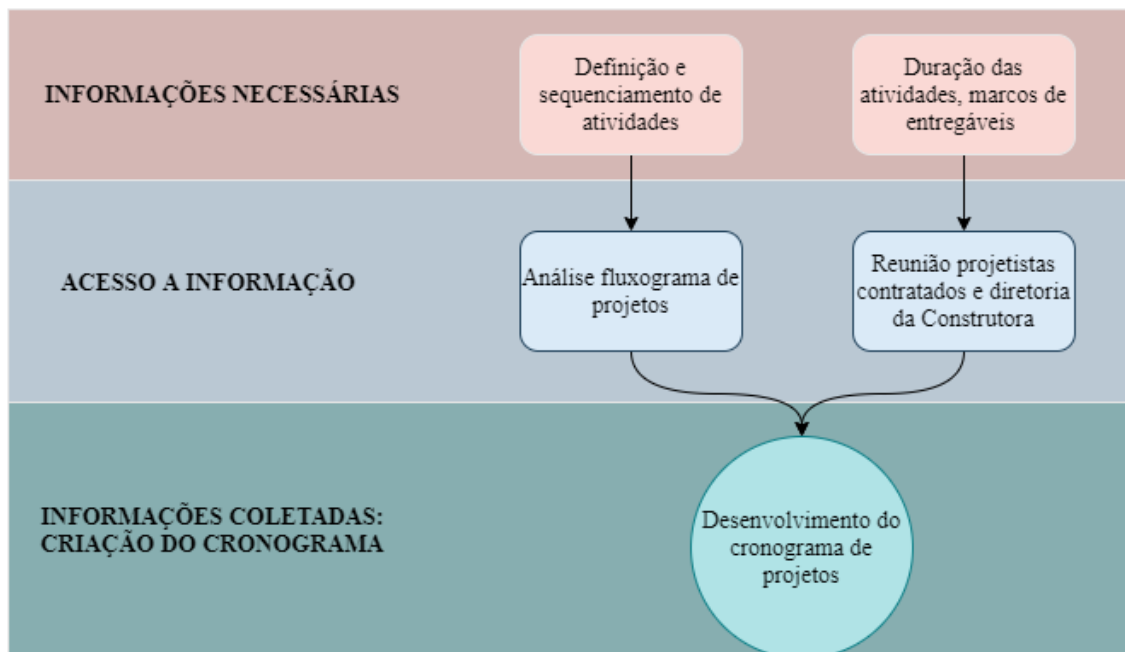
- a) análise do fluxograma de projetos do Empreendimento A, com o intuito de identificar as etapas dos projetos assim como seu sequenciamento;
- b) consulta aos projetistas contratados (recursos humanos) para informação da duração das atividades, com essas durações foram propostas datas marco para os entregáveis. A duração das atividades é variável conforme a atividade e disciplina, é importante que o responsável por determinado projeto tenha previsto a duração com base nos recursos humanos e equipamentos necessários para determinada atividade;
- c) foi acordado com os projetistas contratados sobre o tempo necessário para a contratante analisar os projetos assim como o tempo pela contratada fazer as revisões necessárias, se for o caso;
- d) o critério utilizado para a definição das datas marco de entrega dos projetos foi relacionado com a data de lançamento do empreendimento. Então, ocorreu uma consulta aos diretores da Construtora sobre a previsão de lançamento da obra, e

foi realizado um cronograma que considera essa data de lançamento como limite para a entrega dos projetos executivos relacionados aos equipamentos comunitários e implantação, pois são os primeiros a serem executados;

- e) a partir das informações coletadas com os diferentes profissionais (análise das sequências das atividades, durações, recursos necessários e restrições do cronograma), foi desenvolvido o cronograma de projetos, a criação dele foi através do *software GanttProject*.

Na Figura 17 foram ilustradas as etapas auxiliares ao desenvolvimento do cronograma de projetos.

Figura 17 - Etapas auxiliares ao desenvolvimento do cronograma de projetos.



(Fonte: elaborado pela autora)

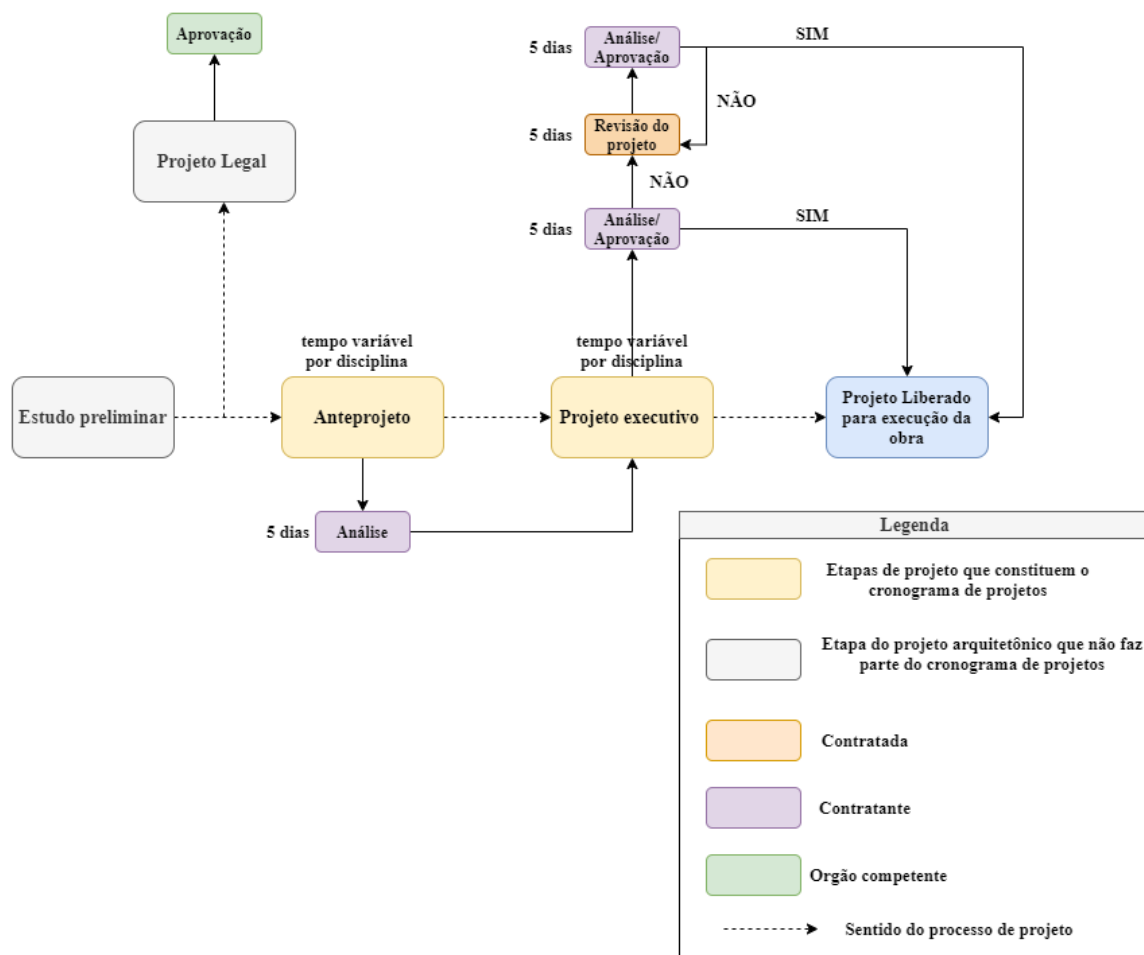
A Construtora se encontra no Estágio 1 de maturidade BIM, ou seja, os projetistas contratados não trabalham em um projeto colaborativo, no qual todos podem trabalhar de forma simultânea. Dessa forma, ocorrem as dependências para início de projeto, ou seja, determinado projeto somente iniciará quando o projeto predecessor estiver completo. Logo, o atraso do projeto de uma determinada disciplina influenciará nas demais.

O tempo para o desenvolvimento do projeto varia conforme a etapa e disciplina, cada projeto tem uma duração para o desenvolvimento, a qual foi especificada pelo projetista

responsável. Já o tempo para análise do projeto entregue é igual para todas disciplinas assim como o tempo para a revisão, caso necessário. A duração para as análises, revisão e reanálise foi estipulada em conjunto com os responsáveis pelos projetos e é de 15 dias no total: 5 dias para análise do projeto entregue; 5 dias para revisões do projeto, quando necessário; 5 dias para reanálise do projeto revisado e aprovação pela contratante.

Caso ainda ocorram inconformidades no projeto executivo após a revisão, o projeto retorna ao projetista, o qual tem mais 5 dias para realizar a revisão. Porém, o ideal é que isso não aconteça, ou seja, que o problema seja resolvido na primeira revisão, logo, essa segunda revisão não foi considerada no cronograma de projetos. O fluxo das entregas, análises, revisões e aprovações dos projetos ocorre conforme representado na Figura 18.

Figura 18 - Fluxo das entregas, análises, revisões e aprovações.



(Fonte: elaborado pela autora)

Para fins de controle dos entregáveis e execução da obra, exceto a disciplina de Estrutura, que tem uma etapa de estudo preliminar a qual se refere a planta de cargas das torres, as

etapas consideradas no cronograma de projetos das outras disciplinas são anteprojeto e projeto executivo.

Na Arquitetura há também o estudo preliminar, que foi definido como sendo o projeto para a viabilidade econômica do empreendimento. O método proposto parte do pressuposto que já ocorreu essa etapa de viabilidade econômica, ou seja, o marco “início de projetos” é após a aprovação da viabilidade econômica do empreendimento, portanto o projeto de estudo preliminar arquitetônico não entra na análise do trabalho. Já o projeto legal, que é um projeto desenvolvido após análise da viabilidade econômica e decisão que o empreendimento será executado, deve ser aprovado pelos órgãos competentes de cada disciplina que requer aprovação.

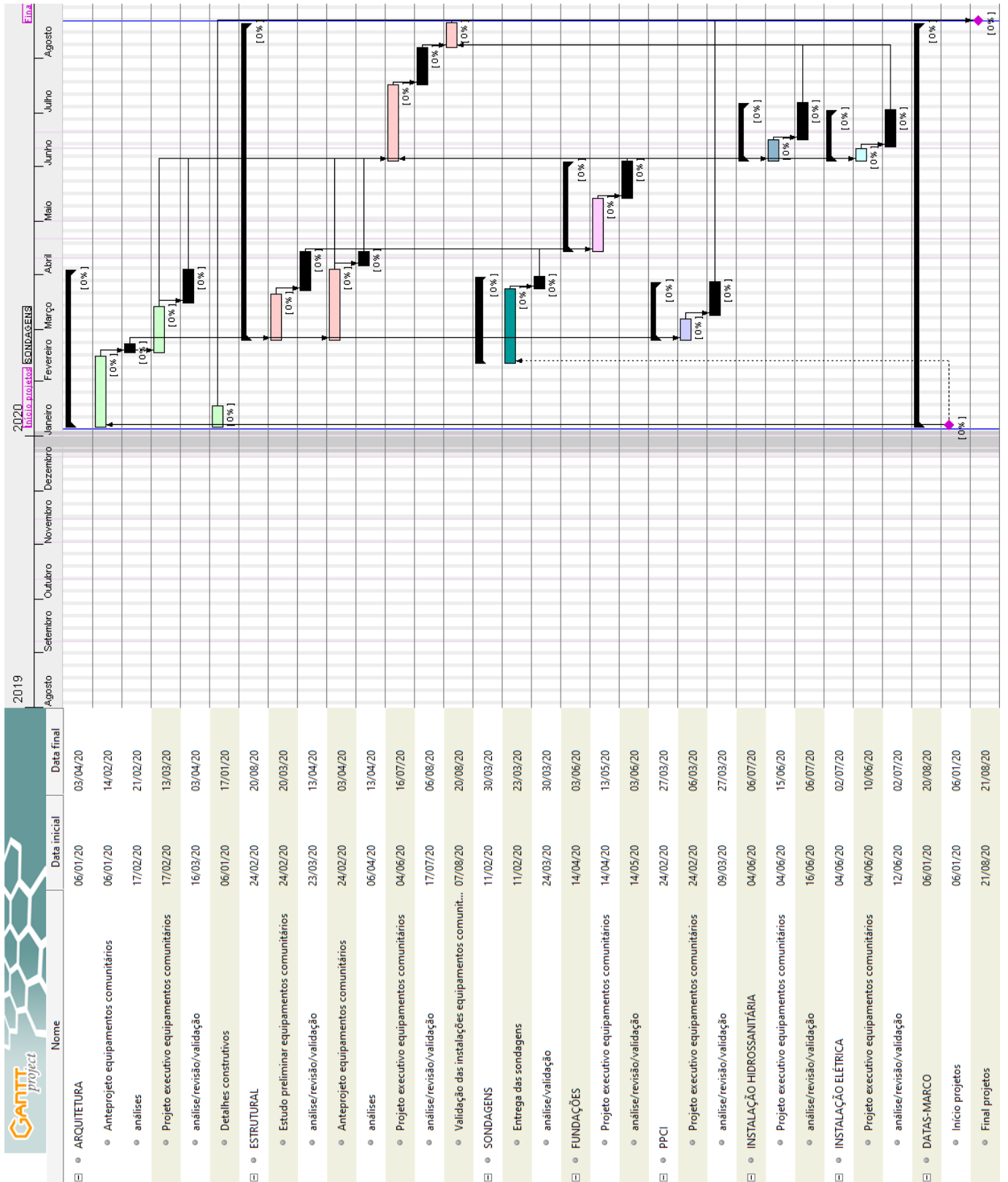
Para fins de melhor visualização, os equipamentos comunitários, torres e implantação foram colocados em arquivos diferentes. Nas Figuras 19, 20 e 21 podem ser visualizadas as linhas de base do cronograma de projetos das torres, equipamentos comunitários e implantação respectivamente. Pode-se observar que algumas etapas da mesma disciplina em cronogramas diferentes ocorrem em paralelo, para isso, os recursos humanos e equipamentos necessários para cada atividade foram considerados pelo contratado.

Figura 19 - Cronograma de Projetos – Linha de base Torres



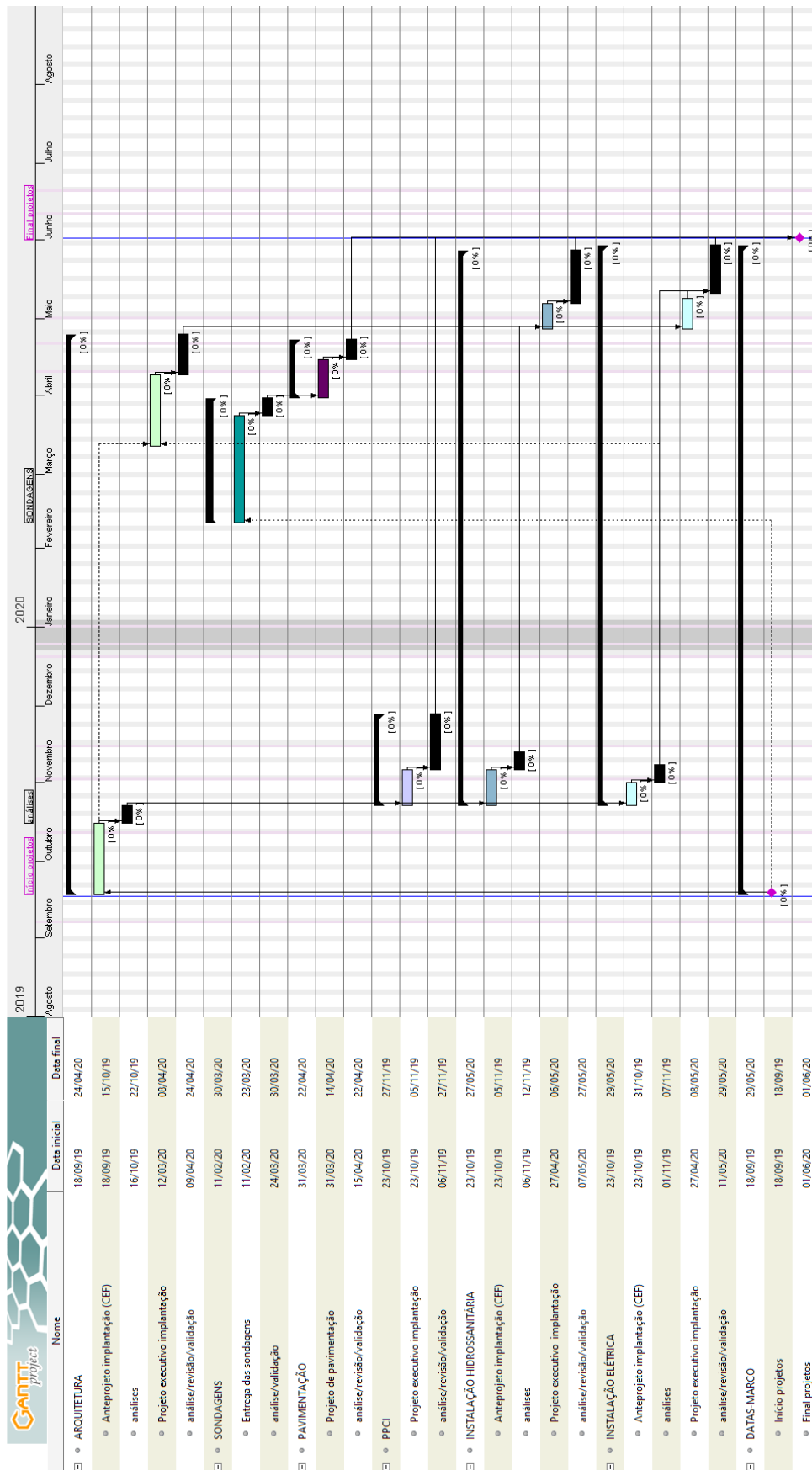
(Fonte: elaborado pela autora)

Figura 20 - Cronograma de Projetos – Linha de base Equipamentos Comunitários



(Fonte: elaborado pela autora)

Figura 21 - Cronograma de Projetos – Linha de base – Implantação



(Fonte: elaborado pela autora)

4.4.1.4 Controle do cronograma de projetos

Para que as metas estabelecidas no planejamento de atividades simultâneas sejam atingidas é necessário que se tenha um controle, de modo a identificar problemas e realizar as ações corretivas no momento adequado (LAUFER *et al.*,1996).

O diagnóstico apontou falhas no controle dos entregáveis, resultado de não se ter um cronograma de projetos que indica os entregáveis e suas respectivas datas de entrega, conseqüentemente não se tinha um controle do que deveria ser entregue. Assim, em alinhamento com a proposta da elaboração de um cronograma de projetos, também foi sugerida a criação de um dispositivo visual para representar o controle das etapas indicadas no cronograma de projetos, através de uma planilha *Excel*.

O cronograma de projetos criado se refere a um planejamento de longo prazo, ou seja, as etapas não são bem detalhadas. Para se ter o controle de todos projetos entregáveis, as etapas do cronograma de projetos, ou seja, os pacotes de trabalho, foram detalhados e foi criada uma planilha visual. O controle de entregáveis aponta os seguintes critérios: projetos entregues e validados; projetos entregues e em fase de verificações individuais e compatibilização; projeto não entregues, mas dentro do prazo; projeto não entregue e atrasado.

Os critérios adotados na planilha visual de controle se referem à linha de base do cronograma de projetos. Devido a um evento inesperado (pandemia COVID-19), a Construtora optou, após estudo do fluxo de caixa, adiar o lançamento do Empreendimento A. Logo, é por esse motivo que grande parte dos projetos se encontram atrasados em relação a linha de base. A planilha de controle visual com todas disciplinas pode ser observada na Figura 22.

De acordo com o ilustrado na Figura 22, a planilha visual foi organizada da seguinte forma: no eixo horizontal constam pranchas específicas de cada disciplina de projeto e no eixo vertical as localizações. As localizações foram separadas em quatro grupos, sendo eles: torres tipo, torres PNE, equipamentos comunitários e prédio garagem.

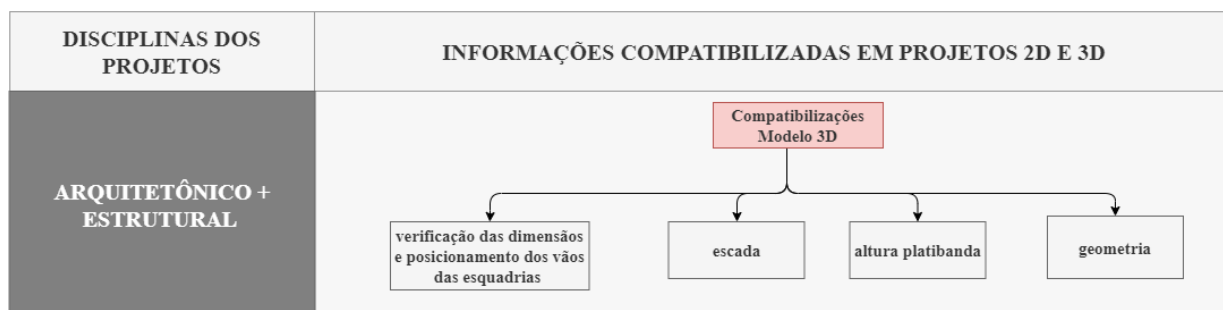
As cores para o controle visual se relacionam com a linha de base dos cronogramas de projetos dos equipamentos comunitários, implantação e torres. Sendo que elas têm os seguintes significados:

- 1- Verde: projeto entregue e validado;
- 2- Laranja: projeto entregue e em fase de verificações e compatibilização;
- 3- Vermelho: projeto não entregue e atrasado em relação ao cronograma de projetos;
- 4- Rosa: projeto não entregue, porém não atrasado em relação ao cronograma de projetos;
- 5- Cinza: prancha específica não se aplica em determinada localização;

4.4.1.5 Compatibilizações e meio de comunicação com projetistas

Devido a questões de tempo para o desenvolvimento do trabalho, no Estudo de Caso 1, foi possível acompanhar somente a compatibilização dos anteprojetos das disciplinas de Arquitetura e Estrutura. Conforme ilustrado na Figura 23:

Figura 23 - Compatibilização estudo de caso 1.



(Fonte: elaborado pela autora)

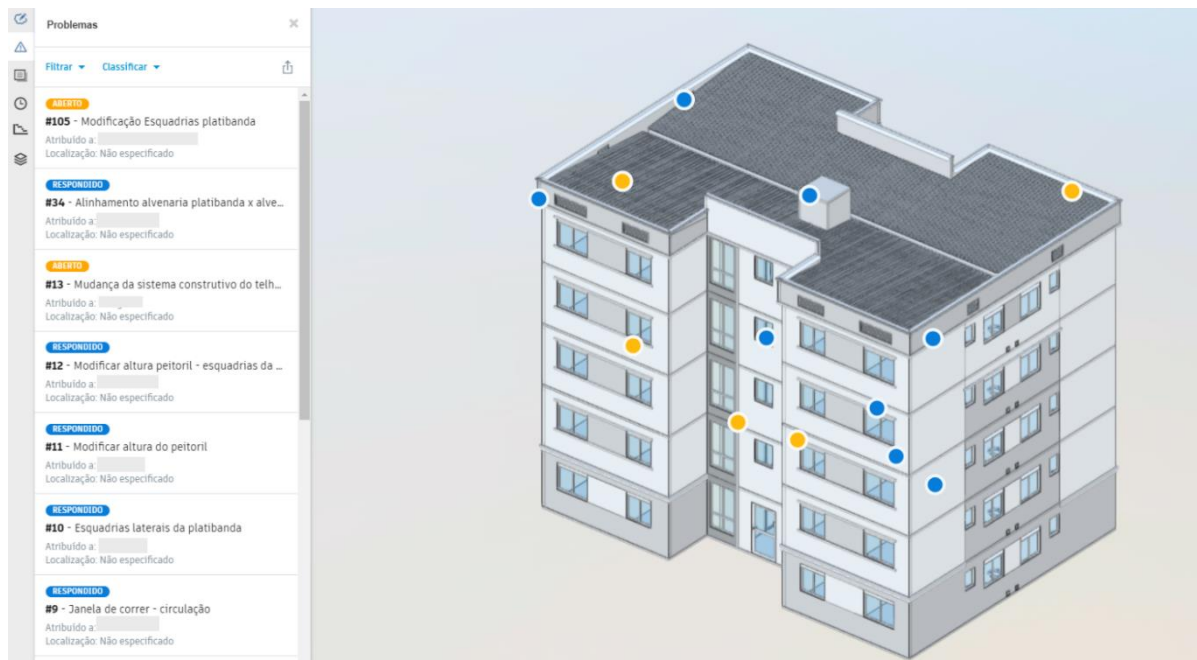
Pelo fato do arquiteto do Empreendimento A não realizar o Projeto Arquitetônico em formato 3D, o modelo BIM 3D foi desenvolvido internamente à Construtora para fins de visualização, compatibilização, quantitativos, orçamento e planejamento. Para isso, foi feito um investimento em *software*, *hardware* e treinamento de pessoas.

A Construtora tem uma licença do *software Navisworks*, o qual, além de outras funcionalidades, tem uma ferramenta de *clash detection*. Logo, a compatibilização entre o Projeto Arquitetônico e Estrutural ocorreu com o auxílio do *software Navisworks*, valendo-se da ferramenta de *clash detective*, a qual encontra incompatibilidades automaticamente.

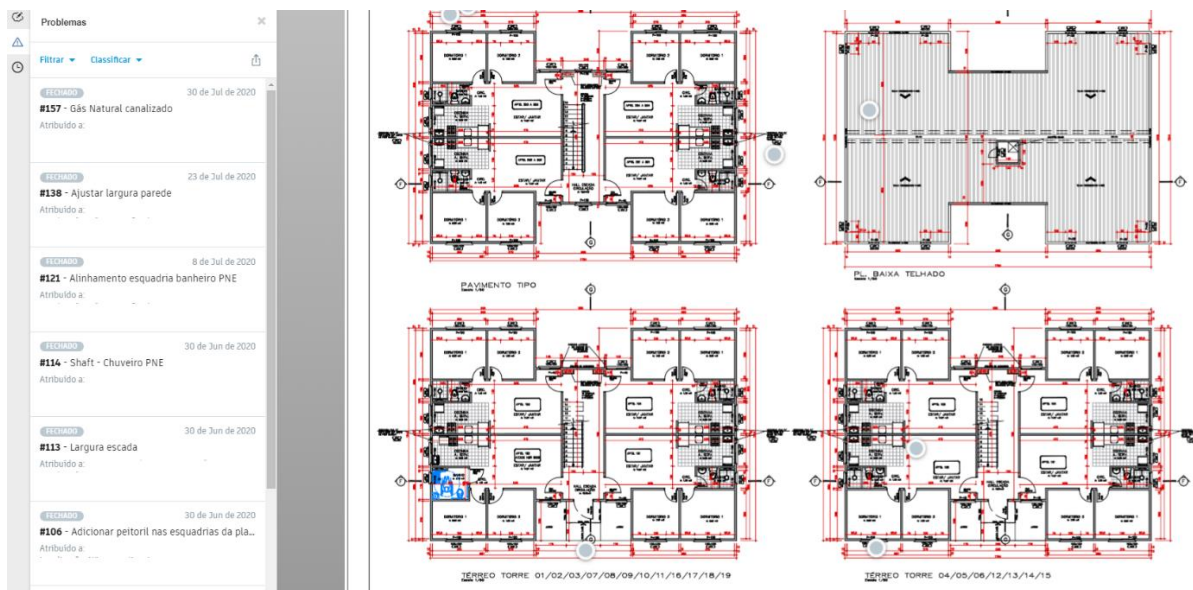
A comunicação entre projetistas e a pessoa responsável pela compatibilização de projetos da Construtora ocorreu através da plataforma BIM 360 Docs. Essa plataforma virtual permite o gerenciamento de arquivos de projetos de diversos formatos (dwg, pdf, rvt, ifc...) e todos os projetos ficam armazenados em um repositório único.

Com o uso dele, os *issues* são marcados diretamente nos arquivos de projeto, faz-se uma descrição do que deve ser verificado e se atribui ao projetista responsável por aquela determinada disciplina, o qual recebe um *link* por e-mail, que o direciona ao apontamento marcado. Sendo que um *issue* pode ser um apontamento de uma única disciplina ou uma incompatibilidade entre diferentes disciplinas (*clashes*).

Na Figura 24 podem ser observados os *issues* marcados diretamente no modelo BIM 3D e na Figura 25 em arquivos 2D.

Figura 24- BIM 360 Docs: marcação de *issues* em modelo BIM 3D.

(Fonte: Construtora)

Figura 25 - BIM 360 Docs: marcação de *issues* em planta baixa.

(Fonte: Construtora)

Todos os apontamentos são centralizados em uma planilha criada automaticamente na plataforma BIM 360 Docs, os quais têm uma diferenciação na cor que informa de forma visual o *status* do *issue*. Por exemplo: quando é aberto a cor é amarelo; assim que o responsável responde ao apontamento, a cor passa a ser azul; quando o apontamento é

resolvido, ele é fechado e a cor muda para cinza. Na Figura 26 podem ser observados os *status* de diferentes apontamentos.

Figura 26 - Lista de *issues* na plataforma BIM 360 Docs.

Status	ID	Subtipo	Título	Atribuído a	Data de vencimento	Documento vinculado	📎	💬
Respondido	119	Design	Ajustar altura lixo		1 de Jul de 2020	ENC-57-PL-...0.rvt	1	1
Respondido	118	Client Feedback	Tirar balanço da laje		30 de Jun de 2020	ENC-57-PL.S.rvt	2	1
Aberto	117	Design	Previsão de furos para chaminé da churrasqueira e forno		30 de Jun de 2020	201	0	0
Aberto	116	Design	Verificar altura pé direito		30 de Jun de 2020	019	0	0
Aberto	115	Design	Retirar negativo gesso		30 de Jun de 2020	017	0	0
Aberto	114	Design	Shaft - Chuveiro PNE		30 de Jun de 2020	02	0	0
Fechado	113	Design	Largura escada		30 de Jun de 2020	02	0	2
Aberto	112	Design	Atualizar dimensão esquadria platibanda		30 de Jun de 2020	015	0	0
Aberto	111	Design	Altura Castelo d'água		24 de Jun de 2020	CF 01	0	0
Aberto	110	Design	Modelo da caixa de policarbonato		29 de Jun de 2020	06	0	0
Aberto	109	Design	Dimensões caixas de passagem		29 de Jun de 2020	02	0	0
Aberto	108	Design	Adicionar rede enterrada Quiosque+ fitness na fase 2		29 de Jun de 2020	05	0	0
Fechado	107	Design	Rede enterrada prédio uso condominial até medidor		29 de Jun de 2020	03	0	1
Fechado	106	Design	Adicionar peitoril nas esquadrias da platibanda		30 de Jun de 2020	02	0	1

(Fonte: Construtora)

Nessa planilha gerada pelo BIM360 Docs, apresenta-se quem é o responsável por verificar o apontamento assim como a data limite estipulada para a verificação. Na seção 4.1.3 foram descritas as datas marco de cada entrega, logo elas são levadas em consideração no momento de estipular um prazo para entrega de cada revisão.

4.4.1.5.1 Análise individual projeto arquitetônico

O Projeto Arquitetônico, conforme pode ser observado no fluxograma de projetos na Figura 14, é o primeiro projeto a ser desenvolvido e serve como base para o desenvolvimento dos projetos das outras disciplinas, por ser predecessor a elas. Logo que o projeto foi entregue, conforme o cronograma de projetos, foram realizadas as verificações individuais.

Assim que as verificações individuais estavam de acordo com os requisitos do cliente, o Projeto Arquitetônico foi liberado para o desenvolvimento do Projeto Estrutural. Alguns apontamentos do Projeto Arquitetônico podem ser verificados no relatório extraído da plataforma usada para comunicação com projetistas externos e responsável pelos apontamentos. A descrição de alguns *issues* e melhor detalhamento de um *issue* podem ser observados nas Figura 27 e Figura 28 consecutivamente.

Figura 27 - Descrição de *issues* referentes ao projeto arquitetônico.

Problema Relatório - BIM 360 DOCS						
Status	ID	Type	Assignee	Issue Owner	Root Cause	Due Date
CLOSED	50	Design Design		Taise Dalmás		May 20, 2020
<p><i>Title</i> Esquadrias platibanda - fachada lateral</p> <p><i>Description</i> As esquadrias da fachada lateral (greiha) serão posicionadas no mesmo local do projeto ENC-EX-ARQ-004-FACHADAS-R03.pdf porém com dimensões 60x20 cm. Peça que atualize também o projeto ENC-EX-ARQ-002-TORRETIPO-R04 e ENC-EX-ARQ-015-PLAESQ-R01.pdf com essa especificação.</p>						
CLOSED	49	Design Design		Taise Dalmás		May 20, 2020
<p><i>Title</i> Esquadrias platibanda - fachada principal e dos fundos</p> <p><i>Description</i> Na fachada principal e dos fundos, usaremos esquadrias (greilhas) com dimensões 60x20 cm alinhadas com as esquadrias dos dormitórios. Conforme está no projeto ENC-EX-ARQ-004-FACHADAS-R03.pdf elas já estão alinhadas com as esquadrias dos dormitórios, só é necessário mudar a dimensão delas para 60x20 cm. No anexo tem uma imagem do modelo da esquadria. Peça que atualize também o projeto ENC-EX-ARQ-002-TORRETIPO-R04 e ENC-EX-ARQ-015-PLAESQ-R01.pdf com essa especificação.</p>						
CLOSED	48	Design Design		Taise Dalmás		May 12, 2020
<p><i>Title</i> Cobertura - quiosque</p> <p><i>Description</i> Faltou tirar a informação de "telha metálica". Sera especificada somente uma telha de policarbonato.</p>						

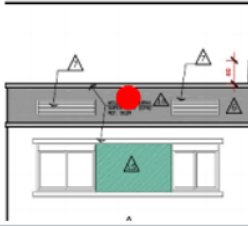
(Fonte: Construtora)

Figura 28 - Detalhe de *issue* número 49 referente ao projeto arquitetônico.

#49 Esquadrias platibanda - fachada principal e dos fundos

CLOSED

Created May 13, 2020
Due Date May 20, 2020



Type / Subtype Design / Design

Location

Root Cause

Checklist Source

Reference Drawing 04 [v3]

Creator Taise Dalmás

Issue Owner Taise Dalmás

Assignee

Description Na fachada principal e dos fundos, usaremos esquadrias (greilhas) com dimensões 60x20 cm alinhadas com as esquadrias dos dormitórios.

Conforme está no projeto ENC-EX-ARQ-004-FACHADAS-R03.pdf elas já estão alinhadas com as esquadrias dos dormitórios, só é necessário mudar a dimensão delas para 60x20 cm. No anexo tem uma imagem do modelo da esquadria.

Peço que atualize também o projeto ENC-EX-ARQ-002-TORRETIPO-R04 e ENC-EX-ARQ-015-PLAESQ-R01.pdf com essa especificação.

(Fonte: Construtora)

Nesse primeiro momento foi feita a análise de soluções construtivas mais econômicas sem perder a qualidade e estética do produto. Por exemplo, no *issue* 49 da Figura 28, foi solicitada a mudança das dimensões das esquadrias da platibanda por esquadrias menores e, com isso, teve-se uma economia bem significativa por se tratar de 12 esquadrias por torre, totalizando 228 esquadrias nas 19 torres. Essa mudança não alterou a qualidade do produto, (verificou-se que as esquadrias com dimensões menores permitem a ventilação necessária na região entre a laje e o telhado) e não causou uma mudança relevante na estética. Por consequência, essa economia pode ser usada em algo que agrega valor ao produto, por exemplo, esquadrias com dimensões maiores na sala de estar dos apartamentos.

4.4.1.5.2 Análise individual projeto Estrutural

O desenvolvimento do Projeto Estrutural do empreendimento A foi realizado por uma empresa de Projetos Estruturais localizada em Campinas/SP contratada pela Construtora. Conforme ilustrado no fluxograma de projetos na Figura 14, o Projeto Estrutural é sucessor ao Projeto Arquitetônico. Logo, o anteprojeto Estrutural teve início após aprovação do anteprojeto Arquitetônico.

O Projeto Estrutural foi entregue em arquivos de formato DWG e *Industry Foundation Classes* (IFC) e foram realizadas as seguintes análises: conferência se as saídas estão de acordo com os requisitos do cliente; conferência individual do modelo verificando se há duplicidades de elementos que influenciam no quantitativo gerado; conferência dos detalhes construtivos estruturais, etc. Sendo que o IFC é um específico formato de dados que tem a finalidade de permitir o intercâmbio de um modelo informativo sem perda ou distorção de dados ou informação.

Todos os apontamentos gerados nessa análise do modelo foram atribuídos ao projetista estrutural usando a plataforma BIM 360 *Docs*. Na Figura 29, observa-se alguns dos *issues* referentes ao Projeto Estrutural.

Figura 29 - Descrição de *issues* referentes ao projeto Estrutural

Status	ID	Type	Assignee	Issue Owner	Root Cause	Due Date
OPEN	80	Design Client Feedback		Taise Dalmás		Jun 18, 2020 <i>overdue</i>
<p><i>Title</i> Junta deslizante</p> <p><i>Description</i> Sobre a junta deslizante, não temos o costume de usar junta de neoprene. Normalmente executamos a junta conforme detalhe que estou colocando em anexos. basicamente a junta deslizante é composta por três camadas: primeira camada: manta asfáltica aluminizada segunda camada: lâmina de PVC/chapa de flandres/ chapa de alumínio ou chapa galvanizada terceira camada: manta asfáltica aluminizada Por questões de economia, caso vocês não tenham contra indicação desse tipo de junta, podem substituir a junta de neoprene por essa que normalmente usamos? Essa observação serve para todos projetos de alvenaria que tem esse detalhe da junta deslizante.</p>						
OPEN	76	Design Design		Taise Dalmás		Jun 18, 2020 <i>overdue</i>
<p><i>Title</i> Verificar possibilidade de diminuir altura das vigas e não inverter</p> <p><i>Description</i> Para evitar conflito com a calha e telhado, optaremos por não inverter a viga. Poderia verificar a possibilidade de deixarmos essa viga com 30 cm (10 cm laje + 20 cm viga) ?</p>						
OPEN	75	Design Design		Taise Dalmás		Jun 18, 2020 <i>overdue</i>
<p><i>Title</i> Necessidade de canaletas</p> <p><i>Description</i> Poderia verificar a possibilidade de diminuirmos a quantidade de canaletas ?</p>						
OPEN	74	Design Design		Taise Dalmás		Jun 18, 2020 <i>overdue</i>
<p><i>Title</i> Ajustes e verificações referentes a vigas do fitness</p> <p><i>Description</i> 1- Verificar possibilidade de retirar V8; 2- Esteticamente as vigas ficam melhor invertidas, porém está dando conflito com o telhado e a calha, então peço que as vigas sejam passadas para debaixo da laje. OBS: em "Anexos" consta o modelo 3D onde se consegue verificar essa incompatibilidade entre calha e vigas 3- Verificar possibilidade de deixarmos as vigas com 30 cm de altura (10 cm laje + 20 cm viga)</p>						
OPEN	73	Design Design		Taise Dalmás		
<p><i>Title</i> Modelagem vigas</p> <p><i>Description</i> Foi verificado que Algumas vigas não tem continuidade na modelagem 3D. Poderia verificar o modelo ?</p>						
OPEN	67	Design Design		Taise Dalmás		Jun 09, 2020 <i>overdue</i>
<p><i>Title</i> Cobertura do Salão de festas será uma bacia de amortecimento</p> <p><i>Description</i> Devido a estarmos verificando o que é necessário para termos o selo de sustentabilidade Selo Azul Caixa, foi verificado que teremos que fazer uma bacia de amortecimento em cima das lajes do Salão de festas. Então, poderia verificar se as lajes dimensionadas suportam a carga de uma lâmina d'água de 40 cm? Se não suportam, poderia dimensionar considerando essa carga ?</p>						

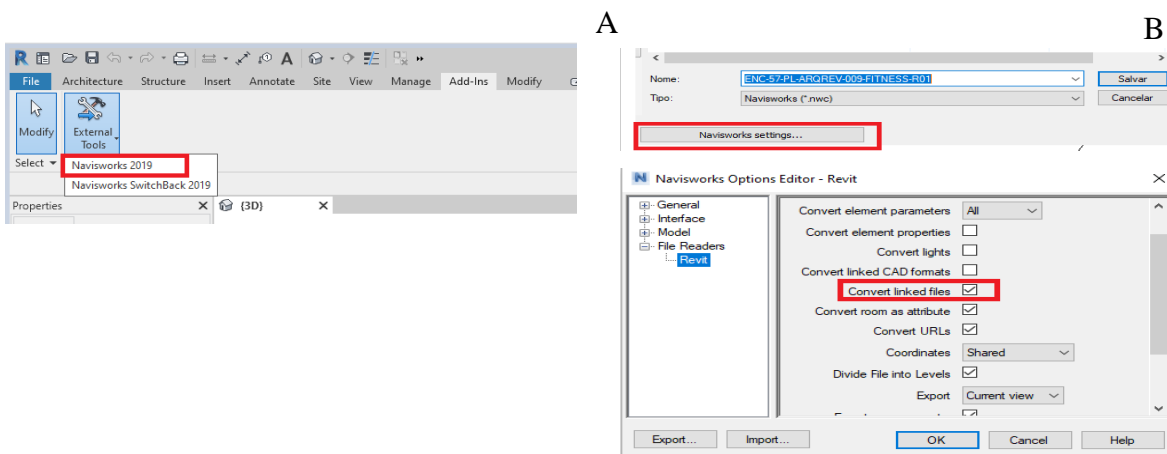
(Fonte: Construtora)

4.4.1.5.3 Compatibilização projeto arquitetônico e estrutural

Após as verificações individuais do Projeto Estrutural, deu-se prosseguimento às análises a partir da compatibilização entre o Projeto Estrutural e Arquitetônico. Para essa compatibilização, usou-se o *software Navisworks*, especificamente a ferramenta *Clash Detective*.

Tendo-se o modelo BIM 3D arquitetônico aberto no *Revit* (RVT), fez-se um vínculo para inserção do modelo estrutural e a exportação para o *Navisworks* foi feita da seguinte maneira: (a) com o modelo contendo as duas disciplinas de Arquitetura e Estrutura aberto no *Revit*, foi selecionada a opção “*external tools*” e em seguida “*Navisworks 2019*”, conforme Figura 30. Nas configurações de exportação foi selecionado o item “*convert linked files*”, dessa forma os *links* também serão lidos pelo *Navisworks*.

Figura 30 - Exportação do *Revit* para *Navisworks* (A) plugin ferramentas externas. (B) Configuração para exportar do *Revit* para *Navisworks* arquivos vinculados.



(Fonte: elaborado pela autora)

Os conflitos entre as diferentes disciplinas podem ser classificados em três tipos:

(a) *hard clash*: quando dois objetos ou elementos ocupam o mesmo espaço, por exemplo, uma viga colidindo com uma calha pluvial.

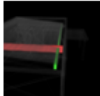
(b) *soft clash/clearance*: quando um elemento e/ou objeto interfere no funcionamento de outro. Por exemplo, a porta de abrir é representada na maioria das vezes na configuração fechada, porém ela necessita de um espaço livre no entorno para garantir a abertura, se existir um pilar no espaço de giro da porta, ele não irá interferir no espaço físico dela, mas sim obstruir o espaço necessário ao ideal funcionamento da porta.

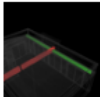
(c) *4D Workflow/clashes*: são interferências que ocorrem ao longo da obra entre elementos da construção e equipamentos, conflitos de entrega de materiais comparando com o planejamento, entre outros.

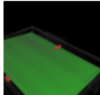
Para fins desse trabalho, os *clashes* analisados serão do tipo *hard clash*. Com o auxílio da ferramenta *Clash Detective* do software *Navisworks* foi realizado um teste para detecção de conflitos. Parte do relatório gerado para um prédio pertencente aos equipamentos comunitários pode ser observado na Figura 31:

Figura 31 - Relatório de *clashes* gerado pelo *Navisworks*.**Clash Report****Report Batch**

Test 1 Clash	
Tolerance	0,050m
Self Intersect	0
Self Intersect	0
Total	72
New	72
Active	0
Reviewed	0
Approved	0
Resolved	0
Type	Hard
Status	OK

	<table> <tr> <td>Name</td> <td>Clash1</td> </tr> <tr> <td>Distance</td> <td>-0,332m</td> </tr> <tr> <td>Description</td> <td>Hard</td> </tr> <tr> <td>Status</td> <td>New</td> </tr> <tr> <td>Clash Point</td> <td>-4,017m, -4,895m, 3,132m</td> </tr> <tr> <td>Date Created</td> <td>2020/6/28 17:31</td> </tr> </table>	Name	Clash1	Distance	-0,332m	Description	Hard	Status	New	Clash Point	-4,017m, -4,895m, 3,132m	Date Created	2020/6/28 17:31
Name	Clash1												
Distance	-0,332m												
Description	Hard												
Status	New												
Clash Point	-4,017m, -4,895m, 3,132m												
Date Created	2020/6/28 17:31												
Item 1													
Element ID	203183												
Layer	FORMA												
Item Name	Concrete, Cast-in-Place gray												
Item Type	Solid												
Item 2													
Element ID	2035155												
Layer	2 - Platibanda												
Item Name	.Alvenaria												
Item Type	Solid												

	<table> <tr> <td>Name</td> <td>Clash2</td> </tr> <tr> <td>Distance</td> <td>-0,255m</td> </tr> <tr> <td>Description</td> <td>Hard</td> </tr> <tr> <td>Status</td> <td>New</td> </tr> <tr> <td>Clash Point</td> <td>-6,517m, -4,895m, 3,055m</td> </tr> <tr> <td>Date Created</td> <td>2020/6/28 17:31</td> </tr> </table>	Name	Clash2	Distance	-0,255m	Description	Hard	Status	New	Clash Point	-6,517m, -4,895m, 3,055m	Date Created	2020/6/28 17:31
Name	Clash2												
Distance	-0,255m												
Description	Hard												
Status	New												
Clash Point	-6,517m, -4,895m, 3,055m												
Date Created	2020/6/28 17:31												
Item 1													
Element ID	203180												
Layer	FORMA												
Item Name	Concrete, Cast-in-Place gray												
Item Type	Solid												
Item 2													
Element ID	2035155												
Layer	2 - Platibanda												
Item Name	.Alvenaria												
Item Type	Solid												

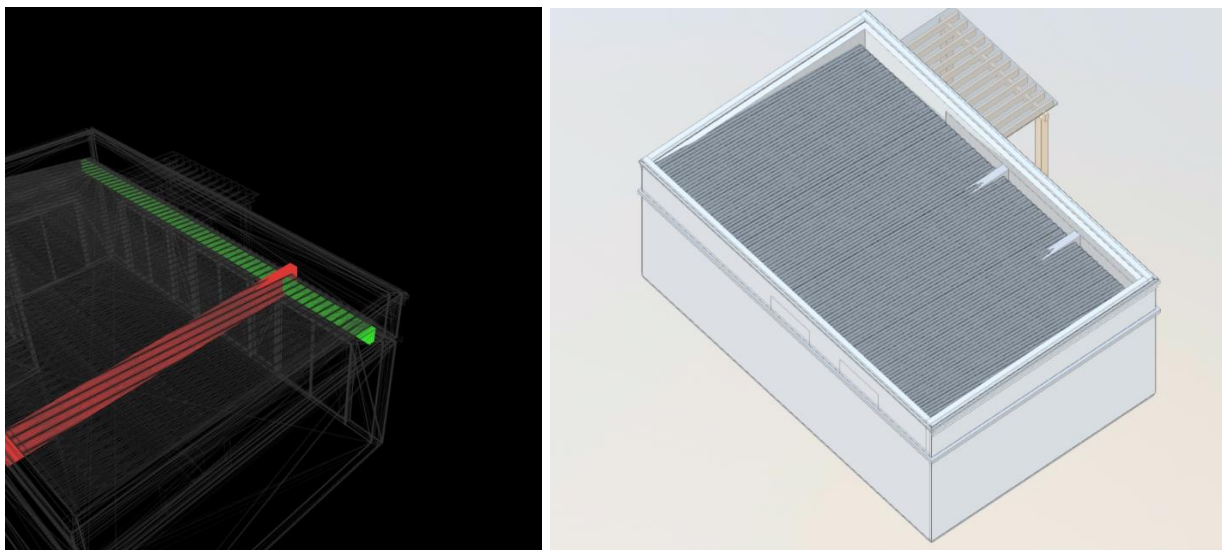
	<table> <tr> <td>Name</td> <td>Clash3</td> </tr> <tr> <td>Distance</td> <td>-0,101m</td> </tr> <tr> <td>Description</td> <td>Hard</td> </tr> <tr> <td>Status</td> <td>New</td> </tr> <tr> <td>Clash Point</td> <td>-6,662m, -5,667m, 3,300m</td> </tr> <tr> <td>Date Created</td> <td>2020/6/28 17:31</td> </tr> </table>	Name	Clash3	Distance	-0,101m	Description	Hard	Status	New	Clash Point	-6,662m, -5,667m, 3,300m	Date Created	2020/6/28 17:31
Name	Clash3												
Distance	-0,101m												
Description	Hard												
Status	New												
Clash Point	-6,662m, -5,667m, 3,300m												
Date Created	2020/6/28 17:31												
Item 1													
Element ID	203180												
Layer	FORMA												
Item Name	Concrete, Cast-in-Place gray												
Item Type	Solid												
Item 2													
Element ID	2032780												
Layer	2 - Platibanda												
Item Name	.Martita												
Item Type	Solid												

(Fonte: Construtora)

O *clash* número 1 do relatório se refere ao conflito entre uma viga estrutural e a calha pluvial. Esse é um tipo de *clash* fácil de ser notado quanto se trabalha com modelos BIM 3D. Além desse conflito, percebe-se que há interferência entre a viga e o telhado, conforme Figura 32. Diferentemente do conflito entre a viga e a calha, esse conflito entre a viga e o telhado não é de fácil percepção quando se trabalha com arquivos 2D. No fluxo

de trabalho CAD 2D possivelmente essa interferência passaria despercebida e o problema surgiria durante a execução, gerando retrabalho e custos adicionais.

Figura 32 - *Clash* entre viga x calha pluvial x telhado



(Fonte: Construtora)

Nesse caso, como deixar as vigas invertidas foi uma primeira sugestão do projetista estrutural, após análises de compatibilidade, foi solicitado que as vigas não fossem invertidas para solucionar as duas interferências. Outra alternativa seria aumentar a altura da platibanda e prever furos nas vigas para passagem da água pluvial.

Os *clashes* apontados no relatório gerado pelo *Navisworks* foram analisados e os relevantes foram informados ao projetista estrutural e/ou arquiteto através da plataforma utilizada para comunicação, o *BIM 360 Docs*. A descrição de alguns apontamentos pode ser verificada na Figura 33.

Figura 33 - Apontamentos atribuídos ao projetista estrutural.

Status	ID	Type	Assignee	Issue Owner	Root Cause	Due Date
OPEN	101	Coordination Clash		Taise Dalmás		Jul 01, 2020 <i>overdue</i>
<p><i>Title</i> Retirar balanço da laje da cobertura</p> <p><i>Description</i> A laje da cobertura não deve ficar com o pequeno balanço especificado no corte. Esse detalhe será feito com moldura. Peça que seja atualizado no projeto executivo, por favor. Segue em anexo corte arquitetônico.</p>						
OPEN	98	Coordination Clash		Taise Dalmás		Jun 17, 2020 <i>overdue</i>
<p><i>Title</i> Padronização vão livre na alvenaria portas de madeira</p> <p><i>Description</i> As portas de madeira (internas) Os vãos das portas de madeira podem ser padronizados para todos anexos da seguinte forma: vão livre na alvenaria largura : 6 cm a mais do que especificado na arquitetura vão livre na alvenaria altura: 6 cm a mais do que especificado na arquitetura</p>						
OPEN	96	Coordination Clash		Taise Dalmás		Jun 18, 2020 <i>overdue</i>
<p><i>Title</i> Compatibilizar altura parede PAR03</p> <p><i>Description</i> Compatibilizar altura da PA03 com projeto arquitetônico. Essa parede tem altura de 2,60 metros.</p>						
OPEN	93	Coordination Clash		Taise Dalmás		Jun 17, 2020 <i>overdue</i>
<p><i>Title</i> Compatibilizar altura da platibanda</p> <p><i>Description</i> A altura da platibanda conforme projeto arquitetônico é de 50 cm (50 cm platibanda + 10 cm laje) . Conforme projeto em anexo. Poderia verificar?</p>						
OPEN	86	Coordination Clash		Taise Dalmás		Jun 18, 2020 <i>overdue</i>
<p><i>Title</i> Incompatibilidade arq x estrutural largura guarita</p> <p><i>Description</i> Poderia verificar as dimensões do banheiro e corredor da guarita, pois não estão de acordo com o projeto arquitetônico? No anexo tem uma imagem com as dimensões.</p>						
OPEN	84	Coordination Clash		Taise Dalmás		Jun 18, 2020 <i>overdue</i>
<p><i>Title</i> Largura Piso escada</p> <p><i>Description</i> No projeto arquitetônico o piso está especificado com largura 27 cm , algum motivo para ele ser de 28 cm ? Poderia verificar? Podemos atualizar o arquitetônico se tiver algum motivo para não podermos deixar com 27 cm.</p>						
OPEN	82	Coordination Clash		Taise Dalmás		Jun 18, 2020 <i>overdue</i>
<p><i>Title</i> Incompatibilidade viga x cobertura</p> <p><i>Description</i> Está ocorrendo incompatibilidade entre as vigas , telhado e calha. Então, precisamos que essa viga não seja invertida.</p>						

(Fonte: Construtora)

4.4.2 Estudo de Caso 2

Para o Empreendimento B, uma vez que as fases de reunião inicial para definir requisitos já havia ocorrido e os projetos já estavam em fase de desenvolvimento, optou-se por realizar as etapas de compatibilizações e a retroalimentação de requisitos para novas obras, a partir dos problemas observados nos projetos desse empreendimento.

Nesse capítulo, serão abordados os seguintes assuntos: definição do formato dos arquivos entregáveis; compatibilização de projetos de diferentes disciplinas; meio de comunicação entre a pessoa responsável pela coordenação de projetos e os projetistas contratados e forma encontrada para centralização dos itens apontados nos projetos.

4.4.2.1 Definição e formato dos projetos entregáveis

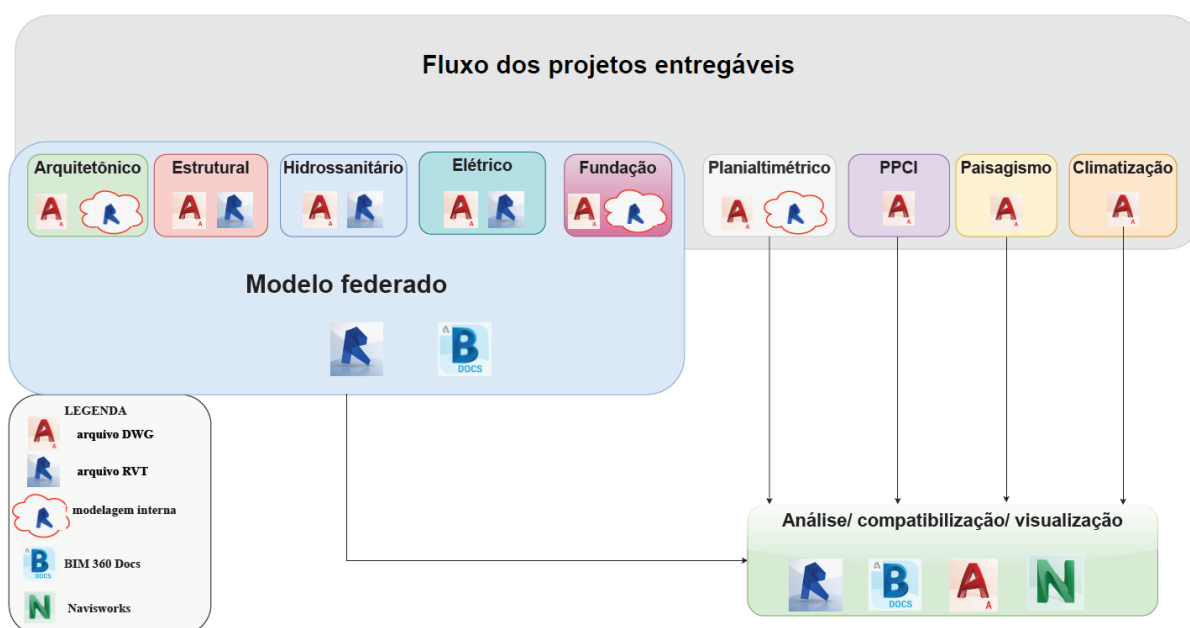
O desenvolvimento dos projetos do Empreendimento B ocorreu externamente à Construtora, ou seja, todos foram projetados por escritórios terceirizados. Exceto o Projeto das Instalações Elétricas e Hidrossanitárias que foi realizado por uma mesma

empresa, todos os outros projetos das diferentes disciplinas foram elaborados por empresas distintas. Logo, na Construtora, havia um colaborador responsável pela coordenação e compatibilização dos projetos entregues por esses projetistas terceirizados.

Não são todas as empresas contratadas que fornecem os projetos em BIM, os motivos alegados pelas empresas de projetistas contratadas, os quais ainda não optaram pelo uso do BIM, dizem respeito a resistência a mudança pela troca de *software* e a falta de tempo para implantação, confirmando as causas verificadas por Souza (2010). Diante disso, embora não seja o ideal para um fluxo de trabalho BIM, foi necessário realizar a compatibilização de alguns projetos em arquivos 2D.

Os projetos entregáveis e seus respectivos formatos, podem ser observados na Figura 34.

Figura 34 - Formato dos projetos entregáveis.



(Fonte: elaborado pela autora)

O Arquiteto, por exemplo, foi um dos projetistas que teve resistência ao uso de *software* BIM, conforme informado também no Estudo de Caso 1 na subseção 4.4.1.5. Logo, as entregas do Projeto Arquitetônico foram em formato DWG. Pelo fato da Construtora concluir, com base em modelagens anteriores, que muito se pode usufruir de um modelo BIM 3D arquitetônico desde quantitativos até o uso do BIM 4D e 5D, a modelagem desse projeto também ocorreu no setor de engenharia da Construtora.

Assim como a Arquitetura, o projeto de Fundações e o Planialtimétrico também foram modelados internamente. Os projetos Estruturais, Instalações Hidrossanitárias e Elétricas foram recebidos pela Construtora em formato DWG e RVT, entretanto, os de Plano de Prevenção Contra Incêndio (PPCI), Paisagismo e Climatização foram recebidos somente em DWG. Pelo fato de serem projetos que não se tem tanta complexidade na análise em 2D e ainda não se fazer o uso deles para o BIM 4D e BIM 5D na Construtora, optou-se por não fazer a modelagem interna, como é o caso do Projeto Arquitetônico, por exemplo. Essa decisão de não se modelar os projetos de PPCI e Climatização também levou em consideração o investimento necessário para treinamento de mais um colaborador, pelo fato de a modelagem ser realizada no *software Revit MEP*.

Com os projetos da implantação e torres das disciplinas de Arquitetura, Estrutura, Instalações Elétricas, Instalações Hidrossanitárias, Fundação e Planialtimétrico foi criado um modelo federado da implantação. Esse modelo será usado para fins de visualização por todos colaboradores da Construtora. Essa visualização dos modelos 3D pela equipe de obra é muito importante, pelo fato da análise de muitos projetos ser complexa em arquivos 2D, o que facilita o entendimento do projeto como um todo.

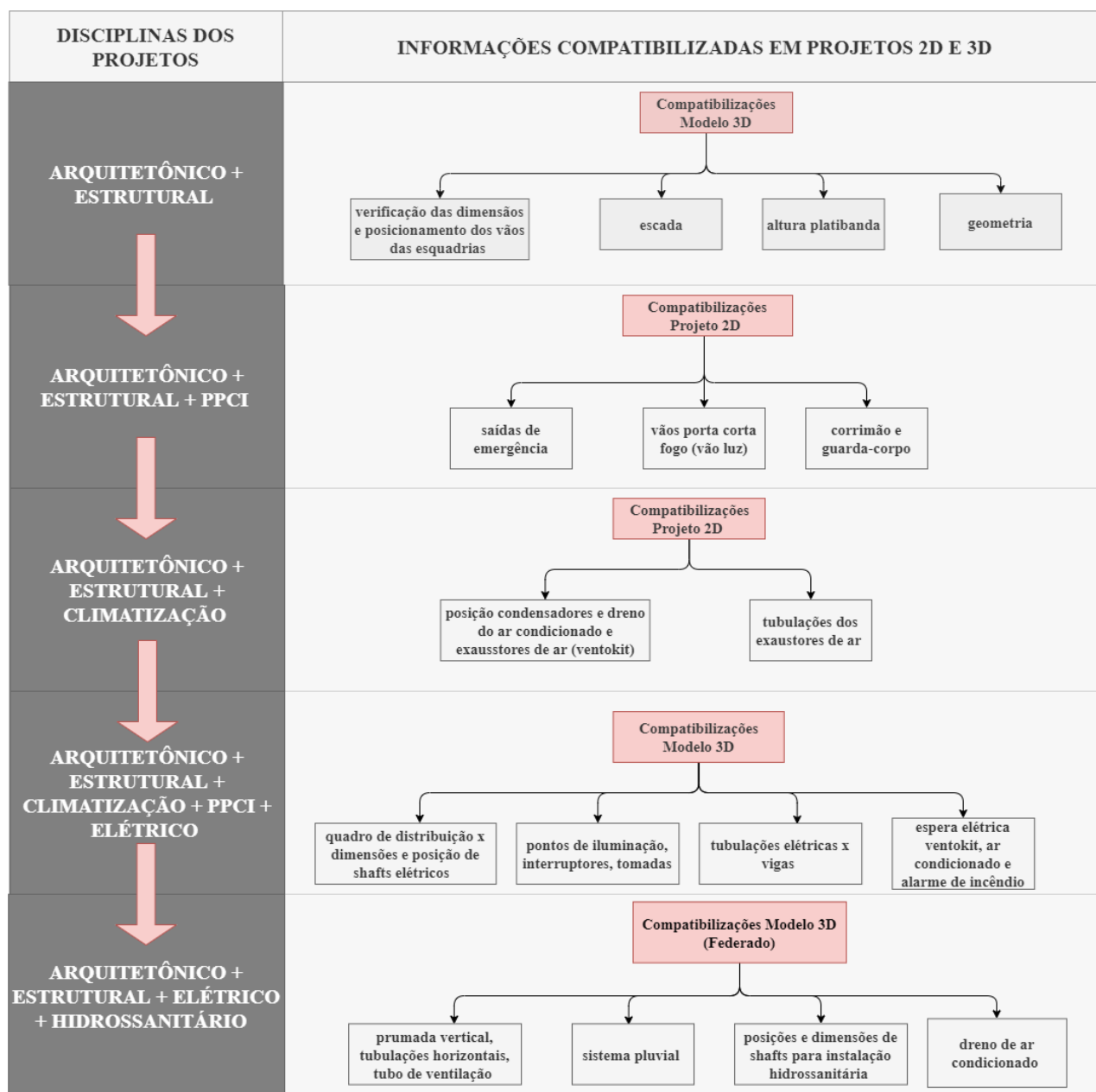
O modelo federado assim como os modelos individuais são postados no BIM360 *Docs*, que por ser uma plataforma *online*, possibilita de maneira simples que a equipe de obra possa ter acesso a visualização de todos modelos sem necessitar de um *hardware* com melhores configurações somente para visualização dos modelos.

Para fins de compatibilização, o modelo federado das torres é composto pelas disciplinas de Arquitetura, Estrutura, Instalações Hidrossanitárias e Instalações Elétricas. Sendo que no modelo estrutural constam as vigas de baldrame, então o modelo de fundações (estacas) não faz parte do modelo federado usado na etapa de compatibilização.

4.4.2.2 Compatibilizações e o meio de comunicação com projetistas

As compatibilizações ocorrem em diferentes fases e com diferentes formatos de arquivos, sendo eles projetos em arquivos 2D e 3D. No organograma ilustrado na Figura 35, pode-se observar as etapas das compatibilizações, assim como alguns exemplos de informações analisadas em cada uma delas. Essas compatibilizações serão apresentadas com maior detalhamento nas próximas etapas do trabalho.

Figura 35 - Organograma de resumo da compatibilização de projetos.



(Fonte: elaborado pela autora)

Os modelos das diferentes disciplinas não são desenvolvidos de forma simultânea e colaborativa. Então a compatibilização dos diferentes projetos ocorre em uma etapa específica e não de forma paralela ao desenvolvimento dos projetos.

As informações que devem ser passadas aos projetistas, tanto referentes às compatibilizações quanto às análises individuais, foram enviadas por *e-mail* para o(s) projetista(s) responsável(s), sendo que todos os *e-mails* foram numerados. Embora

algumas dúvidas tenham sido verificadas por telefone, após a ligação se escreveu um *e-mail* compilando as definições que foram acordadas por telefone como forma de registro das informações. Com o objetivo de centralizar a informação, criou-se uma planilha no *Google Drive* e se deu acesso a todos projetistas envolvidos. As informações que essa planilha abrange podem ser visualizadas na Figura 36.

Figura 36 - Exemplo da tabela dos apontamentos compartilhada no *Google Drive* com todos os projetistas envolvidos. Preenchimento responsável pela coordenação dos projetos (A). Preenchimento Contratados (B).

A

VERIFICAÇÕES - COMPATIBILIZAÇÕES - PENDÊNCIAS - EMPREENDIMENTO B							
ITENS APONTADOS - CONSTRUTORA X							
ITEM	STATUS	PENDÊNCIA	RESPONSÁVEL	DATA DA PENDÊNCIA	OBSERVAÇÕES	E-MAIL	PRAZO DE ENTREGA
1	OK	PISO TÁTIL Falta especificação sobre os locais onde se deve colocar piso tátil na implantação (rota acessível)	ARQUITETO	05/fev	Foi adicionada a especificação	1	15/fev

B

PROJETISTA			
VERIFICAÇÃO (Ok)	OBSERVAÇÕES	EDITADO POR	DATA DO AJUSTE
OK	Ajuste realizado	Arquiteto	15/fev

(Fonte: elaborado pela autora)

Essa planilha apresenta e centraliza itens que são preenchidos pelo colaborador da Construtora responsável pelas análises dos projetos e outros itens são de responsabilidade do contratado. As informações que devem ser preenchidas pela pessoa responsável pela análise dos projetos podem ser observadas na Figura 36 nas colunas que pertencem aos “Itens apontados – Construtora X”. Cabe ao contratado informar na planilha os itens referentes a aba “Projetista”. Como todos os *e-mails* foram numerados, também foi colocado o número do *e-mail* que se refere a determinado item para facilitar o rastreamento da informação.

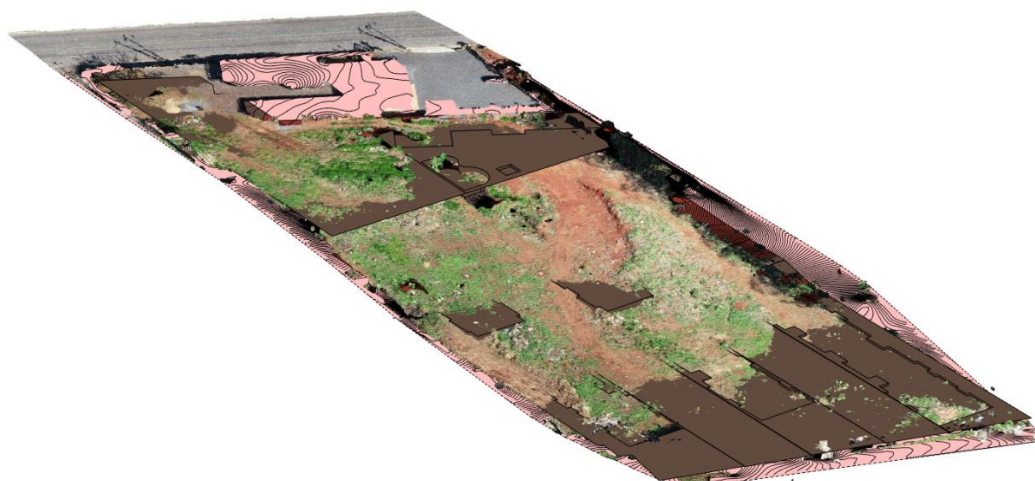
Importante ressaltar que, somente após a reanálise da revisão do projeto *status* do item é alterado, então uma verificação que está “OK” para o projetista ainda pode estar como pendente para a Construtora, caso o item não tenha sido atendido por inteiro. Nesses casos, era enviado um *e-mail* informando que certo item ainda estava pendente devido a determinados fatores.

Para próximos empreendimentos, a Construtora estudou uma nova forma de comunicação com os projetistas, para ela ocorrer de uma maneira mais eficiente, o Estudo de Caso 1 foi desenvolvido depois do Estudo de Caso 2, então já se usou a plataforma BIM 360 Docs. A planilha do *Google Drive* melhorou bastante o processo de centralização das informações, pelo fato de conseguir concentrar todas as pendências consideradas referente a projetos em um local onde todos envolvidos no desenvolvimento do projeto têm acesso, tudo isso sem custo. Porém, esse sistema de comunicação foi considerado como não sendo o ideal, pelo fato de não se ter um sistema integrado de solicitação de ajustes vinculados ao modelo BIM 3D ou projeto em arquivos 2D. Na elaboração dos *e-mails*, por exemplo, os projetos referentes a determinada análise eram enviados em anexo e/ou eram feitas capturas de tela marcando nessa captura o referido local do apontamento, o que não vincula diretamente o projeto ao problema, tornando o trabalho de verificação pouco otimizado.

4.4.2.2.1 Planialtimétrico x Arquitetura

Inicialmente foi realizada a modelagem do terreno usando curvas de nível geradas a partir de um mapeamento por drone. Tendo-se esse modelo do terreno, foi feita uma reanálise dos níveis dos platôs das torres, prédio garagem e equipamentos comunitários, que antes foram definidos baseados em curvas de nível feitas por levantamento topográfico com equipamentos convencionais. Essa reavaliação dos níveis foi feita tendo como objetivo otimização do volume de corte e aterro, tornando os dois compensatórios, então diversos níveis foram testados. Com isso, alguns níveis da implantação arquitetônica foram atualizados nesse momento inicial, para fins de redução de custos na terraplenagem. Na Figura 37, pode-se verificar o modelo do terreno original, antes do corte e aterro, com os níveis dos platôs definidos.

Figura 37 - Modelo planialtimétrico e platôs arquitetônicos.



(Fonte: Construtora)

Com essa análise inicial, referente à compatibilização entre o modelo planialtimétrico com os níveis originais do terreno e o modelo dos platôs arquitetônicos, a Construtora conseguiu uma redução de custos considerável em terraplenagem, somente ajustando alguns níveis. Nesse ponto o uso do BIM já se mostrou relevante para redução de custos.

4.4.2.2 Projeto Arquitetônico e análise individual

Assim que o projeto arquitetônico foi entregue através de arquivos em formato DWG, foram feitas as análises individuais e após os ajustes solicitados pela Construtora, iniciou-se a modelagem interna. Algumas das pendências encontradas nos projetos, podem ser verificadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Análise individual referentes ao projeto arquitetônico.

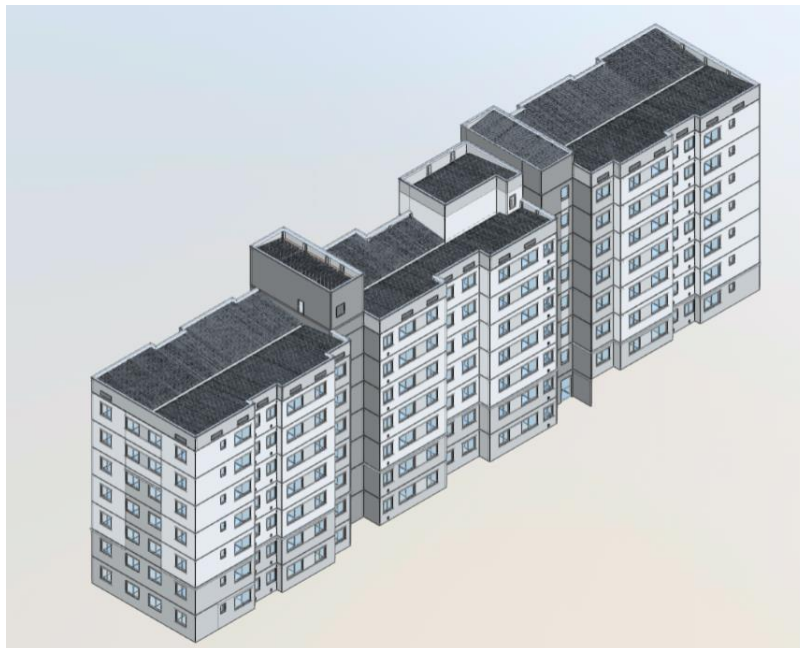
Item	Análise	Responsável pelo projeto	Solução
1	Especificação do tipo e espessura do vidro da porta de entrada em desacordo com a NBR 7199- Vidros na construção civil — Projeto, execução e aplicações	Arquiteto	Especificar vidro da porta de entrada de acordo com a NBR 7199- Vidros na construção civil — Projeto, execução e aplicações.
2	Esquadrias do vestiário e salão de festas não constam na planilha de esquadrias	Arquiteto	Adicionar esquadrias faltantes na planilha de esquadrias
3	Falta especificação sobre a inclinação do telhado	Arquiteto	Especificar inclinação do telhado
4	Má dimensionamento da estrutura do telhado, pilaretes espaçados de forma inadequada	Arquiteto	Dimensionar estrutura do telhado corretamente
5	Falta especificação sobre os locais onde se deve colocar piso tátil na implantação (rota acessível)	Arquiteto	Especificar piso tátil conforme NBR 16537
6	Falta especificação sobre a espessura da placa de gesso acartonado	Arquiteto	Especificar espessura da placa de gesso acartonado

(Fonte: elaborado pela autora)

Como pode ser observado, os problemas de projetos referente à disciplina de Arquitetura, são variados, desde falta de especificações básicas que devem constar em um Projeto Arquitetônico até o não cumprimento da NBR 16537, que é o caso do item 5, o qual se refere ao piso tátil. Tendo-se essa verificação antes do projeto ser liberado para obra, teve-se os seguintes ganhos: execução do piso tátil conforme exigência da NBR 16537; especificações técnicas adequadas para a execução do telhado das torres; garantia de se ter uma planilha de esquadrias coerente para ser usada pelo engenheiro da obra no momento da compra delas, não exigindo uma quantificação em obra; entre outros.

Após os ajustes serem realizados, o Projeto Arquitetônico em formato DWG foi importado para o *software Revit 2019* e nele foi realizada a modelagem arquitetônica por um colaborador da Construtora. No empreendimento B, se fez o uso do modelo arquitetônico para diferentes objetivos, sendo eles: compatibilização, extração de quantitativos, BIM 4D (LOB), BIM 5D e estudo da implantação. Logo, a Construtora desenvolveu uma família, que basicamente é um grupo de elementos com um conjunto comum de propriedades de parâmetros e uma representação gráfica relacionada, e padronizou parâmetros que atendem às suas necessidades, que ficarão documentados no BEP (*BIM Execution Plan*). Na Figura 38, pode-se verificar o modelo arquitetônico de uma das torres, o qual será usada para a realização das compatibilizações com as outras disciplinas.

Figura 38 - Modelo arquitetônico torre 1 e 2.



(Fonte: Construtora)

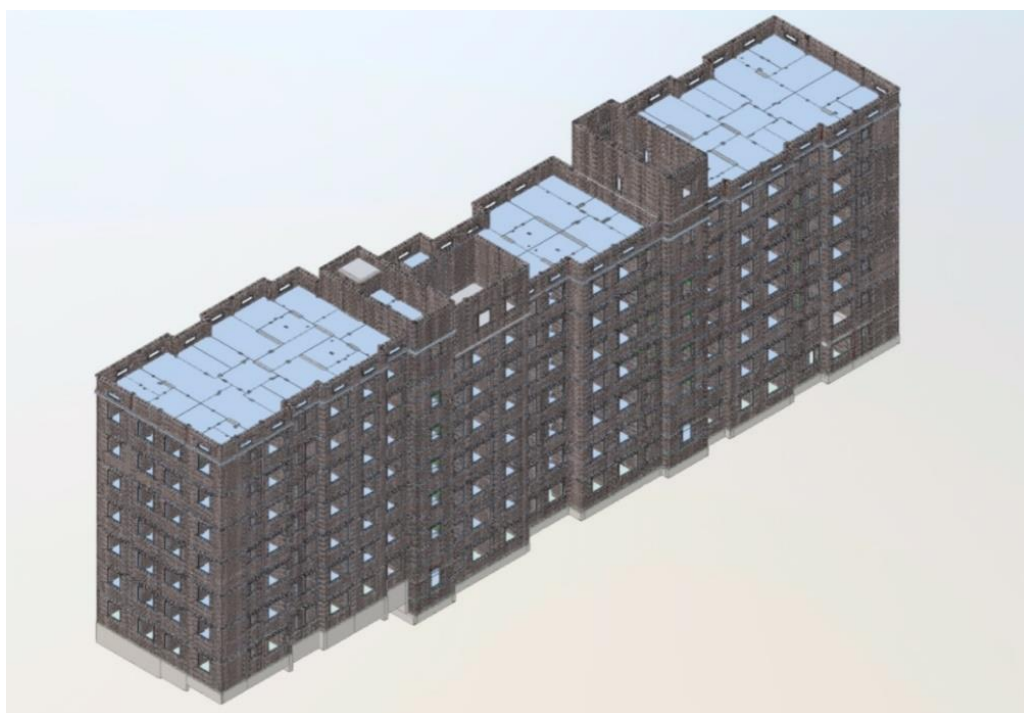
4.4.2.2.3 Projeto Estrutural: análise individual e compatibilização Arquitetura x Estrutural

Assim que o Projeto Arquitetônico está definido e aprovado, o Projeto Estrutural pôde ter início. O sistema construtivo utilizado nas três torres é alvenaria estrutural usando blocos cerâmicos e argamassa de assentamento, sendo que o projeto estrutural contratado é composto pelos projetos de alvenaria e concreto. Os projetos de alvenaria contemplam paginações e modulações, já os projetos de concreto consideram vigas de baldrame, vigas para reforço, cortina estrutural, detalhamentos de lajes e contrapisos.

O Projeto Estrutural é entregue em etapas, sendo que inicialmente são entregues as plantas baixas e modelo geral, composto pela alvenaria e concreto, e posteriormente os detalhamentos de armaduras para execução. A modelagem virtual da estrutura foi desenvolvida pela empresa estrutural contratada. Pelo fato dela ser desenvolvida com o *software* TQS, da TQS Informática Ltda e posteriormente importada para o *software* Revit, algumas características são perdidas, devido ao Revit ler apenas a geometria dos elementos, nomenclatura e material. Dessa forma, as informações dos detalhamentos de armaduras não são contidas no modelo.

Figura 39, pode-se observar o modelo estrutural entregue pelo projetista contratado, no qual estão presentes os elementos de concreto armado e alvenaria. Como pode ser visualizado, o sistema construtivo para as torres é alvenaria estrutural com blocos cerâmicos. A família de blocos cerâmicos estruturais utilizadas na composição do modelo é disponibilizada pelo fornecedor de blocos que atende as obras da Construtora.

Figura 39 - Modelo Estrutural da torre 1.



(Fonte: Construtora)

As verificações individuais do Projeto Estrutural ocorreram usando o modelo BIM 3D para verificação da geometria e compatibilização com Arquitetura. As modulações e paginações são verificadas em arquivos 2D, isso ocorre pelo fato de o modelo BIM 3D não contemplar, por exemplo, detalhamentos de armaduras e os furos na alvenaria para passagem de tubulações (exemplo: furos para passagem das tubulações do exaustor de ventilação forçada para o banheiro). Os itens do Quadro 3, são alguns dos apontados na análise individual do Projeto Estrutural.

Quadro 3 - Análise individual referente ao Projeto Estrutural.

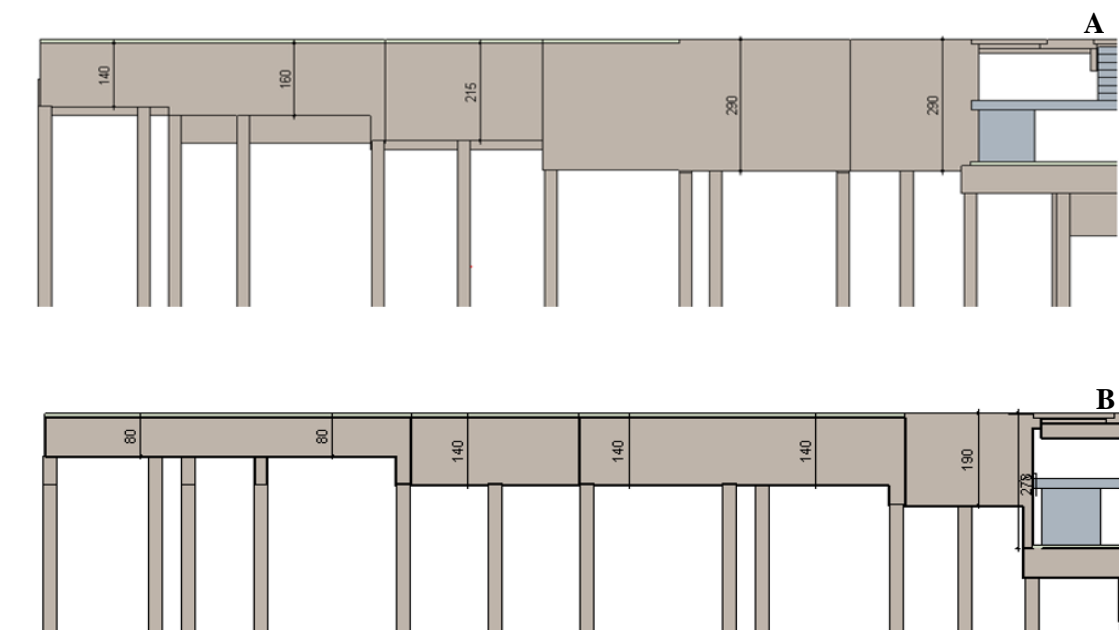
Item	Análise	Responsável pelo projeto	Solução
1	Espessura de contrapiso 10 cm	Projetista Estrutural	Alteração da espessura de contrapiso de 10 cm para 8 cm
2	Vigas sobre as portas do elevador são necessárias?	Projetista Estrutural	Remoção das vigas sobre a porta do elevador, são desnecessárias
3	Se for realizada uma sequência construtiva planejada, é possível substituir laje moldada in loco por contrapiso em uma região que está em contato com solo?	Projetista Estrutural	Substituição de laje por contrapiso no trecho do "2º pavimento" das torres que está em contato com o solo
4	Aumentar o nível de aterramento para diminuir altura das vigas de baldrame	Projetista Estrutural	Diminuição da altura de vigas de baldrame
5	Elementos duplicados no modelo <i>Revit</i>	Projetista Estrutural	Exclusão de elementos duplicados no modelo
6	Paginações sem a especificação da ancoragem da laje da escada	Projetista Estrutural	Adicionar informação da ancoragem da escada nas paginações

(Fonte: elaborado pela autora)

Exceto o item número 5 da do Quadro 3, que foi um erro de modelagem, todas as revisões solicitadas ao projetista estrutural diminuíram o custo da execução da obra. Logo, se essa verificação inicial fosse omitida, a solução estrutural teria um custo superior se comparada a solução após essa revisão.

A Figura 40 está representado o item 4 do Quadro 3. O qual, por se ter aumentado o nível de aterramento do solo localizado na região das torres, diminuiu-se a altura das vigas de baldrame, o que gerou um menor custo de concreto para a execução dessas vigas, sem influenciar na qualidade do produto. Com essa análise foi possível diminuir o custo de material usado nas vigas de baldrame, por serem revisadas e projetadas com uma altura menor.

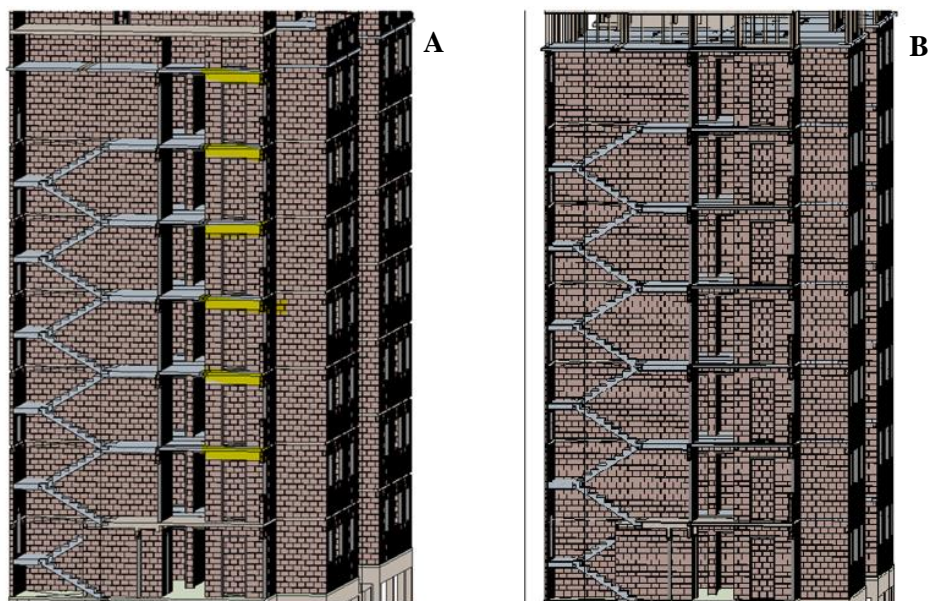
Figura 40 - Análise da altura de vigas de baldrame Torre 1. Altura das vigas antes da análise (A). Diminuição da altura das vigas de baldrame (B).



(Fonte: elaborado pela autora)

Na Figura 41, observam-se as vigas sobre o elevador, que após a solicitação para uma melhor análise estrutural elas foram retiradas, essa questão se refere ao item 2 do Quadro 3. Esse é um outro exemplo de redução de custo sem impactar na qualidade e estética do produto após análise do projeto.

Figura 41 - Exclusão das vigas sobre a porta o elevador (desnecessárias). Antes da análise: vigas sobre a porta do elevador (A). Após análise: vigas retiradas (B).





(Fonte: elaborado pela autora)


Para a verificação da existência de elementos duplicados no modelo entregue pelo projetista, o que iria impactar nos quantitativos estruturais extraídos do modelo, foi usado o *software Navisworks*. Esse, por sua vez, faz uma detecção automática verificando se há elementos duplicados e gera um relatório. Conforme pode ser observado na Figura 42, uma parte do relatório gerado pelo *Navisworks*, o *software* identificou 114 elementos duplicados. Nesse relatório, as especificações dos elementos duplicados são definidas através do ID do elemento, localização, nome e tipo. Logo, para auxílio do projetista responsável pelo modelo estrutural, o relatório gerado pelo *Navisworks* foi enviado a ele, o qual excluiu todas duplicações e enviou novamente o arquivo RVT.

Figura 42 - Relatório de elementos duplicados gerado pelo *software Navisworks*.

Duplicado Clash	
Tolerance	0.001m
Self Intersect	1
Total	114
New	114
Active	0
Reviewed	0
Approved	0
Resolved	0
Type	Duplicates
Status	OK

	<table> <tr><td>Name</td><td>Clash1</td></tr> <tr><td>Distance</td><td>0.000m</td></tr> <tr><td>Description</td><td>Duplicates</td></tr> <tr><td>Status</td><td>New</td></tr> <tr><td>Clash Point</td><td>126.000m, -69.859m, 48.125m</td></tr> <tr><td>Date Created</td><td>2019/10/10 13:39</td></tr> </table>	Name	Clash1	Distance	0.000m	Description	Duplicates	Status	New	Clash Point	126.000m, -69.859m, 48.125m	Date Created	2019/10/10 13:39
Name	Clash1												
Distance	0.000m												
Description	Duplicates												
Status	New												
Clash Point	126.000m, -69.859m, 48.125m												
Date Created	2019/10/10 13:39												
Item 1													
Element ID	833343												
Layer	MOD - 8ª PAV. 1ª FIADA												
Item Name	SIM_CONCRETO PRE MOLDADO												
Item Type	Solid												
Item 2													
Element ID	1185442												
Layer	MOD - 8ª PAV. 1ª FIADA												
Item Name	SIM_CONCRETO PRE MOLDADO												
Item Type	Solid												

	<table> <tr><td>Name</td><td>Clash2</td></tr> <tr><td>Distance</td><td>0.000m</td></tr> <tr><td>Description</td><td>Duplicates</td></tr> <tr><td>Status</td><td>New</td></tr> <tr><td>Clash Point</td><td>126.153m, -69.859m, 48.125m</td></tr> <tr><td>Date Created</td><td>2019/10/10 13:39</td></tr> </table>	Name	Clash2	Distance	0.000m	Description	Duplicates	Status	New	Clash Point	126.153m, -69.859m, 48.125m	Date Created	2019/10/10 13:39
Name	Clash2												
Distance	0.000m												
Description	Duplicates												
Status	New												
Clash Point	126.153m, -69.859m, 48.125m												
Date Created	2019/10/10 13:39												
Item 1													
Element ID	833352												
Layer	MOD - 8ª PAV. 1ª FIADA												
Item Name	SIM_CONCRETO PRE MOLDADO												
Item Type	Solid												
Item 2													
Element ID	1185451												
Layer	MOD - 8ª PAV. 1ª FIADA												
Item Name	SIM_CONCRETO PRE MOLDADO												
Item Type	Solid												

	<table> <tr><td>Name</td><td>Clash3</td></tr> <tr><td>Distance</td><td>0.000m</td></tr> <tr><td>Description</td><td>Duplicates</td></tr> <tr><td>Status</td><td>New</td></tr> <tr><td>Clash Point</td><td>126.153m, -69.859m, 48.175m</td></tr> <tr><td>Date Created</td><td>2019/10/10 13:39</td></tr> </table>	Name	Clash3	Distance	0.000m	Description	Duplicates	Status	New	Clash Point	126.153m, -69.859m, 48.175m	Date Created	2019/10/10 13:39
Name	Clash3												
Distance	0.000m												
Description	Duplicates												
Status	New												
Clash Point	126.153m, -69.859m, 48.175m												
Date Created	2019/10/10 13:39												

(Fonte: Construtora)

Após as análises individuais do Projeto Estrutural, foi realizada a compatibilização do modelo estrutural e do modelo arquitetônico. Realizou-se a compatibilização com o objetivo de identificar interferências entre os projetos de Arquitetura e Estrutura e resolver na etapa de projeto, antes do início da execução da obra. A compatibilização entre essas duas disciplinas foi realizada com modelo BIM 3D, conforme ilustra a Figura 43, e com o uso do *software Revit* para auxílio na visualização do encontro de *clashes*.

Figura 43 - Modelo arquitetônico e estrutural torre 1.



(Fonte: Construtora)

O Quadro 4 apresenta algumas das interferências identificadas entre essas duas disciplinas. Todas estas interferências foram enviadas por *e-mail* para o arquiteto e projetista estrutural e colocadas na planilha de compatibilização no *Google Drive* para centralização das informações.

Quadro 4 - Compatibilização entre Projeto Estrutural e Arquitetônico.

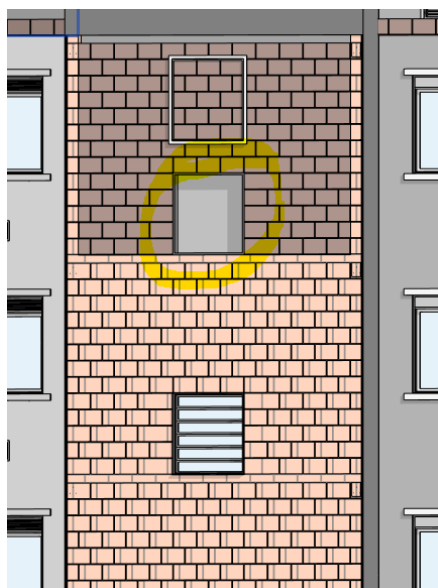
Item	Análise / Interferência	Responsável pelo projeto	Solução
1	No projeto arquitetônico constam esquadrias no anexo dos reservatórios. Projeto estrutural não especificou os vãos para essas esquadrias	Arquiteto e Projetista Estrutural	Adicionar vãos do anexo dos reservatórios no projeto estrutural conforme projeto arquitetônico
2	Divergência no projeto arquitetônico e estrutural entre o posicionamento de algumas esquadrias da região da escada	Arquiteto e Projetista Estrutural	Atualizar posicionamento das esquadrias no projeto estrutural conforme projeto arquitetônico. Posição das esquadrias deve ser conforme está especificado no projeto arquitetônico para não ter alteração da estética
3	Divergência entre a altura da platibanda no projeto arquitetônico consta 1,40 m e no estrutural 1,20 m.	Arquiteto e Projetista Estrutural	Atualizar no projeto estrutural altura da platibanda conforme projeto arquitetônico
4	No projeto estrutural falta especificação de altura de peitoril nas janelas da região da escada	Arquiteto e Projetista Estrutural	Adicionar no projeto estrutural a informação da altura de peitoril das janelas de acordo com o que está especificado no projeto arquitetônico

(Fonte: elaborado pela autora)

O projeto utilizado para a execução das paredes e vãos para esquadrias é o Projeto Estrutural. Então, embora o Projeto Arquitetônico estar com as especificações corretas sobre as dimensões, posicionamento e altura de peitoril das janelas, essa falta e determinação errada da informação no Projeto Estrutural, acarretariam atrasos e erros de execução. Sendo que, o atraso na execução se refere ao item 4, pelo fato de o responsável pela execução ter que verificar com o projetista essa informação durante a execução o que poderia não ser de imediato e erro na execução referente aos itens 1, 2 e 3. É possível, que de alguma forma, esses três primeiros itens fossem verificados após execução. Isso, geraria um retrabalho para ajustar o que já foi executado, seguindo o Projeto Estrutural, com o que realmente deveria ser executado de acordo com o Projeto Arquitetônico. Logo, a compatibilização da disciplina de Arquitetura com estrutura evitou esses problemas.

Na Figura 44, observa-se o item 2 do Quadro 4, onde ocorre divergência no posicionamento dos vãos das janelas.

Figura 44 - Divergência entre projeto estrutural e arquitetônico.



(Fonte: Construtora)

Conforme descrito anteriormente, o Projeto Estrutural é desenvolvido no TQS e depois ele é importando para o *Revit* para gerar o modelo que é enviado para a Construtora. Essa questão de dois *software* serem usados, gerou dúvida quanto a confiabilidade do modelo BIM 3D estrutural. Isso, pelo fato, de algumas revisões solicitadas serem atendidas nas pranchas (projetos em arquivo 2D), porém não no modelo BIM 3D, ou seja, muitas das

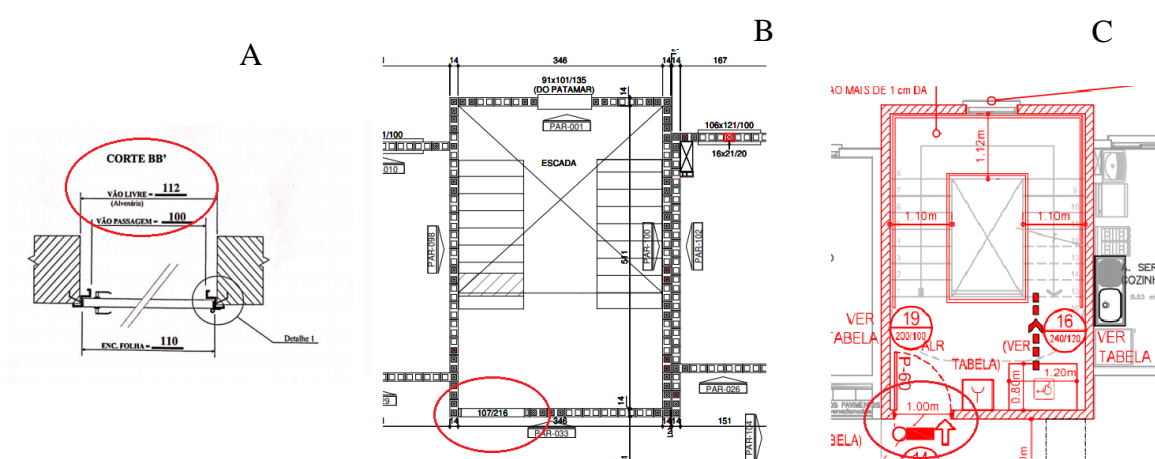
revisões solicitadas não ocorriam de forma simultânea nos projetos 2D e modelo 3D, pelo fato da documentação não ser gerada pelo *software Revit* e sim pelo TQS. Logo, percebeu-se que para um novo empreendimento, deverá ser definido no escopo do contrato que a documentação seja gerada pelo *Revit*, para se ter uma maior confiabilidade no arquivo RVT entregue.

4.4.2.3 Projeto PPCI: análise individual e compatibilização PPCI x Estrutural x Arquitetura

O Projeto de Proteção Contra Incêndio considera os seguintes itens: sistema de alarme de incêndio, especificação de extintores, sistema de hidrantes, sistema de iluminação e sinalização de emergência. Conforme pode ser visualizado anteriormente, referente ao formato dos arquivos entregues, o PPCI é entregue em formato DWG.

Na análise individual do PPCI não foram solicitadas alterações. Quando se realizou a compatibilização com as disciplinas de Estrutura e Arquitetura, verificou-se que o vão livre na alvenaria, deveria ser maior do que o indicado no Projeto Estrutural, para se ter o vão luz especificado no projeto de PPCI, conforme indicado na Figura 45. Fez-se essa solicitação ao projetista estrutural e o projeto foi atualizado, evitando uma possível quebra de alvenaria no final da obra para se ter o vão livre satisfatório para a instalação da porta corta fogo.

Figura 45 - Vão livre para porta corta fogo. Vão livre no Projeto Estrutural (107 cm) (A). Vão livre necessário para se ter vão luz de 100 cm (112 cm) (B). Vão luz de 100 cm indicado no PPCI (C).



(Fonte: elaborado pela autora)

4.4.2.4 Projeto Climatização: análise individual e compatibilização Climatização x Estrutural x Arquitetura

O Projeto de Climatização é composto pelas seguintes especificações: dutos de exaustão de ar; indicação de tensão, fases e potência de ar condicionado; indicação de pontos de dreno; indicação da dimensão dos furos na alvenaria para a passagem da alimentação da água gelada. Esse projeto é entregue em formato DWG e na análise individual do projeto de Climatização, não foram identificados equívocos.

Na compatibilização entre as disciplinas de Climatização, Arquitetura e Estrutural, foi verificada a falta da previsão de furos no Estrutural que estavam indicados no projeto de Climatização. Além disso, foi verificada a possibilidade da modificação da posição de uma grelha do exaustor de ar, para evitar mais um furo em uma viga da circulação. Essa previsão dos furos na alvenaria estrutural, evitou uma atividade que não agrega valor, que seria a de realizar os furos depois da execução da alvenaria. No Quadro 5, encontra-se o resumo desses conflitos.

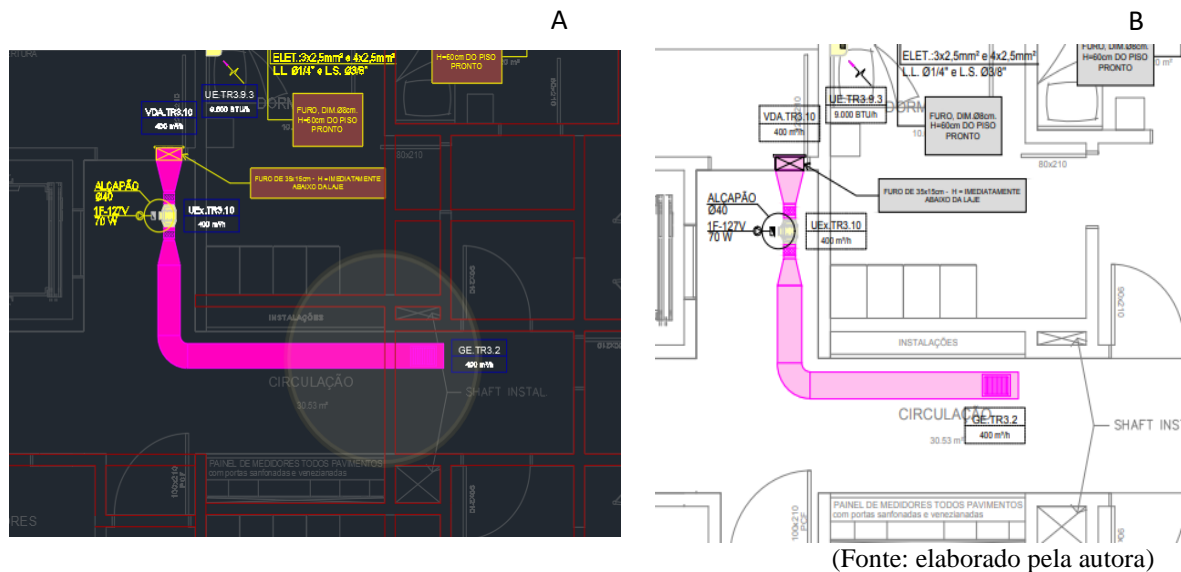
Quadro 5 - Compatibilização entre projeto de Climatização e Projeto Estrutural.

Item	Análise / Interferência	Responsável pelo projeto	Solução
1	Conflito entre duto de exaustão de ar e viga da circulação	Projetista climatização x Projetista estrutural	Posicionar a grelha do exaustor de ar para antes da viga
2	Conflito entre tubulações (ar condicionado e ventokit) e alvenaria estrutural	Projetista climatização x Projetista estrutural	Prever furos do ar condicionado (furo de diâmetro 100 mm) e ventokit (furo de diâmetro 130 mm) na alvenaria estrutural

(Fonte: elaborado pela autora)

Pelo fato de o Projeto de Climatização não ser entregue em modelo BIM 3D, a sobreposição do Projeto de Climatização e Estrutural foi realizada no *software Autocad*. O conflito especificado no item 1 do Quadro 5, pode ser visualizado na Figura 46.

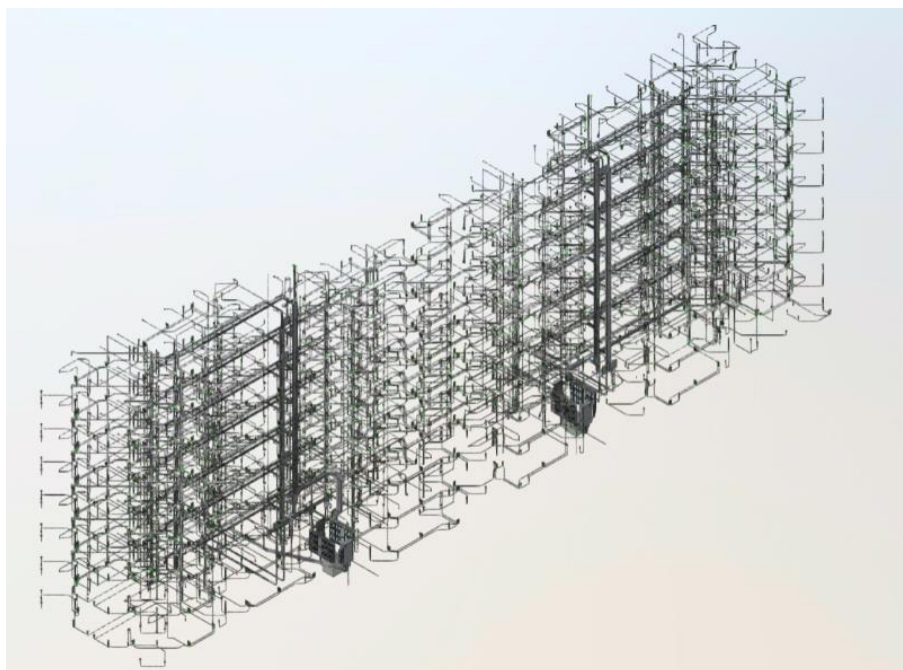
Figura 46 - Conflito entre duto de exaustão de ar e viga estrutural. Antes da análise, o exaustor de ar passava pela viga (A). Após análise, exaustor foi posicionado antes da viga, evitando a passagem pela viga (B).



4.4.2.5 Projeto Elétrico: análise individual e compatibilização Elétrico x Estrutural x Arquitetura x PPCI x Climatização

O projeto de Instalações Elétricas contempla sistema elétrico, telefonia, televisão, alarme de incêndio e sensor de presença. Ele é desenvolvido no *Revit* MEP, o projetista elétrico foi o responsável pela modelagem e pela escolha das famílias que usou para esse modelo. Os quantitativos fazem parte do escopo do contrato do Projeto Elétrico, então foi de muita importância que todos elementos do modelo estivessem corretos para não gerar erros de quantitativos, os quais foram usados pelo setor de suprimentos para realizar as compras para execução da obra. O modelo entregue pode ser observado na Figura 47.

Figura 47 - Modelo Elétrico da torre 1 e 2.



(Fonte: Construtora)

No Quadro 6, observam-se algumas análises a respeito do Projeto Elétrico.

Quadro 6 - Análise individual Projeto Elétrico

Item	Análise	Responsável pelo projeto	Solução
1	Especificações de tubulações divergentes na planta baixa de telefonia e memorial descritivo	Projetista elétrico	Revisar o documento que está com informação incorreta
2	Falta de detalhamento do modelo da caixa de policarbonato usada no painel de medidores	Projetista elétrico	Especificar o modelo da caixa de policarbonato
3	Divergência na legenda da planta baixa e no modelo entre dimensões das caixas de luz	Projetista elétrico	Revisar a legenda e especificar de forma correta

(Fonte: elaborado pela autora)

Percebe-se que tanto o item 1 quanto o item 3, referem-se a divergências entre a mesma informação em diferentes documentos, o item 3 pode ser observado na Figura 48. Isso acarretou uma certa desconfiança na credibilidade dos projetos, pelo fato de uma mesma informação estar divergente em diferentes documentos.

Figura 48 - Divergência entre informações na planta baixa e modelo. Informações presentes na legenda do projeto (A). Informações presente no Modelo 3D (B).

A

	ESPERA PARA INTERFONE	4 x 2"	150 cm
	ACIONADOR DO ALARME DE INCÊNDIO	4 x 2"	130 cm
	ESPERA PARA A CAMPAINHA	4 x 2"	230 cm
	TOMADA DA ANTENA DE TV	4 x 4"	30 cm
	TOMADA DE TELEFONE - RJ 11	4 x 4"	30 cm



B

(Fonte: elaborado pela autora)

É possível que o item 2 ocasionaria um atraso na compra das caixas de policarbonato, o que consequentemente geraria um atraso na execução do serviço que depende desse material e *work in progress* (WIP). Logo, com esse detalhamento correto no Projeto Elétrico, não haveria um atraso na compra desse material decorrido da falta de especificação.

Após essa análise individual se fez a compatibilização entre o Projeto Elétrico, Arquitetura, Estrutural, PPCI e Climatização. No Quadro 7, apresentam-se alguns dos itens verificados.

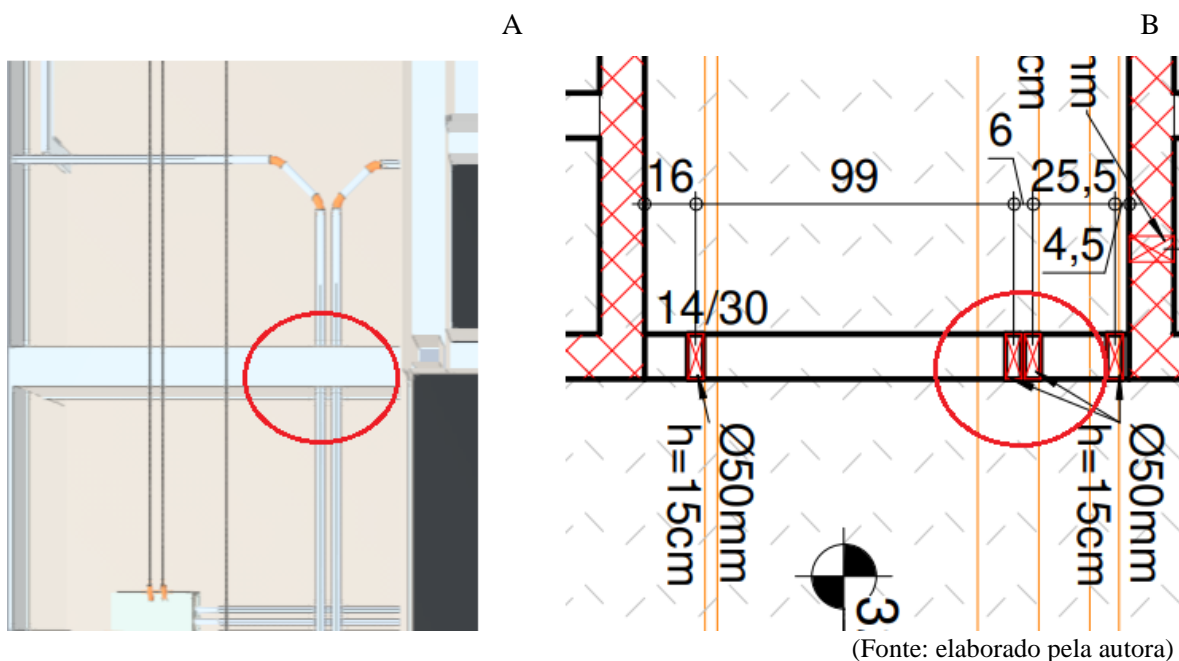
Quadro 7 - Compatibilização entre Projetos Elétricos x Estrutural x Arquitetura.

Item	Análise/ Interferência	Responsável pelo projeto	Solução
1	Tubulação elétrica atravessando vigas de baldrame	Arquiteto x Projetista estrutural x Projetista elétrico	Revisar projeto elétrico deslocando as tubulações elétricas para baixo das vigas de baldrame
2	Tubulação elétrica atravessando viga do térreo que não tinha previsão de furos para passarem de tubulação	Arquiteto x Projetista estrutural x Projetista elétrico	Prever furos na viga para passagem da tubulação elétrica

(Fonte: elaborado pela autora)

Na Figura 49, pode-se visualizar a interferência entre a viga e a tubulação elétrica. Após essa análise, os furos foram previstos no Projeto Estrutural. Conforme descrito anteriormente, a previsão de furos no Projeto Estrutural somente é realizada na documentação, que é gerada pelo *software* TQS, então esses furos não são apresentados no arquivo RVT.

Figura 49 - Conflito entre eletrodutos e viga. Antes da análise: eletrodutos passando em vigas sem previsão para furos (A). Após análise: furos previstos nas vigas (B).



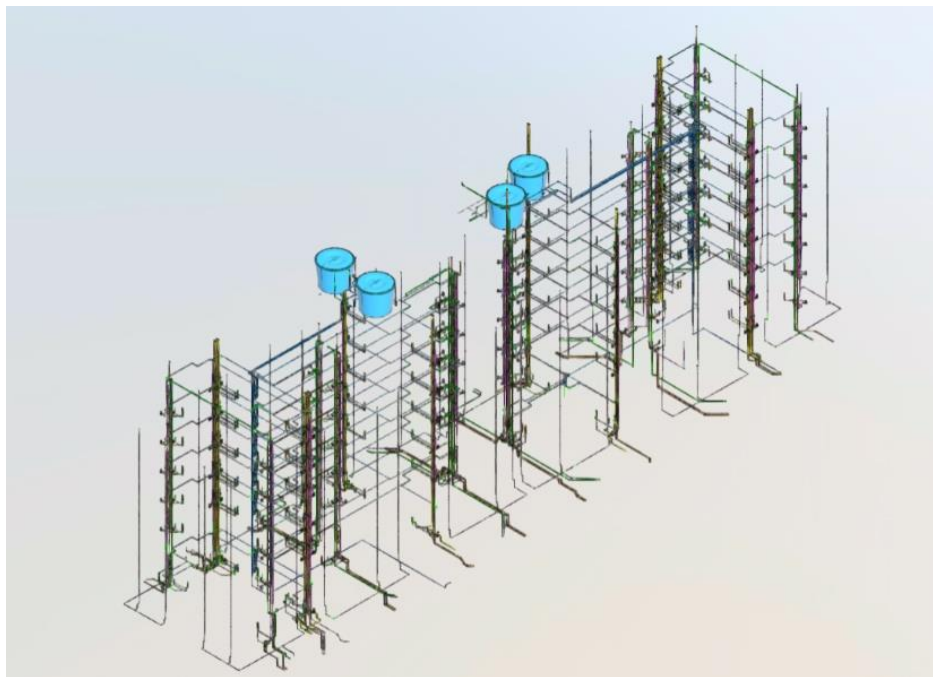
Logo, os dois itens apontados evitaram um retrabalho pela equipe de execução da obra. Ou seja, com os furos previstos no Projeto Estrutural, eles serão feitos durante a concretagem da viga. Isso evita que um colaborador os faça posteriormente a concretagem com uma serra no momento da execução das instalações elétricas.

As informações do Quadro 7 foram colocadas na planilha compartilhada por todos os projetistas no *Google Drive*, conforme informado na subseção 4.4.2.2 para fins de centralização da informação.

4.4.2.6 Projeto Hidrossanitário: análise individual

O Projeto Hidrossanitário é composto pelas redes de esgoto cloacal, esgoto pluvial, bem como redes de água fria e água quente. A modelagem foi de responsabilidade do projetista contratado e assim como no escopo do modelo Elétrico, no hidrossanitário também constam os quantitativos. O modelo hidrossanitário pode ser visualizado na Figura 50.

Figura 50 - Modelo hidrossanitário da torre 1 e 2.



(Fonte: Construtora)

Algumas das análises individuais do Projeto Hidrossanitário podem ser verificadas no Quadro 8. Todas elas foram enviadas para o Projetista Hidráulico e o modelo revisado.

Quadro 8 - Análises individuais do Projeto Hidrossanitário.

Item	Análise	Responsável pelo projeto	Solução
1	Tubulação de água quente e conexões desnecessárias	Projetista hidráulico	Revisar modelo
2	Posicionamento do reservatório superior em um nível errado	Projetista hidráulico	Ajustar modelo , posicionar o reservatório no anexo do reservatório, conforme especificado na planta arquitetônica

(Fonte: elaborado pela autora)

4.4.2.7 Compatibilização com o auxílio do Modelo Federado: Arquitetura x Estrutural x Elétrico x Hidrossanitário

O modelo federado para fins de compatibilização foi composto pelas seguintes disciplinas: Arquitetura, Estrutura, Instalações Hidrossanitárias e Instalações Elétricas, conforme ilustrado a Figura 51. Esse modelo é organizado internamente à Construtora para fins de verificação de interferências entre as diferentes disciplinas.

Figura 51 - Modelo federado.



(Fonte: elaborado pela autora)

Nesse estudo, as análises de *clash detection* ocorreram de forma visual e não com *software* que realiza automaticamente. Embora a Construtora tenha o *software Navisworks* ele não foi usado com o objetivo de realizar *clash detection* nesse estudo. Optou-se em não se fazer o uso dele, pelo fato de se ter feito um teste inicial rápido e o *software* identificou inúmeras interferências que não eram de fato um problema real, e sim algo que o *software* apontou como interferência. Então, para usar essa ferramenta era necessário realizar um melhor estudo sobre ela, que foi o que ocorreu no estudo de caso 1 na subseção 4.4.1.5.

Analisando o modelo federado, consegue-se identificar interferências entre as 4 disciplinas que fazem parte desse modelo. Algumas delas podem ser analisadas no Quadro 9.

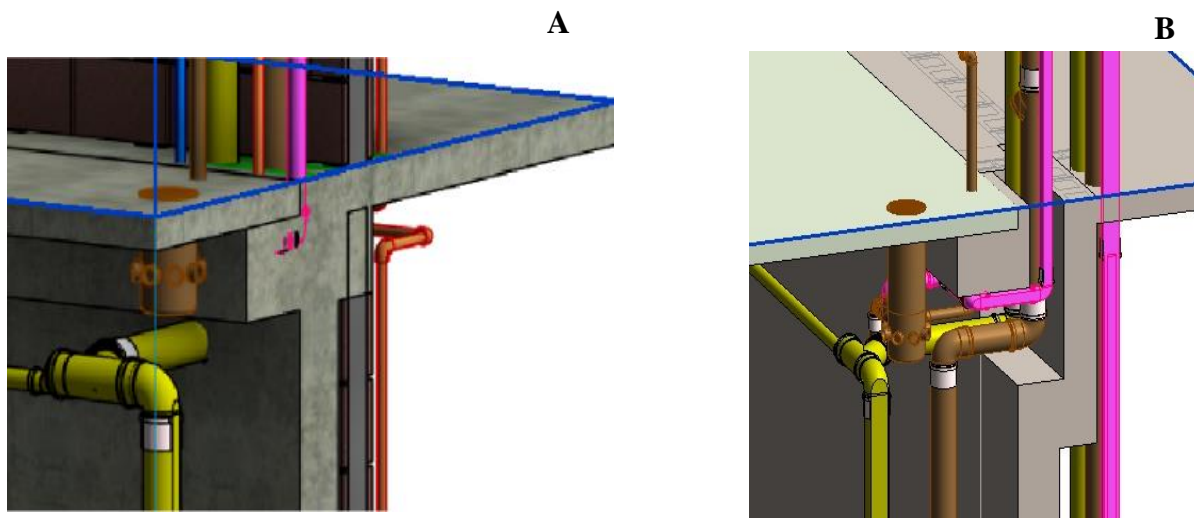
Quadro 9 - Interferências analisadas no modelo federado.

Item	Análise/ Interferência	Responsável pelo projeto	Solução
1	Tubulação pluvial atravessando os pilaretes no telhado	Arquiteto x projetista hidráulico	Deslocar a tubulação pluvial dos pilaretes
2	Tubulação de ventilação saindo verticalmente pela calha da cobertura. Para essa solução ser adotada, deve-se realizar uma boa vedação entre a tubulação e a calha, para não ocorrer entrada de água	Arquiteto x projetista hidráulico	Deslocar tubulação de ventilação para ela não sair na mesma localização da calha
3	Divergência entre dimensões de shafts dentro dos apartamentos nos projetos arquitetônicos, estrutural e hidráulico	Arquiteto x projetista estrutural x projetista hidráulico	Ajustar no projeto arquitetônico e no projeto das lajes estruturais a dimensão do shaft conforme solicitado pelo projetista hidráulico
4	Tubulações de esgoto sanitário, pluvial e gordura estão atravessando as vigas de baldrame	Projetista estrutural x projetista hidráulico	Deslocar tubulações para de baixo das vigas de baldrame
5	Em dois banheiros PNE não foram previstos shafts no projeto arquitetônico. Porém o projetista hidráulico exige a presença de shaft	Arquiteto x projetista estrutural x projetista hidráulico	Deslocar a parede da sozinha para criar um shaft com as dimensões solicitadas pelo projetista hidráulico
6	Conflito entre cortina e prumada da instalação de esgoto sanitário	Projetista estrutural x projetista hidráulico	Prever um "rasgo" na cortina deixando o espaço necessário para a prumada do esgoto sanitário
7	Conflito, na circulação, entre tubulações de água fria e eletrodutos	Projetista elétrico x projetista hidráulico	Deslocar eletrodutos para não ocorrer essa interferência.
8	Conflito entre tubulações de água fria e vigas na circulação	Projetista estrutural x projetista hidráulico	Prever os furos para passagem da tubulação de água fria nas vigas

(Fonte: elaborado pela autora)

Na Figura 52 é possível observar a interferência referente ao item 6, entre o projeto de Instalações Hidrossanitárias e a cortina estrutural.

Figura 52 - Interferência entre instalações hidrossanitárias e cortina estrutural. Conflito entre prumada das instalações hidrossanitárias e cortina (A). “Rasgo” na cortina como solução para esse conflito (B).

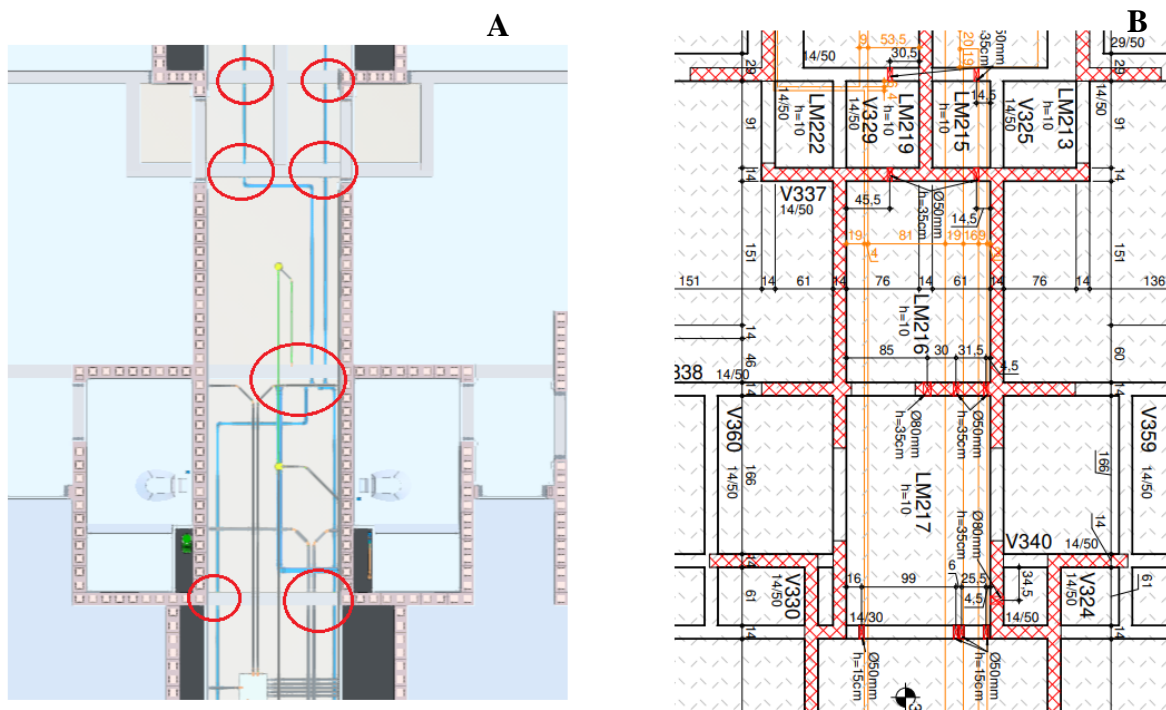


(Fonte: Construtora)

Essa interferência foi enviada para o Projetista Hidráulico e para o projetista estrutural para a definição de uma solução em conjunto. Após verificações pelos dois projetistas, concluiu-se que a solução seria fazer um “rasgo” na cortina estrutural para a passagem dessas tubulações. Se esse conflito não fosse verificado na etapa de projeto, certamente causaria um atraso na execução desse serviço e também um retrabalho: um atraso pelo fato dessa análise ser feita somente quando seriam executadas as instalações hidrossanitárias e um retrabalho pelo fato desse “rasgo” ser executado posteriormente à concretagem da cortina, o que poderia ocasionar até mesmo um reforço estrutural, o que gera um aumento no custo.

O item 8 do Quadro 9 é ilustrado na Figura 53. Esse conflito também se refere aos projetos de Instalações Hidrossanitárias e Estrutural, após análise, os furos para a passagem das tubulações de água fria foram previstos nas vigas da circulação.

Figura 53 - Conflito entre tubulações de água fria e vigas. Passagem da tubulação de água fria nas vigas (A). Previsão dos furos para essa passagem (B).



(Fonte: elaborado pela autora)

Como ocorre com as interferências de todas as disciplinas, todas as apontadas nessa subseção, foram colocadas na planilha compartilhada com todos os projetistas no *Google Drive* conforme informado na subseção 4.4.2.2.

4.4.2.8 Retroalimentação do processo

Apesar da realização da verificação individual e compatibilização dos projetos, ainda há possibilidade de surgir problemas no momento da execução da obra. Para evitarmos os mesmos problemas em obras futuras, foi proposta uma planilha que vai sendo retroalimentada com os problemas ou melhorias identificadas durante a execução das obras. Essa planilha também é alimentada por melhorias identificada durante a realização do orçamento da obra, onde os projetos são consultados.

Logo, os problemas encontrados durante a execução da obra foram informados pelo engenheiro de produção à pessoa responsável pela coordenação dos projetos e estes foram inseridos em uma planilha de *checklist* que auxilia na definição de requisitos para novos empreendimentos e é usada na conferência dos novos projetos. Esse processo busca possibilitar a retroalimentação efetiva e a formação de um ciclo permanente de melhorias.

Pode-se observar exemplos de itens que constam na planilha referentes a disciplina de Instalações Hidráulicas assim como o formato dela na Figura 54.

Figura 54 - Planilha de retroalimentação.

RETROALIMENTAÇÃO DO PROJETO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS		Observações	Empreendimento X
1	COMPATIBILIZAR COM SHAFTS HIDRO X GÁS X PPCI Verificar o shaft de cada disciplina e se há lugar suficiente.		
2	DRENO AR CONDICIONADO Somente deve ter uma saída do dreno de ar condicionado. A espera do dreno que sai do condensador (equipamento que se localiza na parte externa do apartamento) e chega até a coluna do dreno (vertical) . Não é necessário ter a espera de dreno da parte interna do equipamento do ar condicionado.	Essa é a forma que a Construtora normalmente entrega, somente deixando a previsão do dreno externo (para a condensadora)	✓
3	TUBULAÇÃO DE ÁGUA QUENTE - A tubulação de água quente fica no lado esquerdo , olhando de frente para a torneira.		✓
4	INSTALAÇÕES BALDRAME Verificar se onde há viga de baldrame com largura maior do que a largura da parede , pode-se fazer um "rasgo" nessa viga para não termos que usar uma conexão 45 graus . Essa conexão é usada para fazer com que a coluna das inst hidro vá para a posição que deve chegar no 2 PAV , que é próxima a parede (14 cm) .	Normalmente fizemos as instalações passando ao lado do baldrame e usamos uma conexão de 45 graus para colocar ela no prumada correta.	✓
5	SHAFTS BANHEIROS E COZINHAS Verificação se há shaft e suas dimensões.		✓
6	TUBULAÇÕES DE PLUVIAL E CLOACAL Tubulações com diâmetro igual e superior a 300 mm devem ser de concreto .		
7	DETALHE CAIXA DE GORDURA - Verificar se há detalhamento da caixa de gordura.		✓
8	TRATAMENTO DO ESGOTO SANITÁRIO Definir se vai ser fossa e filtro, rede coletora ou bombeamento ?		
9	TAMPA DE FUNDO CAIXA DE ESGOTO CLOACAL Os fundos das caixas de esgoto cloacal devem estar especificadas no projeto que serão de concreto pré-moldado .		✓
10	COTA PLUVIAL Nos casos onde se tem a saída de água pluvial para uma rede publica já existente , verificar se a cota que está no projeto hidro é a mesma que está determinada na rede publica (extensão de rede) . Essas duas cotas devem ser iguais.		
11	REGISTRO Verificar se tem registros para fechar a água do banheiro e cozinha.	Definir quais registros serão deixados para facilitar manutenção de apartamento	✓
12	BOMBAS DE PRESSURIZAÇÃO Utilizar pressurizadores com inversor de frequência integrado e vários dispositivos de segurança.	NÃO UTILIZAR PRESSURIZADOR COM PRESSOSTATO , para evitar o que ocorreu em	✓

(Fonte: elaborado pela autora)

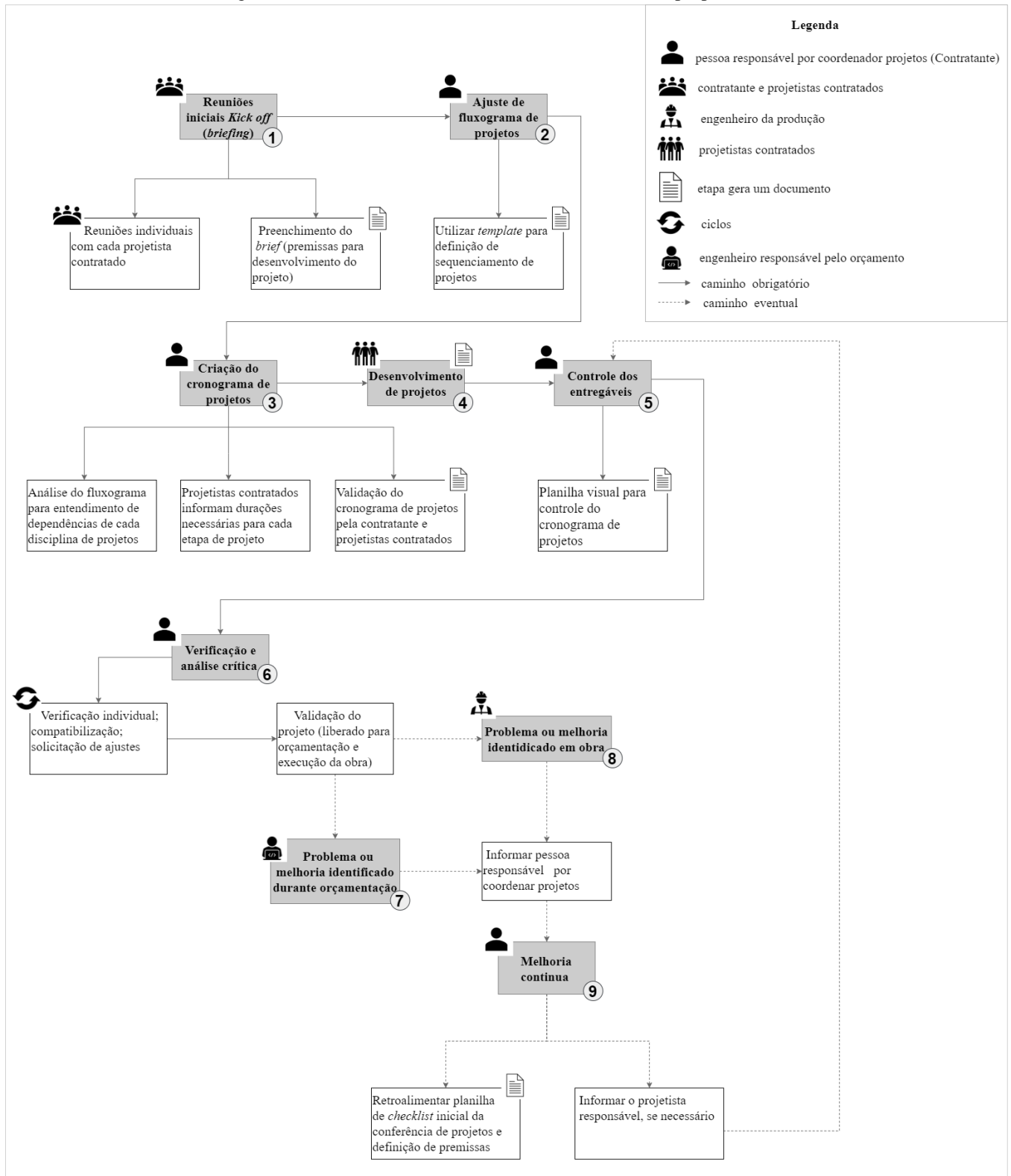
Em todo novo empreendimento, na coluna “Empreendimento X”, faz-se a conferência referente ao item especificado.

5 REFINAMENTO E DOCUMENTAÇÃO DO MÉTODO

Na subseção 4.3 foi apresentado o método de fluxo de trabalho para o processo de projeto e todas etapas foram descritas de forma a evidenciar qual referencial teórico foi usado. Já na seção 4.4 foi realizada a avaliação do método proposto.

No presente capítulo, o método de fluxo de trabalho proposto foi refinado e resumido como forma de documentação do método. Esse arquivo serve como consulta para a Construtora ter conhecimento de todas as etapas que representam o fluxo proposto em um único documento. A Figura 55 ilustra esse documento.

Figura 55 - Refinamento do método de fluxo de trabalho proposto.



(Fonte: elaborado pela autora)

As etapas da Figura 55 foram numeradas e serão descritas de forma objetiva.

Etapa 1: Reuniões iniciais são realizadas individualmente entre o Contratante e cada Projetista Contratado. Nessa reunião é preenchido o documento *brief*, Figura 56, que serve como documento de apoio ao projetista no desenvolvimento dos projetos pois nele se encontram as premissas de cada projeto.

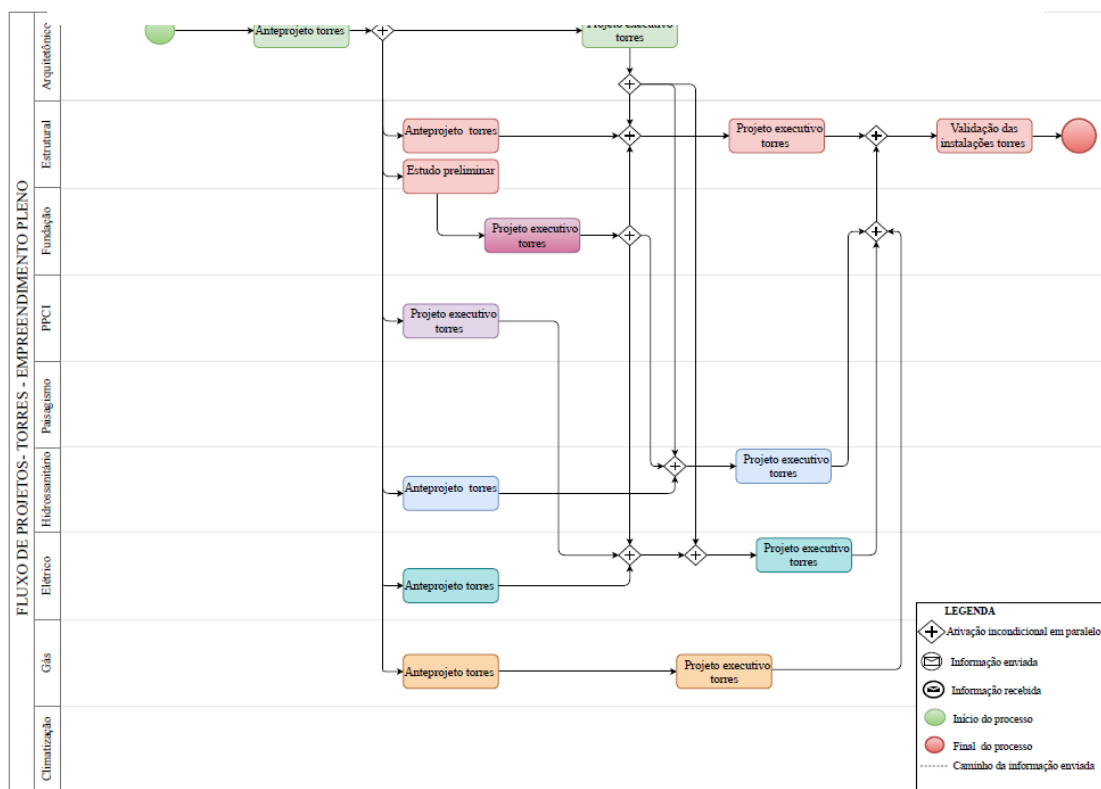
Figura 56 - Documento *brief* gerado na etapa 1.

BRIEF DE PROJETO - ENTRADAS DO PROJETO						
Empreendimento :			Cidade:			
Projetista:			Data:			
PREENCHIMENTO EM CONJUNTO COM PROJETISTA						
PROJETO ELÉTRICO						
ITEM	DESCRIÇÃO	SIM	NÃO	NA	A.C.P	OBSERVAÇÃO

(Fonte: elaborado pela autora)

Etapa 2: O responsável pela coordenação dos projetos elabora um fluxograma de projetos, que é usado como forma auxiliar na criação do cronograma de projetos para entendimento das interdependências entre disciplinas. Um exemplo do documento gerado nessa etapa pode ser visualizado na Figura 57.

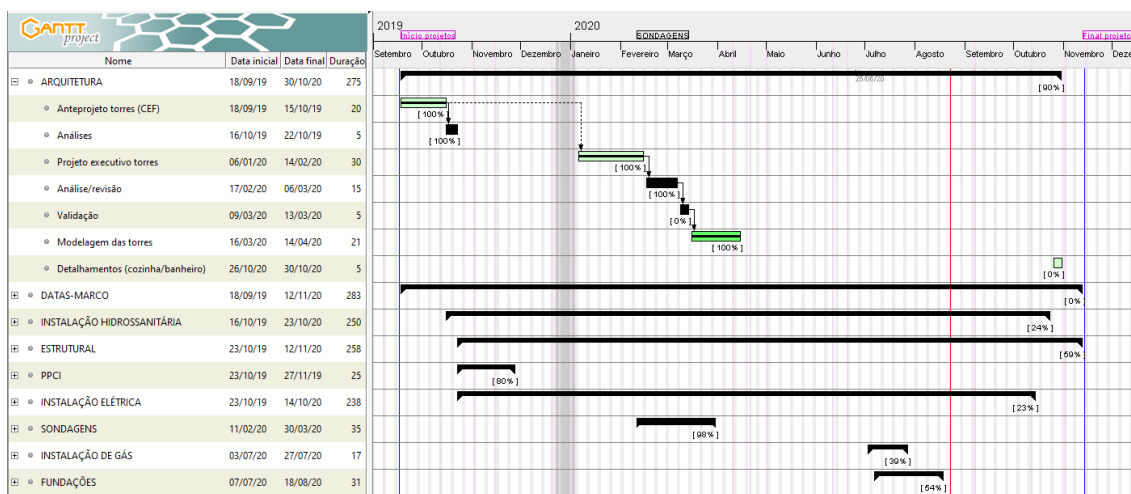
Figura 57 - Documento gerado na etapa 2.



(Fonte: elaborado pela autora)

Etapa 3: O responsável pela coordenação de projetos com o auxílio do fluxograma de projetos, diretoria e projetistas contratados elabora o cronograma de projetos. Nele constam as durações de cada etapa e datas marco referente a entregas, análises, revisões e validações de projetos. Um exemplo do documento gerado nessa etapa está ilustrado na Figura 58.

Figura 58 - Documento gerado na etapa 3.

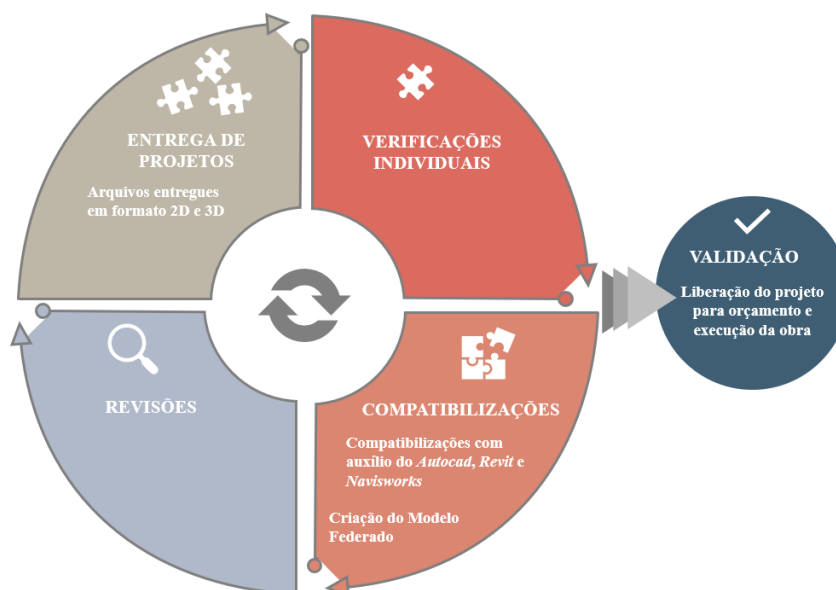


(Fonte: elaborado pela autora)

Etapa 4: é a etapa relacionada ao desenvolvimento dos projetos. Nessa etapa os documentos gerados são os anteprojetos, os modelos BIM 3D e os projetos executivos que serão usados para orçamentação e execução da obra.

Etapa 5: O responsável por coordenar os projetos é quem controla o cronograma de projetos. Nessa etapa é gerada uma planilha visual que é atualizada frequentemente indicando quais projetos já foram entregues, os que estão em revisão e os não entregues com ou sem atraso. Parte do documento gerado nessa etapa pode ser visualizado na Figura 59.

Figura 60 - Ciclo de verificações e compatibilizações.



(Fonte: elaborado pela autora)

Etapa 7: O engenheiro responsável pela realização do orçamento da obra pode notar algum problema de projeto que não foi verificado na etapa 6 assim como pode indicar uma possível melhoria de projeto. Então ele informa ao responsável pela coordenação dos projetos e este informa o projetista, solicita revisão do projeto, caso necessário, e adiciona na planilha de *checklist*.

Etapa 8: No momento da execução podem surgir erros de projetos, os quais não foram identificados na etapa 6, ou sugestões de melhorias. Nesses casos, o engenheiro da produção deve comunicar ao responsável pela coordenação dos projetos, o qual deve informar aos projetistas de maneira formal o que deve ser revisado e adicionar na planilha de *checklist*.

Etapa 9: Os itens informados nas etapas 7 e 8 são acrescentados em uma planilha de retroalimentação com o intuito de proporcionar melhoria contínua na definição das premissas de novos empreendimentos, além disso serve como um *checklist* inicial durante a conferência dos projetos entregues. A Figura 61 representa o modelo da planilha que é retroalimentada com os itens relevantes para outros empreendimentos apontados nas etapas 7 e 8.

Figura 61 – Documento gerado na etapa 9.

RETROALIMENTAÇÃO DO PROJETO DAS INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS		Observações	Empreendimento X
1	COMPATIBILIZAR COM SHAFTS HIDRO X GÁS X PPCI Verificar o shaft de cada disciplina e se há lugar suficiente.		
2	DRENO AR CONDICIONADO Somente deve ter uma saída do dreno de ar condicionado. A espera do dreno que sai do condensador (equipamento que se localiza na parte externa do apartamento) e chega até a coluna do dreno (vertical) . Não é necessário ter a espera de dreno da parte interna do equipamento do ar condicionado.	Essa é a forma que a Construtora normalmente entrega, somente deixando a previsão do dreno externo (para a condensadora)	<input checked="" type="checkbox"/>
3	TUBULAÇÃO DE ÁGUA QUENTE - A tubulação de água quente fica no lado esquerdo , olhando de frente para a torneira.		<input checked="" type="checkbox"/>
4	INSTALAÇÕES BALDRAME Verificar se onde há viga de baldrame com largura maior do que a largura da parede , pode-se fazer um "rasgo" nessa viga para não termos que usar uma conexão 45 graus . Essa conexão é usada para fazer com que a coluna das inst hidro vá para a posição que deve chegar no 2 PAV , que é próxima a parede (14 cm) .	Normalmente fizemos as instalações passando ao lado do baldrame e usamos uma conexão de 45 graus para colocar ela no prumada correta.	<input checked="" type="checkbox"/>
5	SHAFTS BANHEIROS E COZINHAS Verificação se há shaft e suas dimensões.		<input checked="" type="checkbox"/>
6	TUBULAÇÕES DE PLUVIAL E CLOACAL Tubulações com diâmetro igual e superior a 300 mm devem ser de concreto .		
7	DETALHE CAIXA DE GORDURA - Verificar se há detalhamento da caixa de gordura.		<input checked="" type="checkbox"/>
8	TRATAMENTO DO ESGOTO SANITÁRIO Definir se vai ser fossa e filtro, rede coletora ou bombeamento ?		
9	TAMPA DE FUNDO CAIXA DE ESGOTO CLOACAL Os fundos das caixas de esgoto cloacal devem estar especificadas no projeto que serão de concreto pré-moldado .		<input checked="" type="checkbox"/>
10	COTA PLUVIAL Nos casos onde se tem a saída de água pluvial para uma rede publica já existente , verificar se a cota que está no projeto hidro é a mesma que está determinada na rede publica (extensão de rede) . Essas duas cotas devem ser iguais.		
11	REGISTRO Verificar se tem registros para fechar a água do banheiro e cozinha.	Definir quais registros serão deixados para facilitar manutenção de apartamento	<input checked="" type="checkbox"/>
12	BOMBAS DE PRESSURIZAÇÃO Utilizar pressurizadores com inversor de frequência integrado e vários dispositivos de segurança.	NÃO UTILIZAR PRESSURIZADOR COM PRESSOSTATO , para evitar o que ocorreu em	<input checked="" type="checkbox"/>

(Fonte: elaborado pela autora)

6 CONCLUSÃO

Na fase de diagnóstico desse trabalho foram apontados problemas percebidos no processo de projeto, sendo alguns deles: retrabalhos por parte de projetistas; atraso na execução de determinada etapa da obra devido ao atraso da entrega de projeto; incompatibilidades de projetos notados somente durante a execução. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi propor um método para o fluxo de trabalho no processo de projeto BIM que minimizasse esses problemas.

Após entender os problemas, foi realizada uma análise crítica do procedimento da Construtora para compreender o que já estava no procedimento e quais eram as deficiências. Em seguida, com o auxílio da revisão de literatura e consulta a gestores internos da Construtora, diretoria da Construtora e alguns projetistas contratados foi realizada uma proposta para o método de fluxo de trabalho.

Então, criaram-se etapas específicas para cada problema enfrentado no diagnóstico, sendo elas: para evitar os retrabalhos pelos projetistas contratados foi proposto o processo de *briefing* e a planilha que é retroalimentada no decorrer da execução da obra serve também para a definição de novas premissas de projetos. Com o objetivo de solucionar a questão dos atrasos nas entregas de projetos, foi elaborado de um cronograma de projetos e o controle dele. Em relação a qualidade do projeto entregue, foram realizadas verificações individuais e conferência com *checklist*, que é realizado com a mesma planilha que é retroalimentada durante a execução da obra. Com o intuito de minimizar os problemas encontrados durante a execução da obra, foi sugerido o ciclo de compatibilizações entre as diferentes disciplinas e o uso do Modelo Federado para realização do *clash detection*.

O detalhamento de cada fase do fluxo de trabalho proposto e a avaliação dele foram realizados em dois estudos de caso. Nesses estudos de caso, percebe-se que as etapas propostas minimizaram de forma significativa os problemas apresentados na fase de diagnóstico. E a partir de uma avaliação conjunta do pesquisador e do diretor da Construtora foi verificado que o método proposto atendeu o objetivo do trabalho.

O objetivo do trabalho foi alcançado, de qualquer forma, vale ressaltar que pelo fato da Construtora e outras empresas de projetos estarem implementando processos BIM as melhorias serão contínuas nesse processo. Por exemplo, na contratação de projetistas que

desenvolvam, desde fases iniciais, modelos BIM 3D considerando todas especificações solicitadas pela contratante sem a necessidade de modelagem interna.

Levando em consideração esse aspecto de melhoria, com o uso da plataforma BIM 360 *Docs* no Estudo de Caso 1, ocorreu uma comunicação mais eficiente e otimizada entre os projetistas terceirizados e os colaboradores da Construtora se comparado com a comunicação realizada via *e-mail* no Estudo de Caso 2. Além disso, a centralização dos problemas ocorreu dentro da plataforma do BIM360 *Docs* e de forma automatizada, sem ter a necessidade de planilha auxiliar no *Google Drive*, como ocorreu no Estudo de Caso 2.

REFERÊNCIAS

AGESC. **Manual de Projetos e serviços de Coordenação de Projetos**. AsBea. Disponível em: <http://www.manuaisdeescopo.com.br/manual/coordenacao/#>. Acesso em 25 de jul. 2020.

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

DUMAS, M; AALST, W MP; HOFSTEDE, A. **Process-aware Information Systems: Bridging people and Software Through Process Technology**. 1ª Ed. Estados Unidos: Wiley-Interscience, 21 de outubro de 2005.

EASTMAN,C; TEICHOLZ,P.;SACKS,R.; LISTON, K. BIM Handbook. **Aguide to Building Information Modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors**. John Wiley and Sons, 2008.

FUDALA, T. **Usando Revit Cloud Worksharing com BIM 360 Design**. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/search-result/caas/simplecontent/content/using-revit-cloud-worksharing-bim-360-design.html>. Acesso em: 25 mai. 2020.

Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras. 1 ed. Brasília/DF: Câmara Brasileira para a Indústria da Construção (CBIQ), volume 1, junho de 2016.

GEMPAR. **Manual de gerenciamento de projetos do Paraná**. Disponível em: <http://www.planejamento.mppr.mp.br/arquivos/File/subplan/gempar/manual.pdf>. Acesso em: 16 de mai. 2020.

GRAZIANO, F. P. **Compatibilização de projetos**. 2003. 145 p. (Dissertação, Mestrado Profissionalizante) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo, 2003.

HAMED, L **BIM do 3D ao 7D**. Disponível em: <https://hashtagbim.wordpress.com/2015/10/12/bim-do-3d-ao-7d/>. Acesso em: 28 mar. 2020.

JORGE, JR; SCHEER, S. **Compatibilização de projetos ou engenharia simultânea: qual é a melhor solução?**. Gestão & Tecnologia de Projetos. 2008.

KYMMELL, W. **Modelagem de informações de construção: Planejando e gerenciando projetos de construção com CAD 4D e simulações**. Estados Unidos: The McGraw-Hill Companies, 2008.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica**. 8 ed. Rio de Janeiro: Editora Atlas, 2017.

LAUFER, A. DENKER, G. SHENHAR, A. **Simultaneous Management: the key to excellence in capital projects**. International Journal of Project Management Vol. 4, No.4, p.189-199. 1996.

LAWSON, B. **How Designers Think**. The design process demystified. The Architectural Press, London, 1980.

LEUSIN, S. **Gerenciamento e coordenação de Projetos BIM: um guia de ferramentas e boas práticas para o sucesso de empreendimentos**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora Ltda, 22 de janeiro de 2020.

LOWE, R. H.; MUNCEY, J. M. **Consensus DOCS 301 BIM Addendum**. 2009, 9 p.

MACLEAMY, P. **The Future of the Building Industry - The Effort Curve**. 2010. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=9bUIBYc_Gl4 Acesso em: 19 mar. 20.

MELHADO, S. B. **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**. 2001. (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MOURA, D. C. **Mudança na Estrutura Organizacional do Processo de Projeto para Alavancagem em Construção de Edificações: Um Estudo Multi-Caso em Pequenas Empresas**. 1998. (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

NOVAES, Celso Carlos. **Diretrizes para a garantia da qualidade do projeto na produção de edificações**. São Paulo, 389p. Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1996.

OMG. **Business Process Model and Notation (BPMN) 2.0**. Disponível em: <https://www.omg.org/spec/BPMN/2.0.2/PDF>. Acesso em 25 mar. 2020.

PEGORARO, C. **Processamento de requisitos em projetos de ambientes construídos: caracterização e contribuições para melhorias a partir das percepções dos profissionais que desenvolvem projetos**. 2016. (Tese de doutorado pela Engenharia da Produção) - Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul, Porto Alegre/RS, 2016.

PETRUCCI JR., R. **Modelo para Gestão e Compatibilização de Projetos de Edificações usando Engenharia simultânea e ISO 9001**. 2003. 98 f. (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

PICORAL, R.B.; SOLANO, R.S., **Coordenação de projetos: procedimentos de incorporadoras**. In: Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil, 1996, Florianópolis. Anais... Florianópolis: UFSC, 1996, 6 v., v 1, p. 083-092.

Project Management Institute Staff – **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos**. 5ª Ed. São Paulo: Saraiva, 2014.

RODRIGUES, A. R. G. **Grau de Maturidade em BIM: Estudos de Caso em empresas projetistas de Arquitetura na cidade de São Paulo**. 2018. (Monografia, especialização em Gestão de Projetos na Construção), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo/SP, 2018.

SOUZA, G. S. **Como a compatibilização de projetos pode diminuir custos, gastos e retrabalhos na Construção Civil**. Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - 8ª Edição nº 009 Vol.01/2014. Dezembro/2014. 23 p.

SOUZA, L. L. A. **Diagnóstico do uso do BIM em empresas de projeto de Arquitetura**. Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Fluminense. Niterói/SP, 2010

SUCCAR, B. **Building Information Modelling Framework: a research and delivery foundation for industry stakeholders.** Disponível em: <https://dx.doi.org/10.10.16/j.autcon.2008.10.003> . Acesso em: 23 de mar. 2020.

TSHIBENDE, M. M. **Extração de Fragmentos de Diagramas de Classes a partir de Modelos de Processos de Negócio.** (Monografia em Ciências da computação). Instituto de Informática, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015

TZTORTZOPOULOS, P. **Contribuições para o Desenvolvimento de um Modelo do Processo de Projeto de Edificações em Empresas Construtoras Incorporadoras de Pequeno Porte.**1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil (PPGEC) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, 1999.

YU, A. T; QIPING, S; JOHN, K. **An empirical study of the variables affecting construction project briefing/architectural programming.** Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0263786306001475#!> Acesso em 20 mar. 2020.